



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

**ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES  
NO RENOVABLES**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**TÍTULO:**

**“PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE LAS COMPUERTAS DEL CANAL DE  
RIEGO DEL RAMAL DE LA PARROQUIA LIMONES DEL CANTÓN ZAPOTILLO”**

**AUTOR:**

EDISON JAVIER RIVERA VIDAL

TESIS DE GRADO PREVIO A  
OPTAR POR EL TÍTULO DE  
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO

**DIRECTOR:**

ING. JULIO CÉSAR CUENCA TINITANA, Mg. Sc

LOJA-ECUADOR

2016



## **CERTIFICACIÓN**

Ing. Julio César Cuenca Tinitana, Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TESIS**

### **CERTIFICA:**

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en **“PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE LAS COMPUERTAS DEL CANAL DE RIEGO DEL RAMAL DE LA PARROQUIA LIMONES DEL CANTÓN ZAPOTILLO”**, previa a la obtención del título de **INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**, realizado por el señor egresado: **EDISON JAVIER RIVERA VIDAL**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, 04 de julio de 2016



Ing. Julio César Cuenca Tinitana, Mg. Sc.  
**DIRECTOR DE TESIS**

## **AUTORÍA**

Yo **EDISON JAVIER RIVERA VIDAL** declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.



Firma:

Cédula: 1105532707

Fecha: 11-08-2016

## **CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.**

Yo, **EDISON JAVIER RIVERA VIDAL**, declaro ser autor de la tesis titulada: **“PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE LAS COMPUERTAS DEL CANAL DE RIEGO DEL RAMAL DE LA PARROQUIA LIMONES DEL CANTÓN ZAPOTILLO”**, como requisito para optar al grado de **:INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, once días del mes de agosto del dos mil dieciséis.



**Firma:**

**Autor:** Edison Javier Rivera Vidal

**Cédula:** 1105532707

**Dirección:** Loja (Barrio San Pedro, Calle España y Argentina)

**Celular:** 0994561627

**Correo Electrónico:** javiedis\_92@hotmail.com

### **DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director de Tesis:** Ing. Julio César Cuenca Tinitana, Mg. Sc.

**Tribunal de Grado:** Ing. Leonel Francisco Aleaga Loaiza, Mg. Sc.

Ing. Manuel Augusto Pesantez González, Mg. Sc.

Ing. José Leonardo Benavides Maldonado, Mg. Sc.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo es dedicado a mis queridos padres Maximiliano y Dora quienes gracias a sus consejos y apoyo incondicional tanto moral como espiritual, constituyen un pilar fundamental en mi vida para alcanzar mis objetivos trazados que me he propuesto en inspiración a ellos; a mis hermanos Maritza y Rodin quienes gracias a sus consejos, reprimendas y al estar pendientes de mí guiándome para poder sobresalir a las adversidades que se presentaron en el transcurso de mi vida tanto estudiantil como personal; a mi estimada cuñada Maribel quien me abrió las puertas de su hogar y compartió momentos tanto de felicidad como de tristeza en el transcurso de mi carrera; en forma general a mi cuñado Vinicio, mis sobrinos; Alex, Yandri, Diogo, Ginger, Emily, Yesly, quienes de una u otra manera me supieron brindar su apoyo.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar quiero elevar un agradecimiento a Dios por cuidarme y permitirme haber llegado a este punto tan importante de mi vida, como es culminar mi carrera, permitiéndome que las personas más significativas como es mi familia estén junto a mí para celebrar parte de mi objetivo alcanzado en este ciclo de mi vida.

Mi más sincero y emotivo agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, al Área de la Energía, las Industrias y Recursos Naturales No Renovables, y en especial al Ing. Julio Cuenca ,director de mi tesis e Ing. Byron Solórzano quienes supieron guiarme con sus conocimientos y acertada dirección para el desarrollo del presente proyecto, a docentes y autoridades de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, que a través de sus conocimientos supieron infundir las bases para terminar con éxito nuestra carrera profesional.

Me permito presentar mi agradecimiento a la Empresa Pública RIDRENSUR, de manera especial al Ing. Freddy Sánchez e Ing. Fernando Barreto quienes contribuyeron de manera tan importante para la realización de este proyecto con la información brindada.

Quiero agradecer a mis compañeros quienes llegaron a convertirse como mis mejores amigos, compartiendo buenos y malos momentos en lo que fue una gran experiencia en vida como son: Byron, Fernando, John, Carlos, Hernán, Miguel entre otros.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>CERTIFICACIÓN .....</b>	<b>II</b>
<b>AUTORÍA .....</b>	<b>III</b>
<b>CARTA DE AUTORIZACIÓN. ....</b>	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>VI</b>
<b>1. TÍTULO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. RESUMEN .....</b>	<b>2</b>
<b>3. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>4. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>5</b>
4.1 CANALES DE RIEGO .....	5
4.1.1 Definición.....	5
4.1.2 Clasificación de los canales. ....	5
4.1.3 Canales de riego por su función .....	7
4.1.4 Estructura de control .....	8
4.1.4.1 Definición de compuerta .....	8
4.1.4.2 Clasificación .....	8
4.1.4.3 Tipos de compuerta .....	9
4.2 CONSTITUCIÓN MECÁNICA DE LAS ESTRUCTURAS DE CONTROL ....	12
4.2.1 Volumen.....	13
4.2.2 Densidad.....	13
4.2.3 Masa .....	13
4.2.4 Peso .....	14
4.2.5 Fuerza hidrostática sobre pared rectangular.....	14
4.2.6 Fricción .....	15
4.2.7 Normas y definiciones de roscas .....	16
4.2.7.1 Tipos de roscas estándar para tornillos.....	17
4.2.8 Tornillo.....	17
4.2.9 Engranaje.....	19
4.2.9.1 Tipos de engranes .....	19
4.2.9.2 Nomenclatura del engranaje .....	20
4.2.9.3 Relación de reducción de velocidad .....	22
4.2.9.4 El ángulo de presión .....	22
4.2.9.5 Resistencia de los dientes de un engranaje .....	23
4.2.9.6 Fuerzas en los engranajes rectos.....	24

4.2.10 Eje .....	25
4.2.10.1 Eje estriado .....	25
4.2.10.2 Estrías de lados rectos.....	26
4.2.11 Chaveta.....	27
4.2.11.1 Análisis de esfuerzo para determinar la longitud delas cuñas .....	27
4.2.12 Rodamiento .....	29
4.2.12.1 Tipos de cojinetes de rodamientos.....	29
4.3 ELEMENTOS DE AUTOMATIZACIÓN .....	31
4.3.1 Sensor.....	31
4.3.2 Medidores de posición de distancia .....	32
4.3.2.1 Encoders .....	32
4.3.2.2 Potenciómetro.....	34
4.3.2.3 Sensores ultrasónicos.....	35
4.3.2.4 Finales de carrera.....	35
4.3.3 Dispositivos de mando básicos .....	36
4.3.3.1 Pulsadores.....	36
4.3.3.2 Selector .....	36
4.3.3.3 Señalización luminosa .....	37
4.3.4 PLC (Controlador Lógico Programable).....	37
4.3.4.1 Definición .....	37
4.3.4.2 Ventajas PLC´s .....	38
4.3.4.3 Bloques esenciales del autómata .....	38
4.3.4.4 Clasificación de los PLC .....	40
4.3.5 Sistema SCADA.....	40
4.3.5.1 Objetivos.....	40
4.3.5.2 Prestaciones .....	41
4.3.5.3 Arquitectura de un sistema SCADA.....	42
4.3.5.4 El hardware.....	43
4.5 ENERGÍA SOLAR.....	46
4.5.1 Definición.....	46
4.5.2 Sistemas solares fotovoltaicos aislados.....	46
4.5.3 Componentes de un sistema fotovoltaico.....	47



4.5.3.1 Modulo fotovoltaico .....	47
4.5.3.2 Regulador de carga .....	47
4.5.3.3 Batería.....	48
4.5.3.4 Convertidor.....	48
4.6 EVALUACIÓN ECONÓMICA .....	48
4.6.1 Valor Presente Neto (VPN) ó Valor Actual Neto (VAN).....	48
4.6.2 Tasa Interna de Retorno (TIR) .....	49
4.6.3 Relación Beneficio/Costo (B/C) .....	49
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>51</b>
5.1 Materiales.....	51
5.2 Métodos.....	51
<b>6. RESULTADOS .....</b>	<b>56</b>
6.1 Descripción general del sector .....	56
6.1.1 Descripción del canal principal (3DC) y el ramal de Limones (1-C) .....	56
6.1.2 Esquema del canal principal (3DC) y el ramal Limones (1-C).....	58
6.1.3 Secciones del canal principal 3DC y la conducción 1-C .....	59
6.2 Cálculos de la potencia del motor-reductor .....	60
6.2.1 Cálculo del volumen de la compuerta.....	60
6.2.2 Cálculo de la masa de la compuerta .....	60
6.2.3 Cálculo del peso de la compuerta.....	60
6.2.4 Cálculo de la presión hidrostática sobre la compuerta .....	61
6.2.5 Cálculo del torque para elevar la compuerta .....	62
6.2.6 Cálculo de potencia del motor-reductor .....	62
6.2.7 Selección del motor-reductor .....	63
6.3 Cálculo de los diferentes elementos mecánicos para el rediseño de las compuertas.....	65
6.3.8 Carrete .....	65
6.3.9 Embrague.....	66
6.3.10 Cálculo del engranaje .....	66
6.3.11 Cálculo de relación de transmisión ( <i>i</i> ).....	69
6.3.12 Cálculo del eje del piñón .....	70
6.3.13 Cálculo de la estrías.....	74
6.3.14 Cálculo de la chaveta.....	76

6.3.15 Selección de los rodamientos para el eje.....	77
6.4 Propuesta de instrumentación para la automatización del canal.....	79
6.4.1 Selección de los medidores de posición .....	82
6.4.3 Selección de los elementos de mando.....	84
6.4.4 Criterios para seleccionar el PLC .....	85
6.4.5 Programación del PLC S7 1200.....	88
6.4.5.1 Diagrama de flujo .....	88
6.4.5.2 Programación del proceso en el software TIA Portal V13 .....	91
6.4.6 Sistema SCADA.....	103
6.4.6.1 Diseño del sistema SCADA .....	105
6.4.7 Sistema de energía .....	111
6.4.8 Sistema de comunicación.....	113
6.4.8.1 Selección de las antenas .....	114
6.4.8.2 Simulación de las Estaciones Remotas con la Estación Central .....	116
6.4.9 Presupuesto de la instalación .....	119
6.4.9.10 Análisis económico de ahorro por automatización.....	122
<b>7. DISCUSIÓN.....</b>	<b>125</b>
<b>8. CONCLUSIONES .....</b>	<b>126</b>
<b>9. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>127</b>
<b>10.- BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>128</b>
<b>11. ANEXOS .....</b>	<b>131</b>

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Flujo en conductos .....	5
<b>Figura 2.</b> Sección transversal irregular .....	6
<b>Figura 3.</b> Canal prismático, sección transversal .....	6
<b>Figura 4.</b> Secciones artificiales transversales tipos .....	7
<b>Figura 5.</b> Compuerta plana deslizante .....	9
<b>Figura 6.</b> Compuerta de rodillos .....	10
<b>Figura 7.</b> Compuerta de aleta .....	10
<b>Figura 8.</b> Compuerta cilíndrica.....	11
<b>Figura 9.</b> Compuerta mariposa .....	12
<b>Figura 10.</b> Compuerta de esclusa.....	12
<b>Figura 11.</b> Distribución de presiones sobre la compuerta .....	14
<b>Figura 12.</b> Terminología de roscas de tornillo.....	16
<b>Figura 13.</b> Tipos de avance en una rosca.....	16
<b>Figura 14.</b> Tipos de rosca normalizadas para tornillo .....	17
<b>Figura 15.</b> Parte de un tornillo .....	17
<b>Figura 16.</b> Collarín de empuje .....	18
<b>Figura 17.</b> Tipos de engranaje .....	20
<b>Figura 18.</b> Nomenclatura de los dientes de engranajes rectos.....	21
<b>Figura 19.</b> Engranajes rectos .....	22
<b>Figura 20.</b> Ángulo de presión en un engranaje.....	23
<b>Figura 21.</b> Resistencia de un diente sometido a flexión .....	23
<b>Figura 22.</b> Fuerzas que actúan sobre un engranaje recto.....	24
<b>Figura 23.</b> Forma general de conexión con estrías .....	26
<b>Figura 24.</b> Cuña y cuñero aplicado a un engrane y su eje .....	27
<b>Figura 25.</b> Fuerza sobre una cuña.....	28
<b>Figura 26.</b> Tipos de cojinetes de rodamientos .....	29
<b>Figura 27.</b> Encoder incremental .....	33
<b>Figura 28.</b> Encoder absoluto.....	34
<b>Figura 29.</b> Potenciómetro .....	34
<b>Figura 30.</b> Pulso emitido y eco en un detector ultrasónico.....	35
<b>Figura 31.</b> Interruptor de final de carrera .....	35

<b>Figura 32.</b> Esquema básico de un PLC.....	37
<b>Figura 33.</b> Estructura básica de un sistema de supervisión y mando .....	42
<b>Figura 34.</b> Idea básica de Sistema Scada.....	43
<b>Figura 35.</b> Scada, arquitectura básica del hardware .....	44
<b>Figura 36.</b> Topología básica de un SCADA.....	46
<b>Figura 37.</b> Panel solar.....	47
<b>Figura 38.</b> Regulador de carga.....	47
<b>Figura 39.</b> Batería solar .....	48
<b>Figura 40.</b> Inversor de voltaje.....	48
<b>Figura 41.</b> Diagrama de flujo .....	52
<b>Figura 42.</b> Esquema general del canal 3DC y 1C.....	58
<b>Figura 43.</b> Componentes del canal 3DC y 1C .....	59
<b>Figura 44.</b> Distribución de presiones sobre la compuerta del canal .....	61
<b>Figura 45.</b> DCL de las fuerzas que actúan sobre la compuerta .....	61
<b>Figura 46.</b> Ensamblaje de los diferentes elementos mecánicos.....	65
<b>Figura 47.</b> Carrete.....	66
<b>Figura 48.</b> Embrague .....	66
<b>Figura 49.</b> Engranaje .....	66
<b>Figura 50.</b> Relación de transmisión entre el engranaje y el piñón .....	69
<b>Figura 51.</b> Fuerzas que actúan en eje del piñón .....	70
<b>Figura 52.</b> Esquema y DCL de las fuerzas que actúan en el eje del piñón.....	71
<b>Figura 53.</b> Diagrama de fuerzas en el eje xy .....	71
<b>Figura 54.</b> Diagrama de cortante y momento flector xy.....	72
<b>Figura 55.</b> Diagrama de fuerzas en el eje xz .....	72
<b>Figura 56.</b> Diagrama de cortante y momento flector xy.....	73
<b>Figura 57.</b> Eje estriado.....	74
<b>Figura 58.</b> Chaveta .....	76
<b>Figura 59.</b> Ubicación de los sensores de nivel y de posición en el canal (3DC) y ramal (1C).....	80
<b>Figura 60.</b> Ubicación de los sensores de nivel y posición en el ramal (1C) y en la entrada del sifón .....	81
<b>Figura 61.</b> Ubicación de los sensores de nivel y posición en sifón de salida.....	82

<b>Figura 62.</b> Sensor de ángulo AWS .....	82
<b>Figura 63.</b> Sensor ultrasónico UC600-30GM70-IE2R2-V15.....	83
<b>Figura 64.</b> Final de Carrera S3SE5112-0CE01 .....	83
<b>Figura 65.</b> Contactor.....	85
<b>Figura 66.</b> Esquema de ubicación de los equipos en el PLC.....	85
<b>Figura 67.</b> Nomenclatura externa del PLC S7-1200 .....	87
<b>Figura 68.</b> Diagrama de flujo del control manual .....	89
<b>Figura 69.</b> Diagrama de flujo del control manual .....	90
<b>Figura 70.</b> PLC siemens S7-1200, TIA Portal V13.....	91
<b>Figura 71.</b> Segmento 1 encendido y apagado del sistema.....	92
<b>Figura 72.</b> Segmento 2 selección del automático o manual .....	93
<b>Figura 73.</b> Segmento 3 control manual eléctrico de la compuerta 1 .....	94
<b>Figura 74.</b> Segmento 4 control manual eléctrico de la compuerta 2 .....	96
<b>Figura 75.</b> Segmento 5 control manual eléctrico de la compuerta 3 .....	97
<b>Figura 76.</b> Segmento 6 escalado de las señales analógicas .....	100
<b>Figura 77.</b> Segmento 7 compuertas dentro de los rangos requeridos .....	101
<b>Figura 78.</b> Segmento 8 (continuación) comparar la posición de la compuerta para abrir o cerrar.....	102
<b>Figura 79.</b> Segmento 9 comparar el nivel de agua para abrir o cerrar las compuertas	103
<b>Figura 80.</b> Estructura del sistema SCADA para la supervisión del ramal 3DC-1C....	104
<b>Figura 81.</b> Crear proyecto en Citect Explore.....	105
<b>Figura 82.</b> Configuración del nuevo proyecto Ramal 3DC-1C.....	106
<b>Figura 83.</b> Nueva pantalla para realizar la aplicación .....	106
<b>Figura 84.</b> Pantalla de inicio del Sistema SCADA.....	107
<b>Figura 85.</b> Pantalla principal del Sistema SCADA .....	108
<b>Figura 86.</b> Pantalla de la Zona 1 .....	108
<b>Figura 87.</b> Simulación de pantalla en la Zona 1 .....	109
<b>Figura 88.</b> Simulación de la pantalla en la Zona 2 .....	110
<b>Figura 89.</b> Simulación de pantalla en la Zona 3 .....	111
<b>Figura 90.</b> Sistema de energía con paneles solares.....	112
<b>Figura 91.</b> Esquema general del sistema de comunicación .....	113
<b>Figura 92.</b> Localización geográfica de los radioenlaces de comunicación .....	114

<b>Figura 93.</b> Simulación del radioenlace Estación Central - Repetidora.....	116
<b>Figura 94.</b> Simulación del radioenlace Repetidora - Estación Remota 1 .....	117
<b>Figura 95.</b> Simulación del radioenlace Repetidora - Estación Remota 2 .....	117
<b>Figura 96.</b> Simulación del radioenlace Repetidora - Estación Remota 3 .....	118
<b>Figura 97.</b> Ubicación geográfica de las Estaciones Remotas a la Estación Central....	119

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Coeficiente de rozamiento .....	15
<b>Tabla 2.</b> Parámetros dimensionales de engranajes rectos .....	21
<b>Tabla 3.</b> Selección del módulo .....	21
<b>Tabla 4.</b> Fórmulas de la SAE para estrías rectas .....	26
<b>Tabla 5.</b> Caudal de las derivaciones del tanque .....	57
<b>Tabla 6.</b> Resumen de las dimensiones del canal .....	59
<b>Tabla 7.</b> Características del motor-reductor ortogonal Transtecno .....	64
<b>Tabla 8.</b> Resultados obtenidos de las diferentes compuertas.....	64
<b>Tabla 9.</b> Dimensiones del piñón .....	70
<b>Tabla 10.</b> Características principales del rodamiento de una hilera en bolas .....	79
<b>Tabla 11.</b> Especificaciones técnicas del sensor de ángulo con salida analógica .....	82
<b>Tabla 12.</b> Especificaciones técnicas del sensor ultrasónico.....	83
<b>Tabla 13.</b> Especificaciones de los pulsadores e indicadores.....	84
<b>Tabla 14.</b> Tipo de señales de cada sensor y elementos de mando para medir y controlar las variables .....	86
<b>Tabla 15.</b> Especificaciones técnicas del PLC S7-1200 CPU 1214C .....	87
<b>Tabla 16.</b> Especificaciones técnicas del módulo de entradas/salidas digitales SM 1223 .....	88
<b>Tabla 17.</b> Especificaciones técnicas del módulo de entradas/salidas analógicas SM 1234 .....	88
<b>Tabla 18.</b> Asignación de entradas y salidas del PLC S7 1200 para el encendido/apagado del sistema .....	91
<b>Tabla 19.</b> Asignación de entradas y salidas del PLC S7 1200 para el control de la compuerta 1 .....	93
<b>Tabla 20.</b> Asignación de entradas y salidas del PLC S7 1200 para el control de la compuerta 2 .....	95
<b>Tabla 21.</b> Asignación de entradas y salidas del PLC S7 1200 para el control de la compuerta 3 .....	96
<b>Tabla 22.</b> Señales análogas del PLC S7 1200 .....	98
<b>Tabla 23.</b> Potencia y consumo de cada una de las cargas.....	112

<b>Tabla 24.</b> Coordenadas de las diferentes Estaciones Remotas, Estación Central y la antena Repetidora .....	114
<b>Tabla 25.</b> Especificaciones de las antenas y los radios.....	115
<b>Tabla 26.</b> Distancia de las antenas de las Estaciones Remotas hacia la Estación Central .....	118
<b>Tabla 27.</b> Presupuesto de los equipos del suministro de energía.....	119
<b>Tabla 28.</b> Presupuesto de los elementos mecánicos .....	120
<b>Tabla 29.</b> Presupuesto de los equipos del suministro de energía.....	120
<b>Tabla 30.</b> Presupuesto de los equipos del suministro de energía.....	121
<b>Tabla 31.</b> Presupuesto de los instrumentos de automatización.....	121
<b>Tabla 32.</b> Valor Actual Neto.....	124



## Lista de símbolos y definiciones

$V$ : Volumen,  $[m^3]$   
 $a \times b$ : Área de la base,  $[m^2]$   
 $e$ : Espesor,  $[m]$   
 $\rho$ : Densidad,  $[kg/m^3]$   
 $m$ : Masa,  $[kg]$   
 $W$ : Peso,  $[N]$   
 $g$ : Aceleración de la gravedad,  $[m/s^2]$   
 $F$ : Fuerza hidrostática,  $[N]$   
 $\gamma$ : Peso específico del agua,  $[N/m^3]$   
 $H$ : Altura del nivel del agua,  $[m]$   
 $h$ : Altura de la compuerta,  $[m]$   
 $f$ : Fricción  
 $u$ : Coeficiente de fricción  
 $N$ : Fuerza normal,  $[N]$   
 $T_{car}$ : Par torsión requerido para elevar la carga,  $[Nm]$   
 $F_2$ : Fuerza de la carga a elevar,  $[N]$   
 $d_m$ : Diámetro medio del tornillo,  $[Nm]$   
 $l$ : Avance del tornillo,  $[mm]$   
 $f_t$ : Coeficiente de fricción (tornillo-tuerca)  
 $T_c$ : Par torsión del collarín,  $[Nm]$   
 $d_c$ : Diámetro medio del collarín,  $[mm]$   
 $f_c$ : Coeficiente de fricción en el collarín  
 $m$ : Módulo,  $[mm]$   
 $z$ : Número de dientes  
 $d_e$ : Diámetro exterior,  $[mm]$   
 $d_i$ : Diámetro fondo,  $[mm]$   
 $d_p$ : Diámetro primitivo,  $[mm]$   
 $p_c$ : Paso circular,  $[mm]$   
 $h_p$ : Profundidad del diente,  $[mm]$   
 $e_d$ : Espesor del diente,  $[mm]$

$i$ : Relación de transmisión  
 $n_1$ : Número de revoluciones del piñón,  $[rpm]$   
 $n_2$ : Número de revoluciones del engranaje,  $[rpm]$   
 $z_1$ : Número de dientes del engranaje  
 $z_2$ : Número de dientes del piñón  
 $\sigma_t$ : Esfuerzo de flexión,  $[MPa]$   
 $w_t$ : Carga tangencial,  $[Nm]$   
 $h_d$ : Altura del diente,  $[mm]$   
 $t$ : Espesor del diente,  $[mm]$   
 $b$ : Ancho del diente,  $[mm]$   
 $F_t$ : Fuerza tangencial,  $[N]$   
 $M_t$ : Momento en el engranaje,  $[Nm]$   
 $r$ : Radio primitivo,  $[mm]$   
 $F_r$ : Fuerza radial,  $[N]$   
 $\emptyset$ : Ángulo de presión  
 $d$ : Diámetro del eje,  $[mm]$   
 $S_y$ : Resistencia a la fluencia,  $[MPa]$   
 $M$ : Momento flecto,  $[Nm]$   
 $T$ : Par torsión,  $[mm]$   
 $\tau$ : Esfuerzo cortante,  $[MPa]$   
 $W_c$ : Ancho de la chaveta,  $[mm]$   
 $L_c$ : Longitud de la chaveta,  $[mm]$   
 $\sigma$ : Esfuerzo por compresión,  $[MPa]$   
 $t_c$ : Alto de la chaveta,  $[mm]$   
 $N$ : Factor de seguridad  
 $R$ : Carga radial,  $[N]$   
 $P$ : Carga equivalente,  $[N]$   
 $V$ : Factor de rotación  
 $C$ : Carga dinámica,  $[kN]$   
 $f_L$ : Factor de duración  
 $f_N$ : Factor de velocidad  
 $C_o$ : Carga estática,  $[kN]$

$f_s$ : Factor de esfuerzos estáticos

$v_l$ : Velocidad de apertura de la compuerta,  $[m/min]$

$l$ : Avance del tornillo,  $[mm]$

$P_m$ : Potencia del motor,  $[kW]$

$\omega$ : Velocidad angular,  $[rad/s]$

$Wh/día$ : Watios hora sobre día,  $[Wh/d]$

$Wp$ : Watios pico,  $[Wp]$

## **1. TÍTULO**

**“PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE LAS COMPUERTAS DEL CANAL  
DE RIEGO DEL RAMAL DE LA PARROQUIA LIMONES DEL CANTÓN  
ZAPOTILLO”**

## **2. RESUMEN**

Para cumplir los objetivos planteados en el presente trabajo investigativo, la metodología planteada consistió en: revisión de la literatura técnica sobre los canales de riego, los elementos de control del mismo y los instrumentos de automatización.

Se realizó la descripción de operación y funcionamiento del canal de riego del ramal “Limones” ubicado en el cantón Zapotillo, en Loja-Ecuador. Además, se realizó la verificación del número de compuertas existentes en el mismo. Adicionalmente se realizó el rediseño para la apertura y cierre de las mismas en base al cálculo de la potencia del motor-reductor, a esto se suma el análisis de los elementos mecánicos que intervienen para su operación.

Se procedió a realizar la selección de los equipos a utilizar para el proceso de automatización, tales como: sensores para la medición de nivel de agua y sensores de posición para las compuertas también se realizó. El sistema utiliza un PLC S7-1200 de marca Siemens Simatic el cual activó y desactivó secuencialmente el sistema. La programación del PLC utilizó el software TIA Portal v13, además de un sistema SCADA soportado en el software Vijeo Citec utilizado para monitorear, supervisar y controlar el proceso del sistema de riego desde la Estación de Control.

El suministro de energía a cada uno de las Estaciones Remotas utilizó paneles solares. Para la simulación de la comunicación inalámbrica entre estaciones, se utilizó el software Radio Mobile v10.

Existe un presupuesto propuesto para la inversión del proyecto y un análisis económico que permitirá determinar la viabilidad del proyecto.

Finalmente, se presentan las conclusiones orientadas a cada objetivo específico planteado, y las recomendaciones que se tienen que tomar en cuenta.

## **2.1 ABSTRACT**

To fulfill goals on present research work methodology proposed consisted on: review on technical literature about irrigation channel, control elements and automation instruments. In addition

A description on operation and functioning of irrigation channel called “Limonas” located in Zapotillo a district in Loja – Ecuador was done. Also, a verification on existent number of gates in the system was performed. In addition, a redesign for opening and closing gates was performed based on calculation of the power on reduction motor, besides the analysis of the mechanical elements implied on operation.

The selection on the equipment required on automation process, such as: water level metering sensors, positioning sensors for gates was done. The system uses a PLC S7 1200 on Siemens Sismatic brand which sequentially turned on and off the system. The programming of the PLC used TIA Portal v13, besides a SCADA system supported in Vijeo Citec software used for monitoring, supervising and controlling the system process from the Control Station.

The power supply on each one of the remote stations used solar panels. For simulating radiolinks wireless communication between stations the software Radio Mobile v.10 was used.

There is a budget proposed for project investment and an economic analysis that will let to determine viability on this project.

Finally, conclusions are drawn focused on each specific objective proposed and recommendations to take into account

### **3. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad la escasez del agua a nivel mundial se ha convertido en un problema principalmente para los agricultores, ya que los mismos utilizan este recurso hídrico para el riego de sus cultivos.

El uso de los canales de riego es de gran ventaja para la distribución del agua hacia las diferentes parcelas de los regantes, pero a su vez presenta el problema de la existencia de pérdidas en su recorrido, este problema se puede reducir de forma relativa utilizando sistemas de automatización en los canales de riego. Estos sistemas automatizados permiten tener un mayor control de la operación del sistema y sobre el uso del recurso hídrico, disminuyendo pérdidas y respondiendo en forma rápida a las demandas de los usuarios.

El presente proyecto de tesis tiene como objetivo general automatizar las compuertas del canal de riego del ramal de la parroquia Limones del cantón Zapotillo:

Los objetivos específicos a desarrollar en el proyecto de tesis son:

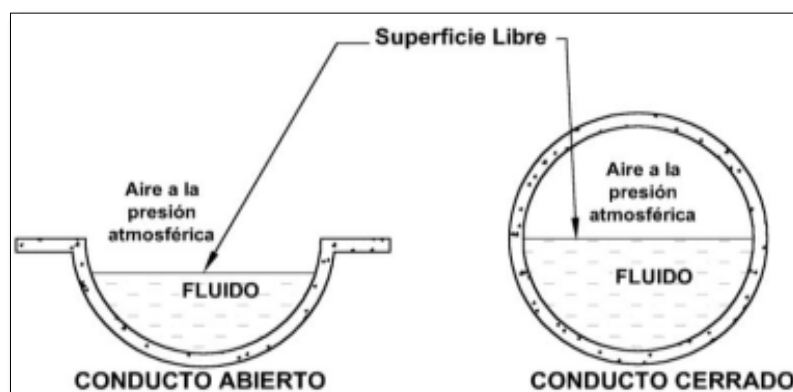
- Describir el funcionamiento y operación del ramal Limones del sistema de riego del canal de Zapotillo.
- Rediseñar el sistema de control de apertura y cierre de las compuertas del ramal Limones.
- Desarrollar una propuesta de automatización para la supervisión y control de la distribución del agua en el tramo del canal del ramal Limones.

## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 CANALES DE RIEGO

#### 4.1.1 Definición

Los canales son conductos abiertos o cerrados (figura 1), en los cuales el agua circula debido a la acción de la gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera; esto quiere decir que el agua fluye impulsada por la presión atmosférica y de su propio peso (Ruiz, 2008).



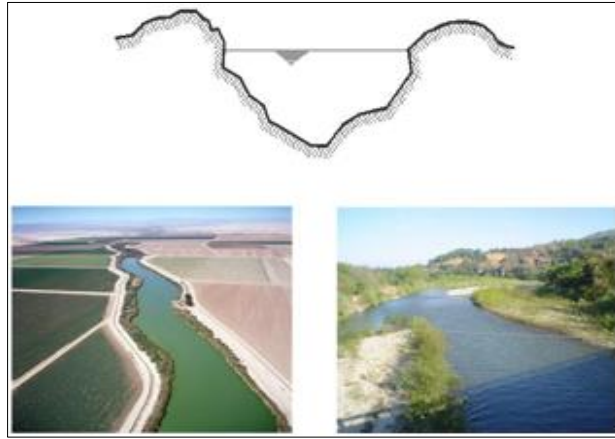
**Figura 1.** Flujo en conductos  
**Fuente:** (Ruiz, 2008)

#### 4.1.2 Clasificación de los canales.

De acuerdo con su origen los canales se clasifican en:

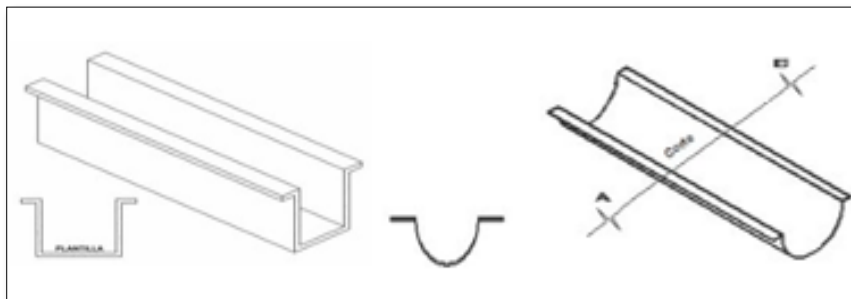
- ❖ **Canales naturales:** Incluyen todos los cursos de agua que existen de manera natural en la tierra, los cuales varían en tamaño desde pequeños arroyuelos en zonas montañosas, hasta quebradas, ríos pequeños y grandes, lagos y lagunas. Las corrientes subterráneas que transportan agua con una superficie libre también son consideradas como canales abiertos naturales. La sección transversal de un canal natural es generalmente de forma muy irregular y variable durante su recorrido (figura 2).





**Figura 2.** Sección transversal irregular  
**Fuente:** (Ruiz, 2008)

- ❖ **Canales artificiales:** Los canales artificiales son todos aquellos contruidos o desarrollados mediante el esfuerzo de la mano del hombre, tales como: canales de riego, control de inundaciones, alcantarillado pluvial, canales de desborde. Los canales artificiales usualmente se diseñan con forma geométricas regulares (prismáticos), un canal construido con una sección transversal invariable y una pendiente de fondo constante se conoce como canal prismático (figura 3).

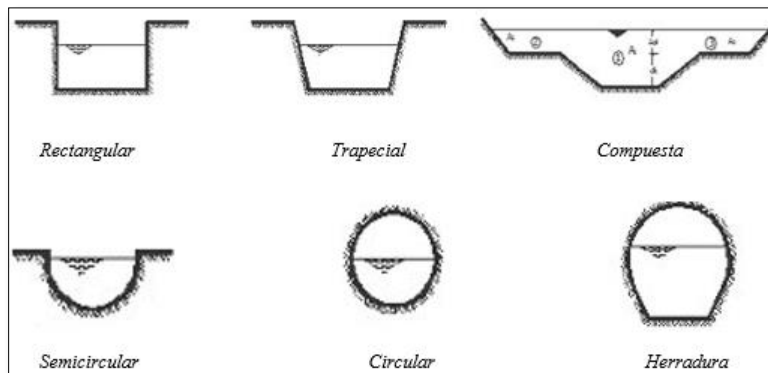


**Figura 3.** Canal prismático, sección transversal  
**Fuente:** (Ruiz, 2008)

Las secciones transversales más comunes son las siguientes:

- **Sección trapezoidal:** Se usa en canales de tierra debido a que proveen las pendientes necesarias para estabilidad, y en canales revestidos.
- **Sección rectangular:** Debido a que el rectángulo tiene lados verticales, por lo general se utiliza para canales contruidos con materiales estables, acueductos de madera, para canales excavados en roca y para canales revestidos.

- **Sección triangular:** Se usa para cunetas revestidas en las carreteras, también en canales de tierra pequeños, fundamentalmente por facilidad de trazo. También se emplean revestidas, como alcantarillas de las carreteras.
- **Sección parabólica:** Se emplea en algunas ocasiones para canales revestidos y es la forma que toman aproximadamente muchos canales naturales y canales viejos de tierra. (Figura 3 y 4)



**Figura 4.** Secciones artificiales transversales tipos  
**Fuente:** (Ruiz, 2008)

### Secciones cerradas

- ❖ **Sección circular:** El círculo es la sección más común para alcantarillados y alcantarillas de tamaños pequeño y mediano.
- ❖ **Sección parabólica:** Se usan comúnmente para alcantarillas y estructuras hidráulicas importantes.

#### 4.1.3 Canales de riego por su función

Los canales de riego por sus diferentes funciones adoptan las siguientes denominaciones:

- **Canal de primer orden.-** Llamado también canal principal o de derivación y se le traza siempre con pendiente mínima, normalmente es usado por un solo lado ya que por el otro lado da con terrenos altos (cerros).

- **Canal de segundo orden.-** Llamados también laterales, son aquellos que salen del canal principal y el gasto que ingresa a ellos, es repartido hacia los sub-laterales, el área de riego que sirve un lateral se conoce como unidad de riego.
- **Canal de tercer orden.-** Llamados también sub-laterales y nacen de los canales laterales, el gasto que ingresa a ellos es repartido hacia las parcelas individuales a través de las tomas granjas.

#### **4.1.4 Estructura de control**

##### **4.1.4.1 Definición de compuerta**

Una compuerta consiste en una placa móvil, plana o curva, que al levantarse permite graduar la altura del orificio que se va descubriendo, a la vez que controlar la descarga producida. El orificio generalmente se hace entre el piso de un canal y el borde inferior de la compuerta, por lo que su ancho coincide con el del canal (Ávila, 1997).

##### **4.1.4.2 Clasificación**

- Compuertas apoyadas en dos extremos, trabajando estáticamente como una viga con dos apoyos. A este sistema pertenecen las compuertas cilíndricas, las compuertas planas, las compuertas radiales, compuertas deslizantes y compuertas de rodillo.
- Compuertas giratorias que transmiten empuje hidrostático en toda su extensión. A éste sistema pertenece las compuertas de mariposa, compuertas esclusa y compuertas taintor (Vásquez, 2010).

Las diferentes formas de las compuertas dependen de su aplicación, el tipo de compuerta a utilizar dependerá principalmente del tamaño y forma del orificio, de la cabeza estática, del espacio disponible, del mecanismo de apertura y de las condiciones particulares de operación.

#### **Aplicaciones:**

- ❖ Control de flujos de aguas
- ❖ Control de inundaciones

- ❖ Proyectos de irrigación
- ❖ Crear reservas de agua
- ❖ Sistemas de drenaje
- ❖ Proyectos de aprovechamiento de suelos
- ❖ Plantas de tratamiento de agua
- ❖ Incrementar capacidad de reserva de las presa

#### 4.1.4.3 Tipos de compuerta

- **Compuertas Planas Deslizantes**

Se les llama compuertas deslizantes pues para su accionar se deslizan por unos rieles guías fijos como se muestra en la figura 5. Puede ser movida por diferentes tipos de motores.

Estas compuertas pueden ser de acero estructural, madera, de hierro, el espesor y el material de la compuerta dependerá de la presión del agua y el diseño de los sellos. Al trabajar a compresión estas compuertas tienen buenas adaptaciones a los sellos presentado pequeñas fugas (Vásquez, 2010).



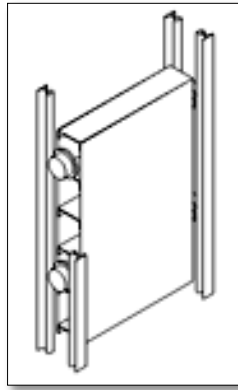
**Figura 5.** Compuerta plana deslizante  
**Fuente:** (Catálogo Dinagal)

- **Compuertas de rodillos (roller gates)**

Consiste en una placa plana de acero reforzado con una estructura generalmente en celosía y rodillos en hierro fundido (figura 6); sus dimensiones varían según los requisitos de la

apertura y su espesor es determinado por la presión del agua. La regulación del nivel del agua se hace sacando parcial o completamente la compuerta (Vásquez, 2010).

- ❖ Este tipo de compuerta es usada normalmente para requerimientos de alta presión.
- ❖ Ha sido diseñada para cerrarse por gravedad.



**Figura 6.** Compuerta de rodillos  
**Fuente:** (Vásquez, 2010)

- **Compuertas de aleta (flap gates)**

Este tipo de compuerta consiste en una placa con bisagras que gira alrededor de un eje en su extremo inferior y transmiten el empuje hidrostático directamente hacia la solera (figura 7) (Vásquez, 2010).

Dicha placa puede ser plana o curva para dar una mejor característica a la descarga.

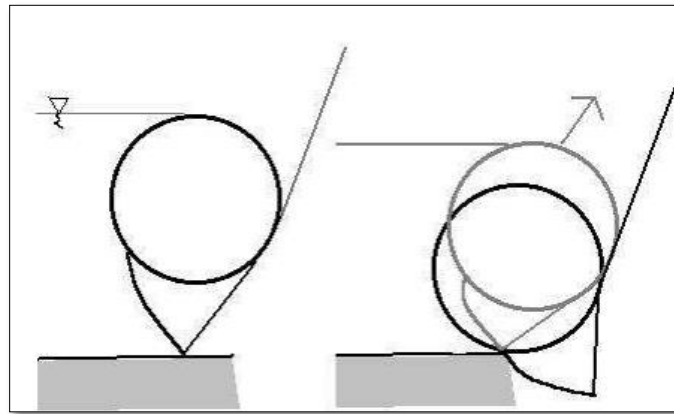


**Figura 7.** Compuerta de aleta  
**Fuente:** (Vásquez, 2010)

- **Compuertas cilíndricas**

Consiste en un cilindro de acero el cual puede levantarse rodando sobre dos guías inclinadas (figura 8).

Este tipo de compuerta proporciona una instalación simple y efectiva pero no son muy comúnmente usadas debido a que la regulación del nivel de agua se efectúa alzando el cilindro y dejando pasar el agua por debajo. En ciertos casos éste sistema no permite una regulación muy exacta del nivel y pueden producirse grandes pérdidas de agua (Vásquez, 2010).



**Figura 8.** Compuerta cilíndrica  
**Fuente:** (Vásquez, 2010)

- **Compuertas mariposa**

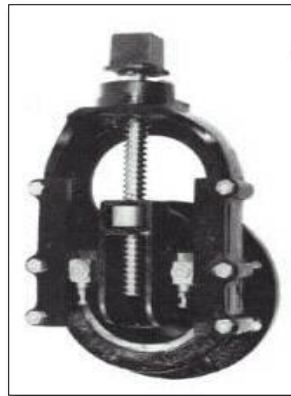
Las compuertas tipo mariposa son utilizadas para controlar el flujo de agua a través de una gran variedad de aberturas (figura 9). Aunque pueden ser utilizadas para controlar el flujo de ambas direcciones la mayoría de las instalaciones sólo las utilizan para controlar el flujo en una dirección (Vásquez, 2010)



**Figura 9.** Compuerta mariposa  
**Fuente:** (Vásquez, 2010)

- **Compuertas de esclusa (Sluice gates)**

Son utilizadas en casos de largos pasajes de fluido, como un interceptor en canales, como reguladoras de nivel, en tanques de almacenamiento (figura 10). Su sistema puede consistir en una placa de diferentes geometrías (circular, cuadrada o rectangular), que se abre manual o automáticamente (Vásquez, 2010).



**Figura 10.** Compuerta de esclusa  
**Fuente:** (Vásquez, 2010)

## **4.2 CONSTITUCIÓN MECÁNICA DE LAS ESTRUCTURAS DE CONTROL**

Para las diferentes estructuras de control como son las compuertas están constituidos por un número elementos mecánicos que permiten su correcto funcionamiento de apertura y cierre de las mismas, a continuación se detallan las fórmulas para calcular las compuertas principalmente planas.

### 4.2.1 Volumen

El volumen es una magnitud escalar definida como el espacio ocupado por un cuerpo. Es una función derivada ya que se halla multiplicando las tres dimensiones.

$$V = (a \times b) \times e \quad \text{Ecuación 1}$$

Siendo:

$a \times b$ : Área de la base,  $m^2$

$e$ : Espesor,  $mm$

### 4.2.2 Densidad

Es la cantidad de masa por unidad de volumen de una sustancia.

$$\rho = m/V \quad \text{Ecuación 2}$$

Siendo:

$m$ : Masa,  $Kg$

$V$ : Volumen,  $m^3$

### 4.2.3 Masa

Es la cantidad de materia que contiene un cuerpo, siendo materia una sustancia impenetrable capaz de recibir toda clase de formas.

$$m = \rho \times V \quad \text{Ecuación 3}$$

Siendo:

$\rho$ : Densidad,  $Kg/m^3$

$V$ : Volumen,  $m^3$



#### 4.2.4 Peso

Es la cantidad que pesa un cuerpo, es decir, la fuerza con la que el cuerpo es atraído hacia la tierra por la acción de la gravedad.

$$W = m \times g$$

*Ecuación 4*

Siendo:

$W$ : Peso,  $N$

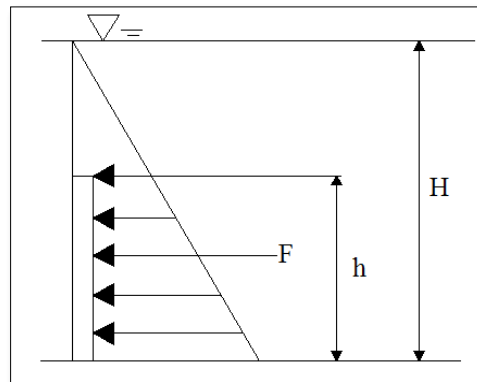
$m$ : Masa,  $Kg$

$g$ : Aceleración de la gravedad,  $m/s^2$

El valor normal de la aceleración por gravedad es de  $9,81 \text{ m/s}^2$

#### 4.2.5 Fuerza hidrostática sobre pared rectangular

El agua estará ejerciendo una fuerza sobre la compuerta, esta fuerza puede variar de acuerdo a la posición, pero el valor máximo de la fuerza ejercida del agua ocurre cuando la compuerta se encuentra totalmente cerrada y el nivel del agua se encuentra a su nivel máximo (figura 11).



**Figura 11.** Distribución de presiones sobre la compuerta

**Fuente:** (Autor)

$$F = \text{Área trapezio de presiones} \times \text{Ancho}$$

$$F = \frac{\gamma H + \gamma(H - h)}{2} h \times a$$

$$F = \gamma \times a \left( Hh - \frac{h^2}{2} \right)$$

*Ecuación 5*

Siendo:

$\gamma$ : Peso específico del agua,  $N/m^3$

$H$ : Altura del nivel del agua,  $m$

$h$ : Altura de la compuerta,  $m$

#### 4.2.6 Fricción

Es la fuerza de rozamiento entre dos superficies en contacto a la fuerza que se opone al movimiento de una superficie sobre otra, o a la fuerza que se opone al inicio del movimiento.

$$f = \mu \times N \quad \text{Ecuación 6}$$

Siendo:

$\mu$ : Coeficiente de fricción

$N$ : Fuerza normal,  $N$

En la tabla 1 se tiene los coeficientes de fricción estático y dinámico de cada material.

**Tabla 1.** Coeficiente de rozamiento

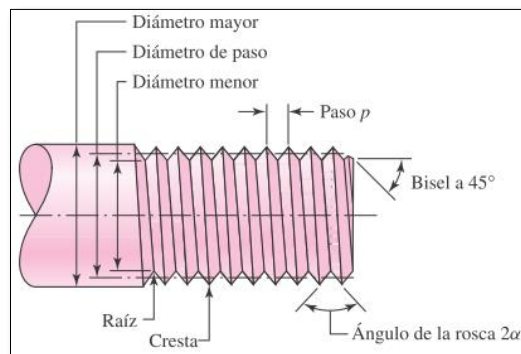
Materiales	Coeficiente de fricción	
	Estático	Dinámico
Acero x acero (no lubricado)	0,4	0,2
Acero x acero (lubricado)	0,3	0,15
Acero x bocin de cobre (no lubricado)	0,2	0,15
Acero x bocin de cobre (lubricado)	0,15	0,1
Acero x bocin de cobre auto lubricante	0,15	0,1
Acero x poliamida	0,25	0,15
Acero x polietileno	0,2	0,1
Acero x elastómero	1	0,7
Acero x PTFE	0,1	0,1
Acero x concreto	0,4	0,1
Acero x madera (longitudinal a las fibras)	0,45	-
Acero x madera (transversal a las fibras)	0,55	-

**Fuente:** (Norma NBR 8883-4.3.3.1)

#### 4.2.7 Normas y definiciones de roscas

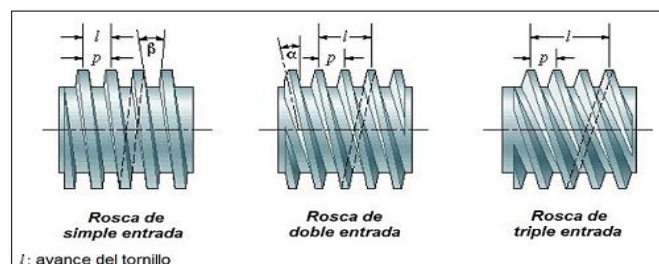
La terminología de las roscas de tornillo, que se ilustran en la figura 12, se explica de la manera siguiente (Shigley, 2008):

- **El paso  $p$ .**- Es la distancia entre dos cuerdas adyacentes, medida en forma paralela al eje de la rosca.
- **El diámetro mayor  $d$ .**- Es el diámetro más grande de una rosca de tornillo.
- **El diámetro menor o raíz  $d_r$ .**- Es el diámetro más pequeño de una rosca de tornillo.
- **El diámetro de paso  $d_p$ .**- Es un diámetro teórico entre los diámetros mayor y menor.
- **El avance  $l$ .**- Es la distancia que se desplaza una tuerca en forma paralela al eje del tornillo cuando a ésta se le da una vuelta. En el caso de una rosca simple, el avance es igual al paso.



**Figura 12.** Terminología de roscas de tornillo  
**Fuente:** (Shigley, 2008)

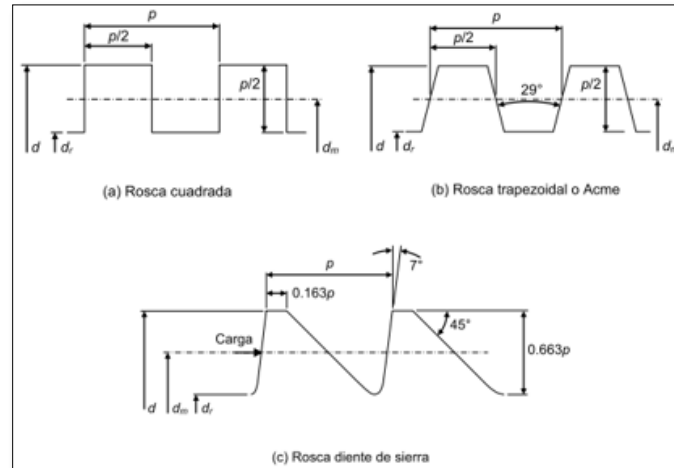
Un tornillo de rosca doble tiene un avance igual al doble del paso, el avance de un tornillo de rosca triple es igual a 3 veces el paso, y así sucesivamente (figura 13).



**Figura 13.** Tipos de avance en una rosca  
**Fuente:** (Ingemecánica)

#### 4.2.7.1 Tipos de roscas estándar para tornillos

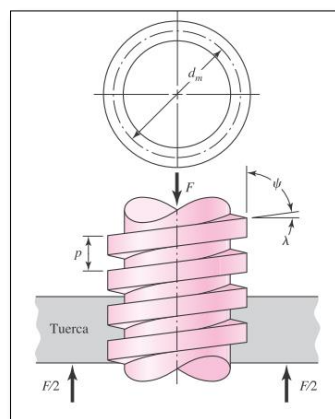
En la siguiente figura 14, se nombran algunos tipos de rosca normalizadas:



**Figura 14.** Tipos de rosca normalizadas para tornillo  
**Fuente:** (Universidad Tecnológica de Pereira, 2011)

#### 4.2.8 Tornillo

Un tornillo es un dispositivo que se utiliza en maquinaria para cambiar el movimiento angular a movimiento lineal y, por lo general, para transmitir potencia. Entre las aplicaciones familiares se incluyen los tornillos de tornos y los tornillos para prensas de banco, prensas de sujeción y gatos (Shigley, 2008).



**Figura 15.** Parte de un tornillo  
**Fuente:** (Shigley, 2008)

Para calcular el par torsión requerido para subir la carga se calcula con la siguiente expresión:

$$T_{car} = \frac{F_2 \times d_m}{2} \times \left( \frac{l + \pi \times f_t \times d_m}{\pi \times d_m - f \times l} \right)$$

*Ecuación 7*

Siendo:

$T_{car}$ : Par torsión requerido para elevar la carga,  $Nm$

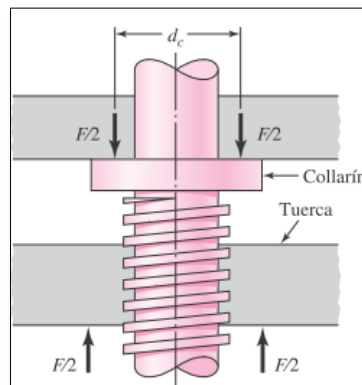
$F_2$ : Fuerza de la carga a levantar,  $N$

$d_m$ : Diámetro medio del tornillo,  $mm$

$l$ : Avance del tornillo,  $mm$

$f_t$ : Coeficiente de fricción (tornillo-tuerca)

Por lo general, se debe utilizar un tercer componente del par de torsión en las aplicaciones de tornillos de potencia. Cuando el tornillo se cargue axialmente, debe usarse un cojinete de empuje o collarín de empuje entre los elementos rotatorio y estacionario, con objeto de soportar el efecto de la componente axial. (Shigley, 2008)



**Figura 16.** Collarín de empuje

**Fuente:** (Shigley, 2008)

En la figura 16, se ilustra un collarín de empuje común para el que se supone que la carga está concentrada en el diámetro medio del collarín  $d_c$ . Si  $f_c$  es el coeficiente de fricción del collarín, el par de torsión que se requiere es:

$$T_c = \frac{F_2 \times f_c \times d_c}{2}$$

*Ecuación 8*

Siendo:

$T_c$ : Par torsor del collarín,  $Nm$

$F_2$ : Fuerza de la carga a levantar,  $N$

$d_c$ : Diámetro medio del collarín,  $mm$

$f_c$ : Coeficiente de fricción en el collarín

El par resistente en el collarín es una carga adicional, con lo que se puede expresar el par total para elevar la carga con la siguiente expresión:

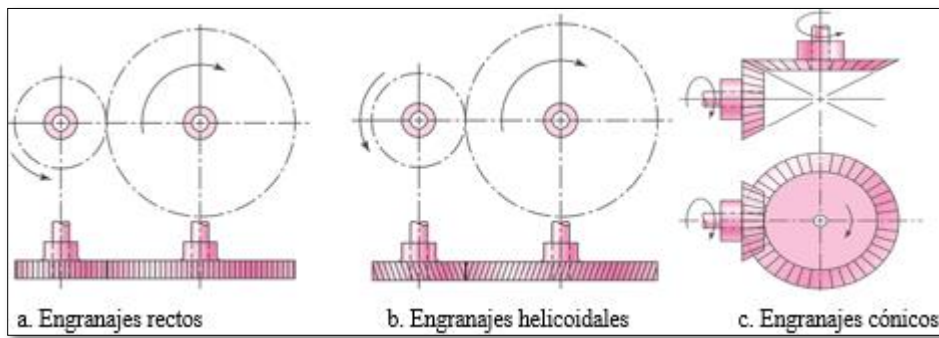
$$T_s = \frac{F_2 \times d_m}{2} \times \left( \frac{l + \pi \times f_t \times dm}{\pi \times dm - f \times l} \right) + \frac{F_2 \times f_c \times dc}{2} \quad \text{Ecuación 9}$$

#### 4.2.9 Engranaje

Es el conjunto de dos o más ruedas dentadas, conjugadas, de superficie exterior generalmente cilíndricas o cónicas, que se transmiten por medio de dientes tallados en dicha superficies, la rotación de los ejes donde van montadas; la pieza mayor es la rueda, y la menor el piñón (Arrizabalaga, 1990).

##### 4.2.9.1 Tipos de engranes

- **Los engranes rectos.** Tienen dientes paralelos al eje de rotación y se emplean para transmitir movimiento de un eje a otro eje paralelo. De todos los tipos, el engrane recto es el más sencillo, razón por la cual se usará para desarrollar las relaciones cinemáticas básicas de la forma de los dientes (figura 17, a).
- **Los engranes helicoidales.** Poseen dientes inclinados con respecto al eje de rotación, y se utilizan para las mismas aplicaciones que los engranes rectos y, cuando se utilizan en esta forma, no son tan ruidosos, debido al engranado más gradual de los dientes durante el acoplamiento (figura 17, b).
- **Los engranes cónicos.** Presentan dientes formados en superficies cónicas (figura 17, c), se emplean sobre todo para transmitir movimiento entre ejes que se intersecan. Los engranes cónicos en espiral se cortan de manera que el diente no sea recto, sino que forme un arco circular (Shigley, 2008).



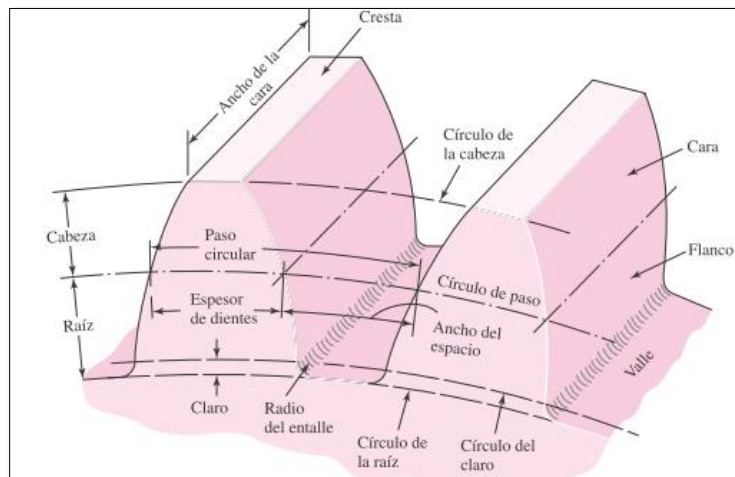
**Figura 17.** Tipos de engranaje  
**Fuente:** (Shigley, 2008)

#### 4.2.9.2 Nomenclatura del engranaje

La terminología de los dientes de engranes rectos se indica en la figura 18.

El círculo de paso es un círculo teórico en el que por lo general se basan todos los cálculos; su diámetro es el diámetro de paso. Los círculos de paso de un par de engranes acoplados son tangentes entre sí (Shigley, 2008).

- *El paso circular  $p$ .*- Es la distancia, medida sobre el círculo de paso, desde un punto en un diente a un punto correspondiente en un diente adyacente. De esta manera, el paso circular es igual a la suma del espesor del diente y del ancho del espacio.
- *El módulo  $m$ .*- Representa la relación del diámetro de paso con el número de dientes.
- *El paso diametral  $P$ .*- Está dado por la relación del número de dientes en el engrane respecto del diámetro de paso. Por lo tanto, es el recíproco del módulo.
- *La cabeza.*- Se determina por la distancia radial entre la cresta y el círculo de paso.
- *La raíz.*- Equivale a la distancia radial desde el fondo hasta el círculo de paso. La altura, o profundidad total  $h$ , es la suma de la cabeza y la raíz.
- *El círculo del claro.*- Es un círculo tangente al círculo de la raíz del engrane acoplado.
- *El huelgo.*- Se determina mediante la cantidad por la cual el ancho del espacio de un diente excede el grosor o espesor del diente de acoplamiento medido en los círculos de paso.



**Figura 18.** Nomenclatura de los dientes de engranajes rectos  
**Fuente:** (Shigley, 2008)

En la tabla 2 se presenta las expresiones para el cálculo de engranajes rectos (Arrizabalaga, 1990).

**Tabla 2.** Parámetros dimensionales de engranajes rectos

Diámetro exterior ( $d_e$ )	$d_e = m(z + 2)$ Donde: $m$ : módulo, $mm$ $z$ : número de dientes	<i>Ecuación 10</i>
Diámetro de fondo ( $d_i$ )	$d_i = m(z - 2,5)$	<i>Ecuación 11</i>
Diámetro primitivo ( $d_p$ )	$d_p = m \times z$	<i>Ecuación 12</i>
Paso circular ( $P_c$ )	$P_c = \pi \times m$	<i>Ecuación 13</i>
Profundidad del diente ( $h_p$ )	$h_p = 2,25m$	<i>Ecuación 14</i>
Espesor del diente ( $e_d$ )	$e_d = \frac{P_c}{2}$	<i>Ecuación 15</i>

**Fuente:** (Arrizabalaga, 1990)

En la tabla 3 se tiene los módulos estandarizados para engranajes rectos:

**Tabla 3.** Selección del módulo

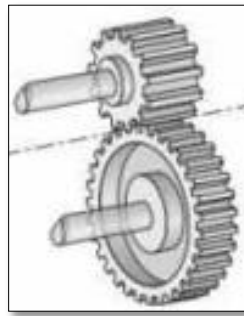
<b>Módulos</b>	
Preferidos	1, 1.25, 1.5, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50
Siguiente elección	1.125, 1.375, 1.75, 2.25, 2.75, 3.5, 4.5, 5.5, 7, 9, 11, 14, 18, 22, 28, 36, 45

**Fuente:** (Shigley, 2008)



#### 4.2.9.3 Relación de reducción de velocidad

La rueda dentada llamado piñón impulsa a la rueda dentada conducida (figura 19). Para calcular la relación de reducción de velocidad depende del número de dientes del piñón y el número de dientes del engranaje.



**Figura 19.** Engranajes rectos  
**Fuente:** (Myszka, 2012)

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

*Ecuación 16*

Siendo:

$n_1$ : Número de revoluciones del piñón, *rpm*

$n_2$ : Número de revoluciones del engranaje, *rpm*

$z_1$ : Número de dientes del engranaje

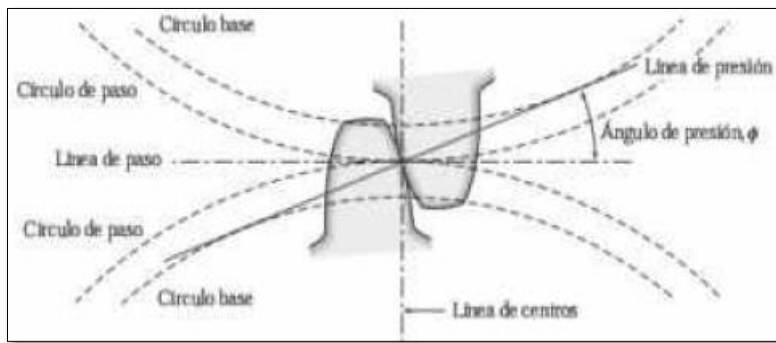
$z_2$ : Número de dientes del piñón

#### 4.2.9.4 El ángulo de presión

El ángulo de presión es entre la línea tangente a ambos círculos de paso de los engranajes acoplados y una línea perpendicular a los dientes en el punto de contacto (figura 20).

La línea tangente a los círculos de paso se conoce línea de paso. La línea perpendicular a la superficie de los dientes en el punto de contacto se las conoce como línea d presión o línea de contacto. Por lo tanto el ángulo de presión se mide entre la línea de paso y la línea de presión.

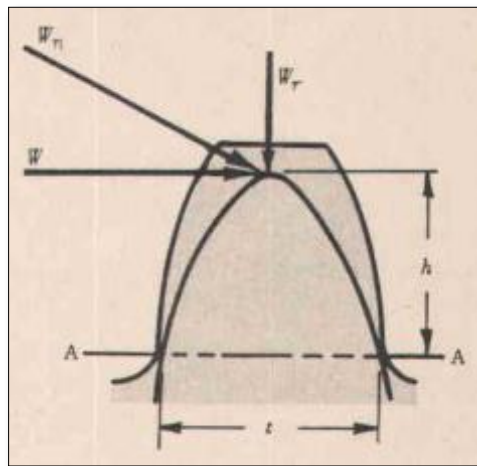
Los valores estándares del ángulo de presión son de 14,5 ,20 y 25 (Myszka, 2012).



**Figura 20.** Ángulo de presión en un engranaje  
**Fuente:** (David H. Myszka, 2012)

#### 4.2.9.5 Resistencia de los dientes de un engranaje

Al comenzar la acción entre un par de dientes que engranan, el flanco del diente motor hace contacto con la punta del diente accionado (figura 21). Despreciando el rozamiento, la carga total  $W_n$  es normal al perfil del diente y se supone que es conducida por este diente.  $W$ , la carga componente de  $W_n$  perpendicular a la línea media del diente, produce un esfuerzo de flexión en la base del diente. La componente radial  $W_r$  se desprecia. (Hall, Holowenco, & Laucghlin, 1971).



**Figura 21.** Resistencia de un diente sometido a flexión  
**Fuente:** (Hall, Holowenco, & Laucghlin, 1971)

El esfuerzo de flexión producido,  $\sigma_t$  es:

$$\sigma_t = \frac{6W_t h_d}{bt^2}$$

*Ecuación 17*

Siendo:

$w_t$ : Carga tangencial,  $Nm$

$h_d$ : Altura del diente,  $mm$

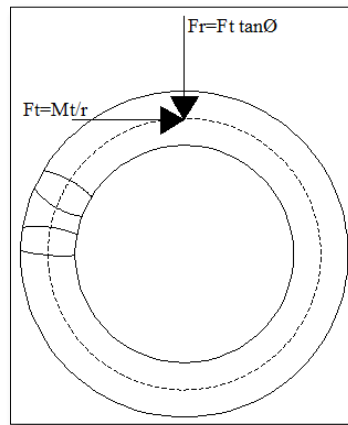
$t$ : Espesor del diente,  $mm$

$b$ : Ancho de la cara del diente,  $mm$

Por conveniencia  $W$  se aproxima a la fuerza transmitida  $F$ , la cual se define como el momento de torsión dividido por el radio primitivo.

#### 4.2.9.6 Fuerzas en los engranajes rectos

Las fuerzas componentes de un engranaje recto (figura 22) son:



**Figura 22.** Fuerzas que actúan sobre un engranaje recto

**Fuente:** (Hall, Holowenco, & Laucghlin, 1971)

- Fuerza tangencial.

$$F_t = \frac{M_t}{r}$$

*Ecuación 18*

Siendo:

$M_t$ : Momento en el engranaje,  $Nm$

$r$ : Radio primitivo,  $mm$

- Fuerza radial

$$F_r = F_t \times \tan \emptyset \quad \text{Ecuación 19}$$

Siendo:

$F_t$ : Fuerza tangencial,  $N$

$\emptyset$ : Ángulo de precisión

#### 4.2.10 Eje

Es un componente de dispositivos mecánicos que transmite movimiento rotatorio y de potencia. Es parte de cualquier sistema mecánico donde la potencia se transmite desde un primotor, que puede ser un motor eléctrico o uno de combustión (Mott, 2006).

Para calcular un eje se utiliza la ecuación de TECO/Von Mises (Universidad Tecnológica de Pereira, 2011, Cap. 7)

$$d^3 = \frac{16}{\pi S_y} (4M^2 + 3T^2)^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ecuación 20}$$

Siendo:

$S_y$ : Resistencia a la fluencia,  $MPa$

$M$ : Momento flector,  $Nm$

$T$ : Par de torsión,  $Nm$

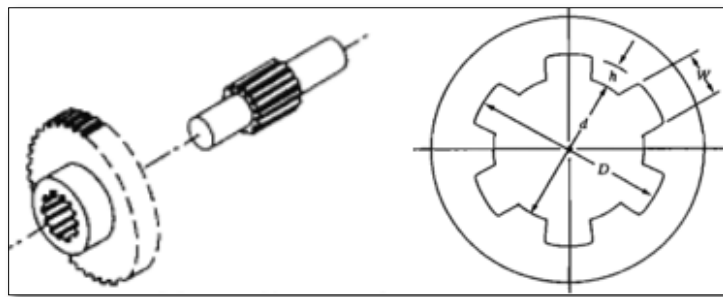
##### 4.2.10.1 Eje estriado

Se puede decir que las estrías son una serie de cuñas axiales, maquinadas en un eje, con sus correspondientes ranuras maquinadas en el barreno de la parte acoplada (engranaje, polea y catalina, entre otros). Las estrías ejercen la misma función que una cuña, transmitiendo par torsional del eje al elemento acoplado. Son muchas las ventajas de las estrías sobre las cuñas. Debido a que suelen usarse cuatro estrías o más, en comparación con una o dos cuñas, el resultado es una transferencia más uniforme del par torsional, con menor carga sobre determinada parte de la interface eje/cubo. Las estrías están

integradas al eje, por lo que no puede haber movimiento relativo, como sí lo hay entre una cuña y el eje (Mott, 2006).

#### 4.2.10.2 Estrías de lados rectos

Las estrías rectas se fabrican con las especificaciones de la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE), y suelen tener 4, 6, 10 o 16 estrías. La figura 23 muestra la versión de seis estrías, donde se pueden ver los parámetros básicos de diseño:  $D$  (diámetro mayor),  $d$  (diámetro menor),  $W$  (ancho de la estría) y  $h$  (profundidad de la estría) (Mott, 2006).



**Figura 23.** Forma general de conexión con estrías

**Fuente:** (Mott, 2006)

Las dimensiones de  $d$ ,  $W$  y  $h$  se relacionan con el diámetro mayor nominal  $D$ , con las fórmulas de la tabla 4. Observar que los valores de  $h$  y  $d$  difieren de acuerdo con el uso de la estría.

**Tabla 4.** Fórmulas de la SAE para estrías rectas

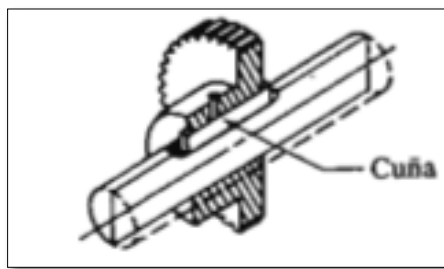
Número de estrías	W para todos los ajustes	A ajuste permanente		B para deslizar sin carga		C para deslizar bajo carga	
		h	d	h	d	h	d
Cuatro	0,241 D	0,075 D	0,850 D	0,125 D	0,750 D		
Seis	0,250 D	0,050 D	0,900 D	0,075 D	0,850 D	0,100 D	0,800 D
Diez	0,156 D	0,045 D	0,910 D	0,070 D	0,860 D	0,095 D	0,810 D
Dieciséis	0,098 D	0,045 D	0,910 D	0,070 D	0,860 D	0,095 D	0,810 D

**Fuente:** (Mott, 2006)

El ajuste permanente A, se usa cuando la pieza acoplada no debe moverse después de la instalación. El ajuste B se efectúa cuando la pieza acoplada se va a mover a lo largo del eje, sin tener una carga de par torsional. Cuando la pieza acoplada debe moverse bajo la acción de la carga, se usa el ajuste C (Mott, 2006).

#### 4.2.11 Chaveta

Chaveta es un componente de maquinaria que si instala en el interfaz entre un eje y el cubo de un elemento de transmisión de potencia, con el objeto de transmitir un par torsional véase en la figura 24. La cuña es desmontable para facilitar el ensamblado y desensamblado del sistema del eje. Se instala en una ranura radial axial, maquinada en el eje, llamado cuñero. Se hace una ranura similar en el cubo del elemento transmisor de potencia, llamado asiento de la cuña o chavetero (Mott, 2006).



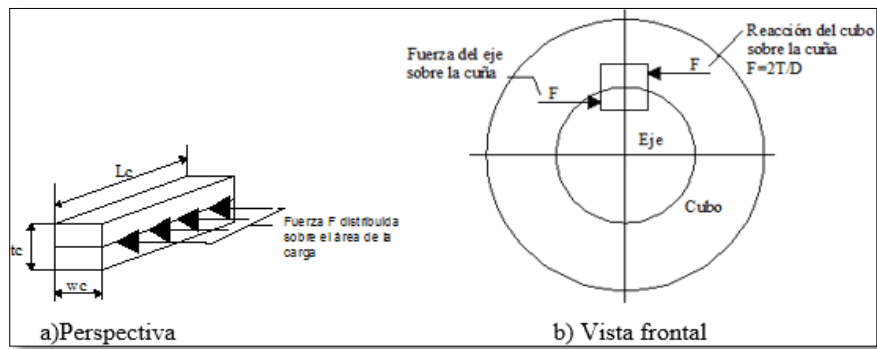
**Figura 24.** Cuña y cuñero aplicado a un engrane y su eje  
**Fuente:** (Mott, 2006)

##### 4.2.11.1 Análisis de esfuerzo para determinar la longitud delas cuñas

Existen dos modos básicos de falla potencial que transmiten potencia:

- Corte a través de la interface eje/cubo.
- Falla por compresión, debido a la acción de empuje entre los lados de la cuña y el material del eje o del cubo.

Para analizar cada uno de esos modos de falla, es necesario comprender las fuerzas que actúan sobre la cuña. La figura 25 muestra el caso idealizado, donde el par torsional sobre el eje crea una fuerza sobre la cara izquierda de la cuña. A su vez, la cuña ejerce una fuerza sobre la cara derecha del cuñero del cubo.



**Figura 25.** Fuerza sobre una cuña

**Fuente:** (Mott, 2006)

$$F = \frac{T}{D/2}$$

*Ecuación 21*

Entonces, el esfuerzo cortante es:

$$\tau = \frac{2T}{Dw_cL_c}$$

*Ecuación 22*

Siendo:

$T$ : Torque ejercido por el motor aplicada en la chaveta,  $Nm$

$D$ : Diámetro del eje,  $mm$

$w_c$ : Ancho de la chaveta,  $mm$

$L_c$ : Longitud de la chaveta,  $mm$

El esfuerzo por compresión es:

$$\sigma = \frac{4T}{Dt_cL_c}$$

*Ecuación 23*

Siendo:

$T$ : Torque ejercido por el motor aplicada en la chaveta,  $Nm$

$D$ : Diámetro del eje,  $mm$

$t_c$ : Alto de la chaveta,  $mm$

$L_c$ : Longitud de la chaveta,  $mm$

Las ecuaciones deben cumplir las condiciones de seguridad, las cuales se dan en las siguientes expresiones:

$$\tau = \frac{0,5S_y}{N}$$

*Ecuación 24*

Siendo:

$S_y$ : Resistencia a la fluencia, *MPa*

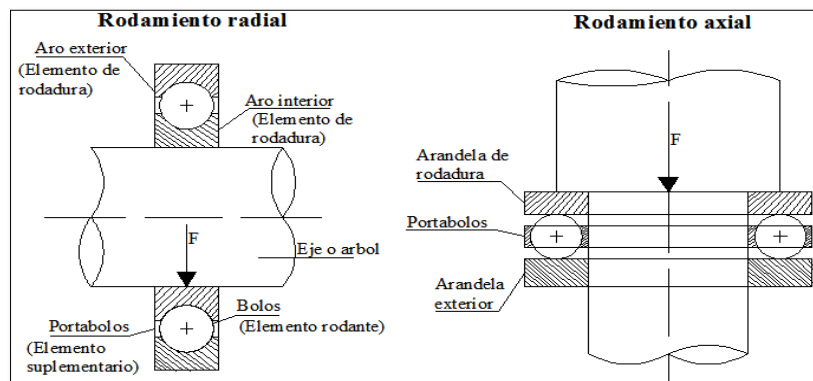
$N$ : Factor de seguridad

$$\sigma = \frac{S_y}{N}$$

*Ecuación 25*

#### 4.2.12 Rodamiento

Los cojinetes de rodamientos pueden ser radiales o axiales (figura 26); se componen de una rodadura que son aros o arandelas provistos de una o más superficies que sirven para los cuerpos rodantes que son bolas y rodillos de varios tipo, se deslicen sobre aquellas superficies sin rozamiento aparente (Larburu, 1990).



**Figura 26.** Tipos de cojinetes de rodamientos  
Fuente: (Larburu, 1990)

##### 4.2.12.1 Tipos de cojinetes de rodamientos

###### Radiales

- **Rodamientos de bolas a rótula, con agujeros cilíndricos.-** Soportan cargas radiales y facilitan la alineación de los árboles.



- **Rodamientos a bolas rígidas, camino de rodadura profundo.-** Soportan cargas radiales y radiales.
- **Rodamientos de rodillos a rótula con agujeros cilíndricos.-** Soportan cargas radiales y axiales de consideración, y facilitan la alineación automática de los árboles.
- **Rodamientos de dos hileras de bolas, con contacto angular.-** Pueden soportar, además de las cargas radiales fuertes cargas axiales.
- **Rodamientos de rodillos cilíndricos.-** Adecuados para soportar fuertes cargas radiales a altas velocidades.
- **Rodamientos de rodillos cónicos.-** Adecuados para soportar fuertes cargas radiales y axiales simultáneamente; las axiales en un solo sentido.

#### **Axiales**

- **Rodamientos axiales de simple efecto.-** Soportan cargas radiales en un solo sentido; compuesto por dos arandelas.
- **Rodamientos axiales de doble efecto.-** Soporta cargas axiales en los dos sentidos; compuestos por tres arandelas.

Para facilitar el cálculo de los rodamientos se tiene las siguientes expresiones (Mott, 2006)

#### ❖ **Carga radial**

$$R = \sqrt{(RA_{x,y,z})^2 + (RB_{x,y,z})^2} \quad \text{Ecuación 26}$$

Siendo:

$RA_{x,y,z}$ : Reacciones en plano,  $N$

$RB_{x,y,z}$ : Reacciones en plano,  $N$

#### ❖ **Carga equivalente**

$$P = VR \quad \text{Ecuación 27}$$

Siendo:

$V$ : Factor de rotación

$R$ : Carga radial,  $N$

#### ❖ Carga dinámica

$$C = \frac{P f_L}{f_N} \quad \text{Ecuación 28}$$

Siendo:

$f_L$ : Factor de duración

$f_N$ : Factor de velocidad

$P$ : Carga equivalente,  $N$

#### ❖ Carga estática

$$C_0 = f_s P \quad \text{Ecuación 29}$$

Siendo:

$f_s$ : Factor de esfuerzos estáticos

$P$ : Carga equivalente,  $N$

Para la selección del factor de esfuerzos estáticos se tiene las siguientes condiciones:

$f_s = 1,5 - 2,5$  para exigencias elevadas.

$f_s = 1,0 - 1,5$  para exigencias normales.

$f_s = 0,7 - 1,0$  para exigencias reducidas.

### 4.3 ELEMENTOS DE AUTOMATIZACIÓN

#### 4.3.1 Sensor

Se puede definir a un sensor o transductor como un dispositivo o combinaciones de dispositivos que convierten señales o energía de una forma física en otra. Éstos proporcionan una salida útil en respuesta a una condición física medida (Daneri, 2008)

Los sensores pueden ser clasificados como analógicos o digitales. Esta clasificación se basa en la señal de salida del sensor. Si la señal de salida del sensor es un voltaje, corriente o frecuencia, se considera que es un sensor es analógico. Si la salida del sensor está representada por dígitos binarios o pulsos de corriente continua, se considera que es un sensor digital (Buyaski, Ehler, Falvey, Rogers, & Serfozo, 1991).

- Los sensores digitales son más precisos y menos sensible a los errores inducidos eléctricamente debido a que la salida está en un formato binario y se puede convertir fácilmente a unidades de ingeniería de forma automática en el equipo de control. Sin embargo, los sensores digitales son más caros, más complejo, más difícil de reparar, y muchas veces más propensos fallos.
- Los sensores analógicos son menos costosos, más fáciles de mantener y reparar, y más fácil de calibrar. Generalmente, los sensores analógicos son más fiables durante largos períodos de tiempo. La señal de salida es una señal analógica eléctrica que es susceptible a la interferencia y la degradación antes de que llegue el controlador automático.

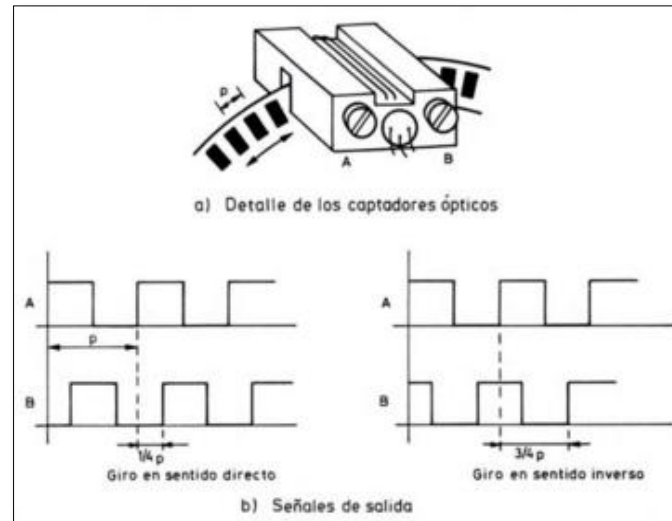
#### **4.3.2 Medidores de posición de distancia**

##### **4.3.2.1 Encoders**

Los encoders son dispositivos formados por un rotor con uno o varios grupos de bandas opacas y translúcidas alternadas y por una serie de captadores ópticos alojados en el estator, que detectan la presencia o no de banda opaca frente a ellos. Existen dos tipos de encoders: los incrementales y los absolutos (Balcells & Romeral, 2000)

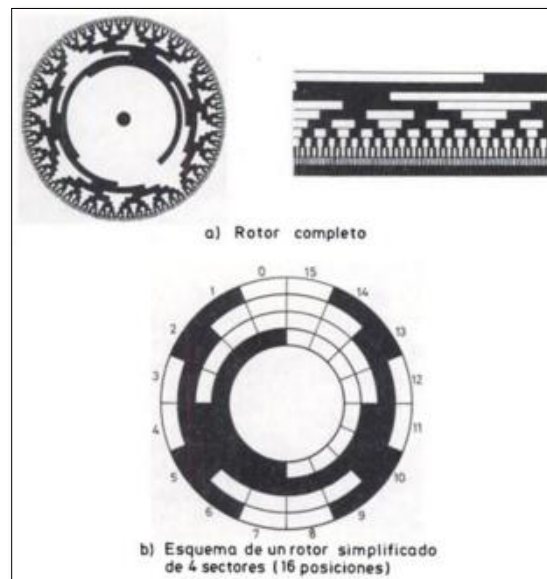
- **Encoders incrementales o relativos.-** Los encoders incrementales suelen tener una sola banda de marcas transparentes y opacas repartidas a lo largo del disco rotórico y separadas por un paso (p), tal como muestra la figura 27. En el estator suelen disponer de dos pares de emisor-receptor óptico (salida de dos canales) decalados un número entero de pasos más  $1/4$ . Al girar el rotor, cada par óptico genera una señal cuadrada. El decalaje de  $1/4$  de división de los captadores hace que las señales cuadradas de salida tengan entre sí un desfase de  $1/4$  de período

cuando el rotor gira en un sentido, y  $3/4$  de periodo cuando gira en sentido contrario, lo cual se utiliza para discriminar el sentido de giro.



**Figura 27.** Encoder incremental  
**Fuente:** (Balcells & Romeral, 2000)

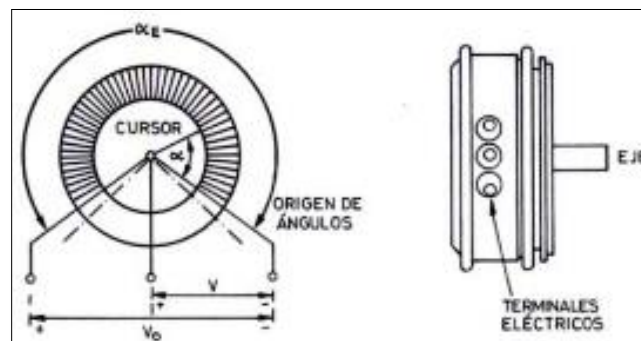
- **Encoders absolutos.-** Los encoders absolutos disponen de varias bandas dispuestas en forma de coronas circulares concéntricas, con zonas opacas y transparentes dispuestas de tal forma que en sentido radial el rotor queda dividido en una serie de sectores, con combinaciones de opacos y transparentes que siguen un código Gray o binario reflejado (figura 28). El estator dispone de un captador para cada corona del rotor, dispuestos en forma radial. El conjunto de informaciones binarias obtenidas de los captadores es único para cada posición del rotor y representa su código Gray su posición absoluta.



**Figura 28.** Encoder absoluto  
**Fuente:** (Balcells & Romeral, 2000)

#### 4.3.2.2 Potenciómetro

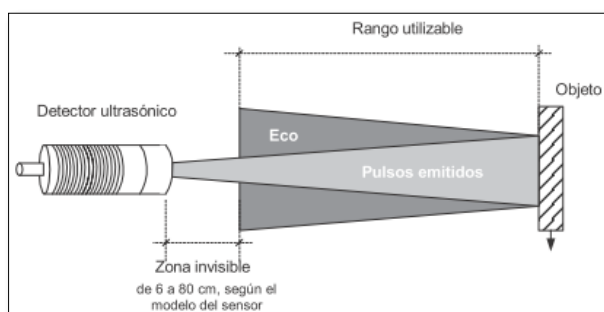
El potenciómetro es un transductor de posición angular, de tipo absoluto y con salida de tipo analógico. Consiste en una resistencia de hilo bobinado o en una pista de material conductor, distribuido a lo largo de un soporte en forma de arco y un cursor solidario a un eje de salida, que puede deslizarse sobre dicho conductor (figura 29). El movimiento del eje arrastra el cursor provocando cambios de resistencia entre este y cualquiera de los extremos. Así pues, cuando se alimenta entre los extremos de la resistencia con una tensión constante, aparece entre la toma media y uno de los extremos una tensión proporcional al ángulo girado a partir del origen (Balcells & Romeral, 2000)



**Figura 29.** Potenciómetro  
**Fuente:** (Balcells & Romeral, 2000)

#### 4.3.2.3 Sensores ultrasónicos

Los sensores ultrasónicos utilizan un cristal piezoeléctrico montado en la superficie del detector para enviar y recibir señales de sonido de alta frecuencia. Se aplican al cristal piezoeléctrico trenes de pulsos de alta frecuencia haciendo que éste vibre a la misma frecuencia, produciendo ondas mecánicas que se transmiten por el aire. Cuando estas ondas inciden sobre el objeto a detectar, se produce un eco que retorna al transductor (ver la figura 30) (Daneri, 2008).



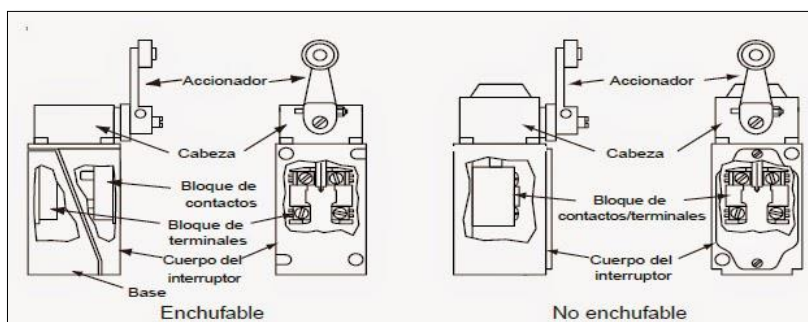
**Figura 30.** Pulso emitido y eco en un detector ultrasónico

**Fuente:** (Danerí, 2008)

#### 4.3.2.4 Finales de carrera

Permiten controlar la posición de piezas, brazos u órganos móviles de máquinas, y establecen el límite hasta donde dichas piezas pueden llegar. Internamente están formados por pulsadores que son accionados mecánicamente a través de una palanca por la pieza móvil que hay que controlar (figura 31).

Pueden ser pulsadores NA (Normalmente abierto) o NC (Normalmente cerrado) (Durán, Martínes, Gámiz, Domingo, & Grau, 2012).



**Figura 31.** Interruptor de final de carrera

**Fuente:** (Control e Instrumentación Industrial, S. A. , 2015)

### 4.3.3 Dispositivos de mando básicos

Los elementos o dispositivos de mando son componentes que permiten al operario ordenar la ejecución de operaciones diversas, tales como el arranque, la parada, el cambio de velocidad, etc., de diferentes máquinas eléctricas, como por ejemplo los motores (Durán, Martínez, Gámiz, Domingo, & Grau, 2012).

#### 4.3.3.1 Pulsadores

Los pulsadores son elementos que conectan y desconectan instalaciones y máquinas eléctricas mediante una simple pulsación sobre los mismos. Vuelven a su posición inicial mediante un muelle o resorte interno (Duran, Martínez, Gámiz, Domingo, & Grau, 2012).

Existen multitud de tipos, aunque los dos más importantes son:

- **Pulsadores normalmente abiertos (NA).** Cuando los pulsamos se efectúa la conexión interna de sus dos terminales. En reposo los contactos estarán abiertos (es decir, sin conexión eléctrica entre ellos). Se utilizan generalmente para la puesta en marcha o el arranque de máquinas e instalaciones eléctricas.
- **Pulsadores normalmente cerrados (NC).** Cuando los pulsamos se efectúa la desconexión de sus dos terminales. En reposo los contactos estarán cerrados (con conexión eléctrica entre ellos). Se utilizan generalmente para el paro de máquinas e instalaciones eléctricas.
- **Pulsador de paro de emergencia.-** Denominado comúnmente seta, debido a su aspecto externo. La cabeza de estos pulsadores es bastante más ancha que en normales y de color rojo, sobre fondo amarillo. Permite la parada inmediata de la instalación eléctrica cuando ocurre un accidente.

#### 4.3.3.2 Selector

Conocidos también como interruptores giratorios, se emplean cuando es necesario elegir un determinado tipo de maniobra.

Existen diversidad de modelos: de dos o más posiciones, con retorno manual o automático, de maneta, con muletilla, con llave, entre otros (Leiva, 2010).

#### 4.3.3.3 Señalización luminosa

Es el alumbrado suministrado por lámparas de incandescencia o de gas de pequeña potencia. Las más conocidas son las lámparas piloto, colocadas en los paneles frontales de armarios y cuadros eléctricos (Durán, Martínez, Gámiz, Domingo, & Grau Saldes, 2012).

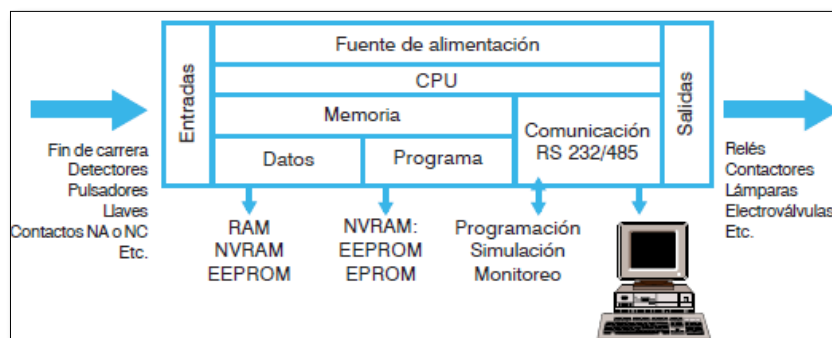
Emiten una luz cuyo color cambia de función de la información que deban dar:

- **El color verde.-** Nos informa sobre el correcto o normal funcionamiento de la máquina.
- **El color rojo o anaranjado.-** Indica condiciones anormales en el funcionamiento de máquinas, instalaciones, alarmas, emergencias, paradas de instalaciones, disparo de térmicos por sobre-intensidades, etc.
- **El color blanco (o transparente).-** Indica la conexión de la máquina o circuitos a la tensión nominal de servicio.

#### 4.3.4 PLC (Controlador Lógico Programable)

##### 4.3.4.1 Definición

Se entiende por controlador lógico programable (PLC), o autómata programable, a toda máquina electrónica diseñada para controlar en tiempo real y en el medio industrial procesos secuenciales (Gómez, Reyes, & Guzmán del Río, 2008).



**Figura 32.** Esquema básico de un PLC

**Fuente:** (Molinari N. , 2004)



#### 4.3.4.2 Ventajas PLC's

- Menor tiempo de elaboración de proyectos
- Posibilidad de añadir modificaciones sin costo añadido en otros componentes
- Mínimo espacio de ocupación
- Menor costo de mano de obra
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento

#### 4.3.4.3 Bloques esenciales del autómata

Un autómata programable se compone esencialmente de los siguientes bloques (Balcells & Romeral, 2000):

- **Unidad central de procesos de control. CPU.**

Consulta el estado de entradas y recoge de la memoria de programa la secuencia de instrucciones a ejecutar, elaborando a partir de ella señales de salida u órdenes que se envíaran al proceso (Balcells & Romeral, 2000).

- **Memoria interna**

Es la encargada de almacenar datos intermedios de cálculo y variables internas que no aparecen directamente sobre las salidas (Balcells & Romeral, 2000).

- **Memoria de programa**

Contiene la secuencia de operaciones que deben realizarse sobre señales de entrada para obtener las señales salida, así como los parámetros de la configuración del autómata (Balcells & Romeral, 2000).

#### ❖ **Tipos de memorias**

Hay dos tipos básicos de memoria: volátiles y no volátiles. Las memorias volátiles se pueden leer, escribir y borrar fácilmente por el propio programa. Tienen el inconveniente de que pierden la información grabada cuando se desconecta la alimentación (Aragonés Boix, Saigí, & Zabaleta, 1998).

Las memorias no volátiles pueden ser leídas a voluntad pero difieren en la forma en que se pueden escribir. Todas ellas mantienen la información aunque se pierda la alimentación eléctrica. A continuación hay una clasificación de algunos tipos:

- ✓ **ROM Read Only Memory (Memoria de sólo lectura).** Es una memoria que se programa en el momento de fabricación y que puede ser leída pero no escrita ni borrada.
- ✓ **PROM Programmable ROM (ROM programable).** Es una memoria que se puede programar eléctricamente en cualquier momento pero no se puede borrar (sólo se puede programar una vez).
- ✓ **EPROM Erasable PROM (PROM borrrable).** Se puede programar eléctricamente y borrar (todo el contenido de golpe) exponiéndola a una luz UV un número muy elevado de veces.
- ✓ **EEPROM Electrically Erasable PROM (PROM borrrable eléctricamente).** Se programa y se borra (todo el contenido de una vez) eléctricamente.
- ✓ **EAROM Electrically Alterable ROM (ROM alterable eléctricamente).** Se comporta como una memoria RAM pero los datos no se pierden al cortar la alimentación. Es la única memoria no volátil en que se puede modificar una parte del contenido sin borrarla completamente.

- **Las interfaces de entrada y salida**

Establecen la comunicación del autómatas con la planta. Para ello, se conectan, por una parte, con las señales de proceso a través de los bornes previstos y, por otra, con el bus interno del autómatas. La interfaz se encarga de adaptar las señales que se manejan en el proceso a las utilizadas internamente por la máquina (Balcells & Romeral, 2000).

- **La fuente de alimentación**

Proporciona, a partir de una tensión exterior, las tensiones necesarias para el buen funcionamiento de los distintos circuitos electrónicos del sistema. En ocasiones, el autómatas puede disponer de una batería conectada a esta fuente de alimentación, lo que asegura el mantenimiento del programa y algunos datos en las memorias en caso de interrupción de la tensión exterior (Balcells & Romeral, 2000).

#### 4.3.4.4 Clasificación de los PLC

Los PLC se clasifican en (Daneri, 2008):

- ❖ **Compacto.-** Alojan todas sus partes, tales como interfaces de entradas, de salidas, CPU y fuente de alimentación, en un mismo gabinete. Esta construcción compacta se da solamente en controladores de baja cantidad de entradas y salidas, comúnmente llamados micro PLC. Las unidades de expansión son simplemente de entradas y salidas que se vinculan al equipo compacto mediante una conexión al bus de datos.
- ❖ **Modulares.-** Su fuente de alimentación, CPU e interfaces de entradas y salidas, son partes componibles que se arman sobre un bastidor, base de montaje, permitiendo conformar un PLC según la necesidad de la aplicación.

#### 4.3.5 Sistema SCADA

Se da el nombre de Scada (*Supervisory Control And Data Adquisition o Control, Supervisión y Adquisición de Datos*) a cualquier software que permita el acceso a datos remotos de un proceso y permita, utilizando las herramientas de comunicación necesarias en cada caso, el control del mismo (Penin, 2007).

##### 4.3.5.1 Objetivos

Los sistemas Scada se conciben principalmente como una herramienta de supervisión y mando. Entre sus objetivos podemos destacar:

- **Economía:** Es más fácil ver qué ocurre en la instalación desde la oficina que enviar a un operario a realizar la tarea.
- **Mantenimiento:** La adquisición de datos materializa la posibilidad de obtener datos de un proceso, almacenarlos y presentarlos de manera inteligible para un usuario no especializado.
- **Ergonomía:** Es la ciencia que procura hacer que la relación entre el usuario y el proceso sea lo menos tirante posible.

- **Gestión:** Todos los datos recopilados pueden ser valorados de múltiples maneras mediante herramientas estadísticas, gráficas, valores tabulados, etc., que permitan explotar el sistema con el mejor rendimiento posible.
- **Flexibilidad:** Cualquier modificación de alguna de las características del sistema de visualización no significa un gasto en tiempo y medios, pues no hay modificaciones físicas que requieran la instalación de un cableado o del contador.

#### 4.3.5.2 Prestaciones

Entre las prestaciones de una herramienta de este tipo destacan:

##### ➤ **La monitorización**

Representación de datos en tiempo real a los operadores de planta. Se leen los datos de los autómatas (temperaturas, velocidades, detectores)

##### ➤ **La supervisión**

Supervisión, mando y adquisición de datos de un proceso y herramientas de gestión para la toma de decisiones. Tienen además la capacidad de ejecutar programas que puedan supervisar y modificar el control establecido y, bajo ciertas condiciones, anular o modificar tareas asociadas a los autómatas.

##### ➤ **La visualización de los estados de las señales del sistema (alarmas y eventos)**

Reconocimiento de eventos excepcionales acaecidos en la planta y su inmediata puesta en conocimiento a los operarios para efectuar las acciones correctoras pertinentes. Además, los paneles de alarma pueden exigir alguna acción de reconocimiento por parte del operario, de forma que queden registradas las incidencias.

##### ➤ **El mando**

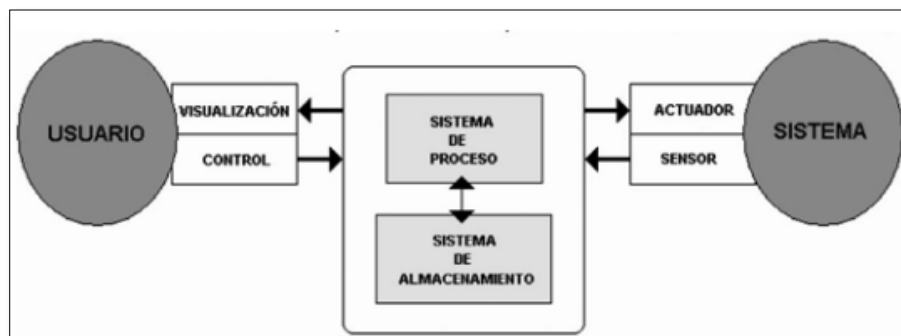
Posibilidad de que los operadores puedan cambiar consignas u otros datos claves del proceso directamente desde el ordenador (marcha, paro, modificación de parámetros). Se escriben datos sobre los elementos de control.

#### 4.3.5.3 Arquitectura de un sistema SCADA

El desarrollo del ordenador personal ha permitido su implantación en todos los campos del conocimiento y a todos los niveles imaginables.

Las primeras incursiones en el campo de la automatización localizaban todo el control en el PC y tendían progresivamente a la distribución del control en planta. De esta manera, el sistema queda dividido en tres bloques principales (Penin, 2007):

- Software de adquisición de datos y control (Scada).
- Sistemas de adquisición y mando (sensores y actuadores).
- Sistema de interconexión (comunicaciones).

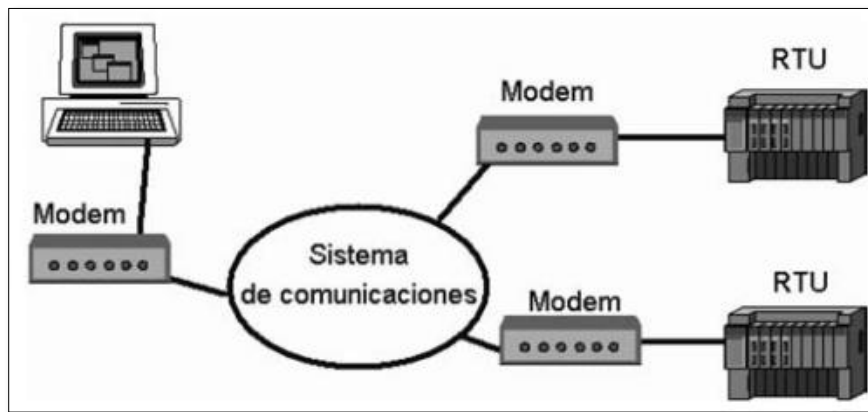


**Figura 33.** Estructura básica de un sistema de supervisión y mando

**Fuente:** (Penin, 2007)

El usuario, mediante herramientas de visualización y control, tiene acceso al Sistema de Control de Proceso, generalmente un ordenador donde reside la aplicación de control y supervisión (se trata de un sistema servidor). La comunicación entre estos dos sistemas se suele realizar a través de redes de comunicaciones corporativas (Ethernet).

Un sistema Scada es una aplicación de software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción que proporciona comunicación entre los dispositivos de campo, llamados también RTU (Remote Terminal Units o Unidades Remotas), donde se pueden encontrar elementos tales como controladores autónomos o autómatas programables, y un centro de control o Unidad Central (MTU, Master Terminal Unit), donde se controla el proceso de forma automática desde la pantalla de uno o varios ordenadores (figura 34).



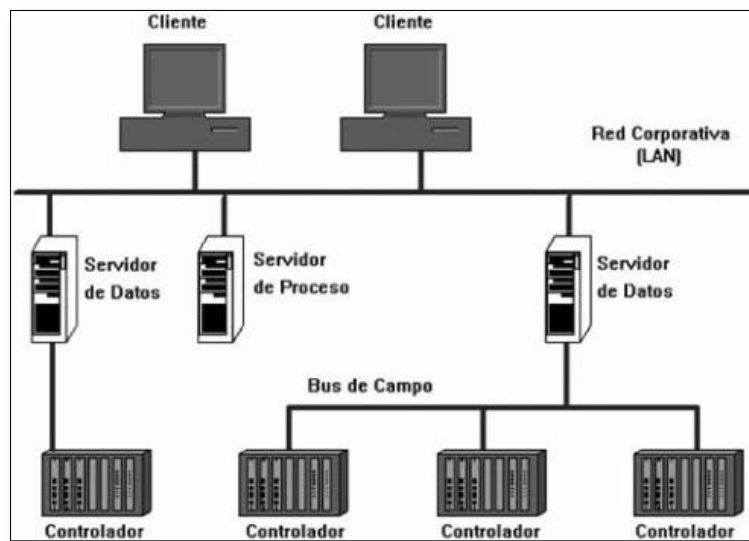
**Figura 34.** Idea básica de Sistema Scada  
**Fuente:** (Penin, 2007)

#### 4.3.5.4 El hardware

Un sistema Scada, a escala conceptual, está dividido en dos grandes bloques:

- ❖ **Captadores de datos:** recopilan los datos de los elementos de control del sistema (por ejemplo, autómatas, reguladores, registradores) y los procesan para su utilización. Son los servidores del sistema.
- ❖ **Utilizadores de datos:** los que utilizan la información recogida por los anteriores, como pueden ser las herramientas de análisis de datos o los operadores del sistema.

Mediante los denominados buses de campo, los Controladores de proceso (generalmente autómatas programables o sistemas de regulación) envían la información a los Servidores de datos (Data Servers), los cuales, a su vez, intercambian la información con niveles superiores del sistema automatizado a través de redes de comunicaciones de Área Local.



**Figura 35.** Scada, arquitectura básica del hardware

**Fuente:** (Penin, 2007)

Estos sistemas están formados por los siguientes elementos básicos:

1. Interfase Hombre-Máquina
2. Unidad Central
3. Unidad Remota
4. Sistema de Comunicaciones

➤ **Interfase Hombre-Máquina (HMI, MMI)**

Comprende los sinópticos de control y los sistemas de presentación gráfica. La función de un Panel Sinóptico es la de representar, de forma simplificada, el sistema bajo control.

➤ **Unidad central (MTU, Master Terminal Unit)**

Centraliza el mando del sistema. Se hace uso extensivo de protocolos abiertos, lo cual permite la interoperabilidad de multiplataformas y multisistemas. De esta manera es posible intercambiar información en tiempo real entre centro de control y subestaciones situadas a cualquier lugar.

En el Centro de Control se realiza, principalmente, la tarea de recopilación y archivado de datos. Toda información que se genera se pone a disposición de los diversos usuarios que puedan requerirla. Se encarga de:

- Gestionar comunicación
- Recopilar los datos de todas las estaciones remotas (RTU)
- Envío de información
- Análisis
- Mando
- Seguridad
- Visualización de datos

➤ **Unidad Remota (RTU, Remote Terminal Unit)**

Por Unidad o Estación Remota, podemos entender aquel conjunto de elementos dedicados a labores de control y/o supervisión de un sistema, alejados del Centro de Control y comunicados con éste mediante algún canal de comunicación.

➤ **Sistema de comunicación**

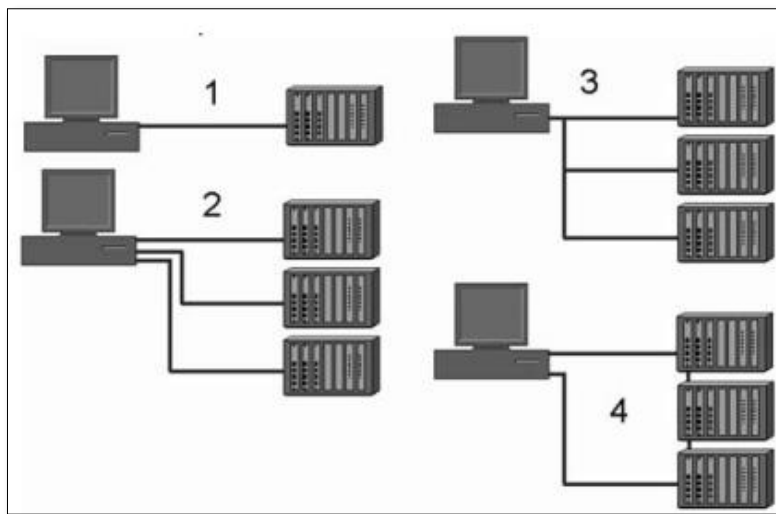
El intercambio de información entre servidores y clientes se basa en la relación de productor-consumidor.

Los servidores de datos interrogan de manera cíclica a los elementos de campo, recopilando los datos generados por registradores, autómatas, reguladores de proceso.

- **Punto a punto:** La relación es del tipo Maestro-Esclavo. Un solo elemento remoto (RTU) está conectado al sistema de control (MTU) mediante la línea de comunicación como se muestra en el dibujo 1 (figura 34).
- **Multipunto dedicado:** Consiste en un solo sistema de control conectado a varias estaciones remotas mediante enlaces directos permanentes como se muestra en el dibujo 2 (figura 34). Todo tráfico de la red se centra en un solo punto.
- **Multipunto compartillo estrella:** Utiliza un solo puerto de comunicaciones, realizándose el intercambio de datos por turno. Esto es posible debido a que las estaciones remotas tienen identificadores únicos, dibujo 3 (figura 34).



- **Multipunto compartido en bus:** Una o varias unidades centrales están conectadas a una o varias estaciones remotas mediante un medio común (bus). El acceso está bien por orden y está gestionado por el sistema Maestro.
- **Multipunto compartido en anillo:** Es más robusto al proporcionar dos caminos para la información. En caso de fallo de un nodo el tráfico no se interrumpe, dibujo 4.



**Figura 36.** Topología básica de un SCADA  
Fuente: (Penin, 2007)

## 4.5 ENERGÍA SOLAR

### 4.5.1 Definición

Es la energía radiante producida en el Sol, como resultado de reacciones nucleares de fusión que llegan a la Tierra a través del espacio en paquetes de energía llamados fotones (Luz), que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestre (Orbegozo & Arivilca, 2010).

### 4.5.2 Sistemas solares fotovoltaicos aislados

Un sistema fotovoltaico aislado o autónomo se trata de un sistema auto-abastecedor, ya que aprovecha la irradiación solar para generar la energía eléctrica necesaria en el suministro de una instalación (vivienda, pozo, sistema de riego, sistema de telecomunicación, etc) (Pareja, 2010).

### 4.5.3 Componentes de un sistema fotovoltaico

#### 4.5.3.1 Modulo fotovoltaico

Denominado panel solar (figura 37), su principal función es de proporcionar energía a la instalación a partir de la irradiación solar, aprovechando el efecto fotoeléctrico (Pareja, 2010).



**Figura 37.** Panel solar  
**Fuente:** (Orbegozo & Arivilca, 2010)

#### 4.5.3.2 Regulador de carga

El regulador (figura 38) es el encargado de controlar los procesos de carga y descarga de la batería. Las principales tareas que realizan son (Pareja , 2010):

- Impide sobre-descarga de la batería en los periodos de luz solar insuficiente: cuando la batería este descargada no continúe suministrando corriente a la instalación.
- Asegura el funcionamiento del sistema en el punto de máxima eficiencia.



**Figura 38.** Regulador de carga  
**Fuente:** (Orbegozo & Arivilca, 2010)

#### 4.5.3.3 Batería

La batería (figura 39) es la encargada de proporcionar energía a la instalación, cuando la irradiación solar sea escasa o nula, la batería nos permite (Pareja, 2010):

- Dotar al sistema de una autonomía de servicio de los módulos fotovoltaicos.
- Dotar al sistema de condiciones de estabilidad en la tensión favorable hacia los elementos o cargas de consumo.



**Figura 39.** Batería solar  
**Fuente:** (Orbegozo & Arivilca, 2010)

#### 4.5.3.4 Convertidor

Su función es alterar la tensión y características de la intensidad que reciben, convirtiéndola a la adecuada para los usos que necesiten (suministro) (figura 40): Existen diferentes clases de convertidores: cc/cc, ca/cc, cc/ca (Pareja, 2010).



**Figura 40.** Inversor de voltaje  
**Fuente:** (Orbegozo & Arivilca, 2010)

### 4.6 EVALUACIÓN ECONÓMICA

#### 4.6.1 Valor Presente Neto (VPN) ó Valor Actual Neto (VAN)

Es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial (Baca Urbina, 2011, p. 213).

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{Ft}{(1+i)^t} - I_o \quad \text{Ecuación 30}$$

Siendo:

$Ft$ : Flujo Neto

$i$ : Tasa de descuento

$n$ : Vida útil del proyecto (número de años)

$I_o$ : Inversión inicial en el año cero

Criterios a considerar para la decisión (Baca Currea, 2008, p.197):

- Si el  $VPN > 0$  el proyecto es bueno porque, los ingresos son mayores a los egresos.
- Si el  $VPN = 0$  los ingresos serán iguales a los egresos y financieramente le será indiferente al inversionista.
- Si el  $VPN < 0$  significa que los ingresos son menores que los egresos y por lo tanto el proyecto no debe realizarse.

#### 4.6.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es la tasa de descuento por la cual el VPN ó VAN es igual a cero, o también la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial (Baca Urbina, 2011, p. 216).

$$VAN = 0 = \sum_{t=0}^n \frac{Ft}{(1+TIR)^t} - I_o \quad \text{Ecuación 31}$$

#### 4.6.3 Relación Beneficio/Costo (B/C)

Consiste en poner en valor presente los beneficios netos y dividirlo por el valor presente de todos los costos del proyecto. La tasa que se utilice para poner en valor presente, tanto presente, tanto los beneficios como costos, depende de quien lleve a cabo el proyecto, si el proyecto es particular se utiliza la tasa del inversionista, pero si éste es estatal se puede

usar la tasa de interés social (que es más baja lo cual hace la aceptación sea más probable, de acuerdo a lo anterior podemos plantear la siguiente ecuación (Baca Currea, 2008, p. 263):

$$\text{Relación B/C} = \frac{\text{Valor Presente de los Ingresos}}{\text{Valor Presente de los Costos}} \quad \text{Ecuación 32}$$

La Relación B/C puede por lo tanto tomar tres valores:

- Si  $B/C < 1$  significa que los ingresos son menores que los costos, por lo tanto el proyecto no es aconsejable.
- Si  $B/C = 1$  significa que el valor presente, los ingresos son iguales a los egresos, lo único que se alcanza a ganar es la tasa del inversionista, por lo tanto es indiferente realizar el proyecto o continuar con las inversiones que normalmente hace el inversionista.
- Si  $B/C > 1$  significa que el valor presente los ingresos son mayores que los egresos, por lo tanto es aconsejable realizar el proyecto.

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

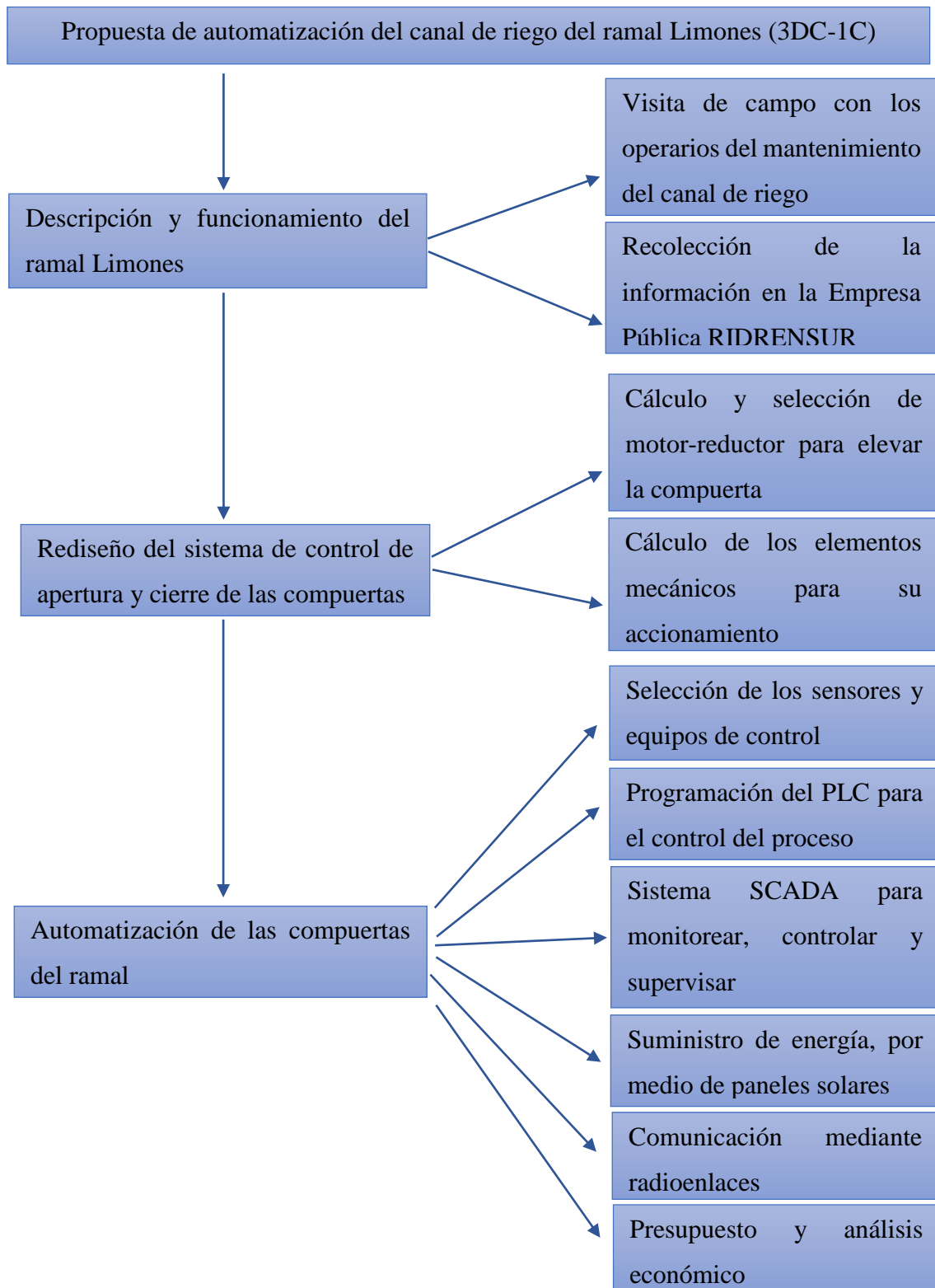
### **5.1 Materiales**

- Fuentes bibliográficas e internet para obtener información sobre el tema de investigación
- Catálogos técnicos
- Sensores de nivel ultrasónicos
- Sensores de posición
- Pulsadores
- Luces piloto
- Selectores de dos posiciones
- Pulsadores seta
- GPS (Sistema de Posicionamiento Global)
- PLC S7-1200 CPU 1214 DC/DC/relé
- Módulo de expansión digital
- Módulo de expansión analógico
- Software de ingeniería SOLIDWORKS®
- Software de ingeniería TIA Portal V13®
- Software AutoCAD®
- Software de Radio Mobile®
- Software Vijeo Citect®

### **5.2 Métodos**

Para el desarrollo del presente proyecto de tesis se lo realizó por fases, lo cual permitió dar solución a cada uno de los objetivos específicos planteados individualmente. En la

figura 41 se muestra un diagrama de flujo donde consta los pasos a seguir para la propuesta de automatización.



**Figura 41.** Diagrama de flujo  
**Fuente:** (Autor)

Proceso de desarrollo de la propuesta de automatización de las compuertas de ramal Limones (3DC-1C):

### **Objetivo específico 1**

#### **Fase 1:**

Para cumplir la fase 1 se planteó la siguiente metodología:

- Se realizó una visita de campo con los técnicos encargado del mantenimiento del canal de riego con la finalidad de conocer parte del funcionamiento del canal principal (3DC) y su ramal Limones (1-C).
- Se determinó cuantas compuertas existen en la derivación del canal principal (3DC) y su ramal (1-C) y el tipo de compuerta que utilizan para la apertura y cierre.
- Mediante la empresa RIDRENSUR se adquirió la información necesaria de las compuertas como es: la longitud del ramal, y las distancias entre compuertas.
- Sobre la distancias que existían en cada compuertas.
- Se realizó una intensa revisión literaria sobre canales de riego, operación y control.

### **Objetivo específico 2**

#### **Fase 2:**

Una vez obtenida la información sobre la descripción del funcionamiento del canal y el tipo de compuerta que se utilizan, en la fase dos:

- Se procedió a realizar el rediseño de las compuertas del tramo del canal principal (3DC) y su ramal Limones (1-C).
- Se realizó un dibujo en papel un bosquejo sobre que piezas o elementos mecánicos que intervienen para el nuevo diseño.
- Se determinó el torque necesario para elevar la compuerta, así mismo para la selección del motor-reductor.



- Mediante catálogo se seleccionó el motor-reductor de corriente continua con la potencia y el torque requerido.
- Se procedió a realizar los cálculos de cada elemento mecánico que conformará el ensamblaje del nuevo mecanismo para que su apertura y cierre de las compuertas se lo realice de forma manual y automáticamente:
  - Engranajes
  - Diámetro del eje
  - Chaveta
  - Carrete
  - Eje estriado
  - Embrague
- Mediante el software SOLIDWORKS se realizó el ensamblaje de todas las piezas o elementos mecánicos, con el cual permitió visualizar el nuevo rediseño de las compuertas.

### **Objetivo específico 3**

#### **Fase 3:**

En la fase tres se realizó la automatización de las compuertas, para ello se identificó las variables a controlar que intervienen en el proceso:

- Posición de la compuerta.  
Para conocer la posición de la compuerta se propone utilizar un sensor de ángulo con salida analógica.
- Arranque de motor-reductor.  
Para controlar el motor-reductor se utilizó pulsadores, los cuales permite controlar la apertura y cierre de la compuerta.
- Parada de emergencia.  
Se utilizó un pulsador de parada de emergencia, con la finalidad de parar todo el proceso de una forma inmediata cuando suceda un fallo.
- Finales de carrera.  
Se utilizó finales de carrera para proteger el motor-reductor de sobrecargas.

- Sensor de nivel.  
Se utilizó sensores ultrasónicos modelo UC6000-30GM70-IE2R2-V15 de nivel para leer la altura de agua que circula por el canal
- Una vez que se determinó las variables se procedió a seleccionar el PLC S7 1200 requerido para la automatización.
- Se utilizó el software TIA Portal V13 que permite la configuración y programación del PLC S7 1200.
- Se utilizó el software Vijeo Citect para el diseño del sistema SCADA que permite control y monitoreo del sistema del canal de riego desde la Estación Central.
- Se calculó los paneles solares para la alimentación de todo el sistema automatizado.
- Se utilizó el software Radio Mobile para la simulación de la comunicación entre las Estaciones Remotas y Estación Central.
- Se elaboró un presupuesto de costos de cada uno de los equipos a utilizar en la propuesta de automatización y un análisis económico.

## **6. RESULTADOS**

### **OBJETIVO ESPECÍFICO 1**

#### **6.1 Descripción general del sector**

El cantón Zapotillo está ubicado en la provincia de Loja, y limita al Norte, Sur y Oeste con Perú al Este con los cantones de Puyango; Pindal, Celica y Macará.

Su superficie es de 1238 Km, y sus coordenadas geográficas son: 4°23'11" Sur (Latitud) y 80°14'37" Oeste (Longitud) se encuentra ubicado a una altura de 325 m.s.n.m.

Dentro de este cantón se tiene una importante obra como es el canal de riego que permite a los agricultores tener una producción durante todo el año.

El presente proyecto se concentra en realizar una propuesta de automatización en un cierto ramal del canal como es el 3D-1C que pertenece al ramal de la Parroquia Limones, mediante esta propuesta permitirá que el suministro del recurso hídrico como es el agua se realice de una forma rápida y eficiente para las demandas de los usuarios como son los agricultores, además de reducir las pérdidas durante el traslado del mismo.

##### **6.1.1 Descripción del canal principal (3DC) y el ramal de Limones (1-C)**

El canal de riego del cantón Zapotillo, consta de un canal principal el cual es denominado 3D-C con una longitud total de 13 km constituida por canal abierto, 2 sifones y un repartidor. La sección del canal abierto es trapezoidal y capacidad de caudal  $Q_o = 5,399 \text{ m}^3/\text{s}$ , donde al llegar al partidor 3D-1C abscisa 6+623,00 existe tres compuertas en donde la compuerta número 1 y 2 pertenecen al canal principal 3D-C, estas compuertas permanecen abiertas totalmente para que circule el caudal constantemente  $Q_o$  y su operación de apertura y cierre de compuertas se lo realiza manualmente.

En la compuerta 3 existe una conducción principal 1-C (ramal Limones) con una longitud total de 4,967 Km y la sección del canal abierto es trapezoidal, esta compuerta también permanece abierta en la cual fluye una caudal de  $Q_2 = 0,937 \text{ m}^3/\text{s}$  a largo de conducción principal 1-C existen sub derivaciones como se muestra en el esquema 1.

Al pasar tres sub derivaciones circula un caudal  $Q = 0,547 \text{ m}^3/\text{s}$ , se interrumpe la continuidad del canal en la abscisa 29+490,00 y 2,1 kilómetros, se encuentran un desarenador con su respectiva compuerta número 4, donde permite la limpieza del canal, además existen la compuerta número 5 y 6 en la cual surge la derivación hacia el sifón de Limones, en esta abscisa el caudal se bifurca prácticamente a  $90^\circ$ , por una parte el caudal del sifón de  $Q_2 = 0,42 \text{ m}^3/\text{s}$ , y los  $Q = 0,127 \text{ m}^3/\text{s}$  continúan circulando por el canal existente, el caudal  $Q_2$  circula por dos tuberías de 350 cm de diámetro cada tubería que se dirige al sifón de Limones .

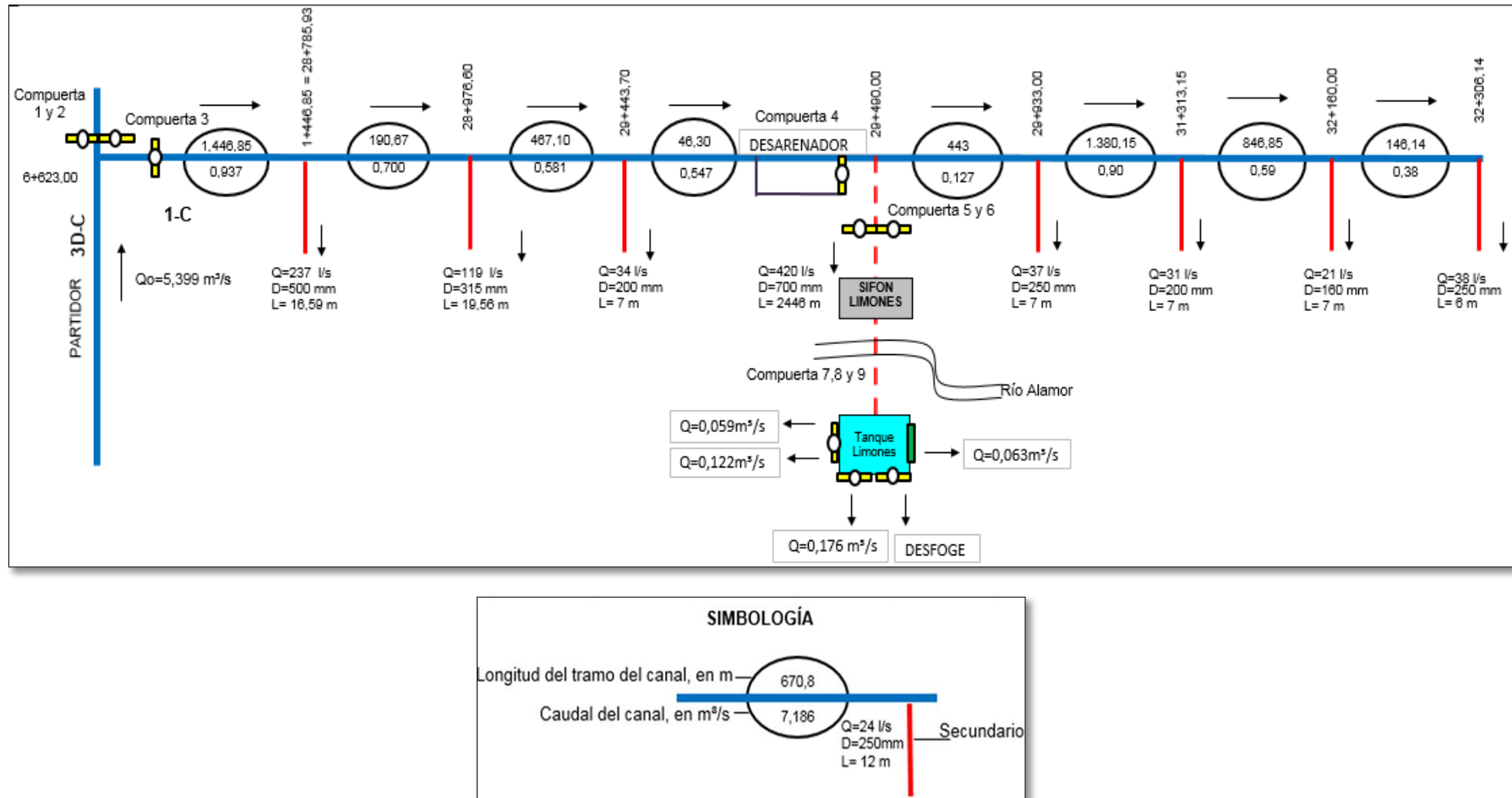
El sifón Limones que constituye el elemento de la unión entre la conducción 1C, se ubica en el margen izquierdo del Río Alamor; su punto de partida ésta en la abscisa 29+484,92 del canal en la conducción 1C y su salida se ubica en una colina adyacente en la parroquia Limones, donde se encuentra un tanque en el cual se almacena el agua procedente de dos tubería, en este tanque consta de una compuerta 7, 8 y 9. Aquí surgen derivaciones denominadas véase en la tabla 5:

**Tabla 5.** Caudal de las derivaciones del tanque

Sifón	Caudal	
	(l/s)	(m <sup>3</sup> /s)
Derivación 1	122	0,122
Derivación 2	176	0,176
Derivación 3	59	0,059
Derivación 4	63	0,063

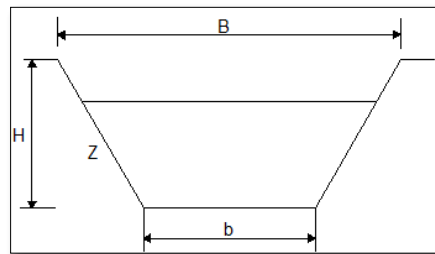
**Fuente:** (RIDRENSUR)

### 6.1.2 Esquema del canal principal (3DC) y el ramal Limones (1-C)



**Figura 42.** Esquema general del canal 3DC y 1C  
**Fuente:** (RIDRENSUR)

### 6.1.3 Secciones del canal principal 3DC y la conducción 1-C



**Figura 43.** Componentes del canal 3DC y 1C  
**Fuente:** (Autor)

B: Base mayor

b: Base menor

H: Altura

Z: Talud de la caja del canal

En la tabla 6 se muestra las dimensiones del tramo del canal de riego 3DC y del ramal Limones (1C)

**Tabla 6.** Resumen de las dimensiones del canal

Canal	Desde	Hasta	Longitud	Base		H	Z	e(m)	Q
				b	B				
			m	m	m	m	m		(m <sup>3</sup> /s)
3-DC	6+623,08	9+500,00	2876,92	1,00	1,50	1,70	0,25	0,15	5,40
1-C	0+000,00	1+446,85	1446,85	0,95	1,40	1,60	0,25	0,15	0,94
1-C	28+785,93	28+976,60	190,67	0,90	1,38	1,40	0,25	0,15	0,70
1-C	28+976,60	29+443,70	467,10	0,90	1,30	1,20	0,25	0,15	0,58
1-C	29+443,70	29+490,00	46,30	0,90	1,48	1,15	0,25	0,15	0,55
1-C	29+490,00	29+933,00	443,00	0,80	1,33	1,05	0,25	0,15	0,13
1-C	29+933,00	31+313,15	1380,15	0,70	1,20	1,00	0,25	0,15	0,09
1-C	31+313,15	32+160,00	846,85	0,50	0,83	0,65	0,25	0,10	0,06
1-C	32+160,00	32+306,14	146,14	0,40	0,70	0,60	0,25	0,10	0,04

**Fuente:** (RIDRENSUR)

## **OBJETIVO ESPECÍFICO 2**

### **6.2 Cálculos de la potencia del motor-reductor**

#### **6.2.1 Cálculo del volumen de la compuerta**

Con la ecuación (1), se procede a calcular el volumen de la compuerta rectangular.

$$V = a \times b \times e$$

$$V = (0,8 \times 1,40 \times 0,08)m^3$$

$$V = 0,0896 m^3$$

#### **6.2.2 Cálculo de la masa de la compuerta**

Se calcula la masa de la compuerta rectangular con la ecuación (3), y el material que se utiliza es el acero cuya densidad es de  $7850 \frac{kg}{m^3}$  (véase en el anexo 1).

$$m = \rho \times V$$

$$m = \left(7850 \frac{kg}{m^3}\right) \times (0,0896 m^3)$$

$$m = 703,3 kg$$

#### **6.2.3 Cálculo del peso de la compuerta**

Una vez obtenido la masa de la compuerta, con la ecuación (4) se calcula el peso de la compuerta, con un valor de gravedad de  $9,81 \frac{m}{s^2}$ .

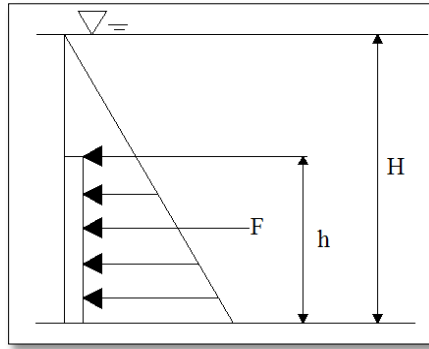
$$W = m \times g$$

$$W = (703,3 kg) \times (9,81 \frac{m}{s^2})$$

$$W = 6899,3 N$$

### 6.2.4 Cálculo de la presión hidrostática sobre la compuerta

La fuerza hidrostática ejercida sobre la compuerta rectangular (figura 44) se procede a calcular con la ecuación (5), la densidad del agua es de  $1000 \text{ kg/m}^3$  y con un valor de gravedad de  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  (véase en el anexo 1).



**Figura 44.** Distribución de presiones sobre la compuerta del canal

**Fuente:** (Autor)

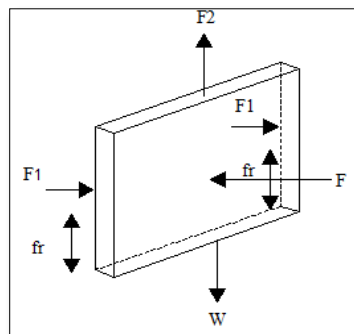
$$F = \gamma \times a \left( Hh - \frac{h^2}{2} \right)$$

$$F = \rho g \times a \left( Hh - \frac{h^2}{2} \right)$$

$$F = 9810 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times 1,40\text{m} \left[ (1,25)(0,8) - \frac{(0,8)^2}{2} \right]$$

$$F = 9339,12 \text{ N}$$

Se procede a calcular las fuerzas que actúan sobre la placa rectangular de la compuerta (figura 45) y el coeficiente de fricción que actúa en las guías es de 0,4 valor tomado de la tabla 1.



**Figura 45.** DCL de las fuerzas que actúan sobre la compuerta

**Fuente:** (Autor)



$$F = 2F_1$$

$$F_1 = \frac{F}{2}$$

$$F_1 = \frac{9339,12 \text{ N}}{2}$$

$$F_1 = 4669,56 \text{ N}$$

$$F_2 = 2f + W$$

$$F_2 = 2\mu F_1 + W$$

$$F_2 = 2(0,4 \times 4669,56) \text{ N} + 6889,3 \text{ N}$$

$$F_2 = 10624,9 \text{ N}$$

### 6.2.5 Cálculo del torque para elevar la compuerta

Para el cálculo del torque se utiliza la ecuación (9), y se toma un coeficiente de fricción del tornillo-tuerca de 0,4 valor tomado de la tabla 1.

$$T_s = \frac{F_2 \times d_m}{2} \left( \frac{l + \pi \times f \times d_m}{\pi \times d_m - f \times l} \right) + \frac{F_2 \times f_c \times d_c}{2}$$

$$T_s = \frac{(10624,9 \text{ N}) \times (67,5 \text{ mm})}{2} \left[ \frac{5 \text{ mm} + \pi(0,4) \times (67,5 \text{ mm})}{\pi \times (67,5 \text{ mm}) - (0,4) \times (5 \text{ mm})} \right] + \frac{(10624,9)(0,4)(60 \text{ mm})}{2}$$

$$T_s = 274521,5 \text{ Nmm} \times \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}}$$

$$T_s = 274,5 \text{ Nm}$$

### 6.2.6 Cálculo de potencia del motor-reductor

La potencia del motor-reductor se calcula con el torque para elevar la carga, y la velocidad angular.

Se procede a realizar el cálculo de las revoluciones por minuto con la siguiente ecuación:

$$n = \frac{v_l}{l}$$

*Ecuación 35*

Siendo:

$v_l$ : Velocidad de apertura de la compuerta,  $m/min$

$l$ : Avance del tornillo,  $mm$

Se recomienda que la velocidad de apertura de la compuerta tiene que ser de  $0,03m/min$ , para evitar el desgaste del husillo (Hidrometálica, s.f).

$$n = \frac{0,03 \text{ m/min}}{0,005 \text{ m}}$$

$$\omega = 6 \text{ rpm} \times \frac{2\pi}{60}$$

$$\omega = 0,62 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Donde se obtiene una potencia de:

$$P_m = T_s \times \omega$$

$$P_m = (274,5Nm) \times (0,62 \frac{\text{rad}}{\text{s}})$$

$$P_m = 170,19 \text{ W} = 0,17019 \text{ k} \times \frac{1Hp}{0,746 \text{ kW}} = 0,22HP$$

### 6.2.7 Selección del motor-reductor

Para selección el motor-reductor, se considera los siguientes datos:

$$P_m = 0,170 \text{ kW} = 0,22HP$$

$$T_s = 274,5 \text{ Nm}$$

$$\omega = 6 \text{ rpm}$$

En el mercado no se encuentra un motor-reductor con la potencia obtenida, se encuentra con potencia estandarizadas, por lo que se selecciona un motor-reductor ortogonal de corriente continua del catálogo Transtecno, en la tabla 7 se detalla las características más relevantes (*véase en el anexo 3*).

**Tabla 7.** Características del motor-reductor ortogonal Transtecno

<b>Modelo</b>	<b>(kW)</b>	<b>min<sup>-2</sup></b>	<b>Nm</b>	<b>Sf</b>
360/633	0,5	13	279	0,7

**Fuente:** (Catálogo de Transtecno)

En resumen para el cálculo de las siguientes compuertas se lo realiza con las ecuaciones ya antes mencionadas, en la tabla 8 se muestra los resultados obtenidos de cada una de las compuertas.

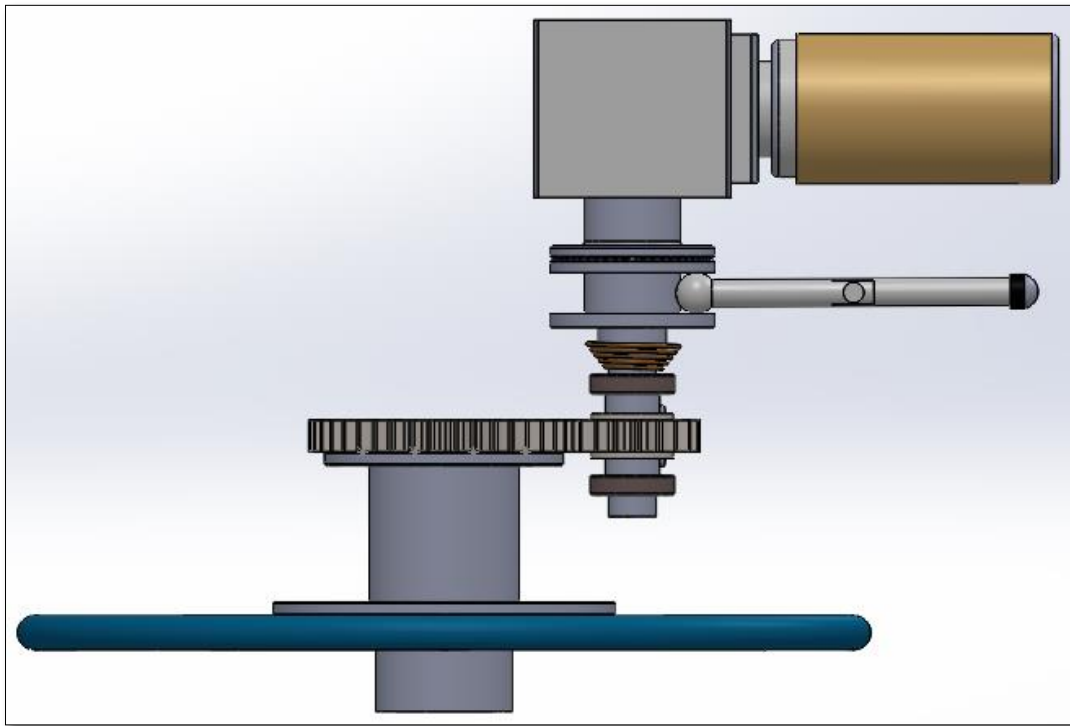
**Tabla 8.** Resultados obtenidos de las diferentes compuertas

<b>Compuertas</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Masa (Kg)</b>	<b>Peso (N)</b>	<b>Fuerza hidrostática (F)</b>	<b>Fuerza para elevar la compuerta (F<sub>2</sub>)</b>	<b>Torque (Nm)</b>	<b>Potencia ((kW)</b>
1 ( 3DC)	0,0896	703,3	6899,3	9339,1	10624,9	274,5	0,17
2 (3DC)	0,0896	703,3	6899,3	9339,1	10624,9	274,5	0,17
3 (1C)	0,0768	602,8	5914,2	8004,9	9116,1	235,5	0,146
4 (Desarenado)	0,0576	452,16	4435,6	3767	5942	153,5	0,095
5 (1C)	0,056	439,6	4312,4	2746,8	5411	139,8	0,082
6 (1C)	0,056	439,6	4312,4	2746,8	5411	139,8	0,082
7 (Desfogue)	0,09	706,5	6930,7	6621,7	9579,4	247,5	0,153
8 (Ramal 1 y 2)	0,096	753,6	7392,8	7848	10532	272	0,168
9 (Ramal 3)	0,096	753,6	7392,8	7848	10532	272	0,168

**Fuente:** (Autor)

### 6.3 Cálculo de los diferentes elementos mecánicos para el rediseño de las compuertas

En la figura 46, se puede apreciar el nuevo rediseño de la compuerta permitiendo que su apertura y cierre se lo realice de una forma rápida y eficiente, a continuación se detallan los cálculos mecánicos realizados de las piezas más importantes para su accionamiento.

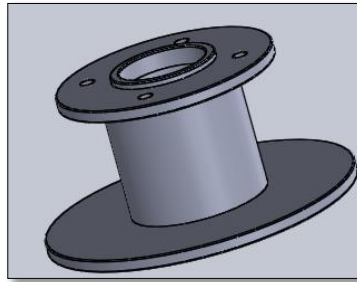


**Figura 46.** Ensamblaje de los diferentes elementos mecánicos  
**Fuente:** (Autor)

#### 6.3.8 Carrete

Sobre el carrete se monta el engranaje sujetado con pernos para la transmisión con el piñón del movimiento rotatorio que permite elevar la compuerta, además en la parte inferior del carrete se suelda para que este solidario con el volante de cuatro radios (figura 47).

Material: Este elemento se utiliza un acero AISI 1010 (*véase en el anexo 2*).

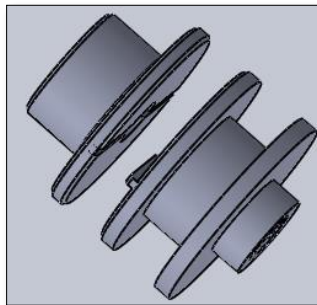


**Figura 47.** Carrete  
**Fuente:** (Autor)

### 6.3.9 Embrague

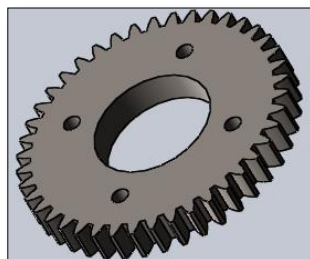
Este elemento permite unir el eje motor-reductor con el eje del piñón, su función es transmitir el torque necesario para producir el movimiento rotatorio entre el piñón y el engranaje. Este acoplamiento tendrá una palanca que permite realizar la conexión y desconexión del acople 1 con el acople 2 (figura 48).

Material: Este elemento se utiliza un acero AISI 1010 (*véase en el anexo 2*).



**Figura 48.** Embrague  
**Fuente:** (Autor)

### 6.3.10 Cálculo del engranaje



**Figura 49.** Engranaje  
**Fuente:** (Autor)

Para el cálculo del engranaje se procede a asignar los siguientes datos:

**Datos:**

$$m = 4,5$$

$$d_e = 198 \text{ mm}$$

- Número de dientes del engranaje ( $z_2$ )

$$d_e = m \times (z_2 + 2)$$

$$z_2 = \frac{d_e}{m} - 2$$

$$z_2 = \frac{198 \text{ mm}}{4,5} - 2$$

$$z_2 = 41,9 \approx 42 \text{ dientes}$$

- Diámetro primitivo ( $d_p$ )

$$d_p = m \times z$$

$$d_p = 4,5 \times 42$$

$$d_p = 189 \text{ mm}$$

- Diámetro fondo ( $d_i$ )

$$d_i = m \times (z - 2,5)$$

$$d_i = 4,5 \times (42 - 2,5)$$

$$d_i = 177,7 \text{ mm}$$

- Paso circular ( $P_c$ )

$$P_c = \pi \times m$$

$$P_c = \pi \times 4,5$$

$$P_c = 14 \text{ mm}$$

- Profundidad del diente ( $h_p$ )

$$h_p = 2,25 \times m$$

$$h_p = 2,25 \times (4,5)$$

$$h_p = 10 \text{ mm}$$

- Espesor del diente ( $e_d$ )

$$e_d = \frac{P_c}{2}$$

$$e_d = \frac{14}{2}$$

$$e_d = 7 \text{ mm}$$

Para determinar el ancho de la cara del engranaje que soportara la flexión se utiliza la ecuación (17), donde se despeja b:

#### **Datos:**

Material: Acero AISI 1045 (*véase el anexo 2*)

$$S_y = 310 \text{ MPa}$$

$$h_d = 10 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$t = 7 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Consideración:

$$\sigma_t = \frac{S_y}{N}$$

Reemplazando tenemos:

$$\sigma_t = \frac{6w_t h_d}{bt^2}$$

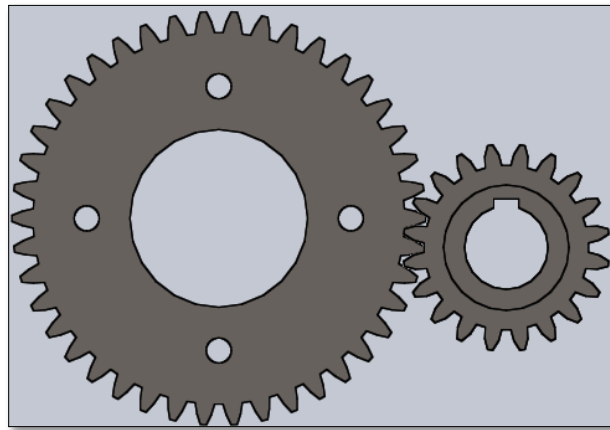
$$b = \frac{6w_t h_d}{\frac{S_y}{N} t^2}$$

$$b = \frac{6(2952,3 \text{ N}) \times (10 \times 10^{-3} \text{ m})}{\left[ \frac{(310 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2})}{1,5} \right] \times (7 \times 10^{-3} \text{ m})^2}$$

$$b = 0,017 \text{ m} = 17 \text{ mm}$$

### 6.3.11 Cálculo de relación de transmisión ( $i$ )

Para obtener la relación de transmisión entre el engranaje y el piñón (figura 50), se tiene los siguientes datos:



**Figura 50.** Relación de transmisión entre el engranaje y el piñón  
**Fuente:** (Autor)

#### Datos:

Motor-reductor  $n_1 = 13 \text{ rpm}$

Rueda conducida  $n_2 = 6 \text{ rpm}$

$$i = \frac{n_2}{n_1}$$

$$i = \frac{6 \text{ rpm}}{13 \text{ rpm}}$$

$$i = 0,46$$



Para calcular el número de dientes del piñón se utiliza la ecuación (16):

$$i = \frac{z_2}{z_1}$$

Despejando  $z_2$ , se obtiene un valor de:

$$z_2 = z_1 \times i$$

$$z_2 = 42 \times 0,46$$

$$z_2 = 19,3 = 20 \text{ dientes}$$

A continuación se presenta en la tabla 10, de los resultados del piñón (rueda conductora).

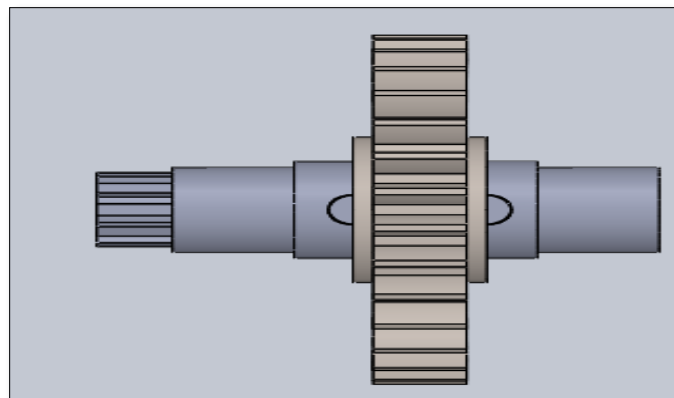
**Tabla 9.** Dimensiones del piñón

<b><i>de</i></b> (mm)	<b><i>di</i></b> (mm)	<b><i>dp</i></b> (mm)	<b><i>z<sub>2</sub></i></b>
99	78,9	90	20

**Fuente:** (Autor)

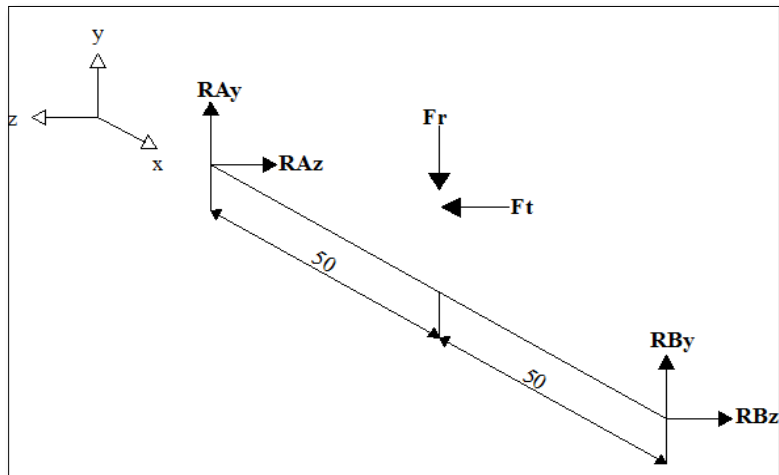
### 6.3.12 Cálculo del eje del piñón

En la figura 51, se muestra el esquema del eje de piñón y en la figura 52 el diagrama de cuerpo libre mostrando las cargas que se aplican.



**Figura 51.** Fuerzas que actúan en eje del piñón

**Fuente:** (Autor)



**Figura 52.** Esquema y DCL de las fuerzas que actúan en el eje del piñón  
**Fuente:** (Autor)

- Se determina la fuerza tangencial con la ecuación (18):

$$F_t = M_t / r$$

$$F_t = \frac{279 \text{ Nm}}{0,045 \text{ m}}$$

$$F_t = 6200 \text{ Nm}$$

- Se determina la fuerza radial con la ecuación (19):

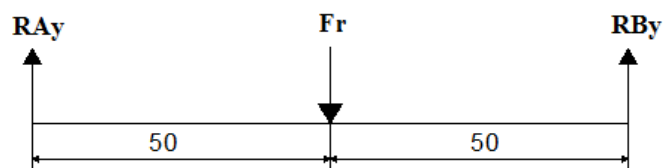
$$F_r = F_t \times \tan 20^\circ$$

$$F_r = 6200 \text{ Nm} \times \tan 20^\circ$$

$$F_r = 2256,6 \text{ Nm}$$

#### ➤ Plano xy

En la figura 53, se representa las fuerzas presentes en el eje xy.



**Figura 53.** Diagrama de fuerzas en el eje xy  
**Fuente:** (Autor)

$$\sum F_y = 0$$

$$RA_y = Fr - RBy$$

$$RA_y = 2256,6 \text{ N} - 1128,3 \text{ N}$$

$$RA_y = 1128,3 \text{ N}$$

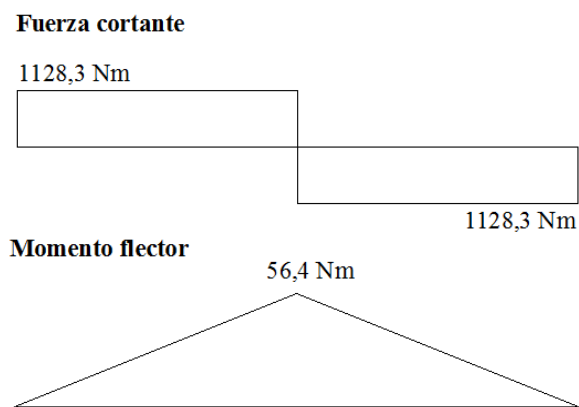
$$\sum M_A = 0$$

$$Fr(0,05) - RBy(0,1) = 0$$

$$RBy = \frac{2256,6(0,05)N}{0,1}$$

$$RBy = 1128,3 \text{ N}$$

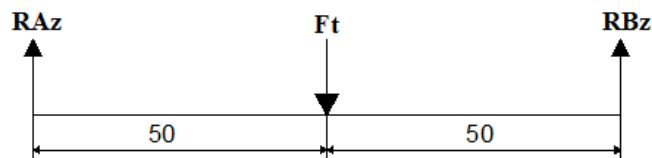
En la figura 54, se muestra la fuerza cortante y el momento flector en el plano xy.



**Figura 54.** Diagrama de cortante y momento flector xy  
**Fuente:** (Autor)

- **Plano xz**

En la figura 55, se representa las fuerzas presentes en el eje xz



**Figura 55.** Diagrama de fuerzas en el eje xz  
**Fuente:** (Autor)

$$\sum F_y = 0$$

$$RA_z = Ft - RB_z$$

$$RA_z = 6200 \text{ N} - 3100 \text{ N}$$

$$RA_z = 3100 \text{ N}$$

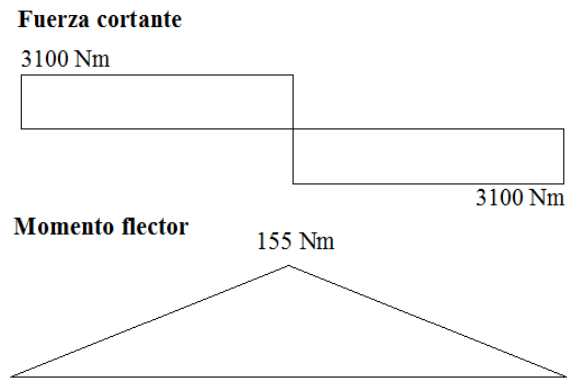
$$\sum M_A = 0$$

$$Ft(0,05) - RB_z(0,1) = 0$$

$$RB_z = \frac{6200(0,06)N}{0,1}$$

$$RB_z = 3100 \text{ N}$$

En la figura 56, se muestra la fuerza cortante y el momento flector en el plano xz.



**Figura 56.** Diagrama de cortante y momento flector xy  
**Fuente:** (Autor)

- **Cálculo del momento flector resultante**

Para este cálculo se obtiene los datos de los diagramas de momentos tanto en el eje xy como el eje xz, por lo tanto el momento flector resultante  $M_R$  será:

$$M_R = (M_{xy}^2 + M_{xz}^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$M_R = [(56,4^2) + (155)^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$M_R = 164,9 \text{ Nm}$$

Para cálculo del diámetro del eje se utiliza la ecuación (20), de la teoría de TECO/Von Mises.

**Datos:**

Material: Acero AISI 1030 (*véase el anexo 2*)

$$S_y = 260 \text{ MPa}$$

$$M_R = 164,9 \text{ Nm}$$

$$T = 279 \text{ Nm}$$

$$N = 1,5$$

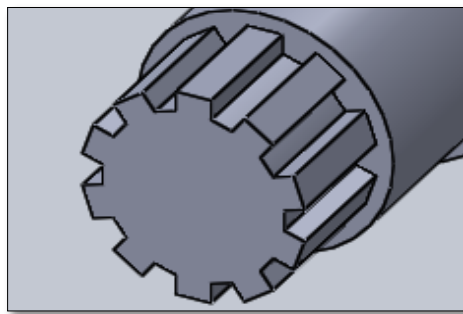
$$d^3 = \frac{16}{\pi \times \frac{S_y}{N}} (4M^2 + 3T^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$d^3 = \frac{16}{\left[ \pi \times \frac{(260 \times 10^6 \frac{N}{m^2})}{1,5} \right]} [4(164,9 Nm)^2 + 3(279 Nm)^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$d = 0,025 m = 25 mm$$

### 6.3.13 Cálculo de la estrías

En la figura 57, se tiene el eje estriado a continuación se procede a realizar los siguientes cálculos:



**Figura 57.** Eje estriado  
**Fuente:** (Autor)

Se realiza la selección de un eje estriado de 10 ranuras con ajuste permanente, los cálculos se determina mediante la tabla 5.

- Diámetro mayor de la estría

$$d = 0,810 D$$

$$D = \frac{0,984}{0,810}$$

$$D = 1,214 in$$

$$D = 30,8 mm$$

- Altura de la ranura

$$h = 0,095 D$$

$$h = 0,095 \times (1,214)$$

$$h = 0,115 \text{ in}$$

$$h = 2,9 \text{ mm}$$

- Ancho de la ranura

$$w = 0,156 D$$

$$w = 0,156 \times (1,214)$$

$$w = 0,189 \text{ in}$$

$$w = 4,8 \text{ mm}$$

Determinado los valores del ancho, diámetro mayor y la altura de las estrías, se calcula mediante chavetas la longitud de las estrías pero considerando que solo actúan la mitad de las mismas.

**Datos:**

Material: Acero AISI 1030 (*véase el anexo 2*)

$$S_y = 260 \text{ MPa}$$

$$N = 1,5$$

$$w = 4,8 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$T = 279 \text{ Nm}$$

$$n = 5 \text{ estrías}$$

$$d = 0,025 \text{ m}$$

$$\tau = \frac{2T}{dlwn} = \frac{0,5S_y}{N}$$

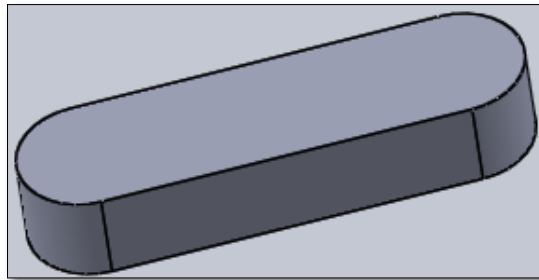
$$l = \frac{(2)(1,5)(279 \text{ Nm})}{(5 \text{ estrías})(0,5) \left(260 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right) (0,025 \text{ m})(4,8 \times 10^{-3} \text{ m})}$$

$$l = 0,010 \text{ m} = 10 \text{ mm}$$

De los cálculos obtenidos para el eje estriado, se determina que longitud mínimo será de 10 mm, tomando en cuenta esta consideración se recomienda para su construcción de 15 mm de longitud.

#### 6.3.14 Cálculo de la chaveta

En la figura 58 se muestra el diseño de la chaveta, a continuación se detallan los cálculos realizados.



**Figura 58.** Chaveta  
**Fuente:** (Autor)

#### Datos:

Material: Acero AISI 1006 (*véase el anexo 2*)

$$S_y = 170 \text{ MPa}$$

$$N = 1,5$$

$$D = 40 \text{ mm}$$

$$w_c = 12 \text{ mm}$$

$$t_c = 8 \text{ mm}$$

Para calcular la longitud de la chaveta se tiene la ecuación (22):

- Falla por aplastamiento :

$$\tau = \frac{2T}{Dw_c L_c}$$

Se despeja  $L_c$ , donde se obtiene el valor de:

$$L_c = \frac{2(279 \text{ Nm})}{(0,04m)(0,012m) \left[ \frac{0,5(170 \times 10^6 \text{ Nm})}{1,5} \right]}$$

$$L_c = 0,020 \text{ m} \times \frac{1000mm}{1m}$$

$$L_c = 20mm$$

- El esfuerzo por compresión :

$$\sigma_c = \frac{4T}{Dt_c L_c}$$

$$L_c = \frac{4(279 \text{ Nm})}{(0,04m)(0,008m) \left[ \frac{170 \times 10^6 \text{ Nm}}{1,5} \right]}$$

$$L_c = 0,030 \text{ m} \times \frac{1000mm}{1m}$$

$$L_c = 30 \text{ mm}$$

De los cálculos realizados se concluye que la longitud de la chaveta se toma el valor obtenido del esfuerzo por compresión por ser de mayor longitud para evitar cualquier fallo en la transmisión de potencia del eje y el cubo del piñón.

### 6.3.15 Selección de los rodamientos para el eje

- Cálculo de la fuerza radial

La fuerza radial aplicada sobre el rodamiento se determina con la siguiente expresión:

$$R = \sqrt{(RAy)^2 + (RAz)^2}$$



$$R = \sqrt{(1128,3)^2 + (3100)^2}$$

$$R = 3298,9 \text{ N}$$

- **Cálculo de la carga equivalente**

Se toma un valor del factor de rotación de  $V=1$ , solo gira en la pista interior se utiliza la ecuación 27.

$$P = VR$$

$$P = (1) \times (3298,9)$$

$$P = 3298,9 \text{ N}$$

- **Cálculo de la carga dinámica**

Para el cálculo de la carga dinámica se utiliza la expresión (28) y se procede a asignar los siguientes valores tomados para rodamiento de bolas:

$f_L$  = Factor de duración de 20000 h, se toma un valor de 3,5 (véase el anexo 4)

$f_N$  = Factor de velocidad de 13 rpm, se toma un valor de 1,4 (véase el anexo 4)

$$C = \frac{Pf_L}{f_N}$$

$$C = \frac{(3298,9) \times (3,5)}{1,4}$$

$$C = 8247,25 \text{ N}$$

- **Cálculo de la carga estática**

El cálculo de la carga estática utilizamos la expresión 29, se tiene un valor del factor de esfuerzos estáticos ( $f_s$ ).

$f_s = 1,0 - 1,5$  para exigencias normales.

$$C_0 = f_s P$$

$$C_0 = (1,5) \times (3298,9 \text{ N})$$

$$C_0 = 4948,35 \text{ N}$$

Mediante el catálogo SKF, se realiza la selección de los rodamientos rígidos de una hilera en bolas, en tabla 10 se presenta las características más relevantes (*véase en el anexo 5*)

**Tabla 10.** Características principales del rodamiento de una hilera en bolas

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica	
d (mm)	D (mm)	B (mm)	Dinámica (C) (kN)	Estática (C <sub>0</sub> ) (kN)
35	55	10	9,56	6,8

Fuente: (Catálogo SKF)

### **OBJETIVO ESPECÍFICO 3**

#### **6.4 Propuesta de instrumentación para la automatización del canal**

Para la instrumentación del canal principal (3DC) y su ramal (1C), se identifica los componentes necesarios que estarán involucrados en el proceso de automatización, permitiendo la medición de aguas abajo, además medir la posición de cada la compuerta.

El sistema de automatización para el control del canal de riego del ramal Limones, constara de tres Estaciones Remotas y una Estación Central.

En cada Estación Remota se tendrá todos los elementos de automatización que permitan controlar el canal y posteriormente también los sistemas de comunicación.

En la Estación Central se encargará de controlar y monitorear todo el proceso de la automatización del canal, permitiendo programar el nivel del agua deseado.

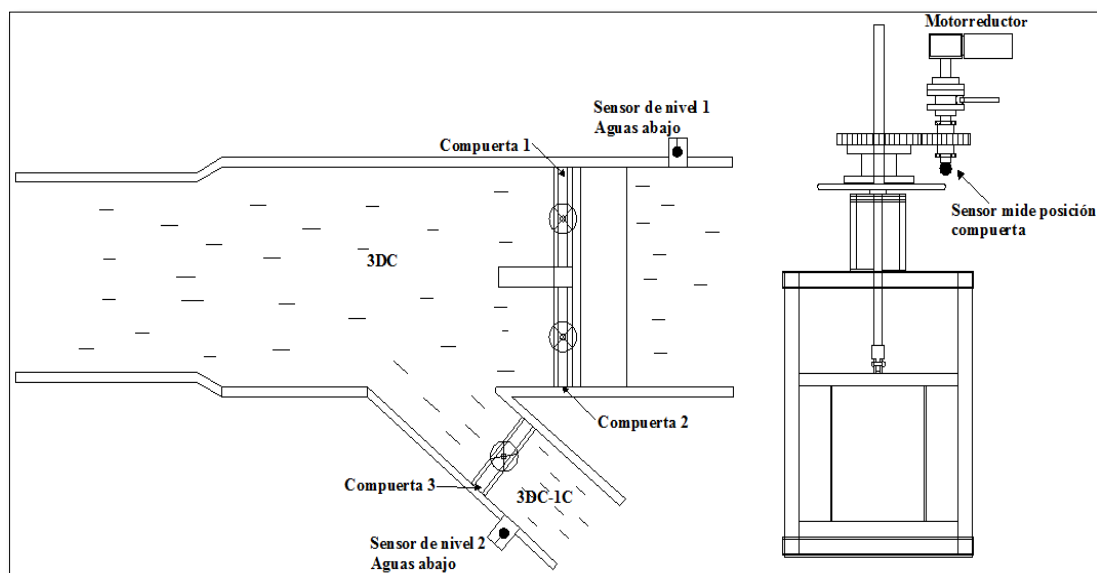
#### **1. Para la zona uno se procede a la selección de los siguientes equipos:**

- Para medir el nivel de agua, se propone el empleo sensores ultrasónicos modelo UC6000-30GM70-IE2R2-V15 uno aguas abajo en el canal principal (3DC) y otro

en el ramal (1C), estos sensores presenta ventajas de fácil instalación y bajo mantenimiento.

- Para medir la posición de cada compuerta, se propone el empleo sensor de ángulo con salida analógica, se ubica uno en cada compuerta, estos sensores permiten transformar un movimiento angular en impulsos digitales. Estos impulsos pueden ser utilizados para controlar desplazamiento de tipo lineal.
- Para evitar una sobrecarga del motor-reductor, se propone utilizar dos finales de carrera en cada compuerta modelo S3SE5112-0CE01 (1NA/1NC).

En la figura 59 se muestra como se ubica cada uno de los sensores como son: del nivel para la lectura del agua como los de posición de las compuertas:



**Figura 59.** Ubicación de los sensores de nivel y de posición en el canal (3DC) y ramal (1C)

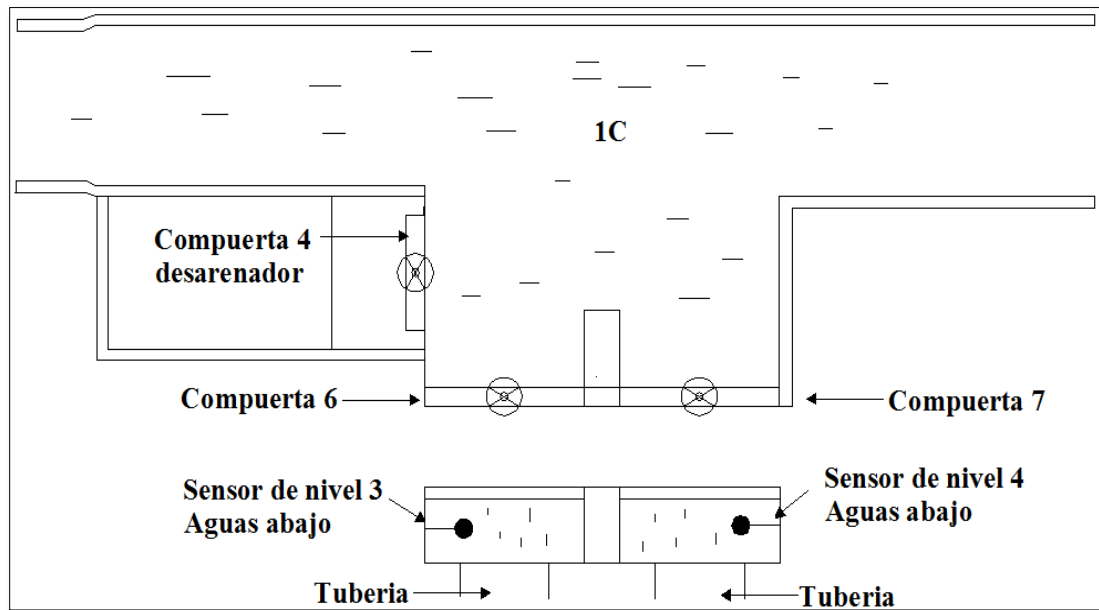
**Fuente:** (Autor)

## **2. Para la zona dos se procede a la selección de los siguientes equipos:**

- Para medir el nivel de agua, se propone el empleo de dos sensores ultrasónicos modelo UC6000-30GM70-IE2R2-V15 en aguas abajo.
- Para medir la posición de cada compuerta, se propone el empleo sensor de ángulo con salida analógica que se ubica en cada compuerta.

- Finales de carrera modelo S3SE5112-0CE01 (1NA/1NC) que se coloca en cada una de las compuertas

En la figura 60 se tiene un esquema donde se muestra como se ubica cada uno de los sensores:

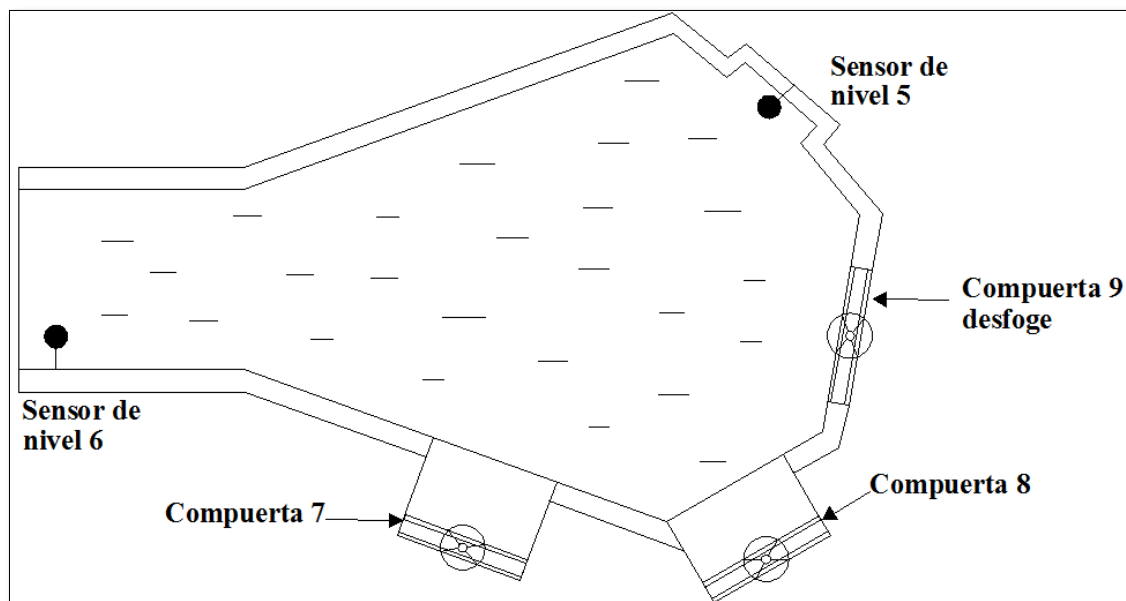


**Figura 60.** Ubicación de los sensores de nivel y posición en el ramal (1C) y en la entrada del sifón  
**Fuente:** (Autor)

### 3. En la zona tres se procede a la selección de los siguientes equipos:

- Para medir el nivel de agua en el tanque, se utiliza dos sensores ultrasónicos modelo UC6000-30GM70-IE2R2-V15.
- Para medir la posición de cada compuerta, se utiliza tres sensores de ángulo con salida analógica.
- Finales de carrera modelo S3SE5112-0CE01 (1NA/1NC) que se coloca en cada una de las compuertas.

En la figura 61 se muestra esquema de la ubicación de cada uno de los sensores:



**Figura 61.** Ubicación de los sensores de nivel y posición en sifón de salida

**Fuente:** (Autor)

#### 6.4.1 Selección de los medidores de posición

- **Sensor de ángulo con salida analógica**

Se escogió un sensor de ángulo monovuelta y multivuelta de ASM (figura 62) están diseñados para la medida de una forma económica y robusta la posición angular, en la tabla 11 se detallan las especificaciones técnicas, también (véase en el anexo 6).



**Figura 62.** Sensor de ángulo AWS

**Fuente:** (ASM)

**Tabla 11.** Especificaciones técnicas del sensor de ángulo con salida analógica

<b>Especificaciones eléctricas</b>	
Tensión de salida	0 a 10 V
Corriente de salida	4 a 20 mA
Temperatura de operación	-20 a 85 °C
Corriente de excitación	35 mA max

**Fuente:** (ASM)

- **Sensor ultrasónico**

Se ha elegido un sensor ultrasónico UC6000-30GM70-IE2R2-V15 (figura 63), este tipo de sensor proporciona mediciones de nivel continuas fiables en canales y pozos sumideros, en la tabla 12 se detallan las especificaciones técnicas, también (véase en el anexo 7).



**Figura 63.** Sensor ultrasónico UC600-30GM70-IE2R2-V15  
**Fuente:** (PEPPERL+FUCHS)

**Tabla 12.** Especificaciones técnicas del sensor ultrasónico

Especificaciones técnicas	
Rango de medida máx.	6000 mm
Rango de medida min	350 mm
Salida analógica	4 - 20 mA

**Fuente:** (PEPPERL+FUCHS)

- **Finales de carrera**

Se utilizan para evitar la sobrecarga del motor-reductor, se seleccionó un S3SE5112-0CE01 (1NA/1NC) del Catálogo Siemens (figura 64) (véase en el anexo 8).



**Figura 64.** Final de Carrera S3SE5112-0CE01  
**Fuente:** (Catálogo de Siemens)

### 6.4.3 Selección de los elementos de mando

En la siguiente tabla 13 se resumen los pulsadores e indicadores que se utiliza para el mando y control del sistema.

**Tabla 13.** Especificaciones de los pulsadores e indicadores

Selector de dos posiciones		
Fabricante	Schneider Electric	
Nombre de dispositivo	XB7	
Posición operador	2 Posiciones de 90	
Tipo de contacto	1 NO + 1 NC	
Diámetro de montaje	22 mm	
Forma del cabezal	Redonda	
Pulsador		
Fabricante	Schneider Electric	
Nombre de gama	XB5	
Tipo de operario	Retorno de resorte	
Tipo de contacto	1 NA / 1 NC	
Diámetro de montaje	22 mm	
Forma del cabezal	Redondo	
Pulsador seta de emergencia		
Fabricante	Schneider Electric	
Modelo de dispositivo	XB5	
Tipo de operario	Acción de activación	
Tipo de contacto	2 NC	
Reset	Girar para liberar	
Diámetro de montaje	22 mm	
Forma del cabezal	Redondo	
Luz piloto		
Fabricante	Schneider Electric	
Nombre del dispositivo	XB7	
Fuente de luz	LED	
Diámetro de montaje	22 mm	
Forma del cabezal	Redondo	

**Fuente:** (Schneider Electric)

- **Contactor**

El contactor seleccionado es el un SIRUS 3RT2023-1AN20 de Siemens (figura 65) (véase en el anexo 13).

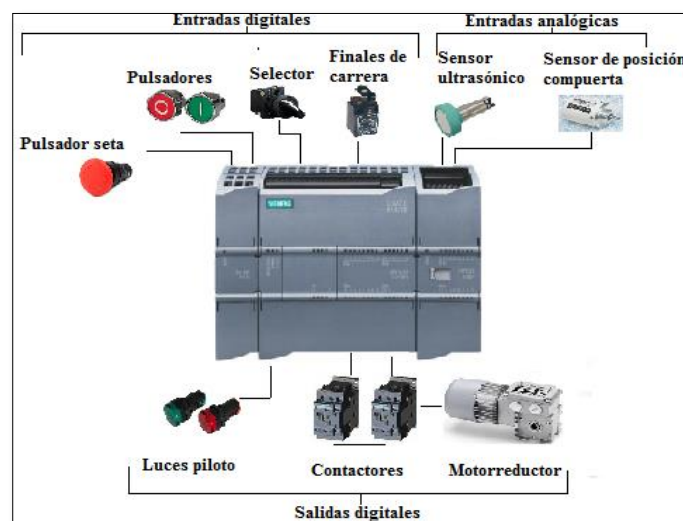


**Figura 65.** Contactor  
**Fuente:** (Siemens, 2014)

#### 6.4.4 Criterios para seleccionar el PLC

La selección del PLC se debe tener en cuenta, el número de señales de entrada y el número de salidas a utilizar para el proceso de automatización. Tanto las señales de entrada como las salidas, pueden ser analógicas y/o digitales.

En la zona uno, dos y tres se tienen el mismos número de entradas y salidas, aquí se encuentran tres compuertas en cada zona esto permite seleccionar un solo tipo de PLC (figura 66).



**Figura 66.** Esquema de ubicación de los equipos en el PLC  
**Fuente:** (Autor)



En la tabla 14 se contabilizan y se describen las entradas y salidas requeridas para la selección del PLC tomando en cuenta las variables a medir y el tipo de sensor que se utilizan para controlar el proceso.

**Tabla 14.** Tipo de señales de cada sensor y elementos de mando para medir y controlar las variables

<b>Equipos</b>			
<b>Variables a medir</b>	<b>Sensor</b>	<b>Tipo de señal</b>	<b>Cantidad</b>
Nivel del agua	Sensor ultrasónico	Analógica	2
Posición de la compuerta	Sensor posición	Analógica	3
<b>Variables a medir</b>	<b>Elementos de mando</b>	<b>Tipo de señal</b>	<b>Cantidad</b>
Control de la compuerta	Pulsadores	Digital	8
Emergencia	Pulsador seta	Digital	1
Control manual o automático	Selector de dos posiciones	Digital	1
Giro del motor-reductor	Contactores	Digital	6
Indicadores de funcionamiento	Luces piloto	Digital	8

**Fuente:** (Autor)

El autómatas programable seleccionado es el PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200, El controlador S7-1200 ofrece la flexibilidad y potencia necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones.

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada en el PLC, así también como circuitos de entrada y salida, incorpora un puerto PROFINET para la comunicación en una red PROFINET (SIEMENS, 2014).

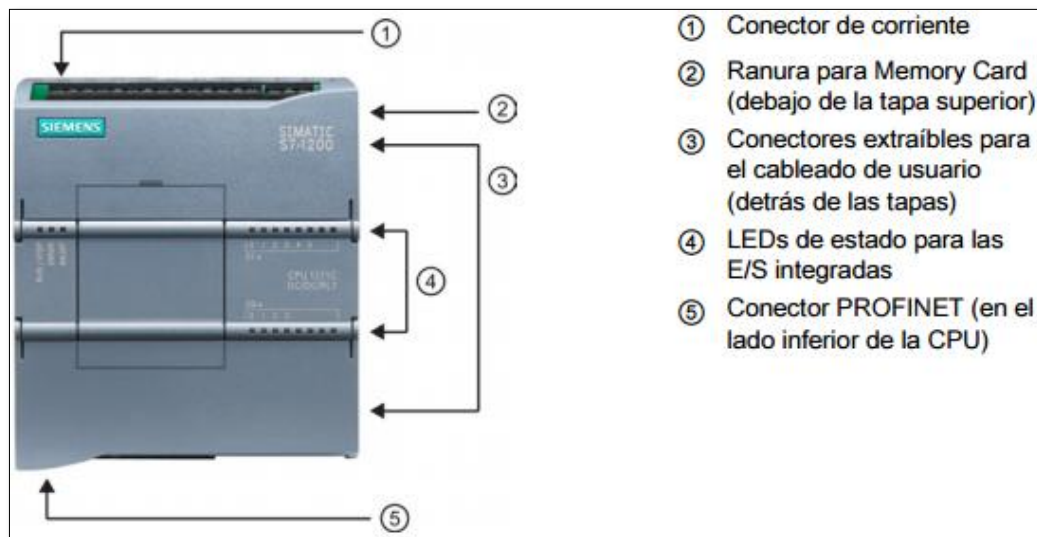
En la tabla 15, se muestra las especificaciones técnicas más relevantes de PLC S7-1200 más importantes (*véase en el anexo 14*).

**Tabla 15.** Especificaciones técnicas del PLC S7-1200 CPU 1214C

Especificaciones técnicas		
E/S digitales integrados	14 Entradas/ 10 Salidas	
E analógica integradas	2 Entradas	
Ampliación con Signal Boards	1 SB máx.	
Ampliación con módulos de comunicación	3 CMs máx.	
Ampliación con módulos de señales	8 SMs máx.	
<b>Comunicación</b>		
Número de puertos	1	
Tipo	Ethernet	

**Fuente:** (Catálogo Siemens AG)

En figura 67, se tiene la nomenclatura del PLC S7-1200 y sus partes principales que lo componen.




**Figura 67.** Nomenclatura externa del PLC S7-1200

**Fuente:** (Manual de sistema Siemens)

Para cubrir el número necesario de entradas y salidas digitales, se seleccionó un módulo de expansión SM 1223 en la tabla 16 se muestra las especificaciones técnicas (véase en el anexo 15).


**Tabla 16.** Especificaciones técnicas del módulo de entradas/salidas digitales SM 1223

Especificaciones técnicas		
Modelo	SM 1223 DIN 8×24 V DC, DQ 8×relé	
Referencia	6ES7 223-1PH30-0XB0	
Disipación de potencia	5,5 W	
Entradas digitales		
Número de entradas	8	
Salidas digitales		
Número de salidas	8	

**Fuente:** (Catálogo Siemens AG)

De igual manera para cubrir el número necesario de entradas analógicas, se seleccionó un módulo de expansión SM 1234 en la tabla 17 se muestran las especificaciones técnicas (véase en el anexo 16).

**Tabla 17.** Especificaciones técnicas del módulo de entradas/salidas analógicas SM 1234

Especificaciones técnicas		
Modelo	SM 1234 AI 4×13 bit AQ 2×14 bit	
Referencia	6ES7 234-4HE30-0XB0	
Disipación de potencia	2 W	
Entradas analógicas		
Número de entradas	4	
Salidas analógicas		
Número de salidas	2	

**Fuente:** (Catálogo Siemens AG)

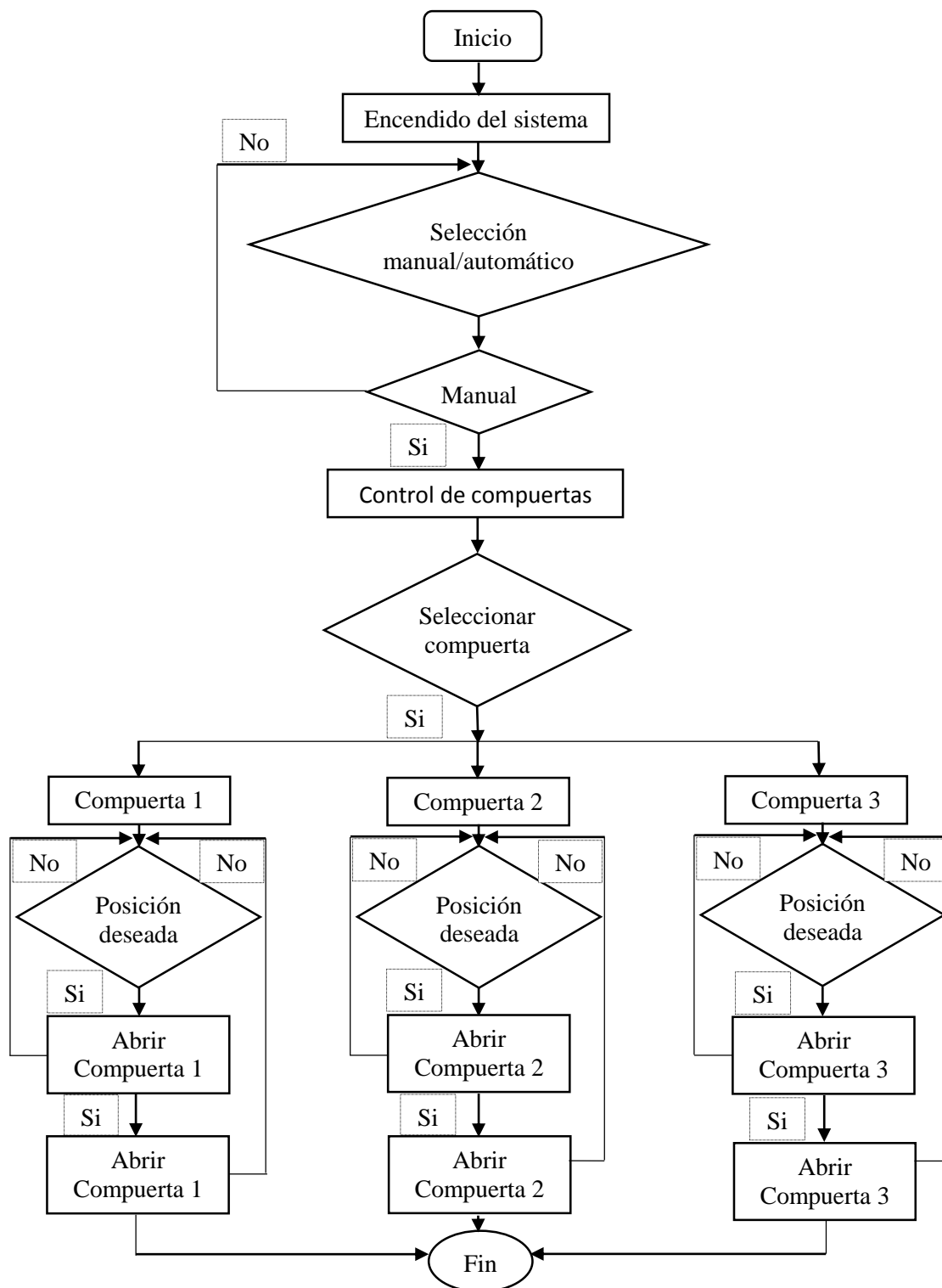
## 6.4.5 Programación del PLC S7 1200

### 6.4.5.1 Diagrama de flujo

Antes de iniciar con la programación se tiene un diagrama de flujo que permite realizar la descripción y entender de manera ordenada cada uno de los pasos para el control de las compuertas automatizadas.

- **Diagrama de flujo del sistema de control manual**

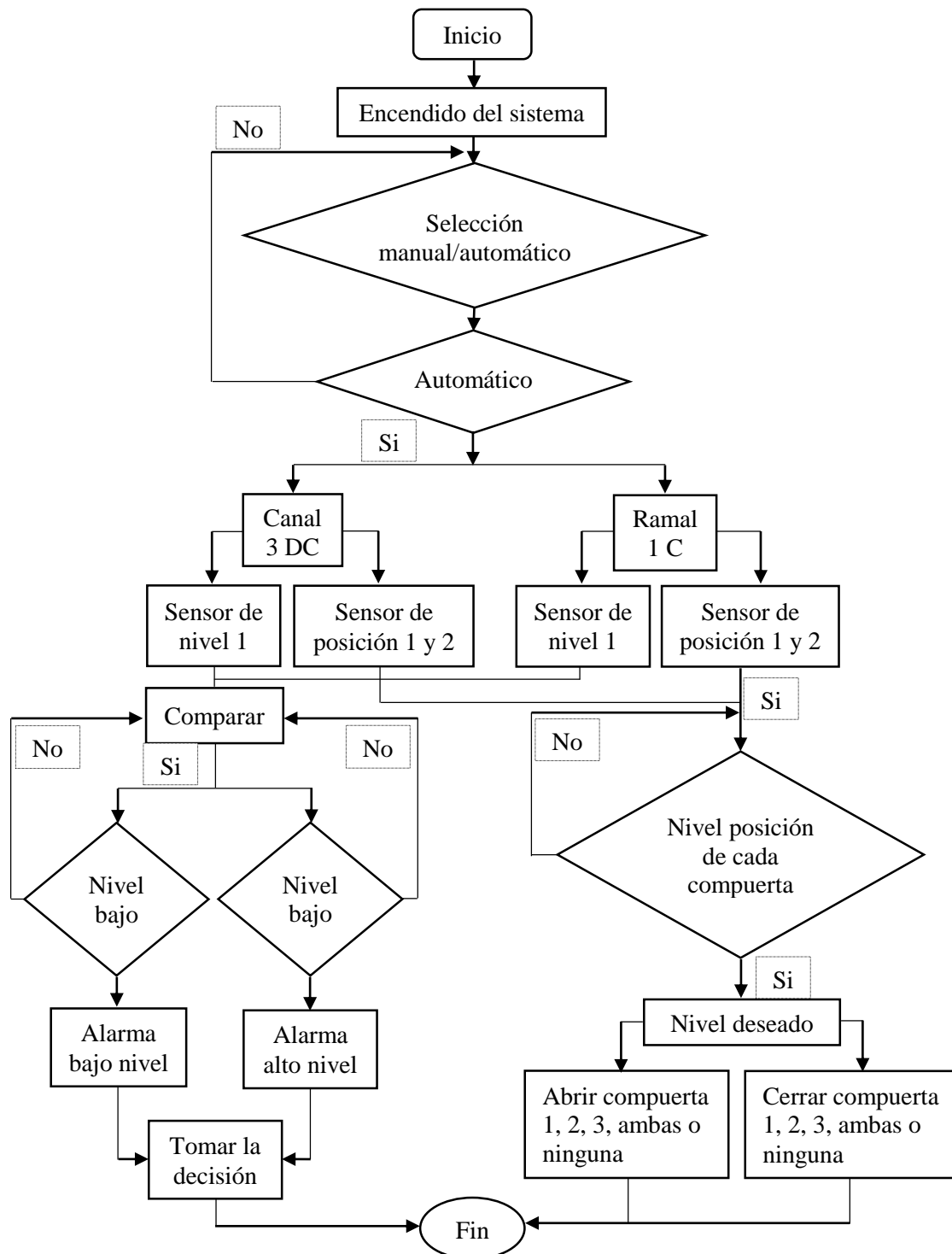
En la figura 68 se muestra el diagrama de flujo del sistema que controla las compuertas del ramal 3DC-1C en forma manual



**Figura 68.** Diagrama de flujo del control manual  
**Fuente:** (Autor)

- **Diagrama de flujo del sistema de control automático**

En la figura 69 se muestra el diagrama de flujo del control de las compuertas del ramal 3DC-1C en forma automática



**Figura 69.** Diagrama de flujo del control manual  
Fuente: Autor

6.4.5.2 Programación del proceso en el software TIA Portal V13

Para la programación se lo realiza mediante el software Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal V13) ó Portal de Automatización Totalmente Integrado, el cual permite programar de una forma rápida el PLC SIMATIC S7-1200 (figura 70).

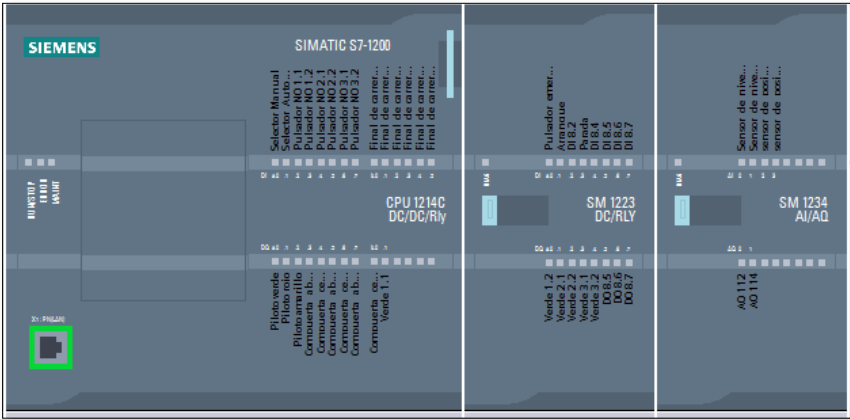


Figura 70. PLC siemens S7-1200, TIA Portal V13  
Fuente: (Autor)

- Encendido/apagado del sistema

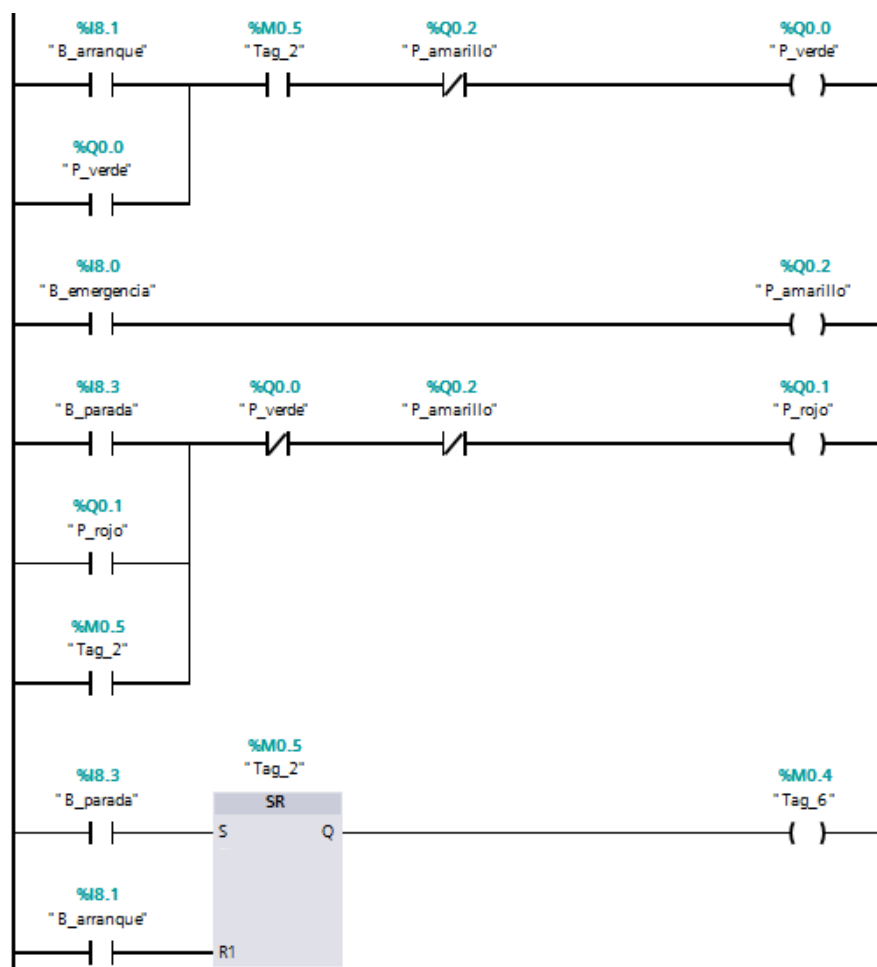
En la tabla 18 se describe las variables de entrada y salida que ocupa en la memoria del PLC, para dar inicio al encendido/apagado del sistema para su funcionamiento.

Tabla 18. Asignación de entradas y salidas del PLC S7 1200 para el encendido/apagado del sistema

Entradas del PLC			
Dirección en memoria del PLC	Uso de la variable	Tipo de dato	Símbolo
I8.0	Botón de emergencia	Bool	B_emergencia
I8.1	Botón de arranque	Bool	B_arranque
I8.3	Botón de parada	Bool	B_parada
Salidas del PLC			
Q0.0	Piloto color verde	Bool	P_verde
Q0.1	Piloto color rojo	Bool	P_rojo
Q0.2	Piloto color amarillo	Bool	P_amarillo

Fuente: (Autor)

En el segmento uno (figura 71) para el Encendido/apagado del sistema, cuenta con un botón de arranque (B\_arranque) que al momento de accionarlo se enciende el piloto verde (P\_verde) que indica su normal funcionamiento, además se tiene un botón seta de emergencia (B\_emergencia) para apagar el sistema de inmediato cuando sucede algún imprevisto durante la operación del mismo, que se indica mediante un piloto de color amarillo (P\_amarillo) y también se tiene un pulsador de parada (B\_parada) para apagar el sistema, indicado con su piloto color rojo (P\_rojo), además se ha colocado una marca M0.4 la instrucción Set Reset, que permite encender el sistema, en caso de pulsar el botón de emergencia el sistema de detiene por completo.

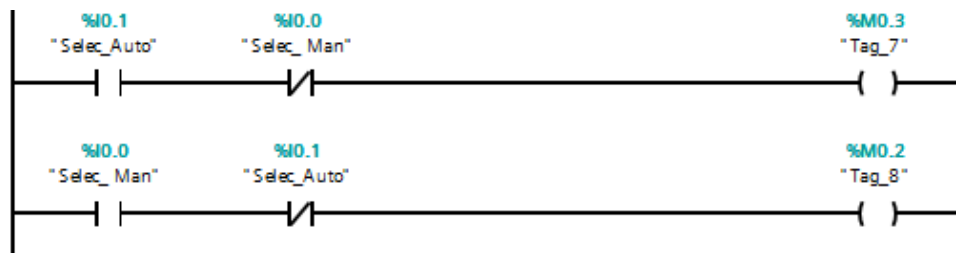


**Figura 71.** Segmento 1 encendido y apagado del sistema

**Fuente:** (Autor)

- **Selector automático/manual**

En el segmento 2 (figura 65) se tiene que el programa cambia a modo automático y energiza la memoria M0.3 para la toma de datos mediante los sensores de nivel del agua y posición de las compuertas, mientras al cambiar de modo manual donde se energiza M0.4 y no realiza ninguna toma de datos con los sensores y el control se lo realiza manualmente.



**Figura 72.** Segmento 2 selección del automático o manual  
Fuente: (Autor)

- **Manual eléctrico**

### Compuerta 1

En la tabla 19 se muestra las variables de entrada y salida que se encuentran en PLC para controlar la compuerta 1.

**Tabla 19.** Asignación de entradas y salidas del PLC S7 1200 para el control de la compuerta 1

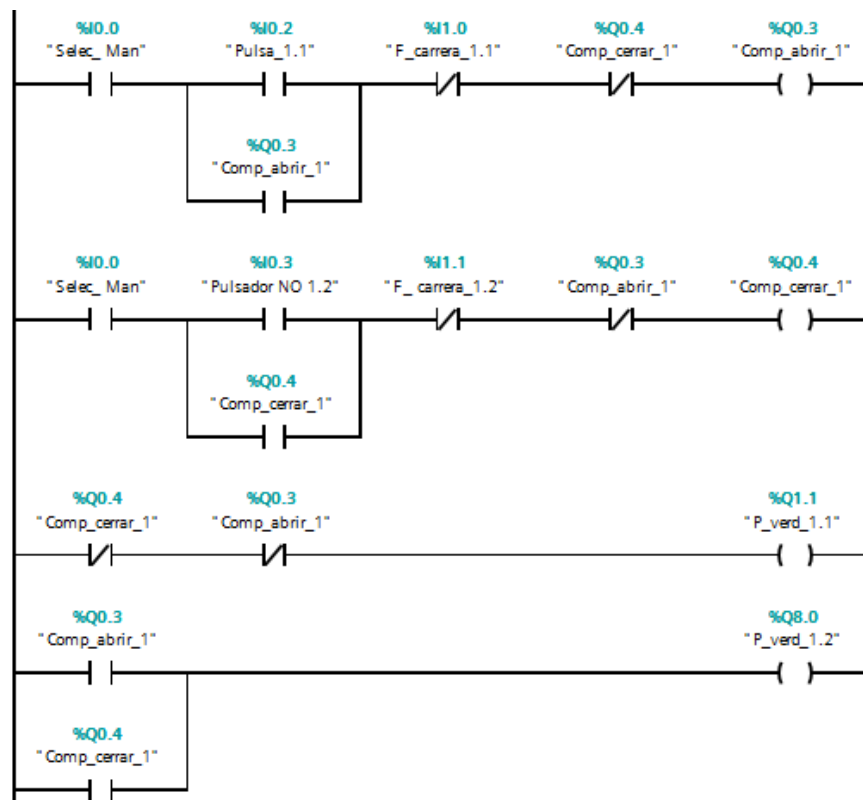
Entradas del PLC			
Dirección en memoria del PLC	Uso de la variable	Tipo de dato	Símbolo
I0.2	Pulsador para subir compuerta 1	Bool	Pulsa_1.1
I0.3	Pulsador para cerrar compuerta 1	Bool	Pulsa_1.2
I1.0	Final de carrera arriba	Bool	F_carrera_1.1
I1.1	Final de carrera abajo	Bool	F_carrera_1.2
Salidas del PLC			
Q0.3	Abrir compuerta 1	Bool	Comp_abrir_1
Q0.4	Cerrar la compuerta 1	Bool	Comp_cerrar_1
Q1.1	Piloto verde abriendo compuerta 1.1	Bool	P_verd_1.1
Q8.0	Piloto verde cerrando compuerta 1.2	Bool	P_verd_1.2

Fuente: (Autor)



En el segmento 3 (figura 73) cuando se realiza la selección manual eléctrico se controla el sistema de apertura y cierre de la compuerta, al presionar el pulsador para subir la compuerta (Pulsa\_1.1), permite que el contactor (Comp\_abrir\_1) del motor-reductor uno gire es en sentido horario, mediante esta acción se eleva la compuerta indicada por el piloto verde (P\_verd\_1.1), se tiene un final de carrera (F\_carrera\_1.1) para desactivar el motor-reductor cuando llega a su límite de apertura.

Para cerrar la compuerta se presiona el pulsador (Pulsa\_1.2), mediante el cual el contactor (Comp\_cerrar\_1.2) del motor-reductor hace que gire en sentido anti-horario indicado en el piloto (P\_verd\_1.2), además se cuenta con un final de carrera (F\_carrera\_1.2) para desactivar el motor-reductor cuando llega a su límite.



**Figura 73.** Segmento 3 control manual eléctrico de la compuerta 1  
**Fuente:** (Autor)

## Compuerta 2

En la tabla 20 se describen las variables de entrada y salida que se encuentran en PLC para controlar la compuerta 2.

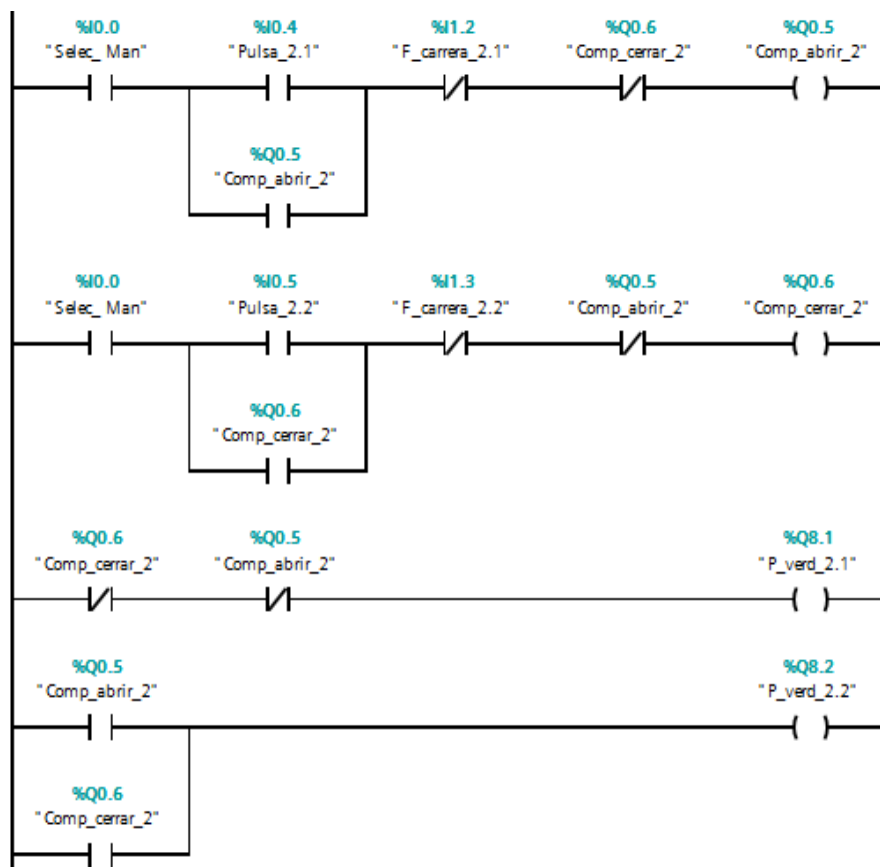
**Tabla 20.** Asignación de entradas y salidas del PLC S7 1200 para el control de la compuerta 2

<b>Entradas del PLC</b>			
<b>Dirección en memoria del PLC</b>	<b>Uso de la variable</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Símbolo</b>
I0.4	Pulsador para subir compuerta 2	Bool	Pulsa_2.1
I0.5	Pulsador para cerrar compuerta 2	Bool	Pulsar_2.2
I1.2	Final de carrera arriba	Bool	F_carrera_2.1
I1.3	Final de carrera abajo	Bool	F_carrera_2.2
<b>Salidas del PLC</b>			
Q0.5	Abrir compuerta 2	Bool	Comp_abrir_2.1
Q0.6	Cerrar la compuerta 2	Bool	Comp_cerrar_2.2
Q8.1	Piloto verde abriendo compuerta 2.1	Bool	P_verd_2.1
Q8.2	Piloto verde cerrando compuerta 2.2	Bool	P_verd_2.2

**Fuente:** (Autor)

En el segmento cuatro (figura 74) el proceso de control es el mismo que el anterior, donde al presionar el pulsador (Pulsa\_2.1) permite que el contactor (Comp\_abrir\_2.1) energice el motor-reductor dos y realice su funcionamiento en sentido horario, permitiendo la apertura indicado en la luz piloto (P\_verd\_2.1) de la compuerta número, también se cuenta con un final de carrera (F\_carrera\_2.1) para desactivar el motor-reductor cuando llega a su límite de apertura.

Para cerrar la compuerta se presiona el pulsador (Pulsa\_2.2) y el contactor (Comp\_cerrar\_2.2) permite que motor-reductor dos realice el giro en sentido anti-horario indicado con el piloto (P\_verd\_2.2), de igual manera se tiene un final de carrera (F\_carrera\_2.2) para detener o desactivar el motor-reductor.



**Figura 74.** Segmento 4 control manual eléctrico de la compuerta 2  
**Fuente:** (Autor)

### Compuerta 3

En la tabla 21 se muestra las variables de entrada y salida que se encuentran en PLC para controlar la compuerta 3.

**Tabla 21.** Asignación de entradas y salidas del PLC S7 1200 para el control de la compuerta 3

Entradas del PLC			
Dirección en memoria del PLC	Uso de la variable	Tipo de dato	Símbolo
I0.6	Pulsador para subir compuerta 3	Bool	Pulsa_3.1
I0.7	Pulsador para cerrar compuerta 3	Bool	Pulsa_3.2
I1.4	Final de carrera arriba 3	Bool	F_carrera_3.1
I1.5	Final de carrera abajo 3	Bool	F_carrera_3.2

Salidas del PLC			
Q0.7	Abrir compuerta 3	Bool	Comp_abrir_3.1
Q1.0	Cerrar la compuerta 3	Bool	Comp_cerrar_3.2
Q8.3	Piloto verde abriendo compuerta 3.1	Bool	P_verd_3.1
Q8.4	Piloto verde cerrando compuerta 3.2	Bool	P_verd_3.2

Fuente: (Autor)

En el segmento cinco (figura 75) al presionar el pulsador (Pulsa\_1.1) se realiza la apertura de la compuerta tres con la ayuda del contactor (Comp\_abrir\_3.1), que permite que el motor-reductor tres realice el funcionamiento en sentido horario, donde es indicado por el piloto (P\_verd\_3.1), también se cuenta con un final de carrera (Comp\_abrir\_3.1) para detener el motor-reductor cuando llega a su límite de apertura.

Para cerrar la compuerta se presiona el pulsador (Pulsa\_3.2) y el contactor (Comp\_cerrar\_3.2) del motor-reductor realiza el giro en sentido anti-horario indicado en el piloto (P\_verd\_3.2), de igual forma se tiene un final de carrera (F\_carrera\_3.2) para detener el motor-reductor.

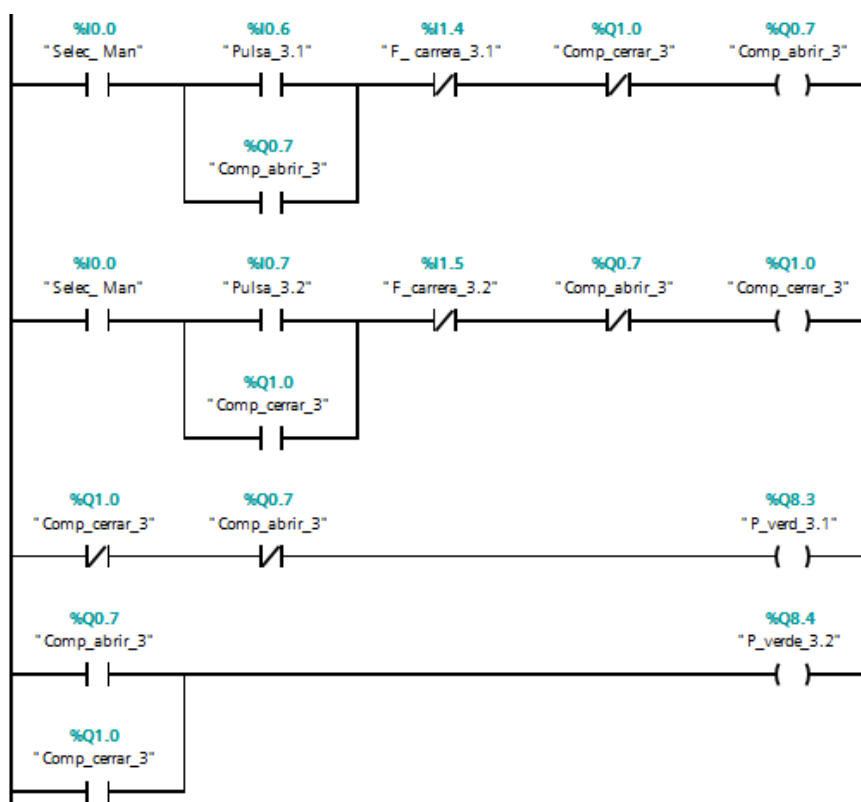


Figura 75. Segmento 5 control manual eléctrico de la compuerta 3

Fuente: (Autor)

- **Automático**

Cuando el control se lo realiza en automático se procede a la lectura de los sensores de nivel y posición para controlar las compuertas en la tabla 22 se muestra las variables que intervienen en el proceso.

**Tabla 22.** Señales análogas del PLC S7 1200

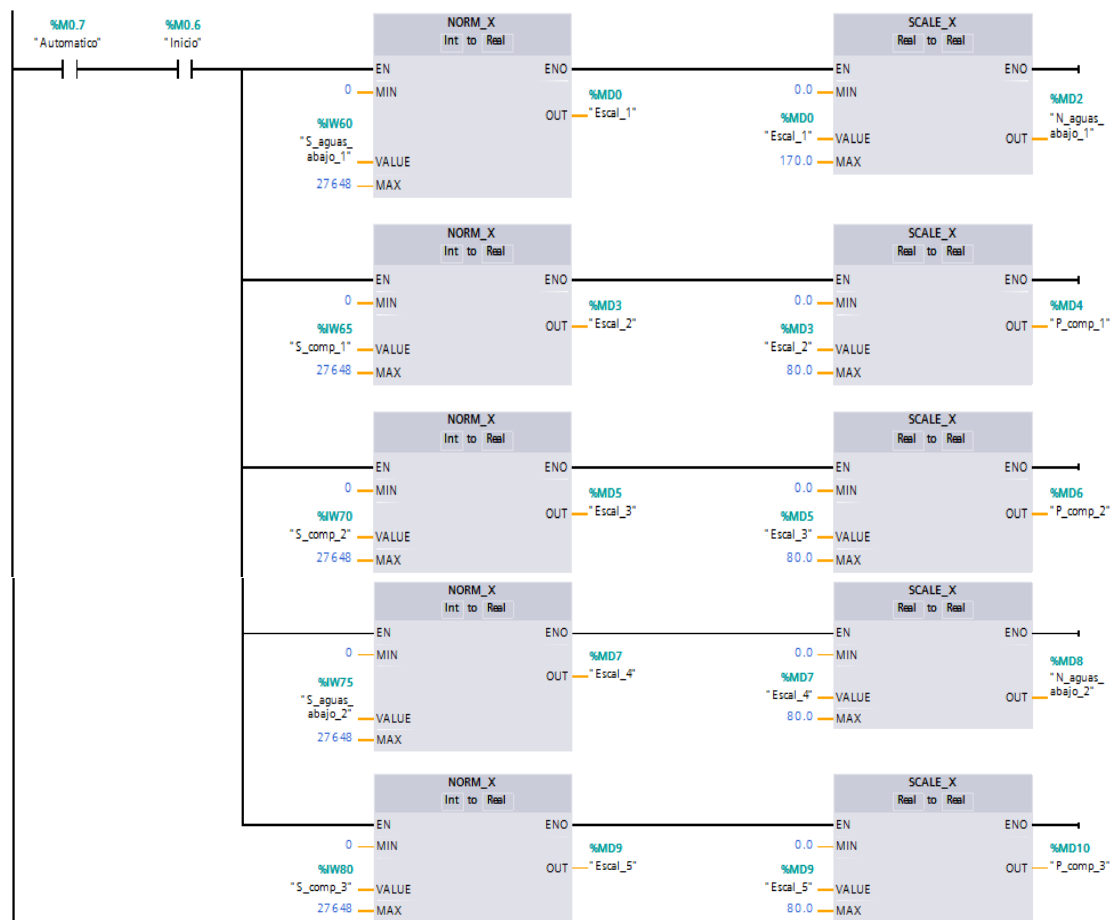
<b>Dirección en memoria del PLC</b>	<b>Uso de la variable</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Símbolo</b>
IW60	Permite normalizar el dato de entrada del sensor de nivel aguas abajo 1	Int	S_aguas_abajo_1
MD0	Permite guardar el valor de la salida normalizada del sensor de nivel 1	Real	Escal_1
MD2	Permite escalar y guardar el valor normalizado del sensor de nivel 1	Real	N_aguas_abajo_1
IW65	Normaliza el dato de entrada del sensor de posición de la compuerta 1	Int	S_compuerta_1
MD3	Guardar la salida del valor normalizado del sensor del sensor de posición compuerta 1	Real	Escal_2
MD4	Escala y guarda el valor normalizado del sensor de posición compuerta 1	Real	P_Comp_1
IW70	Normaliza el dato de entrada del sensor de posición de la compuerta 2	Int	S_comp_2
MD5	Guardar la salida del valor normalizado del sensor del sensor de posición compuerta 2	Real	Escal_3
MD6	Escala y guarda el valor normalizado del sensor de posición compuerta 2	Real	P_Comp_2
IW75	Normalizar el dato de entrada del sensor de nivel aguas abajo 2	Int	S_aguas_abajo_2
MD7	Guardar el valor de la salida normalizada del sensor de nivel 2	Real	Escal_4
MD8	Escala y guardar el valor normalizado del sensor de nivel 2	Real	N_aguas_abajo_2
IW80	Normaliza el dato de entrada del sensor de posición de la compuerta 3	Int	S_comp_3
MD9	Guardar la salida del valor normalizado del sensor del sensor de posición compuerta 3	Real	Escal_5
MD10	Escala y guarda el valor normalizado del sensor de posición compuerta 3	Real	P_Comp_3

**Fuente:** (Autor)

En el segmento seis (figura 76) se procede a realizar la programación con los sensores para la lectura del nivel del agua y la posición de la compuerta, los cuales emiten una señal analógica de un valor de 4 a 20 mA. Se tiene marcas que indica el sistema está trabajando en “Automático” y otra de “inicio” que indica que el sistema se ha iniciado, para realizar la programación se tiene dos bloques los cuales permite normalizar (NORM\_X) y escalar (SCALE\_X) las señales proveniente por cada uno de los sensores.

Para el sensor de aguas abajo 1 y aguas abajo 2 se tiene las entradas analógicas en el PLC (Sen\_aguas\_abajo\_1 y Sen\_aguas\_abajo\_2) que permite ingresar el valor censado, convertirlo en un numero entero y normalizarlo en los diferentes bloques de (NORM\_X) donde se guarda en cada una de las salidas (Escal\_1 y Escal\_2) respectivamente, en el bloque (SCALE\_X) permite escalar los valores del (Escal\_1 y Escal\_2) en valores mínimos de 0 y máximos de 170 que es el nivel de agua, los cuales se encuentran representado en centímetros y se guardan o depositan en las variables de (N\_aguas\_abajo\_1 y N\_aguas\_abajo\_1).

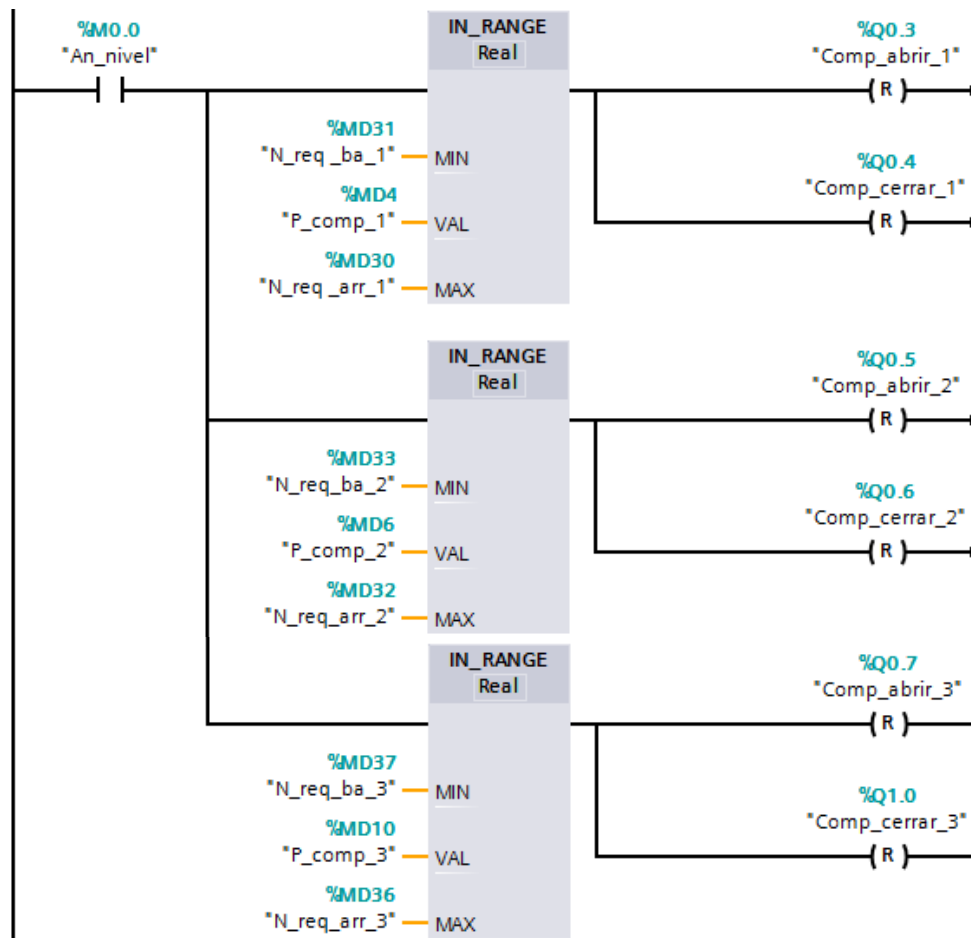
En los sensores para medir la posición de la cada una de las compuertas uno, dos y tres se ingresa la entrada analógica en las variables (S\_comp\_1, S\_comp\_2 y S\_comp\_3), donde de igual manera que el anterior se normaliza los valores en los diferentes bloques de (NORM\_X) para cada variable, donde en el bloque (SCALE\_X) se realiza el escalado de (Escal\_3, Escal\_4 y Escal\_5) que adoptan valores mínimos de 0 y valores máximos de 80 en centímetros y se guardan en la variable de salida de (P\_Comp\_1, P\_Comp\_2 y P\_Comp\_3).



**Figura 76.** Segmento 6 escalado de las señales analógicas  
**Fuente:** (Autor)

En el segmento siete (figura 77) se ha colocado una marca (Analizar el nivel) y varios bloques (IN\_RANGE) dentro de rango, aquí se encuentran las distintas variables en las cuales (N\_req\_ba\_1, N\_req\_ba\_2 y N\_req\_ba\_3) representan el valor mínimo deseado de cada una de las compuertas y (N\_req\_arr\_1, N\_req\_arr\_2 y N\_req\_arr\_3) el valor máximo de las mismas.

Si las compuertas uno, dos y tres se encuentran dentro del rango establecido entonces las salidas de las variables (Comp\_abrir\_1, Comp\_abrir\_2 y Comp\_abrir\_3) y (Comp\_arr\_1, Comp\_arr\_2 y Comp\_arr\_3) que representan los motor-reductores no se activará para realizar la apertura y cierre de las mismas.

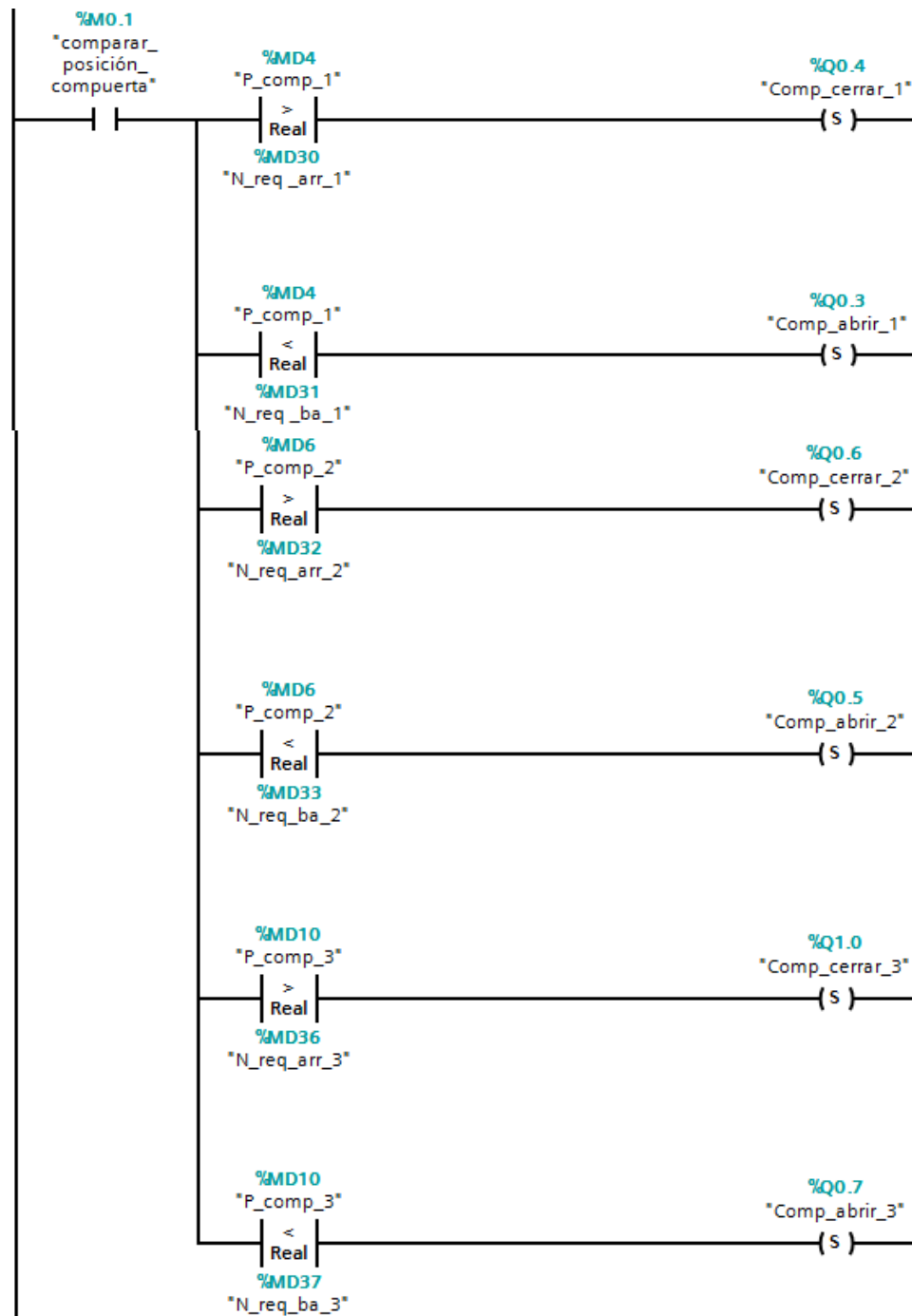


**Figura 77.** Segmento 7 compuertas dentro de los rangos requeridos  
**Fuente:** (Autor)

En el segmento ocho (figura 78) se ha colocado una marca (comparar el nivel bloques comparadores que sirven para comparar el nivel de cada una de las compuertas y poder activar la salida para que realice la apertura y cierre, es decir se tiene las variables ( P\_comp\_1, P\_comp\_2 y P\_comp\_3), donde si el nivel medido se encuentre por encima del nivel requerido (N\_req\_arr\_1, N\_req\_arr\_2 y N\_req\_arr\_3) se activara cada una de las salidas para realizar el cierre de cada compuerta, si el (N\_req\_ba\_1, N\_req\_ba\_2 y N\_req\_ba\_3) nivel requerido se encuentra por debajo entonces se activará para realizar la apertura de cada compuerta si es necesario.

La compuerta se controla mediante los niveles del agua, es decir si el nivel requerido se encuentra por debajo, entonces se activa el motor-reductor para que la compuerta comience su apertura y si el nivel del agua se encuentra por encima del nivel requerido el motor-reductor se activa para que la compuerta se cierre, cada sensor se encuentra programado para obtener el nivel deseado.

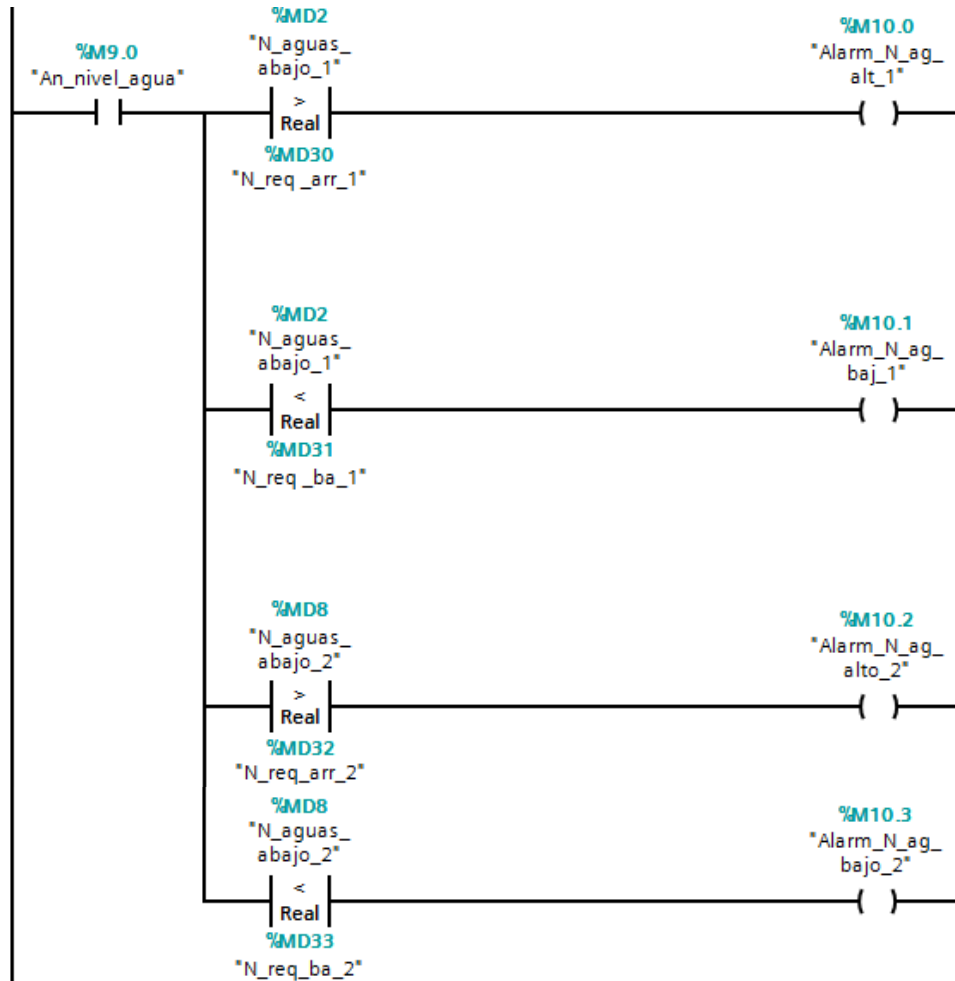




**Figura 78.** Segmento 8 (continuación) comparar la posición de la compuerta para abrir o cerrar  
**Fuente:** (Autor)

En el segmento nueve (figura 79) permite comparar el nivel del agua con la ayuda de los sensores ubicados en aguas abajo, donde se tiene las variables (N\_aguas\_abajo\_1 y N\_aguas\_abajo\_2) y si el nivel de agua es bajo, entonces se activan las salidas (Alarm\_N\_ag\_baj\_1 y Alarm\_N\_ag\_baj\_2) anunciando mediante alarma que el nivel

está bajo y de igual manera cuando el nivel se encuentre alto se activan las salida (Alarm\_N\_ag\_alt\_1 y Alarm\_N\_ag\_alt\_2).



**Figura 79.** Segmento 9 comparar el nivel de agua para abrir o cerrar las compuertas  
**Fuente:** (Autor)

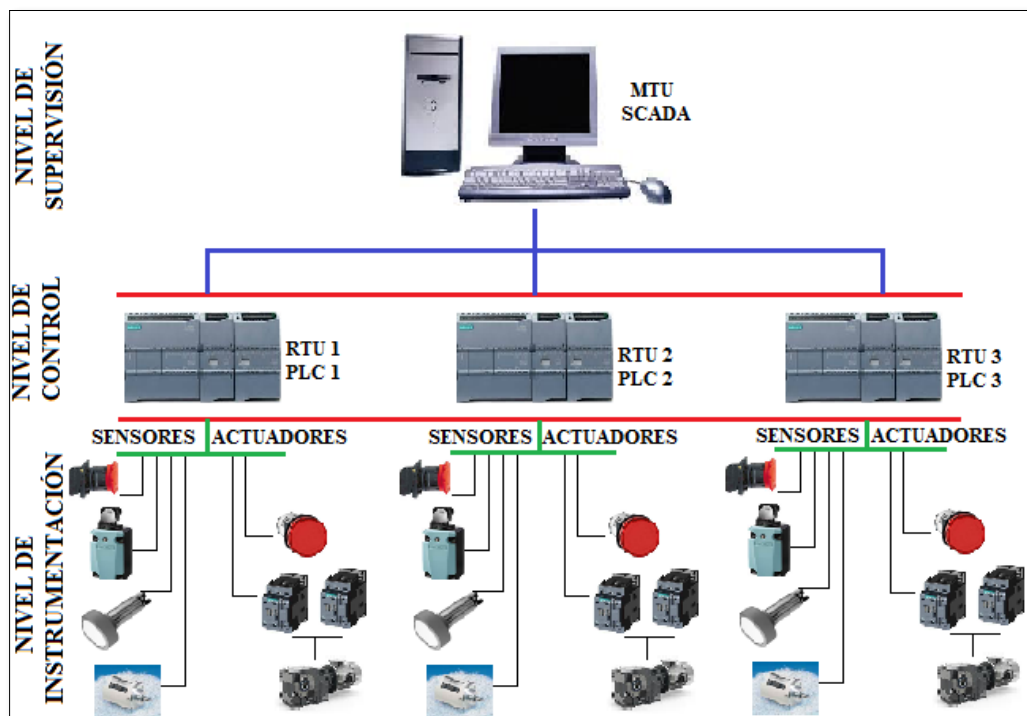
#### 6.4.6 Sistema SCADA

- **Diseño de la arquitectura del sistema**

El sistema SCADA que se propone para realizar el control de las compuertas donde se encuentra parte del tramo 3DC y el ramal 1C se hace uso de la Pirámide de Automatización de Sistema denominado CIM consta de las partes principales como son:

- **Nivel de instrumentación.-** Donde se encuentran los sensores de 4-20 mA, los elementos de mando pulsadores con señal digital de igual manera los actuadores que están en contacto directo con el sistema a controlar.
- **El nivel de control.-** lo conforman el PLC S7 1200 donde se conectan los sensores, actuadores y pulsadores para el control, ubicados en cada RTU encargados de gobernar el sistema.
- **El nivel de supervisión.-** Está conformado por un PC y el software SCADA Vijeo Citect, que permite al personal encargado del control del sistema visualizar, monitoreo, registro y operación de los elementos de campo enviados a la Estación Central mediante la comunicación de radioenlaces.

Para solucionar la problemática de la comunicación entre el driver y la aplicación se utiliza el OPC Matrikon es un estándar de comunicación que es ideal para la comunicación del PLC S7 1200, permitiendo disminuir la inversión de los drivers, además este OPC permite comunicar con equipos y aplicaciones de diferentes marcas.



**Figura 80.** Estructura del sistema SCADA para la supervisión del ramal 3DC-1C

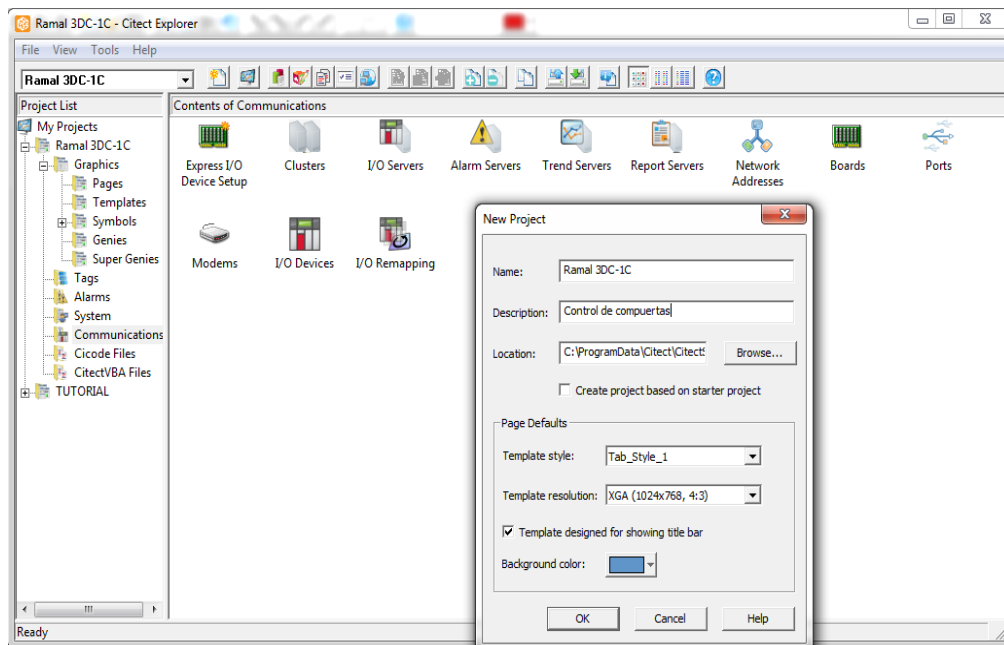
**Fuente:** (Autor)

#### 6.4.6.1 Diseño del sistema SCADA

Para el diseño del sistema SCADA se utiliza el software Vijeo Citect, este software al momento realizar la programación cuenta con tres ventanas de aplicación las cuales se presentan a continuación (Schneider Electric, s.f.):

- **Citect Explore**

Dentro de esta ventana se puede manejar o explorar todo lo que contiene el proyecto como páginas, variables, alarmas, comunicación del sistema, entre otros desde esta pantalla parte la creación del proyecto (figura 81).

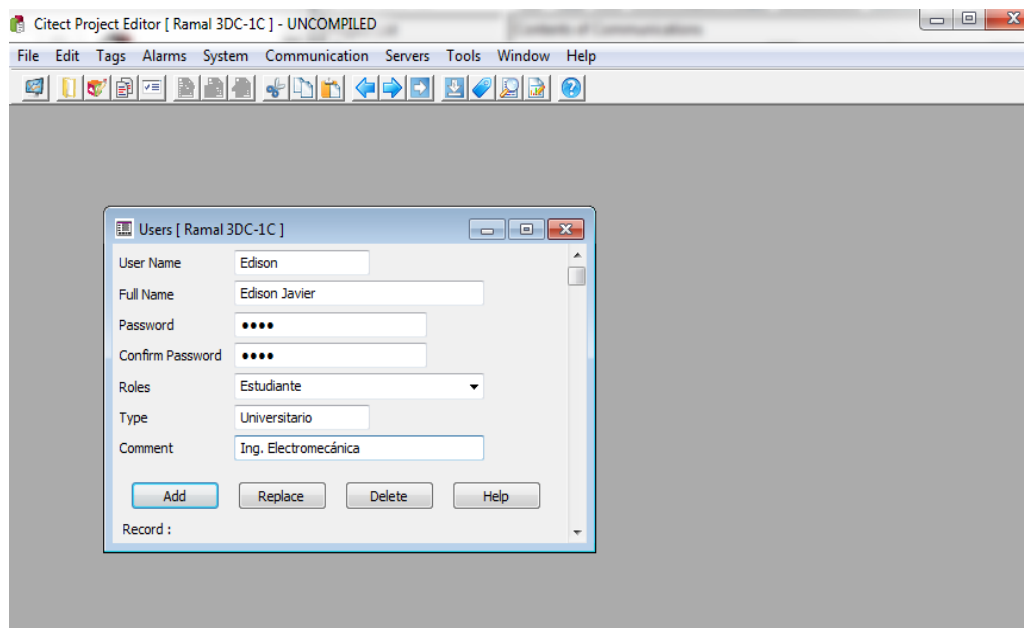


**Figura 81.** Crear proyecto en Citect Explore

**Fuente:** (Autor)

- **Editor de proyectos**

Se utilizan para crear y gestionar las bases de datos. Esta base de datos contiene la información de configuración del proyecto, que no se encuentran relacionado con las páginas gráficas (figura 82).

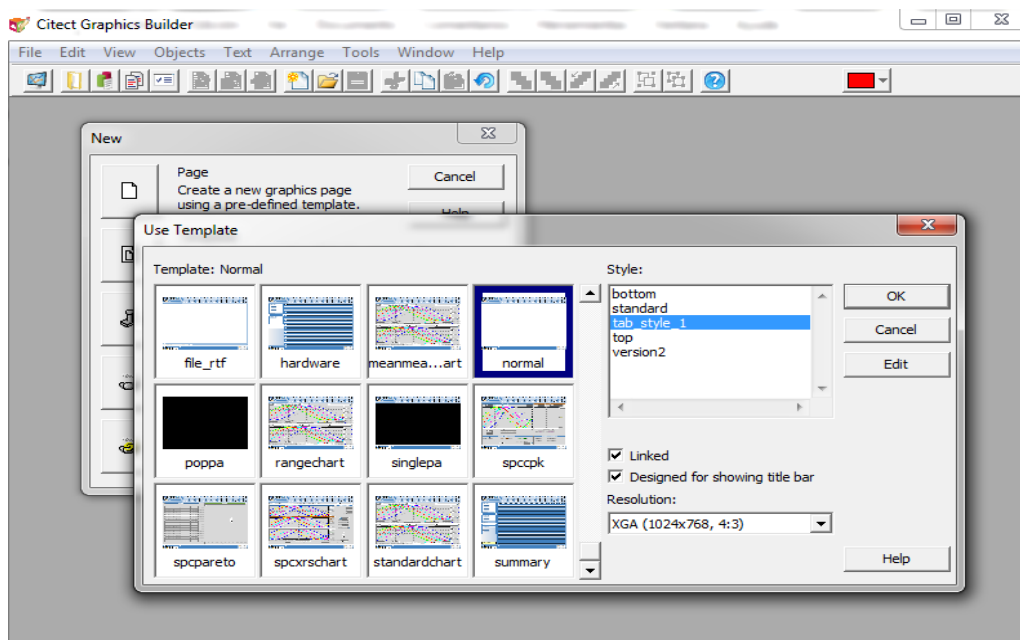


**Figura 82.** Configuración del nuevo proyecto Ramal 3DC-1C

**Fuente:** (Autor)

- **Editor gráfico**

Esta ventana se utiliza para crear y editar la aplicación que se realice (figura 83).



**Figura 83.** Nueva pantalla para realizar la aplicación

**Fuente:** (Autor)

- **Pantalla de inicio**

Tras ejecutar el modo Run Time de Vijeo Citect aparece la pantalla inicio (figura 84) donde se tiene la presentación del SCADA, esta ventana permite a la persona encargada dar inicio al control del canal, cuenta con un botón de “INICIO” que se puede ingresar a la siguiente ventana donde se tiene cada una de las zonas a controlar.



**Figura 84.** Pantalla de inicio del Sistema SCADA

**Fuente:** (Autor)

- **Pantalla principal**

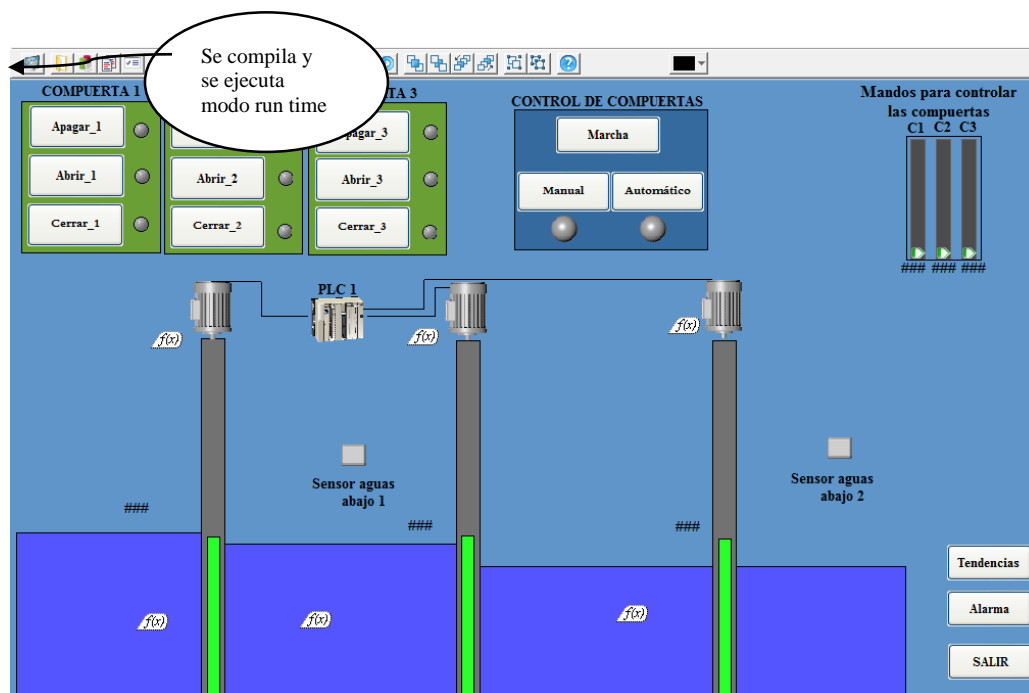
En esta pantalla (figura 85) se visualiza la Zona 1, Zona 2 y Zona 3, cada una de estas zonas cuenta con un botón que permite desplazarse a cualquier ventana donde se encuentran las compuertas. Además se tiene otro botón “IR A INICIO” el mismo que cumple la función de permitir salir a la pantalla de presentación ó inicio.



**Figura 85.** Pantalla principal del Sistema SCADA  
Fuente: (Autor)

- **Pantalla de la Zona 1**

Antes de dar modo Run Time, se debe compilar para poder observar si no existe ningún error en el sistema SCADA (figura 86).



**Figura 86.** Pantalla de la Zona 1  
Fuente: (Autor)

Dentro de esta pantalla (figura 87), consta de los elementos principales para el control de las compuertas, a continuación se detallan cada uno de ellos:

- **A. Control de compuertas.-** Al momento de trabajar se lo puede realizar de forma automática o manual.
- **B. Compuerta 1.-** Contiene los botones de abrir1, cerrar1, y apagar1 para el control de la compuerta uno.
- **C. Compuerta 2.-** Contiene los botones de abrir2, cerrar2, y apagar2 para el control de la compuerta dos.
- **D. Compuerta 3.-** Contiene los botones de abrir3, cerrar3 y apagar3 para el control de la compuerta tres.
- **E. Mandos para controlar.-** Con los mandos manuales se puede controlar cada una de las compuertas de forma manual.
- **F. Sensor aguas abajo 1 y 2.-** Permite indicar que el nivel de agua se encuentra bajo o alto en un cierto valor.
- **G. Botón Alarma.-** Abre la pantalla de alarmas.
- **H. Tendencia.-** Abre la pantalla de tendencias.
- **I. Salir.-** Permite salir a la pantalla principal.

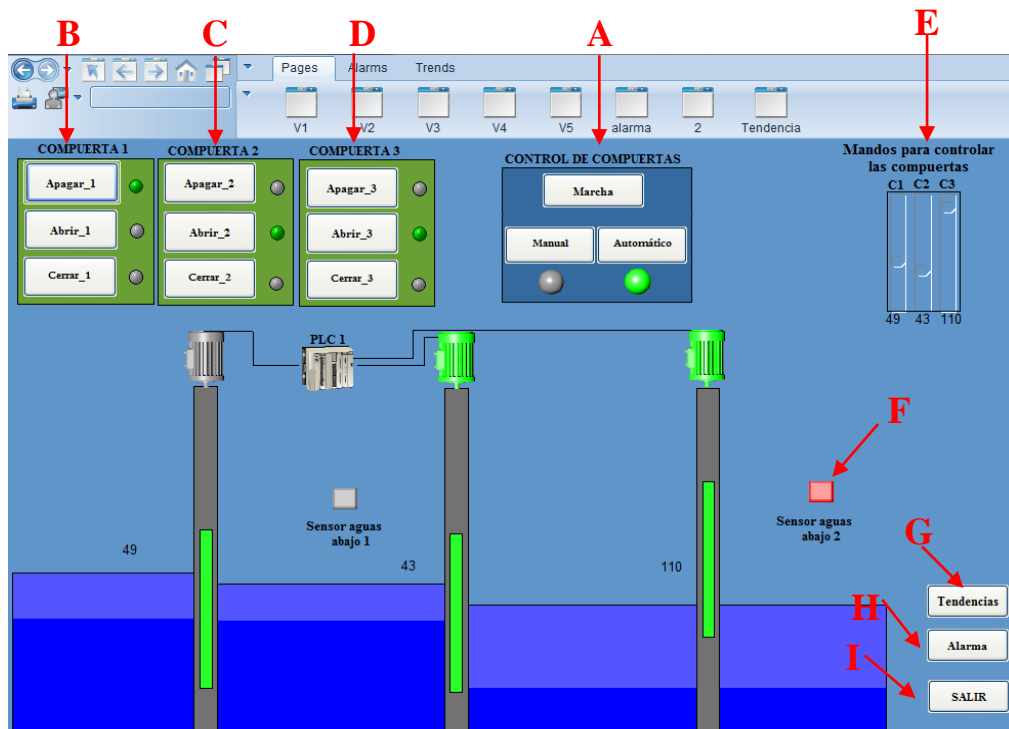


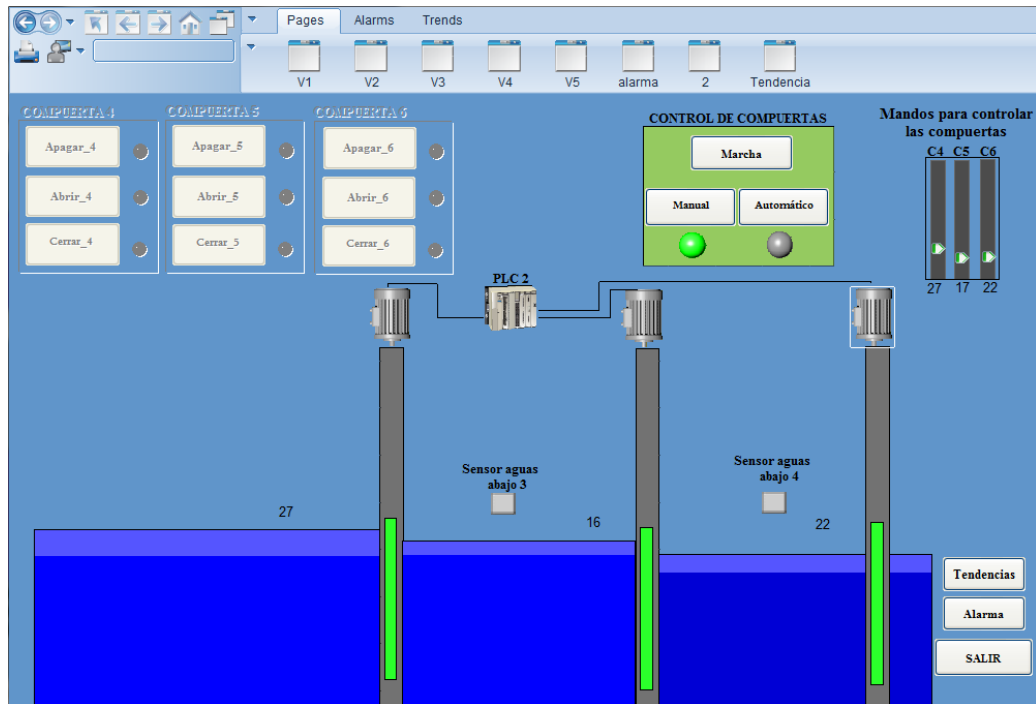
Figura 87. Simulación de pantalla en la Zona 1

Fuente: (Autor)



- **Pantalla de la Zona 2**

En la pantalla de la Zona 2 (figura 88), consta de los mismos elementos ya antes mencionados en pantalla de la zona 1: control de cada compuerta 4, 5 y 6, de un control automático y manual, mandos manuales, sensores de nivel, botones de salir, alarma y para tendencias.

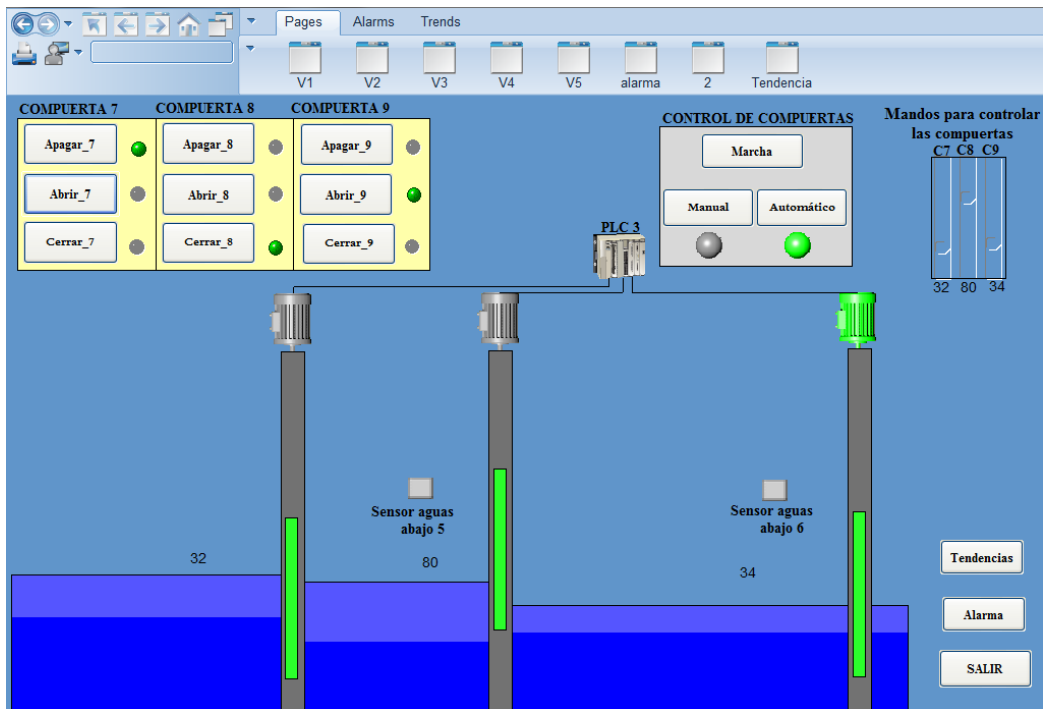


**Figura 88.** Simulación de la pantalla en la Zona 2

**Fuente:** (Autor)

- **Pantalla de la Zona 3**

En la pantalla de la Zona 3 (figura 89), de igual manera consta de los mismos elementos ya antes mencionados en la pantalla de zona 1.



**Figura 89.** Simulación de pantalla en la Zona 3

**Fuente:** (Autor)

#### 6.4.7 Sistema de energía

Para la alimentación del sistema en cada Estación Remota se utiliza paneles solares, ya que el sector cuenta con las condiciones climáticas favorables, que permite el uso de los mismos.

La selección de los paneles solares se toman en cuenta la potencia de cada una de las cargas, donde los motor-reductores son los que tienen mayor potencia, los dispositivos restantes su consumo es mínima.

En la tabla 23, se describen cada una de las potencias y horas de consumo de cada carga

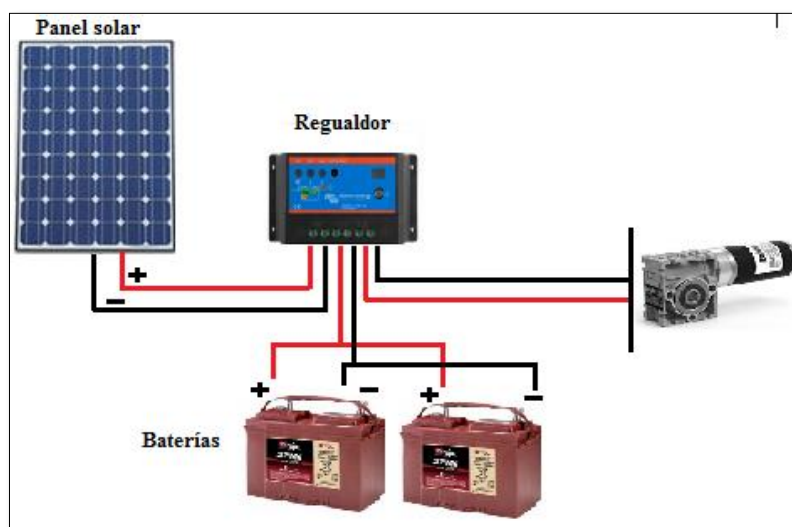
**Tabla 23.** Potencia y consumo de cada una de las cargas

Cargas	Potencia de cada carga W	Cantidad	Horas de uso	Consumo por cada Wh durante un día
PLC S7 1200	12	1	1	12
Módulo de expansión E/S Digitales	5,5	1	1	5,5
Módulo de expansión E/S Analógicas	2	1	1	2
Motor-reductor	500	1	1	1500
<b>Total</b>				<b>1519,5</b>

**Fuente:** (Autor)

Generalmente un panel solar genera energía de 3 a 5 horas al día, entonces para cubrir la demanda de energía de las diferentes cargas se utiliza tres paneles solares de 150 Wp cada uno, tomando en cuenta de 4 horas para abastecer de energía, dando como resultado cada panel solar de 600 Wh para cada motor-reductor, multiplicado por los tres se tiene una potencia de 1800 Wp, además se contará con un regulador y baterías, a continuación se detallan los elementos seleccionados (figura 90):

- Tres paneles solares SW 150 mono R6A de la marca Sunmodule con 150 W de 12V
- Seis baterías del modelo 27TMX with POD vent, 117 Ah
- Tres Reguladores de carga PWM Victron de 12V, 20 A

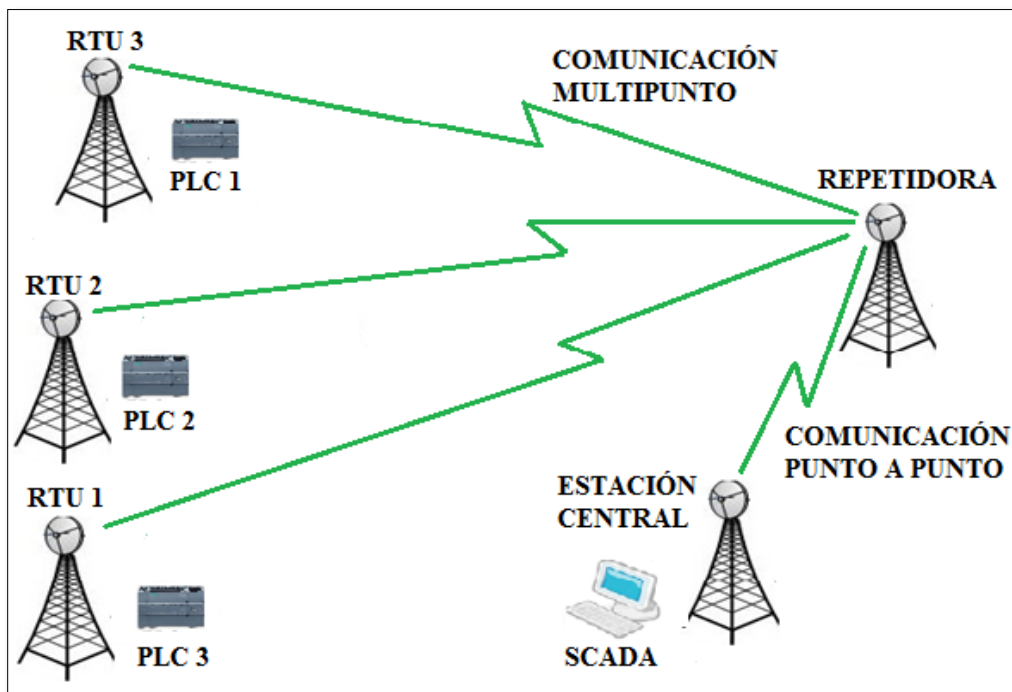


**Figura 90.** Sistema de energía con paneles solares

**Fuente:** (Autor)

#### 6.4.8 Sistema de comunicación

El sistema de comunicación se lo realiza mediante cuatro radioenlaces donde está compuesto por una Estación Central ubicada en el cantón de Zapotillo para el monitoreo y control del nivel de agua con el sistema SCADA, la antenna que se encuentra en esta estación realiza un enlace punto a punto con una antena Repetidora ubicada en el Cerro Pircas desde esta ubicación el enlace a realizar es multipunto hacia cada antena de cada una de las Estaciones Remotas que están constituidas por elementos de control, de fuerza, de suministro de energía con la finalidad de transmitir la señal sin que exista interferencia alguna (figura 91).



**Figura 91.** Esquema general del sistema de comunicación

**Fuente:** (Autor)

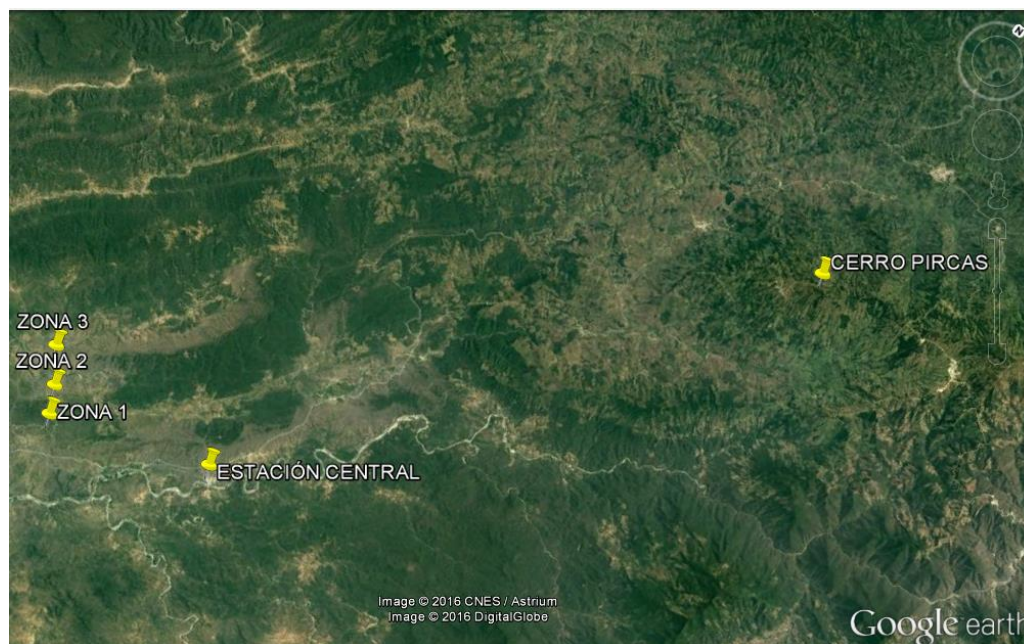
Con la ayuda del GPS (Sistema de Posicionamiento Global), se obtuvieron las coordenadas geográficas respectivas de cada Zona donde se ubica cada Estación Remota (RTU) y la Estación Central, y además la Empresa Telconet S.A. ubicada en ciudad de Loja nos colaboró con las coordenadas del Cerro Pircas para la antena Repetidora. En tabla 24 se detallan los puntos obtenidos:

**Tabla 24.** Coordenadas de las diferentes Estaciones Remotas, Estación Central y la antena Repetidora

Lugar	Latitud	Longitud	Elevación
Estación Central	04°23'13,59" S	080°14'47,91" W	164,7 m
Repetidora	04°06'23,7" S	080°02'17,0" W	2083,7 m
RTU 1	04°24'58,4" S	080°20'03,0" W	207,2 m
RTU 2	04°24'06,4" S	080°20'28,7" W	228,3 m
RTU 3	04°23'01,6" S	080°21'12,6" W	166,8 m

**Fuente:** (Autor)

Mediante la utilización del GOOGLE EARTH (figura 92), se realiza la localización de la Estación Central “Zapotillo”, el Cerro Pircas (antena Repetidora) y cada Estación Remota (RTU), con las coordenadas de la tabla 24.



**Figura 92.** Localización geográfica de los radioenlaces de comunicación



**Fuente:** (Autor)

#### 6.4.8.1 Selección de las antenas

Anteriormente en el apartado 6.4.8 se dio a conocer cómo será la comunicación de cada uno de los enlaces, ahora se realiza la selección de las antenas a utilizarse, para el enlace punto a punto de la Estación Central con el Cerro Pircas se emplea el uso de dos antenas airGrid M5 HP modelo AG-HP-5G27, el enlace multipunto se escogió una antena de sector airMAX ac Sector modelo AM-5AC21-60 y un radio Rocket ac (airMax) modelo

R5AC-PTMP y tres antenas de para cada Estaciones Remotas RocketDish ac modelo RD-5G31-AC (airMAX ac) con un radio Rocket ac (airMax) modelo R5AC-Lite, en la tabla 25 se muestra las especificaciones relevantes de cada dispositivo.

**Tabla 25.** Especificaciones de las antenas y los radios

Antena airGrid M5 HP		
Fabricante	Ubiquiti	
Modelo	AG-HP-5G27	
Dimensiones	620×460×360 mm	
Frecuencia	5725 - 5850	
Ganancia	27 dBi	
Potencia de salida	25 dBm	
airMAX ac Sector		
Fabricante	Ubiquiti	
Modelo	AM-5AC21-60	
Dimensiones	750×215×94 mm	
Frecuencia	5.10 - 5.85 GHz	
Ganancia	21 dBi	
Apertura vertical	60°	
RocketDish ac (airMAX ac)		
Fabricante	Ubiquiti	
Modelo	RD-5G31-AC	
Dimensiones	748×748×349 mm	
Frecuencia	5.1 - 5.8 GHz	
Ganancia	31 dBi	
Rocket ac (airMax)		
Fabricante	Ubiquiti	
Modelo	R5AC-PTMP	
Dimensiones	198.5×86.4×44.1 mm	
Frecuencia	5725 - 5850 MHz	
Potencia de salida	27 dBm	
Rocket ac (airMax)		
Fabricante	Ubiquiti	
Modelo	R5AC-Lite	
Dimensiones	162×84×37 mm	
Frecuencia	5725 - 5875 MHz	
Potencia de salida	27 dBm	

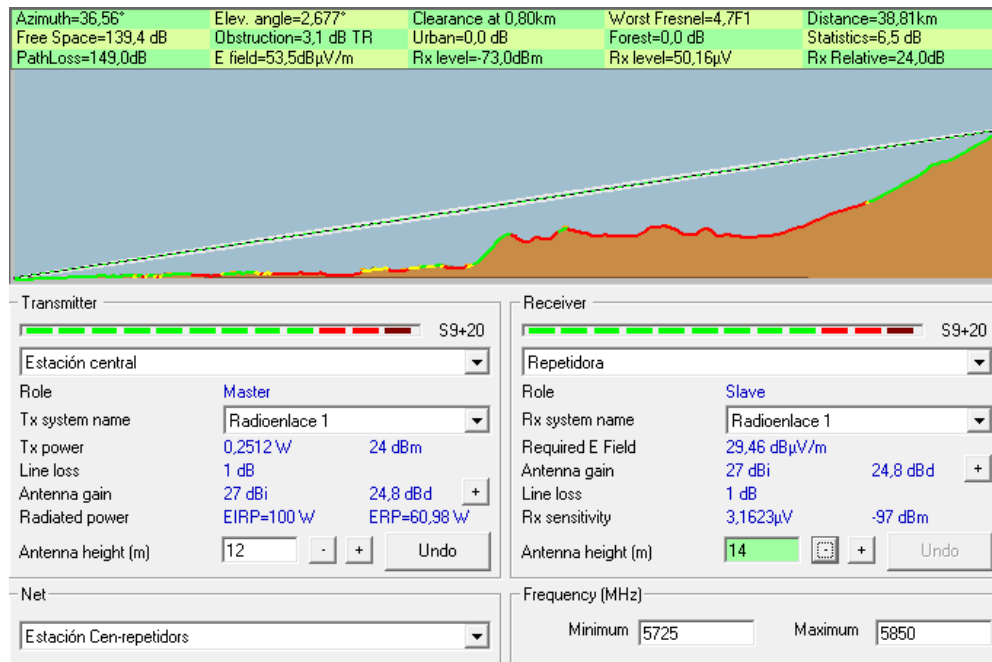
**Fuente:** (Ubiquiti)

#### 6.4.8.2 Simulación de las Estaciones Remotas con la Estación Central

La simulación de las diferentes Estaciones se lo realiza con la ayuda del software Radio Mobile que trabaja en un rango de frecuencias entre 20 MHz y 20 GHz, permitiendo el cálculo de radio enlaces de larga distancia en terreno irregular.

- **Estación Central – Repetidora**

Realizado la simulación en el software Radio Mobile, se obtiene que la Estación Central para cumplir con satisfacción de la comunicación se debe ubicar la antena a una altura de 12 m y la antena Repetidora a una altura de 14 m, permitiendo observar una línea de vista favorable (figura 93).

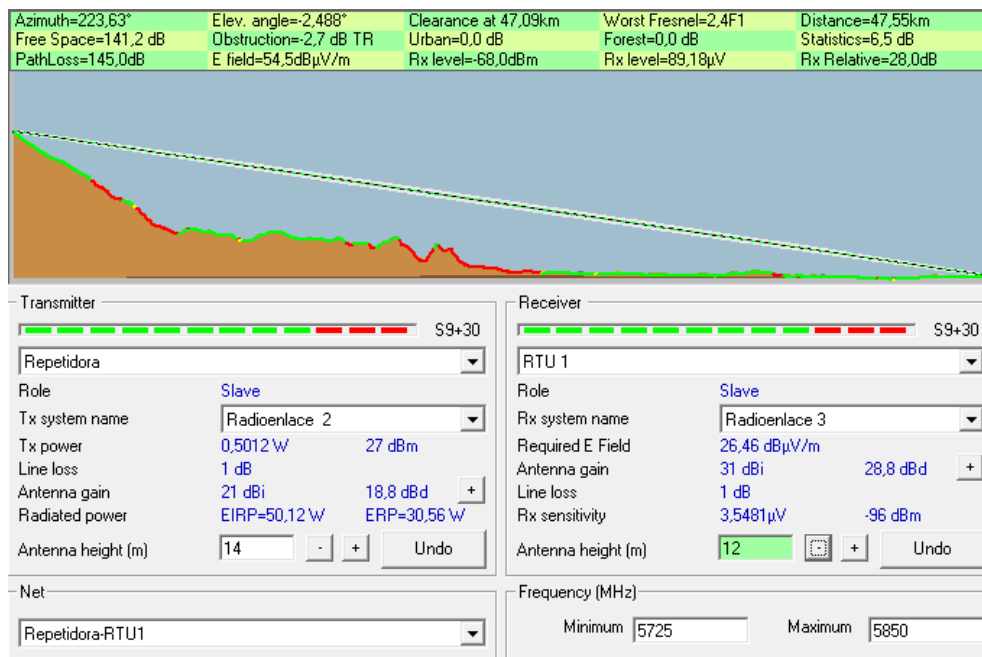


**Figura 93.** Simulación del radioenlace Estación Central - Repetidora

**Fuente:** (Autor)

- **Repetidora – Estación Remota 1**

Se obtiene que la antena Repetidora a una altura de 14 m y la antena de la Estación Remota 1 (RTU 1) a una altura de 12 m, permitiendo observar una línea de vista favorable (figura 94).

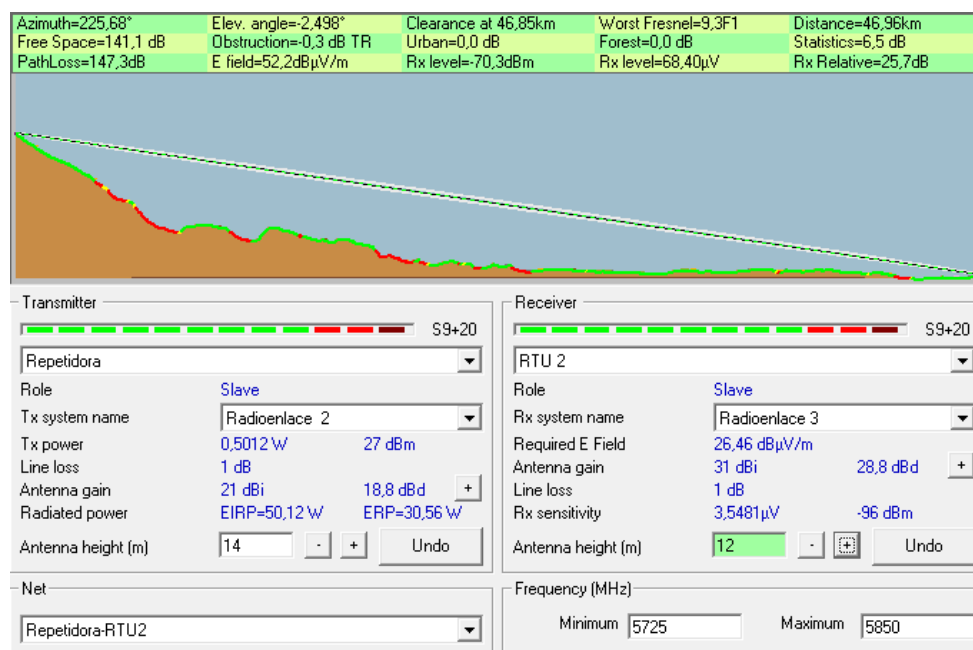


**Figura 94.** Simulación del radioenlace Repetidora - Estación Remota 1

**Fuente:** (Autor)

### • Repetidora – Estación Remota 2

Se obtiene que la antena Repetidora para cumplir con satisfacción de la comunicación se debe ubicar a una altura de 14 m y la antena de la Estación Remota 2 (RTU 2) a una altura de 12 m (figura 95).



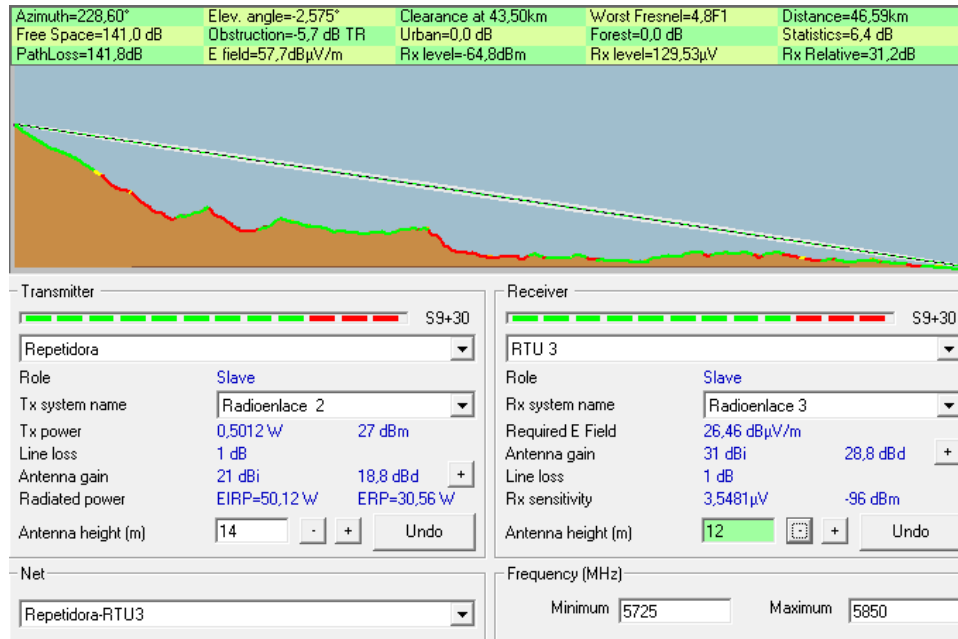
**Figura 95.** Simulación del radioenlace Repetidora - Estación Remota 2

**Fuente:** (Autor)



- **Repetidora – Estación Remota 3**

La antena Repetidora para obtener una comunicación adecuada se debe ubicar a una altura de 14 m y la antena de la Estación Remota 3 a una altura de 12 m respectivamente (figura 96).



**Figura 96.** Simulación del radioenlace Repetidora - Estación Remota 3

**Fuente:** (Autor)

Realizada la simulación de los radio enlaces para la comunicación, se procede a obtener la distancia que existe cada Estación Remota hacia la Estación Central mediante la utilización del GOOGLE EARTH (figura 97) y tabla 26.

**Tabla 26.** Distancia de las antenas de las Estaciones Remotas hacia la Estación Central

Distancia de cada antena		
Estación Central	38,81 km	Repetidora
Repetidora	47,55 km	Estación Remota 1
Repetidora	46,96 km	Estación Remota 2
Repetidora	45,59 km	Estación Remota 3

**Fuente:** (Autor)



**Figura 97.** Ubicación geográfica de las Estaciones Remotas a la Estación Central

**Fuente:** (Autor)

#### 6.4.9 Presupuesto de la instalación

El presupuesto de la instalación hace referencia con cada uno de los elementos mecánicos, instrumentos de automatización, el suministro de energía y la comunicación, a continuación se detallan los precios de cada equipo que conforman el sistema automatizado:

- **Equipos para el suministro de energía**

En la tabla 27 se detallan los equipos para el suministro de energía, el precio de cada uno de ellos y su costo total.

**Tabla 27.** Presupuesto de los equipos del suministro de energía

Elementos	Dimensión	Cantidad	Precio Unitario	Total
Panel solar 150 Wp mono R6A	Unidad	9	250	2250
Baterías 117 Ah	Unidad	24	130	3120
Controlador de carga	Unidad	9	200	1800
<b>Total</b>				<b>\$ 7170</b>

**Fuente:** (Autor)

- **Elementos mecánicos**

En la tabla 28 se detallan los elementos mecánicos que permiten el accionamiento de cada motor-reductor, el precio de cada uno de ellos y su costo total.

**Tabla 28.** Presupuesto de los elementos mecánicos

<b>Elementos</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
Carrete AISI 1010	Unidad	9	80	720
Rueda AISI 1045	Unidad	9	60	540
Piñón Acero AISI 1045	Unidad	9	50	450
Eje Acero AISI 1020	Unidad	6	30	180
Rodamientos de una hilera en bolas D= 55mm	Unidad	18	5	90
Chaveta AISI 1006	Unidad	9	8	72
Embrague AISI 1010	Unidad	9	50	450
Pernos M12×1,25	Unidad	12	0,25	3
Palanca para el acople con el motor-reductor AISI 1010	Unidad	9	30	270
<b>Total</b>				<b>\$ 2775</b>

**Fuente:** (Autor)

- **Equipos para la comunicación**

En la tabla 29 y 30 se muestran el precio de cada equipo a utilizar en la Estación Central y Estaciones Remotas.

**Tabla 29.** Presupuesto de los equipos del suministro de energía

<b>Elementos</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
Antena airMax Sector modelo AM-5AC21-60	Unidad	1	185	185
Antena RocketDish modelo RD-5G31-AC	Unidad	3	130	390
Radio Rocket ac modelo R5AC-PTMP	Unidad	1	190	190
Radio Rocket ac modelo R5AC-Lite	Unidad	3	120	360
Torre para la comunicación	14 metros (u)	3	300	900
Cable UTP	Metros	70	0,5	35
<b>Total</b>				<b>\$ 2060</b>

**Fuente:** (Autor)

**Tabla 30.** Presupuesto de los equipos del suministro de energía

Elementos	Dimensión	Cantidad	Precio Unitario	Total
Computador Dell Core i5	Unidad	1	900	900
Torre para la comunicación	Unidad	2	100	200
Cable UTP	Metros	25	0,5	12,5
Antena airGrid M5 HP modelo AG-HP-5G27	13 metros (u)	2	150	300
<b>Total</b>				<b>\$ 1412,5</b>

Fuente: (Autor)

- Instrumentos o equipos de automatización**

En la tabla 31 se detallan cada uno de los instrumentos o equipos para el sistema automatizado, el precio de cada uno de ellos y su costo total.

**Tabla 31.** Presupuesto de los instrumentos de automatización

Elementos	Dimensión	Cantidad	Precio Unitario	Total
Sensor ultrasónico	Unidad	9	300	2700
Sensor de posición	Unidad	9	290	2610
Pulsador	Unidad	24	6	144
Pulsador seta (emergencia)	Unidad	3	25	75
Selector de dos posiciones	Unidad	3	15	45
Luces piloto	Unidad	24	5	120
Contactor	Unidad	18	30	540
Relé térmico	Unidad	9	28	252
Finales de carrera	Unidad	18	30	540
PLC simatic S7 1200 serie 1214 (Siemens)	Unidad	3	380	1140
Módulo digital de expansión SM 1223	Unidad	3	270	810
Módulo analógico de expansión SM 1234	Unidad	3	350	1050
Motor-reductor 500 W	Unidad	9	400	3600
Gabinete metálico	Unidad	3	140	420
<b>Total</b>				<b>\$ 14046</b>

Fuente: (Autor)

Una vez obtenido el total de cada equipo a utilizar en los diferentes ámbitos se procede a realizar la suma total del presupuesto, además se le agrega la contratación de mano de obra para la instalación de los equipo y se estima un 25%:

$$\begin{aligned} Total &= E. de energía + E. mecánicos + E de comunicación \\ &+ E. de automatización + Mano de obra \end{aligned}$$

$$Total = (27463,50 + 6865,87)$$

$$Total = \$ 34329,37$$

#### **6.4.9.10 Análisis económico de ahorro por automatización**

Dentro este apartado tiene como objetivo analizar los costos de producción, inversión, operación, mantenimiento, ahorro por disminución de pérdidas y el personal que interviene actualmente.

- **Inversión inicial**

Anteriormente se realizó el cálculo del presupuesto o inversión inicial dentro del cual se incluye la mano de obra para la instalación de los equipos:

$$Total = \$ 34329,37$$

También se considera un costo de reinversión en este proyecto de  $Rein = \$ 1200$  este valor estará en función de los equipos que haya la necesidad de reemplazar o a su vez ampliar en el transcurso de los años.

- **Consumo de energía en la Estación Central**

En la Estación Central se estima un consumo de:

$$E(mensual) = (700 \text{ kW} \times 0,08 \text{ ctv}) = \$ 56$$

También se debe contratar un Ingeniero para el control y mantenimiento de la Estación de Control cuyo monto de contrato es de \$ 1100

$$Costop = (56 + 1100) \times 12 \text{ meses} = \$ 13872 \text{ anual}$$

- **Ahorro de ingresos**

Dentro del ahorro de ingresos intervienen el ahorro del personal, pérdidas del recurso hídrico, combustible, transporte:

$$Personal = (\$ 700 \times 2) \times 12 \text{ meses} = \$14400$$

El personal tiene que trasladarse de un lugar a otro por el ramal para cumplir con sus funciones, pero estos costos adicionales de combustible se pueden reducir con el sistema automatizado obteniendo un ahorro de:

$$Combustible = (\$ 23,5 \times 2) \times 12 \text{ meses} = \$564$$

De igual manera con el sistema automatizado se reduce las pérdidas del ramal que permite mejorar el suministro del recurso hídrico hacia los diferentes regantes, donde se tiene un ahorro de:

$$R. \text{ Hídrico} = (\$ 1000 \times 12 \text{ meses}) = \$12000$$

$$Ahorro \text{ total} = (12000 + 564 + 14400) = \$26964$$

En tabla 32 se muestra todos los valores tomados como son: inversión, reinversión, egresos, ingresos, para el cálculo del Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Relación Beneficio/Costo (B/C).

En resumen se puede observar los siguientes puntos:

En el décimo año tenemos un Valor Actual Neto (VAN) positivo lo que significa que el proyecto es viable, además se tiene que el cuarto año el valor es positivo donde a partir de este período se puede recuperar el dinero invertido.

Tasa Interna de Retorno (TIR) es superior al valor del porcentaje de la tasa de interés que se le aplica dando un beneficio para el proyecto.

En la Relación Beneficio/ Costo (B/C) se tiene un valor superior a la unidad el cual nos indica que los ingresos son mayores a los egresos dando como resultado que el proyecto es totalmente viable para ejecutarlo.

**Tabla 32.** Valor Actual Neto

Año	COSTOP		Costos Operación	Egresos	Egresos Actualizados	Ahorro	Ingresos	Ingresos Actualizados	Flujo Neto
	Inversión	Reinversión							
0	34329,37			34329,37	34329,37				-34329,37
1		1200	13872,00	15072,00	13701,82	26964	26964	24512,73	-23518,46
2		1200	13872,00	15072,00	12456,20	26964	26964	22284,30	-13690,36
3		1200	13872,00	15072,00	11323,82	26964	26964	20258,45	-4755,73
4		1200	13872,00	15072,00	10294,38	26964	26964	18416,77	3366,67
5		1200	13872,00	15072,00	9358,53	26964	26964	16742,52	10750,67
6		1200	13872,00	15072,00	8507,75	26964	26964	15220,48	17463,39
7		1200	13872,00	15072,00	7734,32	26964	26964	13836,80	23565,87
8		1200	13872,00	15072,00	7031,20	26964	26964	12578,90	29113,57
9		1200	13872,00	15072,00	6392,00	26964	26964	11435,37	34156,94
10		1200	13872,00	15072,00	5810,91	26964	26964	10395,79	38741,82
<b>Total</b>					<b>126940,29</b>			<b>165682,11</b>	

Datos	Valores
Número de periodos	10
Tipo de período	Anual
Tasa de interés (i)	10%
Inversión	\$ 34329,37

<b>VAN</b>	38741,82
<b>TIR</b>	33%
<b>B/C</b>	1,31

**Fuente:** (Autor)

## 7. DISCUSIÓN

El presente trabajo de tesis, tuvo como propósito elaborar una propuesta de automatización para el control de las compuertas del canal de riego del ramal de Limones (3DC-1C), que permite implementar tecnología adecuada para dar solución a los problemas que se presentan en el ramal del canal de riego al momento de suministrar el agua a las diferentes parcelas de cada regante.

Dentro de la propuesta de automatización cuenta con un nuevo rediseño en las compuertas de control para que su apertura y cierre se lo realice manual y automáticamente donde se obtienen acciones de control de manera inmediata y precisa, se realizaron los cálculos para la selección de los motor-reductores obteniendo un torque de 279 Nm con una potencia de 500 W necesaria para elevar las mismas y los elementos mecánicos para su accionamiento.

Se tiene tres Estaciones Remotas, una ubicada en cada zona a controlar aquí se encuentran los sensores ultrasónicos para la lectura del nivel de agua, sensores de posición de cada compuerta, motor-reductores, PLC S7 1200, entre otros elementos que ejecutará todas las ordenes asignadas desde la Estación Central ubicada en el cantón “Zapotillo” dentro de esta Estación se cuenta con un sistema SCADA realizado en el software Vijeo Citect para monitorear, controlar y supervisar lo que sucede en el Ramal del canal.

El suministro de energía a cada uno de los equipos para que realice el correcto funcionamiento de apertura y cierre, se colocará paneles solares permitiendo aprovechar las condiciones climáticas que ofrece el lugar.

Para la comunicación de la Estación Central con la Repetidora y cada Estación Central, se lo realiza mediante radioenlaces permitiendo recibir y enviar las órdenes necesarias para que se cumpla con requerimientos necesarios del suministro del agua a cada sector.

Se tiene un análisis económico que se demuestra que es rentable automatizar el ramal 3DC-1C, ya que se tiene un ahorro considerable versus a lo actual que se lo realiza manualmente donde existe perdidas que contribuye a los gastos del mismo sin obtener mayores ingresos.



## 8. CONCLUSIONES

- Se realizó la descripción del funcionamiento y operación del canal de riego del ramal Limones, mediante la visita de campo y obteniendo información en la Empresa Pública de RIDRENSUR, el número de compuertas que existen y la distancia entre las mismas, que permite realizar el diseño de la propuesta de automatización.
- Se realizó el rediseño de las compuertas por medio de un mecanismo de engranajes, accionado por un motor-reductor de una potencia de 500 W necesaria para efectuar la apertura y cierre mediante un control automático o manual.
- Se desarrolló la propuesta de automatización, determinando las variables que intervienen en el proceso a controlar y se realizó la selección de PLC S7 1200, se diseñó un sistema SCADA para el control del canal de riego, además de una comunicación mediante radio enlaces.
- Se elaboró un presupuesto tentativo que permite implementar el sistema automatizado en el Ramal 3DC-1C con una inversión de \$ 34329,37, donde se incluye los gastos de los equipos a utilizar y la mano de obra para su instalación.
- El análisis económico mediante los indicadores el VAN (\$ 38741,82) es positivo, el TIR (33%) es un porcentaje mayor a la tasa de descuento del 10 % y B/C (1,31) es mayor a uno por lo cual son aceptables para la aprobación del proyecto, el tiempo de recuperación es de cuatro años.

## **9. RECOMENDACIONES**

- Antes de realizar una propuesta de automatización se debe hacer una visita de campo para conocer como es el principal funcionamiento del canal, con la finalidad de poder seleccionar los componentes necesarios para realizar la automatización.
- Se recomienda que el rediseño de las compuertas se puede optar por catálogos técnicos para la selección de las misma con dimensiones ya establecidas que se adapten a la medidas del canal de riego
- Es importante obtener las variables necesarias para la selección del PLC a utilizar y reservar un 15 a 20 % de entradas como salidas para futuras ampliaciones del sistema de automatización a controlar.
- Se sugiere a la Empresa Pública RIDRENSUR implementar el proyecto de automatización, ya que mediante un análisis económico se determinó que el proyecto es viable para su ejecución permitiendo ahorrar una cantidad considerable de dinero.

## 10.- BIBLIOGRAFÍA

### Libros

- Arrizabalaga, N. L. (1990). *Máquinas Prontuario Tecnicas Maquinas Herramientas segunda edición*. Madrid (España): PARANINFO, S.A.
- Ávila, G. S. (1997). *Hidráulica General, Volumen I*. Mexico: LIMUSA, S.A DE C.V.
- Balcells, J., & Romeral, J. L. (2000). *Autómatas Programables*. Barcelona: Marcombo.
- Durán Moyano, J. L., Martínez García, H., Gámiz Caro, J., Domingo Peña, J., & Grau Saldes, A. (2009). *Automatismo Eléctricos e Industriales* MARCOMBO (Barcelona).
- Hall, A., Holowenco, A., & Laucghlin, H. (1971). *Diseño de Máquinas-Schaum*. México: McGraw-Hill.
- Mandado Pérez, E., Marcos Acevedo, J., Fernández Silva, C., & Armesto Quiroga, J. (2009). *Autómatas Programables y Sistemas de Automatización*. MARCOMBO, S.A.
- Mott, R. L. (Cuarta Edición, 2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. México: PRENTICE HALL.
- Myszka, D. H. (2012). *Máquinas y Mecanismos*. México: Pearson Educacion de México, S.A de C.V.
- Ruiz, P. R. (Agosto 2008). *Hidráulica II*.
- Shigley, J. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica*. Mexico: McGRAW-Hill.
- Buyaski, C., Ehler, D., Falvey, H., Rogers, D., & Serfozo, E. (1991). *Canal Systems Automation Manual, Volumen I*. Denver Office.
- Molinari, N. (2004). *Controladores Lógicos Pogramables -PLC-*. Buenos Aires.
- Daneri, P. A. (2008). *PLC Automatización y Control Industrial*. Buenos Aires: Hispano Americana S.A.-H.A.S.A.

- Penin, A. R. (2007). *Sistemas Scada 2º edición*. Barcelona: MARCOMBO, S.A.
- Gómez Sarduy, J. R., Reyes Calvo, R., & Guzmán del Río, D. (2008). *Temas Especiales de Instrumentación y Control*. La Habana: Félix Varela.
- Miguel, P. A. (2010). *Energía Solar: Cálculo de una Instalación Aislada*. Barcelona: Marcombo S. A.
- Leiva, L. F. (2010). *Controles y Automatismos Eléctricos*.
- Aragonés Boix, O., Saigí Grau, M. A., & Zabaleta Alañá, F. (1998). *Automatismo Eléctricos Programables* Edicions UPC, Copyright.
- Guillermo, B. C. (2008). *Ingeniería Económica*. Bogotá ( Colombia).
- Baca Urbina, G. (2011). *Evaluación de Proyectos Cuarta Edición*. México: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A de C.V.

## **Empresa**

- RIDRENSUR, E.P; Empresa de Riego y Drenaje del Sur.

## **Tesis**

- Vásquez, F. E. (2010). *Diseño y construcción de un sistema electromecánico para apertura y cierre de una compuerta del sedimentador de la planta de tratamiento de agua el Cebollar de Cuenca* (Título de Tecnólogo Industrial) Cuenca, Ecuador, Universidad del Azuay. Facultad de Ciencia y Tecnología. Escuela de Ingeniería Mecánica.

Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/389/1/07647.pdf>

- Aleaga Loaiza, L. F. (2010). *Diseño de un sistema de telemetría y telecontrol (SCADA) para la red de distribución de agua potable de la ciudad de Loja*. Cuenca, Ecuador. Universidad de Cuenca

Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2532>

- Pineda, D. F. (03 de 08 de 2015). *Estudio técnico para la automatización de dos sectores del sistema de riego Campana Malacatos*. (Título de ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones) Loja, Ecuador, Universidad Nacional de Loja.

Obtenido de <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/11397>

### **Páginas web**

- Periará, U.T. (08/2011). Obtenido de <http://blog.utp.edu.co/lvanegas/files/2011/08/Cap7.pdf>
- Hidrometalica. (s.f). Obtenido de <http://hidrometalica.com/wp-content/uploads/COMPUERTASpdf.pdf>
- *Control e Instrumentación Industrial*, S. A. de C. V. (Noviembre de 2015). Obtenido de <http://ceiisa.blogspot.com/2015/05/interruptores-de-final-de-carrera-limit.html>
- SIEMENS. (2014). *SIMATIC S7 Controlador programable S7-1200: Manual de sistema*. Obtenido de [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/622/91696622/att\\_42774/v1/s71200\\_system\\_manual\\_es-ES\\_es-ES.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/622/91696622/att_42774/v1/s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf)
- Formación, I. S. (s.f.). *SCADA Viejo Citect del Instituto Schneider Electric de Formación*. Obtenido de <http://www.infoplcn.net/descargas/185-schneider-electric/scada/vijeo-citect/2382-curso-vijeo-citect>
- Orbegozo, C., & Arivilca, R. (2010). *Energía Solar Fotovoltaica. Manual Técnico para Instalaciones Domiciliarias*. Obtenido de [https://issuu.com/sinapsisarcar/docs/energ\\_a\\_solar\\_fotovoltaica\\_\\_manual](https://issuu.com/sinapsisarcar/docs/energ_a_solar_fotovoltaica__manual)

## 11. ANEXOS

### Anexo 1. Coeficiente de fricção y densidad



**ABNT – Associação  
Brasileira de  
Normas Técnicas**

Sede:  
Rio de Janeiro  
Av. Treze de Maio, 13 / 28º andar  
CEP 20003-900 – Caixa Postal 1680  
Rio de Janeiro – RJ  
Tel.: PABX (21) 2210-3122  
Fax: (21) 2220-1762/2220-6436  
Endereço eletrônico:  
www.abnt.org.br

Copyright © 2002  
ABNT – Associação Brasileira  
de Normas Técnicas  
Printed in Brazil/  
Impresso no Brasil  
Todos os direitos reservados

OUT 2002

**PROJETO NBR 8883**

### **Cálculo e fabricação de comportas hidráulicas**

Origem: NBR 8883:1996  
ABNT/CB-04 - Comitê Brasileiro de Máquinas e Equipamentos Mecânicos  
CE-04:007.03 - Comissão de Estudo de Grades e Comportas  
NBR 8883 - Calculation and Manufacture of Hydraulic Gates  
Descriptors: Hydraulic Gate  
Esta Norma substitui a NBR 8883:1996  
Esta Norma cancela e substitui a NBR 12283:1991

Palavra-chave: Comporta hidráulica

29 páginas

**Tabela 1 – Massa específica**

Água	1,00 kg/dm <sup>3</sup>
Água do mar	1,04 kg/dm <sup>3</sup>
Gelo	0,70 kg/dm <sup>3</sup>
Esgoto	1,15 kg/dm <sup>3</sup>
Aço	7,85 kg/dm <sup>3</sup>
Alumínio	2,70 kg/dm <sup>3</sup>
Borracha natural	0,93 kg/dm <sup>3</sup>
Borracha sintética	1,23 kg/dm <sup>3</sup>
Bronze	8,80 kg/dm <sup>3</sup>
Concreto	2,00 kg/dm <sup>3</sup>
Plástico	1,45 kg/dm <sup>3</sup>
Madeira	1,02 kg/dm <sup>3</sup>
Óleo mineral	0,90 kg/dm <sup>3</sup>

**Tabela 2 – Coeficientes de atrito**

Materiais	Coeficiente de atrito	
	Estático	Dinâmico
Aço x aço (não lubrificado)	0,40	0,20
Aço x aço (lubrificado)	0,30	0,15
Aço x ligas de cobre (não lubrificado)	0,20	0,15
Aço x ligas de cobre (lubrificado)	0,15	0,10
Aço x ligas de cobre autolubrificante	0,15	0,10
Aço x poliamida	0,25	0,15
Aço x polietileno	0,20	0,10
Aço x elastômero	1,00	0,70
Aço x PTFE	0,10	0,10
Aço x concreto	0,4	0,4
Aço x madeira (longitudinal às fibras)	0,45	-
Aço x madeira (transversal às fibras)	0,55	-

## Anexo 2. Tabla de aceros SAE Y/O AISI

TABLA A-20

Características y propiedades mecánicas *a la tensión* de algunos aceros rolados en caliente (HR) y estirados en frío (CD).

[Las resistencias indicadas son valores mínimos ASTM estimados en el intervalo de tamaños de 18 a 32 mm ( $\frac{3}{4}$  a  $1\frac{1}{4}$  in). Tales resistencias son adecuadas para el uso con el factor de diseño definido en la sección 1-9, siempre que los materiales cumplan los requisitos ASTM A6 o A568, o sean requeridos en las especificaciones de compra. Conviene recordar que una designación numérica no es una especificación. Véanse en la tabla 1-1 las propiedades de algunos aceros ASTM.

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS NÚM.	SAE Y/O AISI NO.	PROCESA- MIENTO	RESISTENCIA ÚLTIMA, MPa (kpsi)	RESISTENCIA DE FLUENCIA, MPa (kpsi)	ELONGACIÓN EN 2 in, %	REDUCCIÓN EN ÁREA %	DUREZA BRINELL
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

Fuente: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.


### Anexo 3. Especificaciones del motor-reductor del Catálogo Transtecno

Motoriduttori CC ad assi ortogonali  
DC Helical bevel gearmotors

ECMB

Dati tecnici per servizio S2

Technical data for S2 duty

P <sub>1</sub> [W]	n <sub>2</sub> [min <sup>-1</sup> ]	M <sub>2</sub> [Nm]	sf	i		Versione motore Motor version
<b>350</b>						
(3000 min <sup>-1</sup> )	106	29.5	5.8	28.17	250/633	120/240
	89	35.4	4.9	33.81		
	84	37.6	4.6	35.92		
	77	40.7	4.8	38.88		
	64	49.4	4.0	47.16		
	52	60.7	3.2	57.93		
	49	64.5	3.0	61.63		
	41	77.5	2.5	73.96		
	38	82.3	2.4	78.58		
	32	97.7	2.0	93.33		
	21	147.2	1.3	140.52		
	17	190.4	1.0	181.81		
	14	221.3	0.9	211.31		
	13	249.6	0.8	238.31		

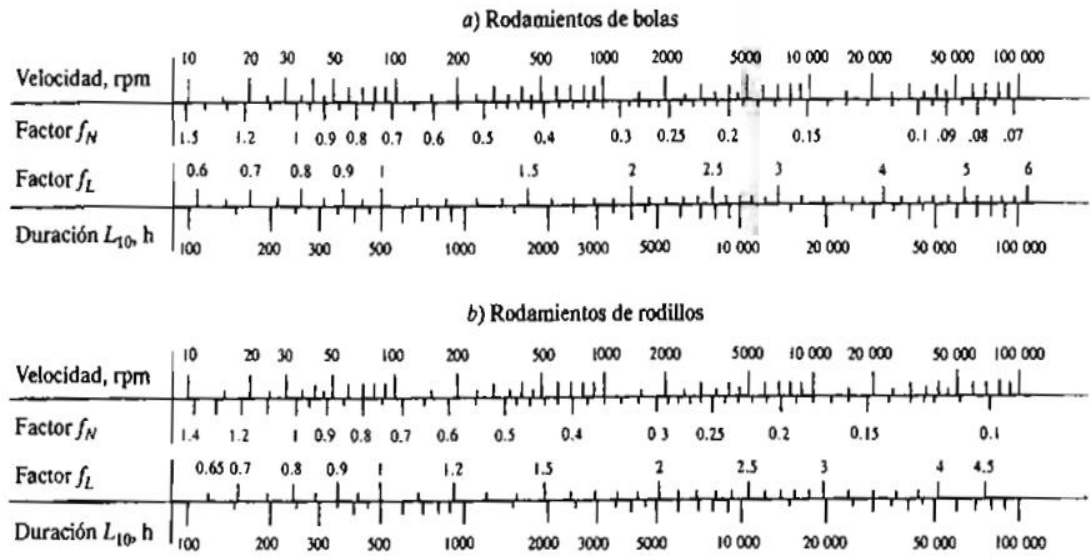
<b>500</b>						
(3000 min <sup>-1</sup> )	485	9	3.4	6.18	350/402	120/240
	401	11	2.8	7.49		
	326	14	2.3	9.2		
	254	18	2.0	11.83		
	240	19	1.9	12.48		
	202	22	1.6	14.83		
	170	26	1.3	17.63		
	161	28	1.5	18.6		
	134	33	1.3	22.33		
	125	36	1.2	23.91		
	104	43	1.2	28.89		
	97	46	1.1	30.84		
	89	50	1.0	33.57		
	84	53	1.0	35.63		
	70	64	0.8	42.75		
	54	73	0.7	55.31	350/502	120/240
	51	73	0.7	59.06		
	47	73	0.7	64.29		
	326	14	4.0	9.20		
	254	18	4.0	11.83		
	240	19	3.7	12.48		
	202	22	3.2	14.83		
	170	26	2.7	17.63		
	161	28	3.1	18.60		
	134	33	2.6	22.33		
	125	35.8	2.4	23.91		
	104	43	2.3	28.89		
	97	46	2.1	30.84		
	89	50	2.0	33.57		

<b>500</b>						
(3000 min <sup>-1</sup> )	139	32	5.3	21.56	350/633	120/240
	113	40	4.3	26.48		
	106	42	4.1	28.17		
	89	51	3.4	33.81		
	84	54	3.2	35.92		
	77	58	3.4	38.88		
	64	71	2.8	47.16		
	52	87	2.2	57.93		
	49	92	2.1	61.63		
	41	111	1.8	73.96		
	38	118	1.7	78.58		
	32	140	1.4	93.33		
	21	210	0.9	140.52		
	17	272	0.7	181.81		
	14	279	0.7	211.31		
	13	279	0.7	238.31		

<b>800</b>						
(3000 min <sup>-1</sup> )	485	15	2.1	6.18	600/402	120/240
	401	18	1.7	7.49		
	326	22	1.4	9.20		
	254	28	1.2	11.83		
	240	30	1.2	12.48		
	202	36	1.0	14.83		
	170	42	0.8	17.63		
	161	45	1.0	18.60		
	134	53	0.8	22.33		
	125	57	0.8	23.91		
	104	69	0.7	28.89		
	97	73	0.7	30.84		
	89	73	0.7	33.57		
	84	73	0.7	35.63		
	70	73	0.7	42.75		
	485	15	3.7	6.18	600/502	120/240
	401	18	3.1	7.49		
	326	22	2.5	9.20		
	254	28	2.5	11.83		
	240	30	2.3	12.48		
	202	36	2.0	14.83		
	170	42	1.7	17.63		
	161	45	1.9	18.60		
	134	53	1.6	22.33		
	125	57	1.5	23.91		
	104	69	1.4	28.89		
	97	74	1.3	30.84		

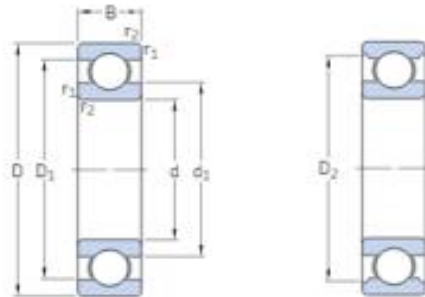


Anexo 4. Factores por duración y por velocidad, para rodamiento de bolas y rodillos



## Anexo 5. Especificaciones de rodamientos del Catálogo SKF

### Rodamientos rígidos de una hilera de bolas d 25 – 35 mm



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades	Velocidad	Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C <sub>0</sub>	P <sub>H</sub>	Velocidad de referencia	límite		
mm			kN		kN	rpm		kg	—
25	37	7	4,36	2,6	0,125	38 000	24 000	0,022	61805
	42	9	7,02	4,3	0,193	36 000	22 000	0,045	61905
	47	8	8,06	4,75	0,212	32 000	20 000	0,060	* 16005
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	20 000	0,080	* 6005
	52	9	10,6	6,55	0,28	28 000	18 000	0,078	98205
	52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	18 000	0,13	* 6205
	52	15	17,8	9,8	0,40	28 000	18 000	0,12	6205 ETN9
	62	17	23,4	11,6	0,49	24 000	16 000	0,23	* 6305
	62	17	26	13,4	0,57	24 000	16 000	0,21	6305 ETN9
	80	21	35,8	19,3	0,82	20 000	13 000	0,53	6405
	58	16	16,8	9,5	0,405	26 000	16 000	0,18	62/28
	68	18	25,1	13,7	0,585	22 000	14 000	0,29	63/28
	42	7	4,49	2,9	0,146	32 000	20 000	0,027	61806
	47	9	7,28	4,55	0,212	30 000	19 000	0,051	61906
	55	9	11,9	7,35	0,31	28 000	17 000	0,085	* 16006
	55	13	13,8	8,3	0,355	28 000	17 000	0,12	* 6006
30	62	10	15,9	10,2	0,44	22 000	14 000	0,12	98206
	62	16	20,3	11,2	0,48	24 000	15 000	0,20	* 6206
	62	16	23,4	12,9	0,54	24 000	15 000	0,19	6206 ETN9
	72	19	29,6	16	0,67	20 000	13 000	0,35	* 6306
	72	19	32,5	17,3	0,74	22 000	14 000	0,33	6306 ETN9
	90	23	43,6	23,6	1,00	18 000	11 000	0,74	6406
	47	7	4,75	3,2	0,17	28 000	18 000	0,030	61807
	55	10	9,56	6,8	0,29	26 000	16 000	0,080	61907
	62	9	13	8,15	0,38	24 000	15 000	0,11	* 16007
	62	14	16,8	10,2	0,44	24 000	15 000	0,16	* 6007
35	72	17	27	15,3	0,66	20 000	13 000	0,29	* 6207
	72	17	31,2	17,6	0,75	20 000	13 000	0,27	6207 ETN9
	80	21	35,1	19	0,82	19 000	12 000	0,46	* 6307
	100	25	55,3	31	1,29	16 000	10 000	0,95	6407

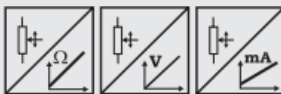
Anexo 6. Especificaciones técnicas Sensor de ángulo con salida analógica

AWS  
Angle sensor with analog output



Analog Angle Sensor

- Protection class IP67
- Measurement ranges:  
345° / 180° / 90°, continuous rotation
- Sensing device: precision potentiometer
- Analog output 0 ... 10 V, 4 ... 20 mA, potentiometer



Specifications	Outputs	Potentiometer: 1 k $\Omega$ Voltage: 0 ... 10 V Current: 4 ... 20 mA, 2 or 3 wire Voltage and current output, adjustable
	Resolution	Essentially infinite
	Material	Aluminium and Stainless Steel
	Sensing Device	Precision Potentiometer
	Connector	Male Socket 8 pin DIN 45326
	Linearity	$\pm 0.10\%$ ; $\pm 0.20\%$ for 90°
	Repeatability	$\pm 0.0020\%$ (equivalent to 0.008°)
	Rotating Direction	Clockwise (for increasing output signal)
	Revolutions	10000 r.p.m. max.
	Torque	1 Ncm
	Life Time	100 x 10 <sup>6</sup> Revolutions ( $\leq 1500$ r.p.m.)
	Protection Class (DIN 40050)	IP67 (only when the electrical plug is correctly assembled and connected)
	Weight	450 g approx.
	Environmental	
	EMC	Refer to output specification
	Temperature	Refer to output specification

Order Code AWSX	<div><div>AWSX</div><div></div><div></div><div></div></div>
Model Name	
AWS1 = Angle sensor with servo flange	
AWS2 = Angle sensor with square flange	
Measurement Range	
345° / 180° / 90°	
Outputs	
R1K = Potentiometer 1 k $\Omega$ (only for 345° range)	
10V = 0 ... 10 V signal conditioner	
420A = 4 ... 20 mA signal conditioner (2 wire)	
420T = 4 ... 20 mA signal conditioner (3 wire)	
PMUV/PMUI = Programmable signal conditioner 0 ... 10 V or 4 ... 20 mA	

Order Code Mounting Clamps (set of 3 pieces, for AWS1)	WS-EXZENTER
Order Code Mating Connector (see accessories page 82)	CONN-DIN-8F-W
Order Example: AWS1 - 345 - 420T	

## Anexo 7. Especificaciones técnicas del sensor Ultrasónico

Sensor ultrasónico		UC6000-30GM70-IE2R2-V15
		
  		
<b>Referencia de pedido</b> <b>UC6000-30GM70-IE2R2-V15</b> Sensor de detección directa ultrasónico		
<b>Características</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Salida analógica 4 ... 20 mA</li> <li>• 1 salida de conmutación</li> <li>• Posibilidades de sincronización</li> <li>• Compensación de temperatura</li> <li>• Parámetros configurables mediante la interfaz y el software ULTRA-PROG-IR (accesorios)</li> </ul>		
<b>Diagrama</b>		
<b>Curvas de respuesta características</b>		
 <p>Distancia Y [mm]</p> <p>Distancia X [mm]</p> <p>Curva 1: placa plana 100 mm x 100 mm            Curva 2: barra redonda, Ø 25 mm</p>		
<b>Datos técnicos</b>		
<b>Datos generales</b>		
Rango de detección	350 ... 6000 mm	
Rango de ajuste	400 ... 6000 mm	
Zona ciega	0 ... 350 mm	
Estándar	100 mm x 100 mm	
Frecuencia del transductor	aprox. 80 kHz	
Retardo de respuesta	≤ 275 ms	
<b>Datos característicos</b>		
Deriva de temperatura	≤ ± 1,5 % del valor final	
Retardo a la disponibilidad $t_d$	≤ 300 ms	
<b>Datos límites</b>		
Longitud de línea admitida	máx. 300 m	
<b>Elementos de indicación y manejo</b>		
LED amarillo	Estado de conmutación Salida de conmutación	
LED verde/amarillo	amarillo: objeto en el límite de evaluación verde: TEACH-IN	
Potenciometro	Salida de conmutación ajustable	
<b>Datos eléctricos</b>		
Tensión nominal de trabajo $U_E$	24 V CC	
Tensión de trabajo $U_E$	20 ... 30 V CC (conducción residual incluida)	
Rizado	≤ 10 %	
Corriente en vacío $I_0$	≤ 50 mA	
<b>Interfaz</b>		
Tipo de interfaz	Infrarojos	
Modo	conexión paso a paso	
<b>Entrada/Salida</b>		
Tipo de entrada/salida	1 conexión de sincronización, bidireccional ( Configuración de fábrica: modo sincronizado ) / Entrada TEACH-IN	
Nivel 0	≤ 3 V	
Nivel 1	≥ 15 V	
Impedancia de entrada	tip. 900 Ω	
Cantidad de sensores	máx. 10	
<b>Salida de conmutación</b>		
Tipo de salida	1 salida de conmutación pnp, N.A. ( Contacto N.C. parametrizable )	
Preajuste	400 ... 6000 mm ( ajustable vía potenciometro )	
Repetibilidad R	± 9 mm	
Corriente de trabajo $I_L$	300 mA a prueba de cortocircuito/sobrecarga	
Frecuencia de conmutación	≤ 1 Hz	
Histeresis de conmutación	60 mm ( parametrizable )	
Caída de tensión	≤ 3 V	
Corriente residual	≤ 10 µA	
<b>Salida analógica</b>		
Tipo de salida	1 Salida de corriente 4 ... 20 mA , ascendente/descendente parametrizable	
Preajuste	Rampa ascendente ; Límite de evaluación A1: 400 mm ; Límite de evaluación A2: 6000 mm	
Resistencia de carga	≤ 500 Ω	
<b>Condiciones ambientales</b>		
Temperatura ambiente	-25 ... 70 °C (-13 ... 158 °F)	
Temperatura de almacenamiento	-40 ... 85 °C (-40 ... 185 °F)	
Resistencia a choques	30 g , 11 ms Duración	
Resistencia a las vibraciones	10 ... 55 Hz , Amplitud ± 1 mm	
<b>Datos mecánicos</b>		
Tipo de conexión	Conector M12 x 1 , 5 polos	
Grado de protección	IP65	
Material		
Carcasa	latón, níquelado	
Transductor	resina Epoxi/Mezcla de esferas de vidrio; espuma Poliuretano	
Posición del montaje	cualquiera	
Masa	280 g	
Tipo	Cilindrico	
<b>Conformidad con Normas y Directivas</b>		
<b>Conformidad con estándar</b>		
Estándar	EN 60947-5-2:2007 + A1:2012 IEC 60947-5-2:2007 + A1:2012 EN 60947-5-7:2003 IEC 60947-5-7:2003	
<b>Autorizaciones y Certificados</b>		
Autorización UL	cULus Listed, General Purpose	
Autorización CSA	cCSAus Listed, General Purpose	
Autorización CCC	Los productos cuya tensión de trabajo máx. ≤36 V no llevan el marcado CCC, ya que no requieren aprobación.	

Consulte "Notas generales sobre la información de los productos de Pepperl+Fuchs".

Pepperl+Fuchs Group  
www.pepperl-fuchs.com

EE. UU.: +1 330 486 0001  
fo-info@us.pepperl-fuchs.com

Alemania: +49 621 779-1111  
fo-info@pepperl-fuchs.com

Singapur: +65 6779 9091  
fo-info@sg.pepperl-fuchs.com

**PEPPERL+FUCHS**  
SENSING YOUR NEEDS

Anexo 8. Especificaciones técnicas del interruptor de posición del Catálogo Siemens

SIEMENS

hoja de datos del producto

3SE5112-0CE01



INTERRUPTOR DE POSICION SIRIUS CAJA DE METAL  
40MM SEGUN EN50041 CONEXION INTEGRADA 1X  
(M20X1,5) CONTACTOS 1NA/1NC ACCION BRUSCA  
PALANCA SIMPLE DE METAL Y RODILLO DE PLASTICO  
22MM

<b>Número de referencia del fabricante</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• del interruptor básico incluido en el suministro</li><li>• de la cabeza de accionamiento para interruptores de posición, incluida en el suministro</li></ul>		<a href="#">3SE5112-0CA00</a> <a href="#">3SE5000-0AE01</a>
<b>Datos técnicos generales:</b>		
<b>Designación del producto</b>		interruptor de posición estándar
<b>Categoría de protección contra explosiones de polvos</b>		sin
<b>Tensión de aislamiento</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• valor asignado</li></ul>	V	400
<b>Grado de contaminación</b>		clase 3
<b>Corriente térmica</b>	A	6
<b>Corriente de servicio</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• con AC-15<ul style="list-style-type: none"><li>• con 24 V / valor asignado</li><li>• con 125 V / valor asignado</li><li>• con 230 V / valor asignado</li><li>• con 400 V / valor asignado</li></ul></li><li>• DC-13<ul style="list-style-type: none"><li>• a 24 V / valor asignado</li><li>• a 125 V / valor asignado</li><li>• a 230 V / valor asignado</li></ul></li></ul>	A A A A  A A A	6 6 6 4  3 0,55 0,27

# Anexo 9. Especificaciones técnicas del selector de dos posiciones del Catálogo Schneider

## Ficha de producto

### Características

## XB7ND25

selector - Ø 22 - negro - maneta estándar- 2 posiciones - 1 NO+1NC



<b>Principal</b>	
Estatus comercial	Comercializado
Gama de producto	Harmony XB7
Tipo de producto o componente	Interruptor seletor monolítico
Nombre del dispositivo	XB7
Diámetro de montaje	22 mm
Venta por cantidad indivisible	10
Peso del producto	0.026 kg
Grado IP	IP65 (panel) de acuerdo con IEC 60529 IP20 (cara trasera) de acuerdo con IEC 60529
Forma del cabezal de unidad de	Redondo
Tipo de operario	Mantenido
Perfil de operador	Negro maneta estándar
Información posición operador	2 posiciones de 90°
Tipo de contactos y composición	1 a + 1 NC
Apertura positiva	Con apertura positiva de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 anexo K

<b>Complementario</b>	
Anchura global CAD	29 mm
Altura global CAD	29 mm
Fondo global CAD	68.5 mm
Descripción terminales ISO n°1	(13-14)NO (21-22)NC
Metros dispositivo	Orificio de fijación: Ø 22.5 mm (22.3 +0.4/0) de acuerdo con EN/IEC 60947-1
Tuerca cautiva	>= 30 x 40 mm sobre panel de soporte, plástico, grosor: 2...6 mm >= 30 x 40 mm sobre panel de soporte, metálico, grosor: 1...6 mm
CHC SCEW	Porca de montaje par recomendado: 2.2 N.m (+/- 0,2 N.m)
Funcionamiento de contacto	Rupt. lenta
Endurancia mecánica	300000 ciclos
Conexiones - terminales	Conexión tornillo de estribo : 1 x 0,34...0,2 x 2,5 mm² sin extremo de cable de acuerdo con EN/IEC 60947-1 Conexión tornillo de estribo : <= 2 x 1,5 mm² con extr. cable de acuerdo con EN/IEC 60947-1
Par de apriete	0.8...1.2 N.m de acuerdo con EN 60947-1
Forma de la cabeza de tornillo	Con ranuras cabe compatible con plano 5,5 mm Ø destornillador Con ranuras cabe compatible con plano 4 mm Ø destornillador Cruzado cabe compatible con Pozidriv n° 1 destornillador Cruzado cabe compatible con Philips n° 1 destornillador Cruzado cabe compatible con JIS N.º 1 destornillador
Protección contra cortocircuito	4 A fusible de cartuchos tipo gG de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1
[Ui] Tensión asignada de aislamiento	250 V (grado de contaminación: 3) de acuerdo con EN/IEC 60947-1
[Uimp] Tensión asignada de choque	4 kV de acuerdo con EN/IEC 60947-1
[Ie] Intensidad asignada de empleo	0.6 A en 120 V, AC-14, D300 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 0.3 A en 240 V, AC-14, D300 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 0.22 A en 125 V, DC-13, R300 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 0.1 A en 250 V, DC-13, R300 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1

La información disponible en este documento contiene descripciones generales y/o características técnicas de los productos adjuntos. En razón de la evolución de las normativas y del material, las características indicadas por el texto y las imágenes de este documento no nos comprometemos hasta después de una confirmación por parte de nuestros servicios. Schneider Electric Industrial SAS ni sus filiales comerciales se responsabilizan de la incorrecta interpretación de la información aquí contenida.

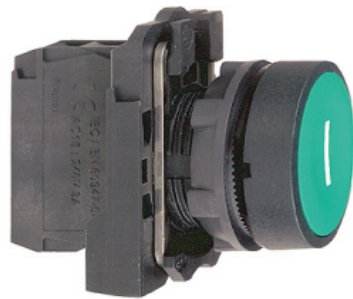
# Anexo 10. Especificaciones técnicas del pulsador del Catálogo Schneider

## Ficha de producto

### Características

## XB5AA3311

pulsador verde Ø 22 - retorno resortenivelado - 1 NA



<b>Principal</b>	
Gama de producto	Harmony XB5
Tipo de operario	Retorno de resorte
Perfil de operador	Verde empotrado , blanco I
Tipo de contactos y composición	1 NA
Funcionamiento de contacto	Rupt. lenta
Conexiones - terminales	Conexión tornillo de estribo : 1 x 0,22-2 x 2,5 mm² sin extremo de cable de acuerdo con EN/IEC 60947-1 Conexión tornillo de estribo : <= 2 x 1.5 mm² con extr. cable de acuerdo con EN/IEC 60947-1
Tipo de producto o componente	Pulsador completo
Nombre de gama	XB5
Material del bisel	Plástico
Material anillo fijación	Plástico
Diámetro de montaje	22 mm
Venta por cantidad indivisible	1
Forma del cabezal de unidad de	Redondo

<b>Complementario</b>	
Peso	0.037 kg
Apertura positiva	Sin
Recorrido de funcionamineto	2.6 mm (NA cambiando estado eléctrico) 4.3 mm (viaje total)
Fuerza de funcionamiento	3.8 N (NA cambiando estado eléctrico)
Durabilidad mecánica	5000000 cycles
Par de apriete	0.8...1.2 N.m de acuerdo con EN 60947-1
Forma de la cabeza de tornillo	Con ranuras , plano 4 mm Ø Con ranuras , plano 5,5 mm Ø Cruzado , Pozidriv nº 1 Cruzado , Philips nº 1
Material de contactos	Aleación de plata (Ag/Ni)
Protección contra cortocircuito	10 A por gG fusible de cartuchos de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1
[Ith] Intensidad térmica convencional	10 A de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1
Tensión asignada de aislamiento	600 V (grado de contaminación: III) de acuerdo con EN/IEC 60947-1
Resistencia a lavadoras de alta presión	7000000 Pa en 55 °C , distancia: 0,1
[Uimp] Tensión asignada soportada al impulso	6 kV de acuerdo con EN/IEC 60947-1
Intensidad asignada de empleo (Ie)	0.1 A en 600 V DC-13 , Q600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 0.27 A en 250 V DC-13 , Q600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 0.55 A en 125 V DC-13 , Q600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 1.2 A en 600 V AC-15 , A600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 3 A en 240 V AC-15 , A600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 6 A en 120 V AC-15 , A600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1

La información disponible en este documento contiene descripciones generales y/o características técnicas de los productos adjuntos. En razón de la evolución de las normativas y del material, las características indicadas por el texto y las imágenes de este documento no nos comprometemos hasta después de una confirmación por parte de nuestros servicios. Esta en el deber de cada usuario o integrador de efectuar un completo y apropiado análisis de riesgos, evaluación y texto de los productos con respecto a la aplicación específica o uso de los productos. Schneider Electric Industries SAS ni sus filiales comerciales se responsabilizan de la incorrecta interpretación de la información aquí contenida.



## Anexo 11. Especificaciones técnicas del pulsador seta del Catálogo Schneider

### Ficha de producto Características

### XB5AS8445

parada de emergencia rojo Ø 22 - cabeza  
redonda Ø 40 - girar para liberar



#### Principal

Rango de producto	Harmony XB5
Tipode producto o componente	Pulsador de parada de emergencia completo
Modelo de dispositivo	XB5
Material del bisel	Plástico
Material anillo fijación	Plástico
Diámetro de montaje	22 mm
Venta por cantidad indivisible	1
Forma del cabezal de unidad de	Redondo
Tipo de operario	Acción de activación y enganche mecánico
Reset	Girar para liberar
Perfil de operador	Rojo redondo Ø 40 sin marca
Tipo de contactos y composición	2 NC
Funcionamiento de contacto	Rupt. lenta
Conexiones - terminales	Conexión tornillo de estribo: <= 2 x 1.5 mm² con extr. cable de acuerdo con EN 60947-1 Conexión tornillo de estribo: >= 1 x 0.22 mm² sin extremo de cable de acuerdo con EN 60947-1

#### Complementario

Alto	43 mm
Ancho	40 mm
Fondo	82 mm
Descripción terminales ISO n°1	(13-14)NO
Peso del producto	0.072 kg
Resistencia a lavadoras de alta presión	7000000 Pa en 55 °C, distancia: 0,1
Uso de contactos	Contactos estándar
Apertura positiva	Con apertura positiva de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 anexo K
Recorrido de funcionamineto	1.5 mm (NC cambiando estado eléctrico) 4.3 mm (viaje total)
Endurancia mecánica	300000 cycles
Par de apriete	0.8...1.2 N.m de acuerdo con EN 60947-1
Forma de la cabeza de tornillo	Cruzado cabe compatible con Philips n° 1 destornillador Cruzado cabe compatible con Pozidriv n° 1 destornillador Con ranuras cabe compatible con plano 4 mm Ø destornillador Con ranuras cabe compatible con plano 5,5 mm Ø destornillador
Material de contactos	Aleación de plata (Ag/Ni)
Protección contra cortocircuito	10 A fusible de cartuchos tipo gG de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1
[Ith] Intensidad térmica convencional	10 A de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1
Tensión asignada de aislamiento	600 V (grado de contaminación: 3) de acuerdo con EN 60947-1
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	6 kV de acuerdo con EN 60947-1
Intensidad asignada de empleo (Ie)	3 A en 240 V, AC-15, A600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 6 A en 120 V, AC-15, A600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 0.1 A en 600 V, DC-13, Q600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 0.27 A en 250 V, DC-13, Q600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 0.55 A en 125 V, DC-13, Q600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1 1.2 A en 600 V, AC-15, A600 de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1

La información disponible en este documento contiene descripciones generales y/o características técnicas de los productos adjuntos. Está en el deber de cada usuario o integrador de efectuar un completo y apropiado análisis de riesgos, evaluación y test de los productos con respecto a la aplicación específica o uso de los productos. Schneider Electric Industries SAS ni sus filiales comerciales se responsabilizan de la incorrecta interpretación de la información aquí contenida.

14-mar-2016

Schneider  
Electric

1



## Anexo 12. Especificaciones técnicas de la luz piloto del Catálogo Schneider

### Ficha de producto

#### Características

### XB7EV04BP

piloto de Ø 22 - rojo - LED integrado - 24V - terminal tornillo



#### Principal

Estatus comercial	Comercializado
Gama de producto	Harmony XB7
Tipo de producto o componente	Luz piloto monolítica
Nombre del dispositivo	XB7
Diámetro de montaje	22 mm
Venta por cantidad indivisible	10
Forma del cabezal de unidad de	Redondo
Color de tapa/operario o lente	Rojo
Fuente de luz	LED
Base de bombilla	LED integral
[Us] Tensión de alimentación	24 V c.a./c.c., 50/60 Hz

#### Complementario

Altura	29 mm
Anchura	29 mm
Profundidad	54 mm
Descripción terminales ISO n°1	(X1-X2)PL
Peso del producto	0.02 kg
Metros dispositivo	Orificio de fijación: Ø 22.5 mm (22.3 +0.4/0) de acuerdo con EN/IEC 60947-5-1
Tuercas cautivas	>= 30 x 40 mm sobre panel de soporte, plástico, grosor: 2...6 mm >= 30 x 40 mm sobre panel de soporte, metal., grosor: 1...6 mm
CHC SCEW	Porca de montaje sob a cabeza par recomendado: 2.2 N.m (+/- 0,2 N.m)
Conexiones - terminales	Conexión tornillo de estribo : 1 x 0.22-2 x 2,5 mm² sin extremo de cable de acuerdo con EN/IEC 60947-1 Conexión tornillo de estribo : <= 2 x 1.5 mm² con extr. cable de acuerdo con EN/IEC 60947-1
Par de apriete	0.8...1.2 N.m de acuerdo con EN 60947-1
Forma de la cabeza de tornillo	Con ranuras cabe compatible con plano 5,5 mm Ø destornillador Con ranuras cabe compatible con plano 4 mm Ø destornillador Cruzado cabe compatible con Pozidriv n° 1 destornillador Cruzado cabe compatible con Philips n° 1 destornillador Cruzado cabe compatible con JIS N.° 1 destornillador
[Ui] Tensión asignada de aislamiento	250 V (grado de contaminación: 3) de acuerdo con EN/IEC 60947-1
[Uimp] Tensión asignada de choque	6 kV de acuerdo con EN/IEC 60947-1
Tipo señalización	Fijo
Límites de tensión de alimentación	21.6...26.4 V AC 19.2...30 V CC
Consumo de corriente	20...27 mA
Duración	70000 H a tensión nominal y 25 °C

La información disponible en este documento contiene descripciones generales y/o características técnicas de los productos adjuntos. En razón de la evolución de las normativas y del material, las características indicadas por el texto y las imágenes de este documento no nos comprometen hasta después de una confirmación por parte de nuestros servicios. Está en el deber de cada usuario o integrador de efectuar un completo y apropiado análisis de riesgos, evaluación y teste de los productos con respecto a la aplicación específica o uso de los productos. Schneider Electric Industries SAS se reserva todos los derechos de la información aquí contenida.

Anexo 13. Especificaciones técnicas del contactor del Catálogo Siemens

SIEMENS

Hoja de datos

3RT2023-1AN20

CONTAC., AC-3, 4KW/400V, 1NA+1NC, AC 220V 50/60HZ, 3POL.  
TAMANO S0 BORNES DE TORNILLO



Nombre comercial del producto	SIRIUS
Designación del producto	contactor 3RT2
Datos técnicos generales:	
Tamaño del contactor	S0
Ampliación del producto	
• Módulo de función para comunicación	No
• interruptor auxiliar	Sí
Tensión de aislamiento	
• valor asignado	690 V
Grado de contaminación	3
Resistencia a tensión de choque valor asignado	6 kV
Tensión máxima admitida para separación segura	
• entre bobina y contactos principales según EN 60947-1	400 V
Grado de protección IP	
• frontal	IP20
• del borne de conexión	IP20
Resistencia a choques	
• con choque rectangular	

## Anexo 14. Especificaciones técnicas del PLC S7-1200 del Catálogo Siemens

### Basic Controller SIMATIC S7-1200

Módulos centrales  
CPUs estándar

#### CPU 1214C

#### Sinopsis



- La CPU compacta de alto rendimiento
- Con 24 entradas/salidas integradas
- Ampliable con:
  - 1 Signal Board (SB) o Communication Board (CB)
  - 8 Signal Modules (SM)
  - Máx. 3 módulos de comunicaciones (CM)

#### Datos técnicos

Referencia	6ES7214-1BG40-0XB0 CPU 1214C, AC/DC/RELÉ, 14DI/10DO/2AI	6ES7214-1AG40-0XB0 CPU 1214C, DC/DC/DC, 14DI/10DO/2AI	6ES7214-1HG40-0XB0 CPU 1214C, DC/DC/RELÉ, 14DI/10DO/2AI
<b>Nombre del producto</b>			
<b>Información general</b>			
<b>Ingeniería con</b>			
• Paquete de programación	STEP 7 V13 SP1 o superior	STEP 7 V13 SP1 o superior	STEP 7 V13 SP1 o superior
<b>Tensión de alimentación</b>			
Valor nominal (DC)		Si	Si
• 24 V DC			
Valor nominal (AC)			
• 120 V AC	Si		
• 230 V AC	Si		
<b>Alimentación de sensores</b>			
<b>Alimentación de sensores 24 V</b>			
• 24 V		L+ menos 4 V DC mín.	L+ menos 4 V DC mín.
<b>Pérdidas</b>			
Pérdidas, tip.	14 W	12 W	12 W
<b>Memoria</b>			
<b>Memoria de trabajo</b>			
• integrado	100 kbyte	100 kbyte	100 kbyte
<b>Memoria de carga</b>			
• integrado	4 Mbyte	4 Mbyte	4 Mbyte
• enchufable (SIMATIC Memory Card), máx.	con SIMATIC Memory Card	con SIMATIC Memory Card	con SIMATIC Memory Card
<b>Respaldo</b>			
• sin pila	Si	Si	Si
<b>Tiempos de ejecución de la CPU</b>			
para operaciones a bits, tip.	0,085 µs /instrucción	0,085 µs /instrucción	0,085 µs /instrucción
para operaciones a palabras, tip.	1,7 µs /instrucción	1,7 µs /instrucción	1,7 µs /instrucción
para aritmética de coma flotante, tip.	2,5 µs /instrucción	2,5 µs /instrucción	2,5 µs /instrucción
<b>Áreas de datos y su retención</b>			
<b>Marcas</b>			
• Cantidad, máx.	8 kbyte; Tamaño del área de marcas	8 kbyte; Tamaño del área de marcas	8 kbyte; Tamaño del área de marcas

**Datos técnicos (continuación)**

Referencia	<b>6ES7214-1BG40-0XB0</b> CPU 1214C, AC/DC/RELE, 14DI/16DO/2AI	<b>6ES7214-1AG40-0XB0</b> CPU 1214C, DC/DC/DC, 14DI/16DO/2AI	<b>6ES7214-1HG40-0XB0</b> CPU 1214C, DC/DC/RELE, 14DI/16DO/2AI
<b>Entradas digitales</b>			
Nº de entradas digitales	14; integrado	14; integrado	14; integrado
• De ellas, entradas usable para funciones tecnológicas	6; HSC (High Speed Counting)	6; HSC (High Speed Counting)	6; HSC (High Speed Counting)
<b>Salidas digitales</b>			
Número de salidas	10; Relé	10	10; Relé
• De ellas, salidas rápidas		4; Salida de tren de impulsos 100 kHz	
<b>Entradas analógicas</b>			
Canales integrados (AI)	2; 0 a 10 V	2; 0 a 10 V	2; 0 a 10 V
<b>Rangos de entrada</b>			
• Tensión	Si	Si	Si
<b>1. Interfaz</b>			
Tipo de interfaz	PROFINET	PROFINET	PROFINET
Norma física	Ethernet	Ethernet	Ethernet
<b>Funcionalidad</b>			
• PROFINET IO-Device	Si	Si	Si
• PROFINET IO-Controller	Si	Si	Si
<b>Funciones de comunicación</b>			
<b>Comunicación S7</b>			
• Soporta servidor PAR	Si	Si	Si
<b>Comunicación IE abierta</b>			
• TCP/IP	Si	Si	Si
• ISO-on-TCP (RFC1006)	Si	Si	Si
• UDP	Si	Si	Si
<b>servidores web</b>			
• Soporta servidor PAR	Si	Si	Si
<b>Nº de conexiones</b>			
• Total	16; dinámica	16; dinámica	16; dinámica
<b>Funciones integradas</b>			
Nº de contadores	6	6	6
Frecuencia de conteo (contadores), máx.	100 kHz	100 kHz	100 kHz
Frecuencímetro	Si	Si	Si
Posicionamiento en lazo abierto	Si	Si	Si
Regulador PID	Si	Si	Si
Nº de entradas de alarma	4	4	4
Nº de salidas de impulsos	4	4	

## Anexo 15. Datos técnicos del módulo digital SM 1223 Catálogo Siemens

### Basic Controller SIMATIC S7-1200

Módulos de periferia

Módulos digitales

Módulo de E/S digitales SM 1223

#### Sinopsis



- Entradas y salidas digitales como suplementos de la periferia integrada de las CPUs
- Para la adaptación flexible del controlador a la correspondiente tarea
- Para la ampliación posterior de la instalación con entradas y salidas adicionales

#### Datos técnicos

Referencia	6ES7223-1BH32-0XB0 E/S DIGITAL SM 1223, 8 DI / 8 DO	6ES7223-1BL32-0XB0 E/S DIGITAL SM 1223, 16DI/16DO	6ES7223-1PH32-0XB0 E/S DIGITAL SM 1223, 8DI/8DO	6ES7223-1PL32-0XB0 E/S DIGITAL SM 1223, 16DI/16DO	6ES7223-1QH32-0XB0 E/S DIGITAL SM 1223, 8DI AC/8DO RELE
<b>Nombre del producto</b>					
<b>Tensión de alimentación</b>					
Valor nominal (DC)					
• 24 V DC	Si	Si	Si	Si	Si
Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V	20,4 V	20,4 V	20,4 V	20,4 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V	28,8 V	28,8 V	28,8 V	28,8 V
<b>Intensidad de entrada</b>					
De bus de fondo 5 V DC, máx.	145 mA	185 mA	145 mA	180 mA	120 mA
<b>Entradas digitales</b>					
• De la tensión de carga L+ (sin carga), máx.	4 mA; por canal	4 mA; por canal	4 mA/entrada 11 mA/relé	4 mA/entrada 11 mA/relé	
<b>Tensión de salida</b>					
<b>Alimentación de transmisores</b>					
• existente	Si	Si	Si	Si	Si
<b>Pérdidas</b>					
Pérdidas, tip.	2,5 W	4,5 W	5,5 W	10 W	7,5 W
<b>Entradas digitales</b>					
Nº de entradas digitales	8	16	8	16	8
• En grupos de	2	2	2	2	4
Característica de entrada según IEC 61131, tipo 1	Si	Si	Si	Si	Si
<b>Número de entradas atacables simultáneamente</b>					
<b>Todas las posiciones de montaje</b>					
- hasta 40 °C, máx.	8	16	8	16	8
<b>Posición de montaje horizontal</b>					
- hasta 40 °C, máx.	8	16	8	16	8
- hasta 50 °C, máx.	8	16	8	16	8
<b>Posición de montaje vertical</b>					
- hasta 40 °C, máx.	8	16	8	16	8
<b>Tensión de entrada</b>					
• Tipo de tensión de entrada	DC	DC	DC	DC	AC
• Valor nominal (AC)					120/230 V AC
• Valor nominal (DC)	24 V	24 V	24 V	24 V	
• para señal "0"	5 V DC, con 1 mA	5 V DC, con 1 mA	5 V DC, con 1 mA	5 V DC, con 1 mA	20 V AC con 1 mA
• para señal "1"	15 VDC at 2,5 mA	15 VDC at 2,5 mA	15 VDC at 2,5 mA	15 VDC at 2,5 mA	79 V AC con 2,5 mA

## Anexo 16. Datos técnicos del módulo analógico SM 1234 Catálogo Siemens

© SIEMENS AG 2015

### Basic Controller SIMATIC S7-1200

Módulos de periferia

Módulos analógicos

#### Módulo de E/S analógicas SM 1234

##### Sinopsis



- Entradas y salidas analógicas para SIMATIC S7-1200
- Con tiempos de conversión extremadamente cortos
- Para la conexión de sensores y actuadores analógicos sin amplificadores adicionales
- Para la solución de tareas de automatización más complejas

##### Datos técnicos

Referencia	<b>6ES7234-4HE32-0XB0</b>
	E/S ANALOG. SM 1234, 4AI/2AO
<b>Nombre del producto</b>	
<b>Tensión de alimentación</b>	
Valor nominal (DC)	
• 24 V DC	Si
<b>Intensidad de entrada</b>	
Consumo típ.	60 mA
De bus de fondo 5 V DC, típ.	80 mA
<b>Pérdidas</b>	
Pérdidas, típ.	2 W
<b>Entradas analógicas</b>	
Nº de entradas analógicas	4; Entradas diferenciales tipo corriente o tensión
Tensión de entrada admisible para entrada de intensidad (límite de destrucción), máx.	± 35 V
Tensión de entrada admisible para entrada de tensión (límite de destrucción), máx.	35 V
Intensidad de entrada admisible para entrada de intensidad (límite de destrucción), máx.	40 mA
Intensidad de entrada admisible para entrada de corriente (límite de destrucción), máx.	40 mA
Tiempo de ciclo (todos los canales), máx.	625 µs
<b>Rangos de entrada</b>	
• Tensión	Si: ±10 V, ±5 V, ±2,5 V
• Intensidad	Si: 4 a 20 mA, 0 a 20 mA
• Termopar	No
• Termorresistencias	No
• Resistencia	No
<b>Rangos de entrada (valores nominales), tensiones</b>	
• -10 V a +10 V	Si
• Resistencia de entrada (-10 V a +10 V)	≥ 9 MOhm
• -2,5 V a +2,5 V	Si
• Resistencia de entrada (-2,5 V a +2,5 V)	≥ 9 MOhm
• -5 V a +5 V	Si
• Resistencia de entrada (-5 V a +5 V)	≥ 9 MOhm

Referencia	<b>6ES7234-4HE32-0XB0</b>
	E/S ANALOG. SM 1234, 4AI/2AO
<b>Rangos de entrada (valores nominales), intensidades</b>	
• 0 a 20 mA	Si
• Resistencia de entrada (0 a 20 mA)	280 Ω
• 4 mA a 20 mA	Si
<b>Salidas analógicas</b>	
Nº de salidas analógicas	2; Tipo corriente o tensión
<b>Rangos de salida, tensión</b>	
• -10 V a +10 V	Si
<b>Rangos de salida, intensidad</b>	
• 0 a 20 mA	Si
• 4 mA a 20 mA	Si
<b>Resistencia de carga (en rango nominal de la salida)</b>	
• con salidas de tensión, mín.	1 000 Ω
• con salidas de intensidad, máx.	600 Ω
<b>Formación de valores analógicos</b>	
Principio de medición	Diferencial
<b>Tiempo de integración y conversión/resolución por canal</b>	
• Resolución (incl. rango de rebase)	Tensión: 14 bits, Corriente: 13 bits
• Tiempo de integración parametrizable	Si
• Supresión de perturbaciones de tensión para frecuencia perturbadora f1 en Hz	40 dB, DC a 60 V para frecuencia de perturbación 50/60 Hz
<b>Filtrado de valores medidos</b>	
• parametrizable	Si
• Nivel: ninguno	Si
• Nivel: débil	Si
• Nivel: medio	Si
• Nivel: intenso	Si
<b>Error/precisiones</b>	
Error de temperatura (referido al rango de entrada), (+/-)	25 °C ±0,1 %, a 55 °C ±0,2 % todo el rango de medida
Error de temperatura (referido al rango de salida), (+/-)	25 °C ±0,3 %, a 55 °C ±0,6 % todo el rango de medida

Anexo 17. Especificaciones técnicas del panel solar

Sunmodule<sup>®</sup>  
SW 150 mono R6A



PERFORMANCE UNDER STANDARD TEST CONDITIONS (STC)\*

		SW 150
Maximum power	$P_{max}$	150 Wp
Open circuit voltage	$U_{oc}$	22.8 V
Maximum power point voltage	$U_{mp}$	18.4 V
Short circuit current	$I_{sc}$	8.85 A
Maximum power point current	$I_{mp}$	8.37 A

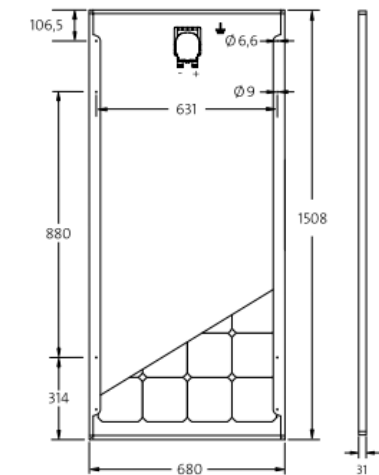
Measuring tolerance ( $P_{max}$ ) traceable to TUV Rheinland: +/- 2% (TUV Power controlled)

\*STC: 1000W/m<sup>2</sup>, 25°C, AM 1.5

PERFORMANCE AT 800 W/m<sup>2</sup>, NOCT, AM 1.5

		SW 150
Maximum power	$P_{max}$	114.4 Wp
Open circuit voltage	$U_{oc}$	21.0 V
Maximum power point voltage	$U_{mp}$	16.9 V
Short circuit current	$I_{sc}$	7.22 A
Maximum power point current	$I_{mp}$	6.76 A

Minor reduction in efficiency under partial load conditions at 25°C: at 200 W/m<sup>2</sup>, 100% (+/-2%) of the STC efficiency (1000 W/m<sup>2</sup>) is achieved.



DIMENSIONS

Length	1508 mm
Width	680 mm
Height	31 mm
Frame	Clear anodized aluminum
Weight	11.8 kg

COMPONENT MATERIALS

Cells per module	36
Cell type	mono crystalline
Cell dimensions	156 mm x 156 mm
Front	tempered glass (EN 12150)

THERMAL CHARACTERISTICS

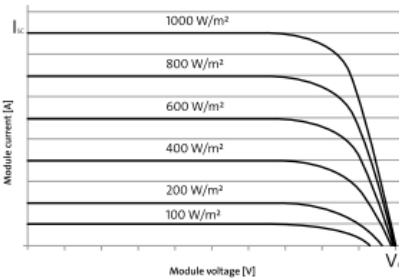
NOCT	46 °C
TK $I_{sc}$	0.044 %/K
TK $U_{oc}$	-0.31 %/K
TK $P_{max}$	-0.43 %/K

ADDITIONAL DATA

Power sorting	+/- 5 %
Junction box	IP 65

PARAMETERS FOR OPTIMAL SYSTEM INTEGRATION

Maximum system voltage SC II	1000 V
Maximum reverse current	15 A
Load / dynamic load	5.4 / 2.4 kN/m <sup>2</sup>
Number of bypass diodes	2
Operating range	-40°C bis +85°C



SolarWorld AG reserves the right to make specification changes without notice. This data sheet complies with the requirements of EN 50380.

K88843 | 2015-06-08 EN

## Anexo 18. Especificaciones técnicas de la batería



### 27TMX DATA SHEET

**MODEL:** 27TMX with POD vent  
**DIMENSIONS:** inches (mm)  
**BATTERY:** Flooded/wet lead-acid battery  
**COLOR:** Maroon (case/cover)  
**MATERIAL:** Polypropylene



**T2** Technology

#### PRODUCT SPECIFICATION

BCI GROUP SIZE	TYPE	CAPACITY <sup>A</sup> Minutes		CAPACITY <sup>B</sup> Amp-Hours (AH)			ENERGY (kWh)	TERMINAL Type	DIMENSIONS <sup>C</sup> Inches (mm)			WEIGHT lbs. (kg)	
		@25 Amps	@75 Amps	5-Hr Rate	20-Hr Rate	100-Hr Rate			100-Hr Rate	Length	Width		Height <sup>D</sup>
		12 VOLT DEEP CYCLE BATTERY - with T2 TECHNOLOGY™											
27	27TMX	175	45	85	105	117	1.40	5, 9	12-3/4 (324)	6-3/4 (171)	9-3/4 (248)	55 (25)	

A. The number of minutes a battery can deliver when discharged at a constant rate at 80°F (27°C) and maintain a voltage above 1.75 V/cell. Capacities are based on nominal performance.

B. The amount of amp-hours (AH) a battery can deliver when discharged at a constant rate at 80°F (27°C) for the 20-Hour and 100-Hour rates and 86°F (30°C) for the 5-Hour rate and maintain a voltage above 1.75 V/cell. Capacities are based on nominal performance.

C. Dimensions are based on nominal size. Dimensions may vary depending on type of handle or terminal.

D. Dimensions taken from bottom of the battery to the highest point on the battery. Heights may vary depending on type of terminal.

Trojan's battery testing procedures adhere to both BCI and IEC test standards.

#### CHARGING INSTRUCTIONS

CHARGER VOLTAGE SETTINGS (AT 77°F/25°C)					
System Voltage	6V	12V	24V	36V	48V
Daily Charge	7.40	14.8	29.6	44.4	59.2
Float	6.60	13.2	26.4	39.6	52.8
Equalize	7.75	15.5	31.0	46.5	62.0

Do not install or charge batteries in a sealed or non-ventilated compartment. Constant under or overcharging will damage the battery and shorten its life as with any battery.

#### CHARGING TEMPERATURE COMPENSATION

.028 VPC for every 10°F (5.55°C) above or below 77°F (25°C) (add .028 VPC for every 10°F (5.55°C) below 77°F and subtract .028 VPC for every 10°C above 77°F).

#### OPERATIONAL DATA

Operating Temperature	Self-discharge
-4°F to 113°F (-20°C to +45°C). At temperatures below 32°F (0°C) maintain a state of charge greater than 60%.	5 – 15% per month depending on storage temperature conditions.

#### TERMINAL CONFIGURATIONS

5	LT	L-Terminal
		Terminal Height Inches (mm) 1-3/4 (43) Torque Values in-lb (Nm) 100 – 120 (11 – 14) Through-hole Diameter (mm) 3/8 (10)
9	WNT	Wingnut Terminal
		Terminal Height Inches (mm) 15/16 (24) Torque Values in-lb (Nm) 95 – 105 (10.7 – 11.9) Bolt Size 5/16 – 18



## Anexo 19. Especificaciones técnicas del controlador de carga



### Controladores de carga PWM

www.victronenergy.com



BlueSolar 12/24-5

#### BlueSolar 12/24-5

5A a 12V o 24V

- Controlador PWM (modulación por ancho de pulsos) de bajo coste.
- Sensor de temperatura interna.
- Carga de las baterías de tres etapas (inicial, absorción y flotación).
- Protegido contra sobrecorriente.
- Protegido contra cortocircuitos.
- Protegido contra la polaridad inversa de los paneles solares y/o de la batería.
- Desconexión de la salida de carga por baja tensión.



BlueSolar DUO 12/24-20

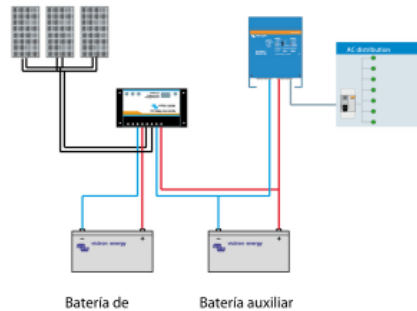
#### BlueSolar DUO 12/24-20

20 A a 12 V o 24 V

- Controlador PWM.
- Carga dos baterías distintas a la vez. Por ejemplo, la batería de arranque y la batería auxiliar de un barco o caravana.
- Proporción de corriente de carga programable (ajuste estándar: igual corriente a ambas baterías).
- Ajustes de tensión de carga para tres tipos de batería (Gel, AGM e inundadas).
- Sensor de temperatura interna y sensor remoto de temperatura opcional.
- Protegido contra sobrecorriente.
- Protegido contra cortocircuitos.
- Protegido contra la polaridad inversa de los paneles solares y/o de la batería.



Pantalla remota para BlueSolar DUO 12/24-20



BlueSolar 12/24 V con temporizador

#### BlueSolar 12/24-10 con temporizador

10 A a 12 V o 24 V

- Pirhelímetro PWM (controlador de la luz solar directa).
- Dos temporizadores para un funcionamiento desde el crepúsculo al amanecer, o para limitar el tiempo de funcionamiento después del crepúsculo y antes del amanecer.
- Pantalla con siete segmentos para visualizar los ajustes de temporizador y analizar las condiciones de error.
- Indicador del estado de la batería con alarma de sobredescarga.
- Sensor de temperatura interna.
- Carga de las baterías de tres etapas (inicial, absorción y flotación).
- Protegido contra sobrecorriente.
- Protegido contra cortocircuitos.
- Protegido contra la polaridad inversa de los paneles solares y/o de la batería.
- Anulador de desconexión de carga por baja tensión

BlueSolar	BlueSolar 12/24-5		BlueSolar DUO 12/24-20		BlueSolar 12/24 V con temporizador	
	12V	24V	12V	24V	12V	24V
Tensión de la batería	Selección automática 2/24 V (1)		Selección automática 2/24 V (1)		Selección automática 2/24 V (1)	
Corriente de carga nominal	5 A		20A		10A	
Salida de la segunda batería	No		Sí		No	
Desconexión automática de la carga	Sí (carga máxima 10/10/20 A)		n. d.		Sí (carga máxima 10A)	
Tensión solar máxima	28/55 V (1)		28/55 V (1)		28/55 V (1)	
Autoconsumo	6mA		4mA		5mA	
Valores predeterminados						
Carga de absorción (2)	14,4V	28,8V	14,4V	28,8V	14,4V	28,8V
Carga de flotación (2)	13,7V	27,4V	13,7V	27,4V	13,7V	27,4V
Carga de equalización (2)	n. d.		n. d.		14,8V	29,6V
Desconexión de carga por baja tensión	11,1V	22,2V	n. d.		11,1V	22,2V
Reconexión de carga por baja tensión	12,6V	25,2V	n. d.		12,6V	25,2V
Carcasa y medio ambiente						
Sensor de temperatura de la batería	Sí Sensor interno		Sí Sensor interno		Sí Sensor interno	
Compensación de temperatura	-30mV/°C	-60mV/°C	-30mV/°C	-60mV/°C	-30mV/°C	-60mV/°C
Temperatura de trabajo	-35°C a +55°C (carga completa)		-35°C a +55°C (carga completa)		-35°C a +55°C (carga completa)	
Refrigeración	Convección natural		Convección natural		Convección natural	
Humedad (sin condensación)	Max. 95%		Max. 95%		Max. 95%	
Clase de protección	IP20		IP20		IP30	
Tamaño de los terminales	6mm² / AWG10		6mm² / AWG10		6mm² / AWG10	
Peso	160/160/180 gr		180 gr		150 gr	
Dimensiones (al x an x p)	70x133x34 mm		76x153x37 mm		65x140x45 mm	
Montaje	Montaje vertical de pared Sólo interiores		Montaje vertical de pared Sólo interiores		Montaje vertical de pared Sólo interiores	
Normativas						
Seguridad	EN60335-1					
EMC	EN61000-6-1, EN61000-6-3					
1) Para 12V utilice paneles solares de 36 celdas Para 24V utilice paneles solares de 72 celdas o 2x 36 celdas en serie 2) Consulte en el manual otros ajustes de tensión de carga.						

Anexo 20. Especificaciones de la antena airGrid M5 HP

airGrid M5 HP

Model: AG-HP-5G27

- Worldwide: 5170 – 5875 MHz
- India: 5825 – 5875 MHz
- USA: 5725 – 5850 MHz
- 27 dBi
- Antenna Size: 620 x 460 mm



Front View

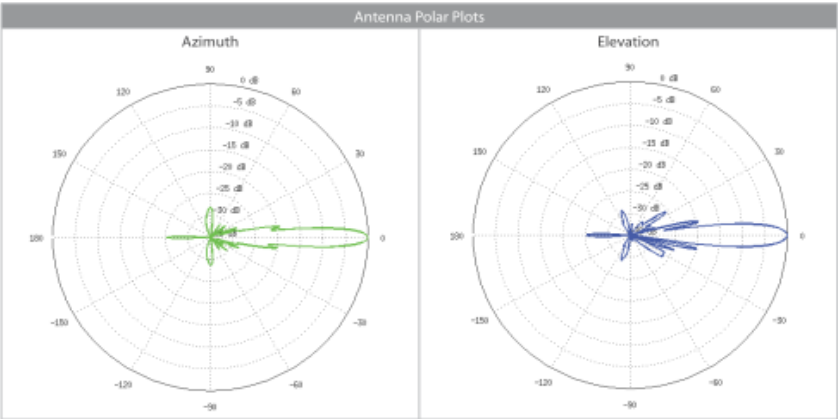


Side View

Specifications

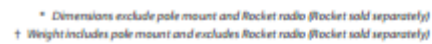
AG-HP-5G27		
Dimensions (Mount Included)	620 x 460 x 360 mm (24.41 x 18.11 x 14.17")	
Weight (Mount Included)	2585 g (5.699 lb)	
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)	
Wind Loading	102 N @ 200 km/h (23 lbf @ 125 mph)	
Operating Frequency	Worldwide: 5170 – 5875 MHz USA: 5725 – 5850 MHz	
Max. VSWR	1.5:1	
Gain	27 dBi	

AG-HP-5G27 Output Power: 25 dBm							
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
11a	1 - 24 Mbps	25 dBm	± 2 dB	11a	1 - 24 Mbps	-97 dBm min.	± 2 dB
	36 Mbps	24 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-90 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	22 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-86 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	21 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-84 dBm	± 2 dB
11n / airMAX	MCS0	25 dBm	± 2 dB	11n / airMAX	MCS0	-97 dBm	± 2 dB
	MCS1	25 dBm	± 2 dB		MCS1	-96 dBm	± 2 dB
	MCS2	25 dBm	± 2 dB		MCS2	-93 dBm	± 2 dB
	MCS3	24 dBm	± 2 dB		MCS3	-91 dBm	± 2 dB
	MCS4	23 dBm	± 2 dB		MCS4	-87 dBm	± 2 dB
	MCS5	22 dBm	± 2 dB		MCS5	-84 dBm	± 2 dB
	MCS6	21 dBm	± 2 dB		MCS6	-78 dBm	± 2 dB
	MCS7	19 dBm	± 2 dB		MCS7	-75 dBm	± 2 dB



DATASHEET

airGrid M

airMAX<sup>™</sup> ac Sector

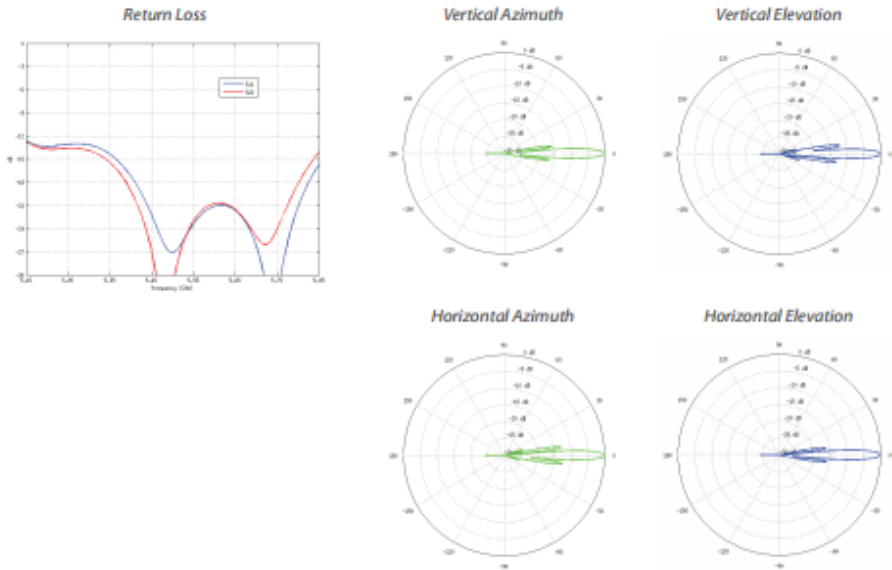
Anexo 22. Especificaciones de la antena RocketDishac RD-5G31

Specifications

RD-5G31-AC Antenna Characteristics	
Dimensions	748 x 748 x 349 mm (29.45 x 29.45 x 13.74 in)*
Weight	7.6 kg (16.76 lb) (Mount Included)**
Frequency Range	5.1 - 5.8 GHz
Gain	31 dBi
Max. VSWR	1.4:1
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)
Wind Loading	1,028 N @ 200 km/h (231 lbf @ 125 mph)
Polarization	Dual-Linear
Cross-pol Isolation	35 dB Min.
ETSI Specification	EN 302 326 DN2
Mounting	Universal Pole Mount, RocketM Bracket, and Weatherproof RF Jumpers Included

\* Dimensions exclude pole mount and RocketM (RocketM sold separately)  
\*\* Weight includes pole mount and excludes RocketM (RocketM sold separately)

RD-5G31-AC Antenna Information



## Anexo 23. Especificaciones del Radio Rocketac R5AC-PTMP

R5AC-PTMP			
Dimensions	198.5 x 86.4 x 44.1 mm (7.82 x 3.40 x 1.74")		
Weight	295 g (10.41 oz)		
Power Supply	24V, 0.5A Gigabit PoE Adapter		
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)		
Max. Power Consumption	8.5W		
Operating Frequency	Worldwide	USA: U-NII-2C	USA: U-NII-3
	5470 - 5875 MHz	5470 - 5725 MHz*	5725 - 5850 MHz*
Processor	Atheros MIPS 74Kc, 720 MHz		
Memory	128 MB DDR2 SDRAM, 16 MB NOR FLASH		
Networking Interface	(1) 10/100/1000 Mbps		
RF Connections	(2) RP-SMA (Waterproof)		
LEDs	Power, LAN, (4) Signal Strength, (5) Reserved		
Channel Sizes	PtP Mode	PtMP Mode	
	10/20/30/40 MHz	10/20/30/40 MHz	
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic		
Supported Voltage Range	20-26VDC		
ESD/EMP Protection	± 24KV Air / Contact		
Operating Temperature	-40 to 80° C (-40 to 176° F)		
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing		
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4		
Wireless Approvals	FCC, IC, CE		
RoHS Compliance	Yes		
Modes	Access Point, Station		
Services	Web Server, SNMP, SSH Server, Telnet , Ping Watchdog, DHCP, NAT, Bridging, Routing		
Utilities	Antenna Alignment Tool, Discovery Utility, Site Survey, Ping, Traceroute, Speed Test		
Distance Adjustment	Dynamic Ack and Ackless Mode		
Power Adjustment	Software Adjustable UI or CL		
Security	WPA2 AES Only		
QoS	Supports Packet Level Classification WMM and User Customer Level: High/Medium/Low		
Statistical Reporting	Up Time, Packet Errors, Data Rates, Wireless Distance, Ethernet Link Rate		
Other	Remote Reset Support, Software Enabled/Disabled, VLAN Support, 256QAM		
Ubiquiti Specific Features	30/50/60 MHz Channels, airMAX ac Mode, Traffic Shaping with Burst Support, Discovery Protocol, Frequency Band Offset, Ackless Mode		

R5AC-PTMP Output Power: 27dBm							
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
airMAX ac	1x BPSK (½)	27 dBm	± 2 dB	airMAX ac	1x BPSK (½)	-96 dBm	± 2 dB
	2x QPSK (½)	27 dBm	± 2 dB		2x QPSK (½)	-95 dBm	± 2 dB
	2x QPSK (¾)	27 dBm	± 2 dB		2x QPSK (¾)	-92 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (½)	27 dBm	± 2 dB		4x 16QAM (½)	-90 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (¾)	27 dBm	± 2 dB		4x 16QAM (¾)	-86 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (¾)	27 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (¾)	-83 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (¾)	26 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (¾)	-77 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (¾)	25 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (¾)	-74 dBm	± 2 dB
	8x 256QAM (¾)	23 dBm	± 2 dB		8x 256QAM (¾)	-69 dBm	± 2 dB

DATASHEET

rocketac

## Anexo 24. Especificaciones del Radio Rocketac R5AC-Lite

R5AC-Lite					
Dimensions	162 x 84 x 37 mm (6.38 x 3.31 x 1.46")				
Weight	250 g (8.81 oz)				
Power Supply	24V, 0.5A Gigabit PoE Adapter				
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)				
Max. Power Consumption	8.5W				
Operating Frequency	Worldwide	USA: U-NII-1	USA: U-NII-2A	USA: U-NII-2C	USA: U-NII-3
	5150 - 5875 MHz	5150 - 5250 MHz*	5250 - 5350 MHz*	5470 - 5725 MHz*	5725 - 5850 MHz*
Processor	Atheros MIPS 74Kc, 720 MHz				
Memory	128 MB DDR2 SDRAM, 16 MB NOR FLASH				
Networking Interface	(1) 10/100/1000 Mbps				
RF Connections	(2) RP-SMA (Waterproof)				
LEDs	Power, LAN, (4) Signal Strength				
Channel Sizes	PtP Mode			PtMP Mode	
	10/20/30/40/50/60/80 MHz			10/20/30/40 MHz	
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic				
Supported Voltage Range	20-26VDC				
ESD/EMP Protection	± 24KV Air / Contact				
Operating Temperature	-40 to 80° C (-40 to 176° F)				
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing				
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4				
Wireless Approvals	FCC, IC, CE				
RoHS Compliance	Yes				
Modes	Access Point, Station				
Services	Web Server, SNMP, SSH Server, Telnet, Ping Watchdog, DHCP, NAT, Bridging, Routing				
Utilities	Antenna Alignment Tool, Discovery Utility, Site Survey, Ping, Traceroute, Speed Test				
Distance Adjustment	Dynamic Ack and Ackless Mode				
Power Adjustment	Software Adjustable UI or CL				
Security	WPA2 AES Only				
QoS	Supports Packet Level Classification WMM and User Customer Level: High/Medium/Low				
Statistical Reporting	Up Time, Packet Errors, Data Rates, Wireless Distance, Ethernet Link Rate				
Other	Remote Reset Support, Software Enabled/Disabled, VLAN Support, 256QAM				
Ubiquiti Specific Features	30/50/60 MHz Channels, airMAX ac Mode, Traffic Shaping with Burst Support, Discovery Protocol, Frequency Band Offset, Ackless Mode				

R5AC-Lite Output Power: 27 dBm							
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
airMAX ac	1x BPSK (½)	27 dBm	± 2 dB	airMAX ac	1x BPSK (½)	-96 dBm	± 2 dB
	2x QPSK (½)	27 dBm	± 2 dB		2x QPSK (½)	-95 dBm	± 2 dB
	2x QPSK (¾)	27 dBm	± 2 dB		2x QPSK (¾)	-92 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (½)	27 dBm	± 2 dB		4x 16QAM (½)	-90 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (¾)	27 dBm	± 2 dB		4x 16QAM (¾)	-86 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (¾)	27 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (¾)	-83 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (¾)	26 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (¾)	-77 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (¾)	25 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (¾)	-74 dBm	± 2 dB
	8x 256QAM (¾)	23 dBm	± 2 dB		8x 256QAM (¾)	-69 dBm	± 2 dB
	8x 256QAM (¾)	22 dBm	± 2 dB		8x 256QAM (¾)	-65 dBm	± 2 dB

DATASHEET

rocketac

## Anexo 25. Flujo de script después de un evento Vijeo Citec

- **Compuerta 1, 2 y 3**

```
If Abrir1=1 then
Movi_vertical_compuerta1=Movi_vertical_compuerta1+Abrir1
End
If Cerrar1=1 then
Movi_vertical_compuerta1=Movi_vertical_compuerta1-Cerrar1
End
If Abrir2=1 then
Movi_vertical_compuerta2=Movi_vertical_compuerta2+Abrir2
End
If Cerrar2=1 then
Movi_vertical_compuerta2=Movi_vertical_compuerta2-Cerrar2
End
If Abrir3=1 then
Movi_vertical_compuerta3=Movi_vertical_compuerta3+Abrir3
End
If Cerrar3=1 then
Movi_vertical_compuerta3=Movi_vertical_compuerta3-Cerrar3
End
```

- **Nivel 1, 2 y 3**

```
If Nivel1 >Movi_vertical_compuerta1 then
Nivel1=Nivel1-1
End
If Abrir1=1 then
If Nivel1<Movi_vertical_compuerta1 then
Nivel1=Nivel1+1
End
If Nivel1 =Movi_vertical_compuerta1 then
Nivel1=Nivel1
End
End
If Nivel2 >Movi_vertical_compuerta2 then
Nivel2=Nivel2-1
End
If Abrir2=1 then
If Nivel2<Movi_vertical_compuerta2 then
Nivel2=Nivel2+1
End
If Nivel2 =Movi_vertical_compuerta2 then
Nivel2=Nivel2
End
End
If Nivel3 >Movi_vertical_compuerta3 then
Nivel3=Nivel3-1
End
```



```

If Abrir3=1 then
If Nivel3<Movi_vertical_compuerta3 then
Nivel3=Nivel3+1
End
If Nivel3 =Movi_vertical_compuerta3 then
Nivel3=Nivel3
End
End

```

- **Compuerta 4, 5 y 6**

```

If Abrir4=1 then
Movi_vertical_compuerta4=Movi_vertical_compuerta4+Abrir4
end
If Cerrar4=1 then
Movi_vertical_compuerta4=Movi_vertical_compuerta4-Cerrar4
end
If Abrir5=1 then
Movi_vertical_compuerta5=Movi_vertical_compuerta5+Abrir5
end
If Cerrar5=1 then
Movi_vertical_compuerta5=Movi_vertical_compuerta5-Cerrar5
end
If Abrir6=1 then
Movi_vertical_compuerta6=Movi_vertical_compuerta6+Abrir6
end
If Cerrar6=1 then
Movi_vertical_compuerta6=Movi_vertical_compuerta6-Cerrar6
end

```

- **Nivel 4, 5 y 6**

```

If Nivel4>Movi_vertical_compuerta4 then
Nivel4=Nivel4-1
End
If Abrir4=1 then
If Nivel4<Movi_vertical_compuerta4 then
Nivel4=Nivel4+1
End
If Nivel4=Movi_vertical_compuerta4 then
Nivel4=Nivel4
End
End
If Nivel6 >Movi_vertical_compuerta6 then
Nivel6=Nivel6-1
End
If Abrir6=1 then
If Nivel6<Movi_vertical_compuerta6 then
Nivel6=Nivel6+1
End
If Nivel6 =Movi_vertical_compuerta6 then
Nivel6=Nivel6

```

```

End
End
If Nivel5>Movi_vertical_compuerta5 then
Nivel5=Nivel5-1
End
If Abrir5=1 then
If Nivel5<Movi_vertical_compuerta5 then
Nivel5=Nivel5+1
End
If Nivel5=Movi_vertical_compuerta5 then
Nivel5=Nivel5
End
End
If Nivel6 >Movi_vertical_compuerta6 then
Nivel6=Nivel6-1
End
If Abrir6=1 then
If Nivel6<Movi_vertical_compuerta6 then
Nivel6=Nivel6+1
End
If Nivel6 =Movi_vertical_compuerta6 then
Nivel6=Nivel6
End
End

```

- **Compuerta 7, 8 y 9**

```

If Abrir7=1 then
Movi_vertical_compuerta7=Movi_vertical_compuerta7+Abrir7
end
If Cerrar7=1 then
Movi_vertical_compuerta7=Movi_vertical_compuerta7-Cerrar7
end
If Abrir8=1 then
Movi_vertical_compuerta8=Movi_vertical_compuerta8+Abrir8
end
If Cerrar8=1 then
Movi_vertical_compuerta8=Movi_vertical_compuerta8-Cerrar8
end
If Abrir9=1 then
Movi_vertical_compuerta9=Movi_vertical_compuerta9+Abrir9
end
If Cerrar9=1 then
Movi_vertical_compuerta9=Movi_vertical_compuerta9-Cerrar9
End

```

- **Nivel 7, 8 y 9**

```

If Nivel7>Movi_vertical_compuerta7 then
Nivel7=Nivel7-1
End
If Abrir7=1 then

```

```

If Nivel7<Movi_vertical_compuerta7 then
Nivel7=Nivel7+1
End
If Nivel7 =Movi_vertical_compuerta7 then
Nivel7=Nivel7
End
End
If Nivel8 >Movi_vertical_compuerta8 then
Nivel8=Nivel8-1
End
If Abrir8=1 then
If Nivel8<Movi_vertical_compuerta8 then
Nivel8=Nivel8+1
End
If Nivel8 =Movi_vertical_compuerta8 then
Nivel8=Nivel8
End
End
If Nivel9>Movi_vertical_compuerta9 then
Nivel9=Nivel9-1
End
If Abrir9=1 then
If Nivel9<Movi_vertical_compuerta9 then
Nivel9=Nivel9+1
End
If Nive9=Movi_vertical_compuerta9 then
Nivel9=Nivel9
End
End

```

**Anexo 26. Fotografías de las compuertas del canal principal (3DC) y ramal Limones (1C)**

- Compuertas de canal principal (3DC)



- Compuertas del ramal Limones (1-C)



- Compuertas del sifón de Limones



# **PLANOS**