



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN OPCIÓN AL
GRADO DE MAGISTER EN GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN**

TEMA:

**“DIAGNÓSTICO EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO “EL CARRIZAL” DE
LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA BELLAVISTA DEL
CANTÓN SALCEDO PERIODO 2015. PROPUESTA DE
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA EN MEJORA DE LA
TOMA DE DECISIONES EN CUANTO A LA CAPTACIÓN Y
DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE”**

AUTOR:

ING. PEDRO FERNANDO JIJÓN CANDO

TUTOR:

MSc. MARCELO CARDENAS

LATACUNGA - ECUADOR

OCTUBRE 2016

PÁGINA DE ACEPTACIÓN

En calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el tema:

“DIAGNÓSTICO EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO “EL CARRIZAL” DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA BELLAVISTA DEL CANTÓN SALCEDO PERIODO 2015. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA EN MEJORA DE LA TOMA DE DECISIONES EN CUANTO A LA CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, del Ing. Pedro Fernando Jijón Cando, egresado de la MAESTRÍA DE GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN, cohorte 2013, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, considero que el informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Grado, que el Honorable Consejo directivo designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Octubre del 2016

EL TUTOR

Ing. Msc. Marcelo Cárdenas.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, Pedro Fernando Jijón Cando

DECLARO QUE:

El Proyecto de Grado denominado “**DIAGNÓSTICO EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO “EL CARRIZAL” DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA BELLAVISTA DEL CANTÓN SALCEDO PERIODO 2015. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA EN MEJORA DE LA TOMA DE DECISIONES EN CUANTO A LA CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE”**”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del Proyecto de Grado en mención.

Latacunga, Octubre del 2016

Ing. Pedro Fernando Jijón Cando

AGRADECIMIENTO

A DIOS por bendecirme día a día, por hacerme sentir que está a mi lado apoyándome y dándome fuerzas para levantarme en cada caída y seguir superándome.

A toda mi familia que son los responsables de este logro, ya que con su apoyo y consejos supieron guiarme durante esta dura etapa.

A mis hermanos, Amparo, Elizabeth, Gustavo, que por ser yo el menor siempre me protegían y querían lo mejor para mí.

A mi enamorada que con su Amor me ayudo en la elaboración de este proyecto, gracias por estar a mi lado.

A mi Director de Tesis Msc. Marcelo Cárdenas, quien ha sabido guiarme con excelencia en el desarrollo de este proyecto y por ser una persona íntegra y ejemplo de profesional a seguir.

Al Municipio de Salcedo, en especial a la Dirección de Agua Potable y Alcantarillado, a su Director y personal que me ayudaron con la información solicitada y con la apertura de la estación de bombeo para la realización de este proyecto.

Pedro Fernando Jijón Cando.

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía interior y llenarme de bendiciones en todo momento de mi vida.

*A los seres más importantes de mi vida, mis padres, **Pedro Jijón y Clara Cando** a ustedes les dedico este trabajo que es el fruto de años de estudio, por el buen papel de padres que desempeñan al brindarme sus valores que sin su apoyo incondicional tanto económico y moral, no hubiera cumplido mi sueño.*

*A mis hermanos, **Amparo, Elizabeth, Gustavo**, quienes están a mi lado en las buenas y en las malas cuando más los necesitaba nunca me dejaron solo, quienes también me supieron dar consejos para seguir adelante.*

A mi amiga, confidente y enamorada, por estar a mi lado, apoyarme siempre para así cumplir juntos nuestros sueños.

Finalmente a todos los que me apoyaron para escribir y concluir esta tesis.

Pedro Fernando Jijón Cando.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
PÁGINA DE ACEPTACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
LISTA DE TABLAS	xv
LISTA DE FIGURAS	xviii
RESUMEN.....	xxii
ABSTRACT	xxiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	16
MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO	16
1.1. Sistema SCADA.....	16
1.1.1. Objetivo.....	18
1.1.1.1. Beneficios del sistema Scada.....	18
1.1.1.2. Funciones	19
1.1.1.3. Tipos de Datos	20

1.2.	Prestaciones de un Sistema Scada.....	22
1.2.1.	Monitorización	22
1.2.2.	Supervisión.....	22
1.2.3.	Adquisición de datos de variables de procesos monitoreados	22
1.2.4.	Visualización de estados de señales del sistema (alarmas y eventos).....	23
1.2.5.	Mando.....	23
1.2.6.	Arquitectura de un Sistema Scada.....	23
1.3.	Componentes de Hardware	24
1.3.1.	Interface Hombre - Máquina (HMI) (Human Machine Interface).....	25
1.3.2.	Unidad Central (MTU) (Master Terminal Unit)	26
1.3.3.	Unidad Remota (RTU) (Remote Terminal Unit)	26
1.3.4.	Sistema de Comunicaciones.....	26
1.3.5.	Topologías	27
1.3.6.	Equipos de Control.....	29
1.3.6.1.	Plc	29
1.4.	Mantenimiento de un Sistema Scada	30
1.4.1.	Sistema de Comunicación	30

1.4.1.1.	Comunicación Inalámbrica	31
1.4.2.	Instrumentación Industrial.....	32
1.4.2.1.	Variables Físicas	32
1.4.3.	Bombas.....	34
1.4.3.1.	Tipos de Bombas	34
1.4.4.	Bombas Alternativas	34
1.4.4.1.	Bombas Centrífugas.....	35
1.4.5.	Válvulas.....	36
1.4.5.1.	Clasificación de las Válvulas.....	37
1.4.6.	Arrancadores y Switch de Enlace.....	38
1.4.6.1.	Sensores	38
1.4.6.2.	Tipos de Sensores	39
1.5.	Toma de Decisiones	39
1.5.1.	Determinación de Variables	40
1.5.2.	Operacionalización de Variables.....	41
CAPÍTULO II		43
METODOLOGÍA Y RECOLECCIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN		43

2.1.	Enfoque	43
2.2.	Recolección de la Información.....	43
2.3.	Procesamiento y Análisis de Datos	45
2.3.1.	Población.....	45
2.3.2.	Entrevista.....	45
2.3.3.	Encuesta	50
2.3.4.	Encuesta	61
CAPÍTULO III.....		71
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....		71
3.1.	Diagnóstico de la estación de agua “El Carrizal”	71
3.2.	Situación Actual de la Captación de Agua.....	71
3.2.1.	Elementos de Captación	72
3.2.1.1.	Tubería de Conducción	72
3.2.1.2.	Tubería de Desagüe	73
3.2.1.3.	Tubería de Rebose	73
3.2.1.4.	Caja de Válvulas	73
3.3.	Análisis de la Situación Actual de la Estación de Bombeo.....	74

3.3.1.	Tuberías	76
3.3.2.	Situación actual del Tanque Rompe Presiones	76
3.3.3.	Análisis de la situación actual de la planta potabilizadora de agua	79
3.3.4.	Resumen del diagnóstico del estado actual	82
3.3.5.	Argumentación de la necesidad de la investigación.....	83
3.3.5.1.	Tecnológica y Económica.....	83
3.3.5.2.	Social y Ambiental.....	84
3.3.5.3.	Investigaciones relacionadas.....	85
3.4.	Análisis Económico.....	85
3.4.1.	Costos de inversión en la captación, estación de bombeo, tanque rompe presión y planta potabilizadora de agua.	86
3.5.	Resumen de costo totales de inversión del Proyecto.....	88
3.5.1.	Costos de operación proyectados	89
3.5.1.1.	Costo por consumo de energía eléctrica en el sistema.....	89
3.5.1.2.	Costo por remuneración de operadores	89
3.6.	Situación económica actual y proyectada	90
3.6.1.	Situación económica actual	90

3.6.1.1.	Fugas y desbordamiento en la captación, subutilización en el bombeo, tanque rompe presión, tanques de almacenamiento y distribución.....	92
3.6.1.2.	Fugas y desbordamiento en los tanques de almacenamiento y distribución.....	92
3.6.2.	Sumatoria de ahorros por disminuciones de pérdidas reales.....	93
3.7.	Costos operativos actuales en los tanques de reserva y estaciones de bombeo	94
3.7.1.	Recuperación de costos de producción por reducción de Sistema Scada	94
3.7.2.	Resumen de ahorro total con el sistema implantado	95
3.7.3.	Análisis Financiero.....	96
3.7.4.	Prueba de Hipótesis	96
3.8.	Conclusiones de la Entrevista	102
3.9.	Recomendaciones de la Entrevista.....	102
CAPÍTULO IV		103
PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA EN MEJORA DE LA TOMA DE DECISIONES EN CUANTO A LA CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE		103

4.1.	Justificación.....	103
4.1.1.	Optimización de la calidad del proceso.....	104
4.1.2.	Diseño e Ingeniería.....	104
4.1.3.	Operación	104
4.1.4.	Mantenimiento	105
4.2.	Objetivos	105
4.2.1.	Objetivo General	105
4.2.2.	Objetivos Específicos.....	105
4.3.	Fundamentación	106
4.4.	Estructura de la Propuesta.....	108
4.4.1.	Propuesta	108
4.4.2.	Red instrumentación.....	108
4.5.	Diseño de la red para conectividad de equipos	109
4.5.1.	Software	111
4.5.2.	Equipos necesarios para el diseño.....	112
4.6.	Desarrollo de la propuesta: Operación del Sistema de Control para bombeo y distribución de agua potable del cantón Salcedo.....	119

4.6.1.	Modo de operación automático	120
4.6.2.	Acceder a la pantalla modos de operación	120
4.7.	Seleccionar el modo de operación automático	121
4.8.	Arranque del Sistema	122
4.8.1.	Verificación de condiciones iniciales.....	122
4.9.	Arranque del Sistema	125
4.9.1.	Funcionamiento y animaciones de la pantalla de CAPTACIÓN	126
4.10.	Funcionamiento de la Pantalla de BOMBEO	127
4.10.1.	Funcionamiento de la Pantalla del Tanque Rompe-presión.....	131
4.11.	Funcionamiento de la Pantalla de CLORACIÓN Y DISTRIBUCIÓN	133
4.11.1.	Evaluación socio – económico - ambiental de la propuesta.....	137
CAPÍTULO V.....		139
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		139
5.1.	Conclusiones	139
5.2.	Recomendaciones.....	140
REFERENCIAS		142
APÉNDICES.....		145

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Objetivo por tareas	10
Tabla 2	Operacionalización de variable dependiente.....	41
Tabla 3	Operacionalización de variable independiente.....	42
Tabla 4	Viviendas con agua potable.....	51
Tabla 5	Utilización del agua.....	52
Tabla 6	Pago por consumo de agua.....	53
Tabla 7	Agua Potable	54
Tabla 8	Agua Recibida.....	55
Tabla 9	Tiempo de servicio de agua.....	56
Tabla 10	Días de la semana que cuentan con el servicio	57
Tabla 11	Satisfacción del servicio de agua potable.....	58
Tabla 12	Mantenimiento y reparación oportuna y ágil	59
Tabla 13	Abastecimiento de agua potable.....	60
Tabla 14	Captación de agua	61
Tabla 15	Tubería de conducción de agua.....	62

Tabla 16	Captación del sistema de bombeo	63
Tabla 17	Estado turbinas sistema de bombeo	64
Tabla 18	Ubicación del tanque rompe presiones.....	65
Tabla 19	Funcionalidad tanque rompe presiones 1	66
Tabla 20	Clorificación del Agua	67
Tabla 21	Almacenamiento y distribución del agua.....	68
Tabla 22	Implementación Sistema Scada.....	69
Tabla 23	Comunicación entre Departamentos	70
Tabla 24	Elementos existentes en la captación	73
Tabla 25	Elementos existentes en la planta de tratamiento.....	81
Tabla 26	Diagnóstico Actual.....	82
Tabla 27	Resumen de costo inversión en la captación de agua.....	86
Tabla 28	Resumen de costo inversión estación de bombeo	87
Tabla 29	Resumen de costo inversión tanque rompe presiones.....	87
Tabla 30	Resumen de costo inversión planta potabilizadora	88
Tabla 31	Resumen de costos de inversión totales del proyecto	88
Tabla 32	Tarifas diferenciadas de precios por metro cúbico de agua	91

Tabla 33	Ahorro por disminución de pérdidas reales.....	93
Tabla 34	Ahorro por disminución de costos de operaciones.....	94
Tabla 35	Resumen de ahorros con la implantación del proyecto.....	95
Tabla 36	Tabla de contingencia Toma de decisiones (agrupado) *	
	Implementación del sistema (agrupado)	100
Tabla 37	Pruebas de chi-cuadrado.....	101
Tabla 38	Direccionamiento IP.....	111
Tabla 39	Equipos y costos para el diseño.....	112
Tabla 40	Costos	118
Tabla 41	Tableros de Control.....	123

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Variables de investigación.....	9
Figura 2 Arquitectura típica de un sistema SCADA tradicional.....	20
Figura 3 Red Scada	21
Figura 4 Estructura Básica de un Sistema de comunicación.....	24
Figura 5 Diagrama de un sistema Scada a nivel de Hardware.....	24
Figura 6 Topología punto a punto.....	27
Figura 7 Topología Multipunto Dedicado.....	28
Figura 8 Medidores de Flujo.....	33
Figura 9 Clasificación de las Bombas.....	34
Figura 10 Bomba tipo alternative.....	35
Figura 11 Clasificación de las Válvulas.....	37
Figura 12 Viviendas con agua potable.....	51
Figura 13 Utilización del agua.....	52
Figura 14 Pago por consume de agua	53
Figura 15 Agua Potable.....	54

Figura 16 Forma Continua y cantidad suficiente	55
Figura 17 Tiempo de servicio de agua	56
Figura 18 Días de la semana que cuentan con el servicio.....	57
Figura 19 Satisfacción del servicio de agua potable	58
Figura 20 Mantenimiento, reparación oportuna y ágil.....	59
Figura 21 Abastecimiento de agua potable	60
Figura 22 Captación de agua.....	61
Figura 23 Tubería de Conducción de agua	62
Figura 24 Captación del Sistema de bombeo.....	63
Figura 25 Estado de turbinas sistema de bombeo	64
Figura 26 Ubicación del tanque	65
Figura 27 Funcionalidad del Tanque.....	66
Figura 28 Clorificación del Agua.....	67
Figura 29 Almacenamiento y Distribución del Agua	68
Figura 30 Implementación Sistema Scada	69
Figura 31 Comunicación.....	70
Figura 32 Captación de agua.....	72

Figura 33 Estación de Bombeo	74
Figura 34 Estación de Bombeo	76
Figura 35 Tanque rompe presión	77
Figura 36 Válvulas tanque rompe presión	78
Figura 37 Caja de Distribución de Agua.....	78
Figura 38 Caja de Distribución de Agua.....	79
Figura 39 Caudal Aireado	80
Figura 40 Tanque de cloración.....	81
Figura 41 Implementación del Sistema.....	97
Figura 42 Zona de Aceptación	98
Figura 43 Tabla de Distribución	99
Figura 44 Diseño de la red Sistema SCADA.....	110
Figura 45 Pantalla de Ingreso al Sistema	120
Figura 46 Botón de Acceso	121
Figura 47 Modos Automáticos.....	122
Figura 48 Pantalla de Verificación.....	122
Figura 49 Condiciones iniciales	123

Figura 50 Interruptores para activación de filtrado y arranque del sistema (rojo), elementos de la pantalla de captación	125
Figura 51 Izq, no se muestra el flujo de agua cuando el caudal es igual a 0, der, flujo de agua cuando el caudal es mayor a 0.....	127
Figura 52 Elementos de la pantalla de bombeo	128
Figura 53 Apertura de la válvula para un caudal de 25 l/min	129
Figura 54 Animación para un caudal de 60 l/min	130
Figura 55 Animación para un caudal de 80 l/min	130
Figura 56 Elementos de la pantalla del tanque rompe-presión	131
Figura 57 Elementos de la pantalla del tanque rompe-presión	133
Figura 58 Elementos de la pantalla de cloración y distribución	133
Figura 59 Elementos de la pantalla de cloración y distribución	135
Figura 60 Izq. Las 3 válvulas están activadas porque el nivel de agua es menos al 40%, der. Sólo está activada las válvula vin1 porque el tanque 1 está en nivel bajo.	136
Figura 61 Izq. Funcionamiento para 20 l/min, der. Funcionamiento para 60 l/min	137

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

**PROYECTO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO EN OPCIÓN AL
GRADO DE MAGISTER EN GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN**

**“DIAGNÓSTICO EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO EL CARRIZAL DE
LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA BELLAVISTA DEL
CANTÓN SALCEDO PERIODO 2015. PROPUESTA DE
IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA SCADA EN MEJORA DE LA
TOMA DE DECISIONES EN CUANTO A LA CAPTACIÓN Y
DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE”**

Autor: Ing. Pedro F. Jijón Cando

Director de Tesis: Ing. Marcelo Cárdenas Msc.

Fecha: Octubre 2016

RESUMEN

El presente trabajo se enfoca en realizar un diagnóstico en la estación de bombeo de agua “El Carrizal” de la planta potabilizadora de agua Bellavista del cantón Salcedo con la finalidad de conocer todas las debilidades que tienen actualmente la planta y estación, la población tiene dificultades con el servicio de agua potable no por escases de agua, es por la deficiente utilización del líquido vital, actualmente el agua llega en determinadas horas a los diferentes barrios del cantón, el problema principal en la estación de bombeo y la planta potabilizadora está en la falta de automatización en todo el proceso desde el inicio hasta el final, existe desperdicio de agua, el bombeo se realiza solo por 9 horas del día. Con todos estos elementos se propuso el diseño de implementación del sistema SCADA, el mismo que dará solución a este problema, para lo cual se realizó de acuerdo a los requerimientos en el proceso desde la captación hasta la distribución, en el 2015 se recaudó un total de 327,180m³ a esto se multiplico por el valor medio (USD 1.60) nos da 523.488 de ingreso solo por las 9 horas de bombeo, con la automatización en el bombeo por las 15 horas restantes por promedio de 524.880m³ de agua no contabilizada y multiplicada por (USD1.60) nos da un valor de 839.808 de perdidas con todo esto podemos cuantificar porcentaje de ganancia por la automatización del sistema el cual permitirá solucionar el problema que tiene la población y al municipio ahorrará dinero y mejorará sus ingresos por concepto de recaudación.

ABSTRACT

This work focuses on making a diagnosis on pumping station water "El Carrizal" of the water treatment plant Bellavista water Salcedo Canton in order to meet all the weaknesses that currently have the plant and station, the population has difficulty with the drinking water not water shortages, it is for the poor utilization of the vital liquid water currently reaches at certain times to different districts of the canton, the main problem in the pumping station and water treatment plant is in the lack of automation in the whole process from start to finish, there is waste water, pumping is performed only for 9 hours a day. With all these elements proposed design implementation of SCADA system, the same that will solve this problem, which was performed according to the requirements in the process from acquisition to distribution, in 2015 a total grossed of 327,180m³ this was multiplied by the mean value (USD 1.60) it gives us 523,488 of income only by 9 hours of pumping, with automation pumping by 15 hours remaining for average 524.880m³ UFW and multiplied by (USD1.60) gives a value of 839,808 lost with all this we can quantify percentage gain by automation system which will allow solve the problem with the population and the municipality will save money and improve its revenue collection .

INTRODUCCIÓN

El actual trabajo de tesis se basa en realizar un diagnóstico minucioso de los cuatro procesos que componen la planta potabilizadora de agua del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo y la propuesta de implementación de un sistema SCADA para automatizar los cuatro procesos de agua orientado a un control agrupado del sistema, para tomar decisiones oportunas direccionadas a mejorar la captación, bombeo y distribución de agua, con el propósito de corregir fallas en tiempo real, y tener un eficiente servicio de agua hacia la población del cantón Salcedo. La automatización brinda la posibilidad de intervenir en tiempo real por intermedio medio del operador para controlar eventos, monitorear fallas de los procesos y tener un control de las mismas, por ende, con una adecuada selección del software de automatización se mejorará la eficiencia y distribución de agua, con estaciones conectadas a dispositivos que integren los procesos de captación, bombeo, tanque rompe presión y distribución.

El Capítulo I, Marco contextual se basa en el análisis de los cuatro procesos que conforman la planta potabilizadora de agua del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo. El primer proceso es la captación de agua, el segundo proceso es el sistema de bombeo, el tercer proceso es el tanque rompe presiones y el último proceso el de cloración y distribución de agua, se analiza las variables de investigación como parte de la fundamentación teórica y revisión de textos referentes al tema de investigación.

En el Capítulo II, Se indica la metodología que siguió para la recolección de la información, la misma que fue utilizada para el análisis y en la elaboración de la propuesta, Así también se formula la hipótesis del trabajo de investigación.

En el Capítulo III, se compara los resultados obtenidos en la investigación en base a encuestas, entrevistas y ficha de observación, además con los resultados se busca una solución al problema de investigación. También se comprueba la hipótesis y se indica las conclusiones y recomendaciones que servirán de base a la propuesta.

En el Capítulo IV, se propone un recurso basado en una propuesta de implementación de un sistema SCADA que controle y monitoree la captación, estación de bombeo, tanque rompe presiones y la planta de tratamiento de agua del cantón Salcedo para la toma de decisiones. Esta propuesta contiene un diseño de ingeniería, redes de instrumentación, software a implementarse, equipos necesarios para el sistema, manual de operación del sistema, presupuesto para la implantación, evaluación socioeconómica ambiental de la propuesta.

En el capítulo V, Se resume y analiza la investigación transformándole en las conclusiones y recomendaciones desarrollada de todos los capítulos que conforman el trabajo de investigación.

Al final se indicará la bibliografía utilizada en la presente investigación, así como también los apéndices de los elementos a utilizarse en el proyecto, planos de la ingeniería de campo.

Situación Problemática

El proceso de captación y distribución de agua potable inicio en el año de 1980 con la construcción de una de las plantas potabilizadoras de agua ubicada en el barrio Anchilivi, zona estratégica para dotar de agua al cantón Salcedo, la misma que se abastece de la estación de bombeo “El Carrizal” que receipta el agua de una vertiente natural que se encuentra junto al rio Yanayacu; la importancia de abastecer de agua potable a 21 barrios y urbanizaciones de la parroquia de san miguel de cantón a través de una red de tuberías soterradas.

La estación de bombeo fue construida en el barrio Yanayacu a las riveras del rio que lleva el mismo nombre, la estación consta de un tanque de almacenamiento y tres bombas hidroneumáticas, todo el proceso se opera de forma manual, el equipo hidroneumático bombea de 45lts/seg en un intervalo de 9 horas con una producción total de 327.180m³, existe un operario para el control y manipulación de tanques y tres operarios para la estación de bombeo, el operario de los tanques llama al operario de la estación de bombeo para la apertura o cierre de válvulas para que inicie el encendido de las mismas. En la gran mayoría de tiempo los operarios no se comunican y se realiza el proceso de acuerdo a su experiencia, lo que conlleva a un deficiente bombeo, subutilización en la distribución de agua y a forzar los equipos, como consecuencia la distribución de agua se paraliza y desabastece por horas a la zona centro del Cantón.

Un factor determinante es que no se monitorea y controla la captación de agua en la estación de bombeo El Carrizal, ya que existe una subutilización del agua

que se descarga al río a partir de las 21h00 con un total de agua de 524.880m³, además el agua no es distribuida de acuerdo a las necesidades de los barrios, se da el caso que algunos barrios tienen un número mayor de horas dejando a otros sin el líquido vital, si se administrara el agua de una mejor manera se obtendría un porcentaje mayor, se utilizaría y se enfrentaría de una mejor manera la época de sequías. Para el G.A.D Municipal del cantón Salcedo es de suma importancia contar con un sistema que controle la captación, conducción, potabilización y distribución, y a la vez aplicar criterios vigentes de protección y conservación del recurso del agua. En la actualidad el proceso se realiza manualmente generando problemas debido que el bombeo se realiza solo por 9 horas diarias con una producción de 327.180m³, así como la inversión en personal que ejecute y realice el mantenimiento tanto preventivo como correctivo debido a que la planta potabilizadora de agua no optimiza la distribución del agua necesaria para abastecer a la población. Por lo tanto, es necesario establecer o implementar un sistema de comunicaciones para poder obtener beneficios: reducir costos, rendimiento a través de un sistema automatizado.

Justificación

La implementación de un sistema SCADA es práctico en la actualidad ya que este permite optimizar recursos y procesos para llevar a cabo una adecuada captación, distribución y bombeo de agua de una manera equitativa, mediante el uso de la tecnología se captará una cantidad de agua mayor, tiempos exactos de bombeo y una distribución adecuada permitiendo solucionar el problema de desabastecimiento de agua de la población del cantón Salcedo

En el desarrollo de este trabajo de investigación se utilizará la metodología de investigación descriptiva ya que reside en describir algunas características importantes de fenómenos utilizando criterios integrales que permiten poner de manifiesto su comportamiento y llegar a obtener datos que identifican a la realidad de la estación de bombeo el Carrizal, con la utilización de métodos de observación científica, método deductivo, método lógico, método histórico, método analítico, los mismos que nos ayudaron para determinar la solución al trabajo de investigación.

La investigación utilizó la teoría de control, ya que en el diseño del sistema se utilizó sensores a la salida de los dispositivos que serán controlados, los mismos que utilizarán retroalimentaciones con el fin de hacer correcciones que lleven al sistema a un estado deseado. En la actualidad la ingeniería automática es una novedad científica que permite optimizar recursos mediante el control de procesos, diagnóstico de fallas, visualización de los procesos mediante una regulación automática.

El presente trabajo es factible ya que estará administrado por el G.A.D municipal del cantón Salcedo, que será incluido en su presupuesto anual, esto significa que la institución asignará los recursos necesarios para su implantación.

Para concluir, el proyecto a implementarse representa grandes beneficios y ventajas para el G.A.D municipal del cantón Salcedo y la población, como también servirá como iniciativa para que se implementen en las demás plantas potabilizadoras de agua de otros cantones del país.

Objeto y Problema de la Investigación

El objeto de la investigación es la automatización de la estación de bombeo que sea capaz de bombear agua las 24 horas del día.

El problema de la investigación es la operación manual del sistema de captación, estación de bombeo y planta potabilizadora de agua Bellavista.

Delimitación del Problema y Objeto

Se llevará a cabo el desarrollo de la propuesta de implementación de un sistema SCADA en la estación de bombeo el Carrizal y planta potabilizadora de agua bellavista en el cantón Salcedo en el periodo comprendido entre los años 2015 – 2016

Formulación del Problema de Investigación

¿La falta de una propuesta de implementación de un sistema SCADA en la estación de bombeo “El Carrizal” de la planta potabilizadora de agua Bellavista del cantón Salcedo, incidirá en una mejor toma de decisiones en cuanto a la captación y distribución del agua potable?

Objetivo General

Diseñar un sistema eficaz que controle y monitoree los procesos, mediante un diagnóstico de la estación de bombeo “El Carrizal” de la planta potabilizadora de agua bellavista, para mejorar el servicio de captación y distribución de agua.

Objetivos Específicos

1. Efectuar un diagnóstico inicial de los procesos en la estación de bombeo “El Carrizal” de la planta potabilizadora de agua Bellavista del Cantón Salcedo, análisis y evaluación de la situación actual.
2. Realizar una investigación de campo mediante la aplicación de encuestas para conformar el problema de la subutilización del líquido vital verificar los datos del mencionado problema.
3. Presentar una propuesta acorde a la situación del sistema actual para mejorar el control y la toma de decisiones en la estación de bombeo “El Carrizal” de la planta potabilizadora de agua bellavista del cantón Salcedo período 2015.

Hipótesis

Si se analiza la propuesta de implementación de un sistema SCADA en la estación de bombeo “El Carrizal” de la planta potabilizadora de agua bellavista del cantón Salcedo mejorará la captación, distribución de agua.

Determinación de Variables

Variable Independiente:

- Diagnóstico de la captación y estación de bombeo.

Variable Dependiente:

- Implementación de un sistema SCADA en la estación de bombeo “El Carrizal” de la planta potabilizadora de agua Bellavista del cantón Salcedo

Categorías Fundamentales

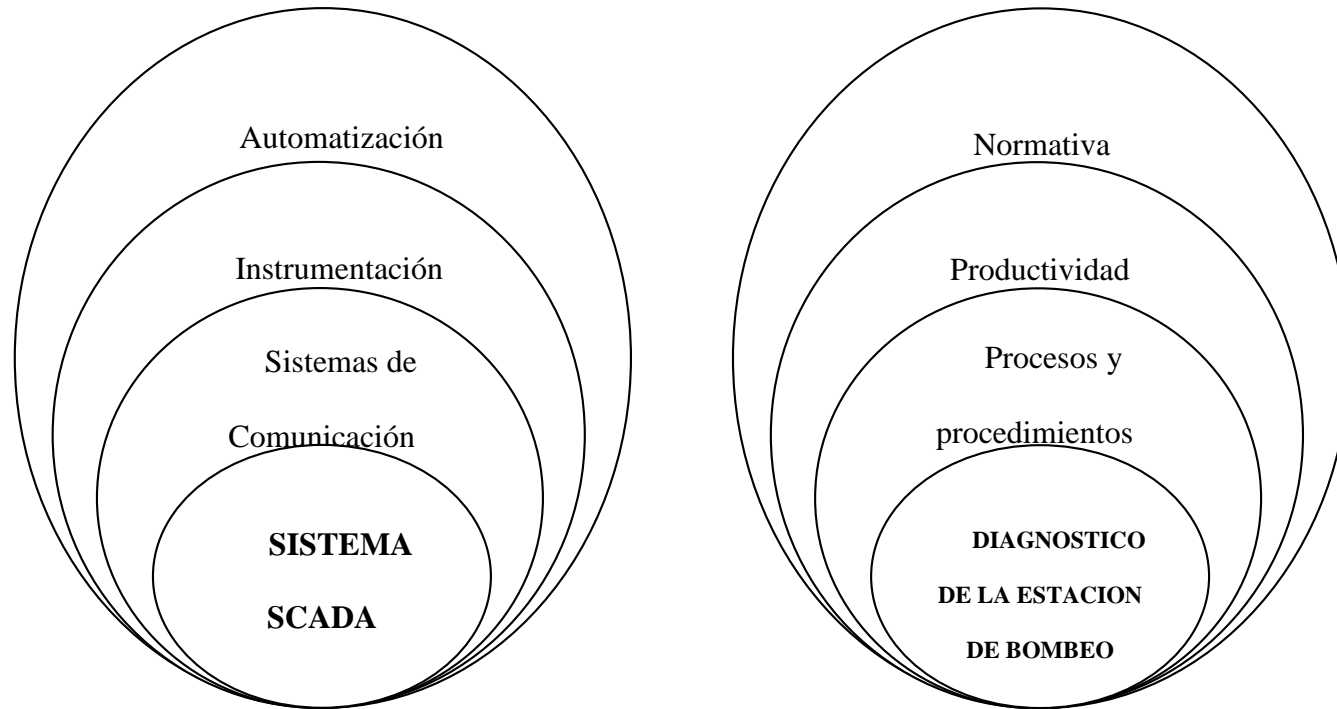


Figura 1 Variables de investigación

Fuente: Pedro Fernando Jijón Cando

Sistemas de Tareas por Objetivos Específicos

Tabla 1
Objetivo por tareas

OBJETIVO	TAREAS	TIEMPO
Diagnóstico inicial de los procesos en la estación de Bombeo “El Carrizal” de la Planta Potabilizadora de agua Bellavista del Cantón Salcedo, observación y valoración de la situación actual.	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar un diagnóstico de los cuatro procesos que están en funcionamiento tanto de captación como de distribución de agua, para compararlos una vez implementada la propuesta. - Obtener resultados del diagnóstico a través de técnicas de estudio, como son la entrevista, encuesta y ficha de observación. 	6 semanas
Realizar una investigación de campo mediante la aplicación de encuestas a la población del cantón Salcedo, entrevista a Director de agua y técnicos que operan la planta para determinar el problema de la subutilización de agua.	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboración de cuestionarios y modelo de entrevista. - Aplicación de encuesta a población, trabajadores y entrevista a Director y técnicos especializados en el tema. - Tabulación de resultados de encuesta. - Comprobación de la hipótesis. - Conclusiones y recomendaciones. 	7 semanas
Presentar una propuesta acorde a la situación del sistema actual para mejorar el control y la toma de decisiones en la estación de bombeo “El Carrizal” de la planta potabilizadora de agua bellavista del cantón Salcedo período 2015.	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboración de ingeniería de procesos - Cotización de equipos y materiales a utilizar en la propuesta. - Elaboración del manual de operación del sistema de control para la captación, bombeo y distribución de agua potable. 	14 semanas

Fuente: Investigación realizada
Elaborado por: Pedro Fernando Jijón Cando, noviembre 2015.

Métodos, Técnicas y Procedimientos de Investigación

Tipos de investigación

- **Investigación Exploratoria**

Esta investigación determinará cuando, a partir de los datos recolectados en el campo haya sido posible establecer un marco teórico y epistemológico, para determinar qué factores son relevantes y cuales se los descarta, es decir el estudio exploratorio se centraliza en solucionar todo tipo de problemas; para el presente trabajo se utilizó la investigación exploratoria, al momento de elaborar el diagnóstico de la planta potabilizador de agua con sus procesos de captación, bombeo, tanque rompe presión y distribución, como también al momento de diseñar la ingeniería de implementación de un sistema SCADA. (Ferrer, 2010).

- **Investigación Descriptiva**

Esta investigación es un estudio descriptivo de una serie de conceptos o variables que se mide cada una de ellas independientemente una de la otra, estos estudios buscan describir las propiedades importantes de persona, grupos, comunidades, por lo que este tipo de investigación se utilizará al momento de conocer las falencias de la captación, subutilización de agua a partir de las nueve de la noche que genera la falta de agua en los hogares del centro del cantón salcedo.

Métodos a Utilizar

- **Método de observación científica.**

Consiste en la percepción directa del objeto de la investigación, la observación permite conocer la realidad mediante la percepción directa de los objetos, la observación puede utilizarse en las distintas etapas de la investigación, se aplica desde su etapa inicial o en el arranque del proyecto, en el diagnóstico del problema, como también para diseñar las soluciones de la investigación (Ferrer, 2010).

Por lo que este método se utilizó para realizar el diagnóstico desde la captación, estación de bombeo, tanque rompe presión y planta potabilizadora de agua Bellavista con la utilización de medios fotográficos.

- **Medición**

Este se basa en la observación fija de la presencia de una determinada propiedad del objeto observado con una relación entre componentes, propiedades y otras cualidades que se determine en la investigación. Este método realiza comparaciones con datos y valores numéricos que permite llevar a cabo valoraciones en una tabla dinámica (Ferrer, 2010).

En el presente trabajo de investigación lo utilizamos al momento de realizar las respectivas cotizaciones de equipos y materiales que están contemplados en el presupuesto del proyecto.

Técnicas e Instrumentos a Utilizar

La técnica de investigación consiste en la compilación de información para explicar las teorías que respalden el estudio, para el caso de la investigación utilizaremos las siguientes técnicas;

- Encuestas: Es una técnica de recolección de información o datos por medio de preguntas escritas organizadas en un cuestionario impreso y detallado, la misma que se efectuó a la ciudadanía de los barrios centro del cantón Salcedo, como también a un grupo de expertos del GAD municipal para que validen la propuesta de implementación.
- Entrevista: Técnica de obtención de información mediante el diálogo, conversación mantenido en un encuentro formal y planeado entre una o más personas, en el que interactúa se transforma y sistematiza la información conocida por el dialogo mantenido, la guía de la entrevista clara y directa: Se realizó a los Jefes de Operaciones y Director del departamento de agua potable.
- Observación: Es una técnica de investigación como su nombre lo indica, que consiste en la observación precisa, con el fin de conseguir datos determinados e información precisa, necesaria para una o determinadas investigaciones, en el presente trabajo se implementó una ficha de la observación directa a los elementos existente en cada uno de los sistemas que componen la estación.

La información obtenida a través de estos instrumentos de recolección de información, se utilizaron en el análisis de la situación actual de la estación de bombeo “El Carrizal” de la planta potabilizadora bellavista para mejorar las decisiones de acuerdo a los procesos.

- **Población y Muestra**

Para este proyecto, la información se tomó de la estación de bombeo, planta potabilizadora y Departamento de agua potable del GAD Municipal del Cantón Salcedo, Además se realizó una encuesta a la población de la parte central de la Parroquia San Miguel del Cantón Salcedo y cuenta con: 21 Barrios, 7 urbanizaciones, con una población de 17000 personas, esta información fue obtenida en el Municipio del Cantón Salcedo.

Paradigma o Enfoque Epistemológico

Para la presente investigación se empleó y utilizó una modalidad de investigación de tipo cuali – cuantitativo; el cuantitativo se refiere a la subutilización de agua y el cualitativo a la afectación al GAD municipal y población del cantón, que está basada directamente en la subutilización de agua que se genera actualmente en la captación y bombeo que se lo realiza en una toma de registro manual de los datos.

Alcance de la Investigación

En este trabajo se implementó la investigación exploratoria y descriptiva que se enfocará a elaborar un diagnóstico en la estación de bombeo “El Carrizal”

iniciando con la captación, bombeo, tanque rompe presiones hasta llegar a la planta potabilizadora de agua Bellavista del cantón Salcedo en el período 2015, por medio de la implementación de un sistema SCADA en la captación, bombeo y planta de potabilización, utilizando tecnología que controle el flujo de agua con elementos de control y adquisición de datos en las estaciones intercomunicadas del sistema de agua.

CAPÍTULO I

MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

1.1. Sistema SCADA

El sistema SCADA proviene de las siglas “Supervisory Control And Data Acquisition” que originalmente se diseñaron para cubrir las necesidades de un sistema de control centralizado o agrupado de las industrias, o empresas sobre procesos o complejos industriales distribuidos sobre áreas geográficas muy extensas conectadas por HMI. Tal es así que en la definición tradicional de un sistema SCADA se hace referencia a esta particularidad de automatización. Hoy en día, con el desarrollo e implementación de las redes digitales, la definición se tiene que modificar para incluir esta nueva forma de conectividad” (Corrales, 2007)

Son aplicaciones de software diseñado para funcionar sobre ordenadores en el control de producción de una industria o empresa, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo en grandes extensiones geográficas (controladores autónomos, autómatas programables) y controlando el proceso de forma automática desde una computadora o estaciones remotas de trabajo. Envía la información generada en el proceso productivo a diversos usuarios u operadores ubicados en diferentes puntos, tanto del mismo nivel como hacia otros supervisores dentro de la empresa industrial o comercial, permitiendo la participación de otras áreas automatizadas, como control de calidad, supervisión, mantenimiento que conforman la organización (Corrales, 2007)

Alrededor de los años 70 - 80 la tendencia de automatización se radicaba en la necesidad de que cada empresario desarrollara su propio sistema electrónico para resolver sus problemas de su industria, Las tareas de supervisión y control se relacionan con aplicaciones de software y se las realiza desde la pantalla del ordenador en su oficina, en donde el operador puede visualizar cada una de las estaciones remotas del sistema, su estado operativo, situaciones e historial de alarmas, manejo de los datos producidos, variables de control y la posibilidad de actuar sobre algún equipo a distancia. Todo esto se puede hacer normalmente en tiempo real (Pennin, 2006)

Conforman una parte integral de los ambientes industriales complejos o geográficamente dispersos en la zona o país, debido a que pueden lograr rápidamente la información o datos de un gran conjunto de fuentes o procesos y presentarla en una forma rápida, en tiempo real y entendible para el usuario u operador de la industria, como una pantalla táctil o gráfica, una plantilla Excel, un documento Word, con la finalidad de tomar decisiones operacionales rápidas y acertadas en tiempo real, mejorando la eficiencia del proceso productivo de la empresa o industria (Corrales, 2007)

Por lo tanto, El sistema SCADA, no se trata de un sistema de control, sino de una utilidad software de supervisión o monitorización, que realiza la tarea de interface entre los niveles de control (PLC).

1.1.1. Objetivo

Los sistemas SCADA se conciben como una herramienta de supervisión y mando, entre sus objetivos podemos destacar: economía (ahorro), accesibilidad, mantenimiento, ergonomía, gestión, flexibilidad y conectividad.

1.1.1.1. Beneficios del sistema Scada

- Comodidad, confiabilidad y facilidad en el manejo y control de procesos.
- Flexibilidad en la expansión del control y monitorización de procesos sin necesidad de desmontar el sistema o cambiar de tecnología.
- El paquete de visualización permite la creación de aplicaciones funcionales sin necesidad de ser un experto en la materia.
- Monitoreo en tiempo real.
- Se pueden realizar acciones de mantenimiento, diagnóstico e incluso reparación desde el centro de control a equipos remotos.
- Se consigue una localización más rápida de errores, lo que permite minimizar los períodos de paro en las instalaciones y repercute en la reducción de costos de mantenimiento.
- Mejoran la gestión de los procesos industriales facilitando el análisis y presentación de datos y la interpretación de las acciones y programas de control a ejecutarse.

- Mayor integración entre sistemas mediante la estandarización tanto del software como del hardware.
- Reducción de costos de mantenimiento y operación.
- Los programas de control pueden documentarse de manera que puedan ser fácilmente interpretados por los técnicos de mantenimiento, así como un conjunto de manuales de usuario y documentación técnica adecuada que permita el manejo por terceras personas.

1.1.1.2. Funciones

Dentro de las funciones básicas realizadas por un sistema SCADA están:

- a) **Supervisión.** - El operador podrá observar desde el monitor la evolución de las variables de control, como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.
- b) **Control.** - Mediante el sistema se puede activar o desactivar los equipos remotamente (abrir válvulas, activar interruptores, prender motores, etc.), de manera automática y también manual.
- c) **Adquisición de datos.-** Recolectar, procesar, almacenar y mostrar la información recibida en forma continua desde los equipos de campo.

- d) **Generación de reportes.**- Con los datos adquiridos se pueden generar representaciones gráficas, predicciones, control estadístico, gestión de la producción, gestión administrativa y financiera.
- e) **Representación de señales de alarma.** A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable, estas pueden ser tanto visuales como sonoras, como se muestra en la figura siguiente:

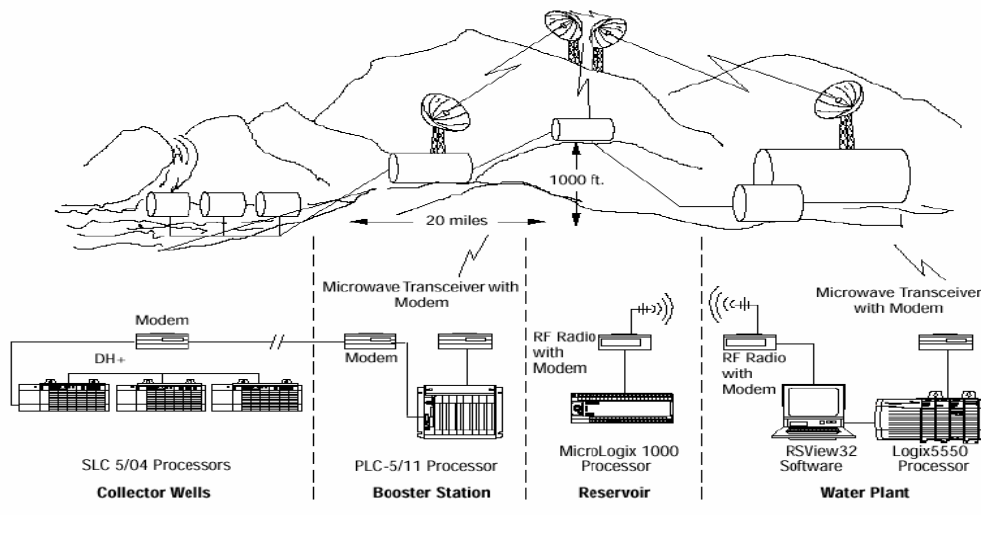


Figura 2 Arquitectura típica de un sistema SCADA tradicional

Fuente: Corrales, L. (2007). Departamento de Control y Automatización. Recuperado de http://revistadigital.inesem.es/energía-medioambiente/pr1/files/2012/11/Red_comuicacion.industrial.jpg

1.1.1.3. Tipos de Datos

Los datos pueden ser de tres tipos principales:

- Datos analógicos (por ejemplo números reales) presentados en gráficos.

- Datos digitales (On / Off) que pueden tener alarmas asociadas a un estado o al otro.
- Datos de pulsos (por ejemplo, conteo de revoluciones de un medidor) que serán normalmente contabilizados o acumulados.

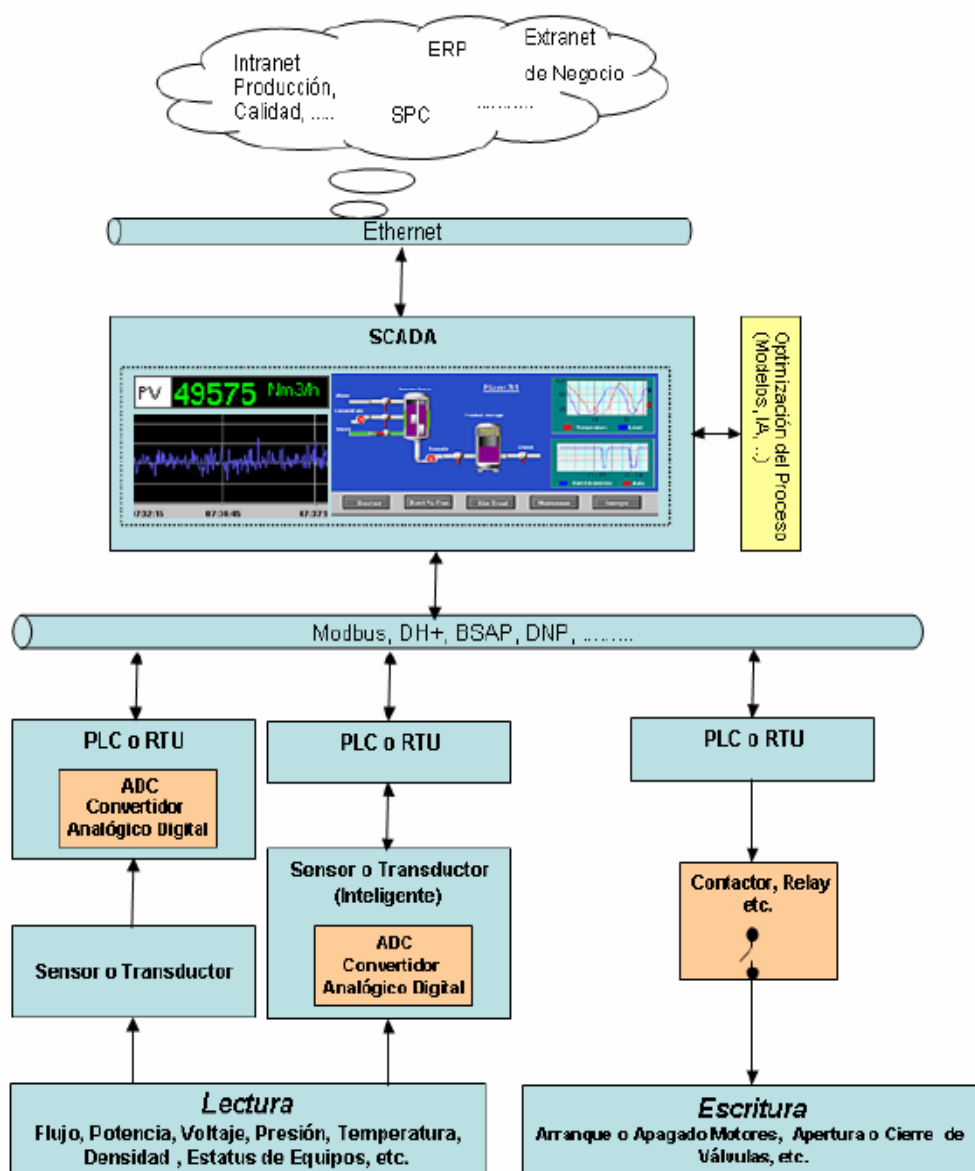


Figura 3 Red Scada

Fuente: Corrales, L. (2007). Interfaces de comunicación industrial. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream.pdf>.

1.2. Prestaciones de un Sistema Scada

Comprenden una serie de funciones y utilidades con el propósito de establecer una adecuada comunicación entre el proceso y el operador.

1.2.1. Monitorización

Se refiere a la presentación de los datos de las variables en tiempo real al operador e usuario.

1.2.2. Supervisión

Incluye la supervisión, mando, adquisición de datos e información de uno o varios procesos, sistema y herramientas de gestión para la toma de decisiones rápidas eficaces operativas del proceso industrial o de una empresa que inicia su producción. Además, incorporan la capacidad de ejecutar programas que pueden supervisar y modificar el control establecido y, bajo ciertas condiciones, anular o modificar tareas asociadas a los autómatas programables en tiempo real por el usuario u operador de una manera entendible (Pennin, 2007).

1.2.3. Adquisición de datos de variables de procesos monitoreados

Se obtienen datos de las variables físicas (temperatura, presión, caudal, etc.) de un proceso industrial mediante sensores y transductores, transformarlas en magnitudes eléctricas o digitales para que puedan ser procesadas por los usuarios operadores.

1.2.4. Visualización de estados de señales del sistema (alarmas y eventos)

Si se identifican situaciones fuera de lo normal en un proceso o planta industrial, estas serán reportadas inmediatamente al operador para que pueda tomar las acciones correctivas pertinentes dentro del rango normal o urgente. Se puede crear paneles de alarma que alerten al operador de cambios detectados, tanto aquellos que no se consideran normales (alarmas) como aquellos que se produzcan en la operación diaria de la planta.

1.2.5. Mando

Ofrece la posibilidad al usuario u operador de modificar las leyes de control o secuencias operativas del proceso directamente desde un ordenador o pantalla actuando sobre las tareas asociadas al dispositivo de control de los procesos que se encuentran distribuidas en un área extensa, como, por ejemplo: abrir o cerrar válvulas, arrancar o parar bombas, variar la velocidad de motores en tiempo real y en una forma entendible (Corrales, 2007).

1.2.6. Arquitectura de un Sistema Scada

La estructura funcional de un sistema industrial de visualización y adquisición de datos cumple generalmente a la estructura Maestro - Esclavo. La Estación Central (Maestro) se comunica con el resto de estaciones (Esclavo) requiriendo de estas una serie de acciones o datos.

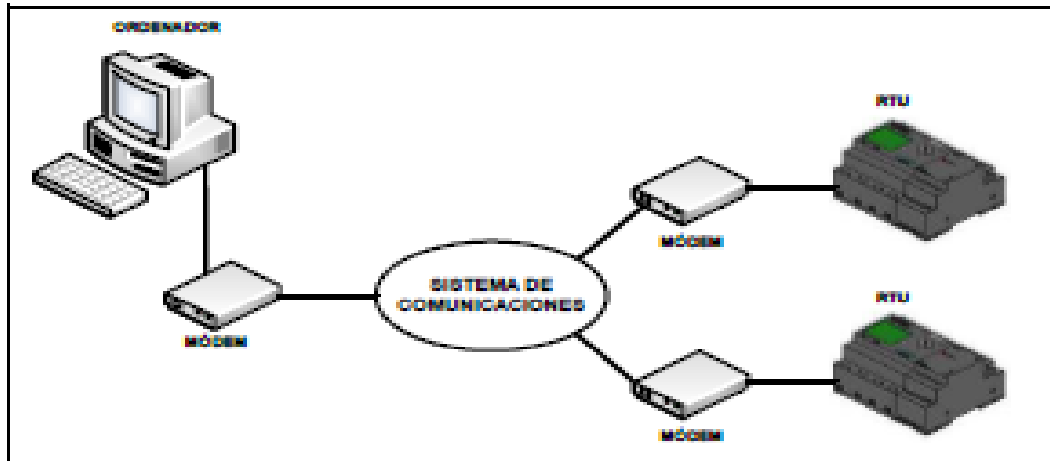


Figura 4 Estructura Básica de un Sistema de comunicación

Fuente: Rodríguez, A. (2007) Sistemas Scada. Recuperado de [http:// bibdigital.epn.edu.ec/bitstream.pdf](http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream.pdf).

1.3. Componentes de Hardware

Un sistema Scada, como aplicación de *software* industrial específica, necesita ciertos componentes de hardware para poder tratar y gestionar la información captada.

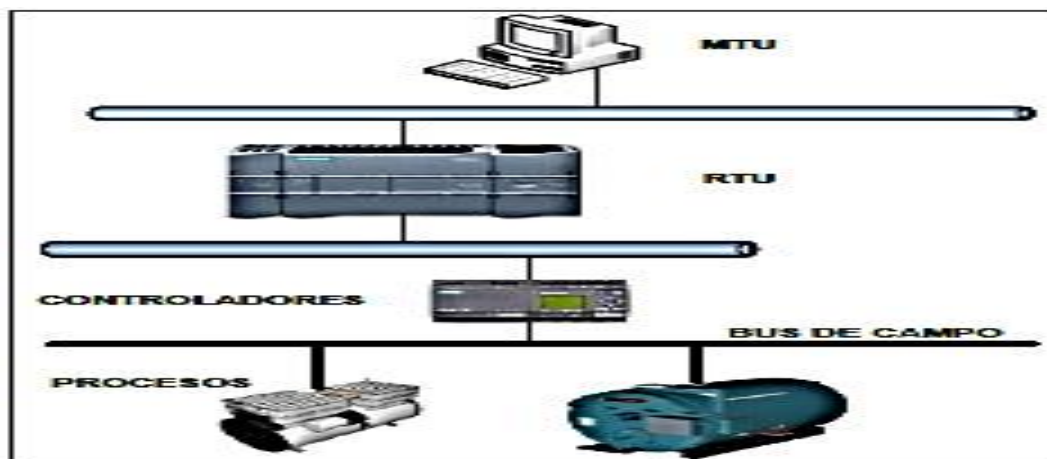


Figura 5 Diagrama de un sistema Scada a nivel de Hardware

Fuente: Corrales, L. (2007). Dpto. De Automatización y Control Industrial. Recuperado de <http:// bibdigital.epn.edu.ec/bitstream.pdf>.

Se encuentra dividido en dos grupos:

1. **Captadores de datos:** Recopilan los datos e información de los elementos de control del sistema (autómatas programables, registradores, reguladores) y los procesan en tiempo real para su utilización, es decir son los servidores del sistema.
2. **Utilizadores de datos:** Aquellos que utilizan la información y datos recogida por los anteriores, como pueden ser las herramientas de análisis de datos o los operadores del sistema, es decir son los clientes o usuarios del sistema de automatización.

Mediante los buses de campo, los controladores de proceso (generalmente autómatas programables o sistemas de regulación) remiten 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.

Estos sistemas están formados por los siguientes elementos básicos:

1.3.1. Interface Hombre - Máquina (HMI) (Human Machine Interface)

Es la interfaz entre el operador (ser humano) y una máquina con la finalidad de controlar y supervisar un determinado proceso productivo y tiempo real. Se presentan en varios formatos; incluyen gráficos, esquemas, ventanas, menús desplegables, pantallas táctiles, etc.

1.3.2. Unidad Central (MTU) (Master Terminal Unit)

Se trata del ordenador principal del sistema el cual supervisa y recoge toda la información del resto de las subestaciones que se encuentran ubicadas en diferentes zonas, bien sean otros ordenadores conectados (en sistemas complejos) a los instrumentos de campo o directamente sobre dichos instrumentos. Este ordenador suele ser una PC, la cual soporta HMI ubicado dentro de la estación u oficina (Rodríguez, 2009).

1.3.3. Unidad Remota (RTU) (Remote Terminal Unit)

Es un dispositivo instalado en una posición remota que obtiene datos, los descifra en un formato y transmite los datos de nuevo a una unidad terminal maestra (MTU). Recoge la información del dispositivo principal y pone los procesos en ejecución que son dirigidos por la MTU.

Una tendencia actual es la de dotar a los PLC's (en función de las E/S a gestionar) con la capacidad de funcionar como RTUs gracias a un nivel de integración mayor y CPUs con mayor potencia de cálculo.

1.3.4. Sistema de Comunicaciones

Gestiona la información que los instrumentos de campo envían a la red de ordenadores desde el sistema hasta un punto fijo. El tipo de Bus utilizado en las comunicaciones puede ser muy variado según las necesidades del sistema y del software escogido para implementar el sistema Scada en un proceso industrial también dependiente del presupuesto, ya que no todos pueden trabajar con

cualquier tipo de Bus existente en el mercado ya sea por su costo o complejidad. Gracias a la estandarización de las comunicaciones con los dispositivos de campo, podemos implementar un sistema Scada sobre prácticamente cualquier tipo de Bus (Pennin, 2006).

1.3.5. Topologías

Las diversas combinaciones de los elementos que se comunican dan lugar a topologías de los sistemas de comunicación como son:

- **Punto a Punto:** La relación es del tipo Maestro – Esclavo, un solo elemento remoto (RTU) está conectado al sistema de control (MTU) mediante una línea de comunicación.

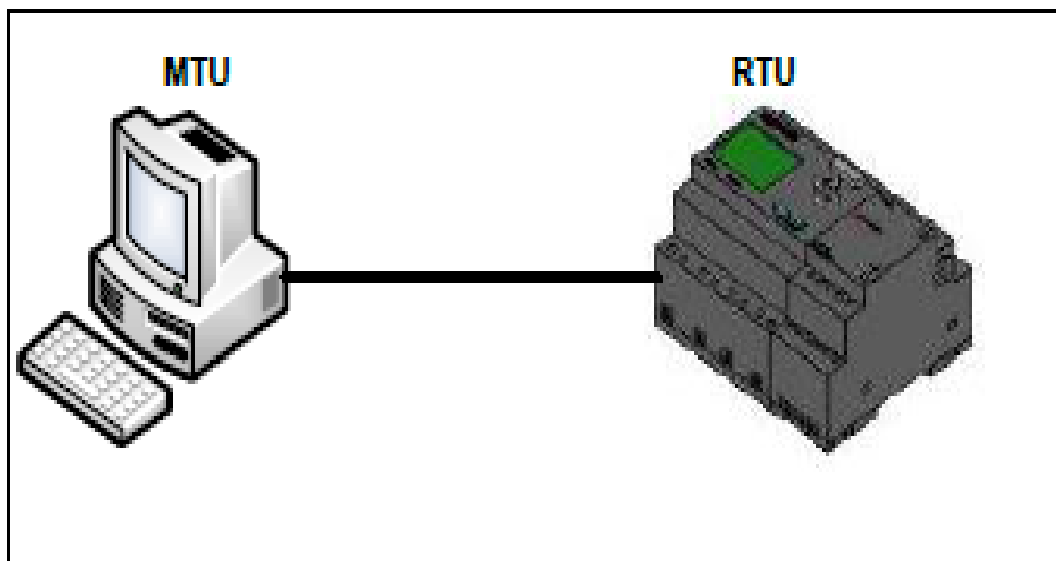


Figura 6 Topología punto a punto

Fuente: Corrales, L. (2007). Dpto. De Automatización y Control Industrial. Recuperado de [http:// bibdigital.epn.edu.ec/bitstream.pdf](http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream.pdf).

- **Multipunto dedicado:** Un solo sistema de control conectado a varias estaciones remotas mediante enlaces directos permanentes que serán manipuladas por el usuario u operador. Esta configuración es delicada, pues todo el tráfico de la red se encuentra en un solo punto, la Unidad Central, que debe poder gestionar todo el tráfico generado por el resto de elementos que será solo manipulado por el operador capacitado. (Corrales, 2007).

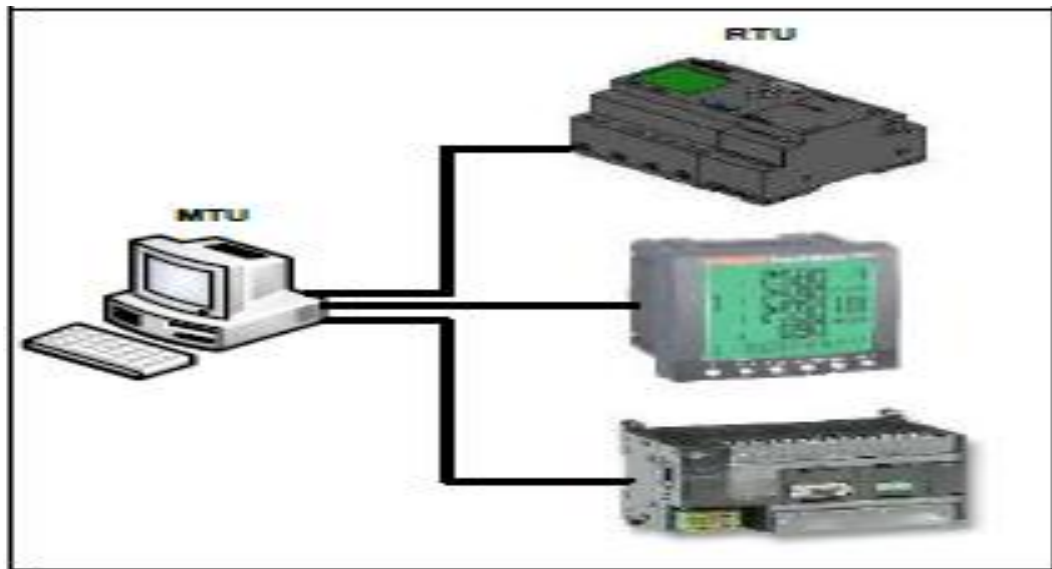


Figura 7 Topología Multipunto Dedicado

Fuente: Corrales, L. (2007). Interfaces de comunicación industrial. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream.pdf>.

- **Instrumentos de Campo**

Se encargan de la captación de información (sensores y alarmas) y la automatización o control del sistema (PLC's, controladores de procesos industriales, y actuadores en general).

Una característica de los Sistemas Scada es que sus componentes son diseñados por distintos proveedores. Así, se tienen diferentes proveedores para las RTUs (incluso es posible que un sistema utilice RTUs de más de un proveedor), módems, radios, minicomputadores, software de supervisión e interface con el operador, software de detección de pérdidas, etc.

1.3.6. Equipos de Control

1.3.6.1. Plc

Los equipos de control utilizados en un sistema SCADA son los PLC que son controladores lógicos programables que están constituidos por un conjunto de tarjetas o circuitos impresos, sobre los cuales están ubicados componentes electrónicos de última generación, desarrollados para un proceso industrial.

La estructura básica del hardware de un consolador programable está constituida por:

- Fuente de alimentación
- Unidad de procesamiento central (CPU)
- Módulos de interfaces de entradas / salidas (E/S)
- Módulo de memorias
- Unidad de programación

1.4. Mantenimiento de un Sistema Scada

Los requerimientos de mantenimiento para un sistema SCADA no son muy diferentes de los requerimientos de mantenimiento de otra tecnología de sistemas de control ya que deben entrar en un cronograma estipulado y registrado. Los equipos de comunicación, módems, radio y drivers de protocolo para su calibración, validación, y servicio requieren equipos especiales y entrenamiento de personal calificado los mismos que serán entrenados y capacitados por la empresa manufacturera que vendió los productos (Pennin, 2007).

Los sensores y actuadores tienen un comportamiento en donde su eficiencia va disminuyendo con respecto al tiempo debido a efectos de desgaste y condiciones ambientales. Se debe prever la posibilidad de un control manual en caso de reemplazo del equipo para no interferir con el sistema.

Por lo tanto, el mantenimiento de estos sistemas depende de la magnitud del proyecto, pero normalmente se debe brindar un mantenimiento general una o dos veces al año mínimo siempre y cuando este determinado dentro del mantenimiento u garantía del fabricante, donde se verifiquen los parámetros de calibración, se realicen pruebas dinámicas y estáticas a los equipos y se observe el estado físico de los mismos (Corrales, 2007).

1.4.1. Sistema de Comunicación

Un sistema de comunicación comprende:

- **Un transmisor:** Conjunto de uno o más dispositivos o circuitos electrónicos que convierte la información de la fuente original en una señal que se presta más a su transmisión a través de determinado medio de transmisión.
- **Un medio de transmisión:** Transporta las señales desde el transmisor hacia el receptor, y puede ser tan sencillo como un par de conductores de cobre que propaguen las señales en forma de flujo de corriente eléctrica desde el puerto.
- **Un receptor:** Es un conjunto de dispositivos y circuitos electrónicos que acepta del medio de transmisión las señales transmitidas en tiempo real.

1.4.1.1. Comunicación Inalámbrica

Las comunicaciones radioeléctricas utilizan el aire y ondas de radio como soporte de la comunicación actual, a diferencia de lo que ocurre con sus homólogas cableadas por postes, no requieren de un medio físico o palpable, como un cable de cobre o una fibra óptica, para el establecimiento de la comunicación entre puntos distantes. En efecto, la idea que subyace a toda red radio es la conectividad total, tanto temporal (conexión disponible en cualquier momento) como espacial conexión disponible en cualquier lugar, momento (Meter, 2012).

Consisten en la disponibilidad de recursos, y su objetivo es que todos los programas, datos y equipos estén disponibles para cualquiera de la red que así lo solicite, sin importar la orientación del recurso y el usuario u operador.

1.4.2. Instrumentación Industrial

Grupo de elementos que sirven para medir, convertir, transmitir, controlar o registrar variables de un proceso con el fin de optimizar los recursos utilizados en la industria. Es el conocimiento de la correcta aplicación de los equipos encaminados para apoyar al usuario u operador en la medición, regulación, observación, transformación, ofrecer seguridad, etc. de una variable dada en un proceso productivo. Es una estructura compleja que agrupa un conjunto de materiales, instrumentos, a un dispositivo o sistema, y programas en el que se mide conexiones, interconexiones entre estos elementos que se encargan de automatizar el proceso y de garantizar la repetitividad de las medidas en el campo de la industria (Meter, 2012)

1.4.2.1. Variables Físicas

- Caudal

- Caudal másico

- Caudal volumétrico

- Presión

- Temperatura

- Nivel
- Nivel de líquidos
- Nivel de sólidos
- Velocidad
- Peso
- Humedad
- Punto de rocío



Figura 8 Medidores de Flujo

Fuente: Meter, B. (2012) *Detector del medidor de flujo*. Recuperado de <http://www.instrumart.com/assets/Badger.pdf>

1.4.3. Bombas

Una bomba es un dispositivo automático o manual empleado para elevar, transferir o comprimir líquidos y gases.

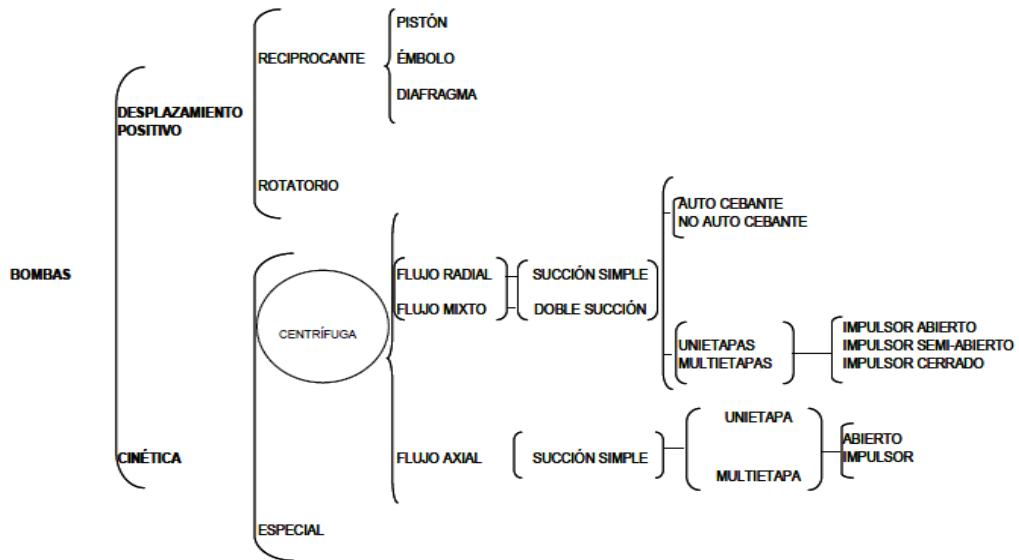


Figura 9 Clasificación de las Bombas

Fuente: Kuo, B. (2010), *Sistemas de Control Automático* (p.145)

1.4.3.1. Tipos de Bombas

1.4.4. Bombas Alternativas

Están formadas por un pistón que oscila en un cilindro dotado de válvulas para regular el flujo de líquido hacia el cilindro y desde él. Estas bombas pueden ser de acción simple o de acción doble. En una bomba de acción simple el bombeo sólo se produce en un lado del pistón, como en una bomba impelente común, en la que el pistón se mueve arriba y abajo manualmente. En una bomba de doble acción, el bombeo se produce en ambos lados del pistón, como por ejemplo en las bombas

eléctricas o de vapor para alimentación de calderas, empleadas para enviar agua a alta presión a una caldera de vapor de agua. Estas bombas pueden tener una o varias etapas. Las bombas alternativas de etapas múltiples tienen varios cilindros colocados en serie. (Pennin, 2006)

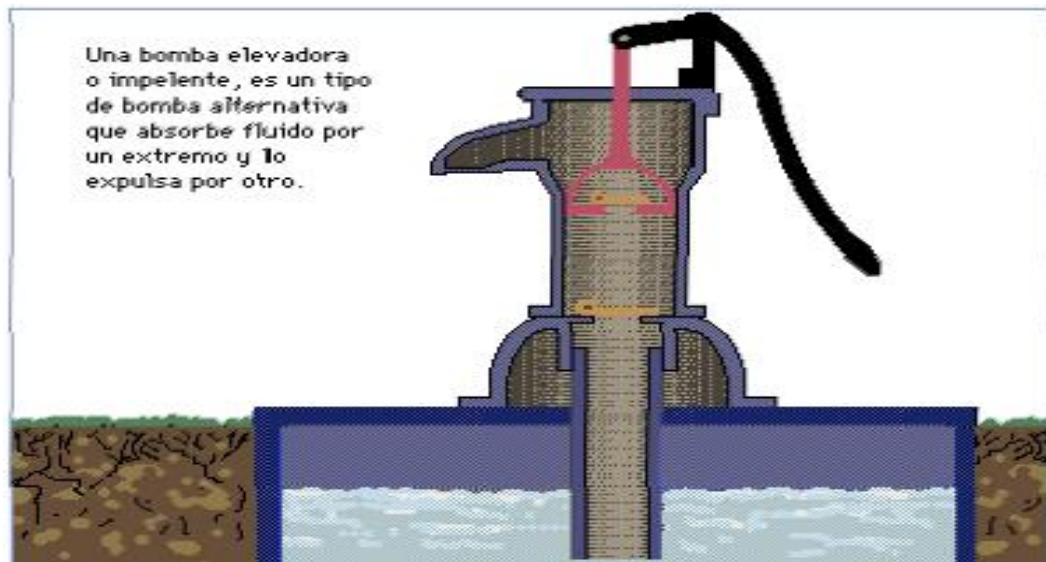


Figura 10 Bomba tipo alternativa

Fuente: Rodríguez, P. (2006). *Sistemas de válvulas visualización industrial*. Recuperado de [http:// www.marcombo.com/descargas/pdf](http://www.marcombo.com/descargas/pdf)

1.4.4.1. Bombas Centrífugas

También denominadas rotativas, tienen un rotor de paletas giratorio sumergido en el líquido. El líquido entra en la bomba cerca del eje del rotor, y las paletas lo arrastran hacia sus extremos a alta presión que genera la misma. El rotor también proporciona al líquido una velocidad relativamente alta que puede transformarse en presión en una parte estacionaria de la bomba, conocida como difusor que permitirá un mejor funcionamiento en la empresa que permitirá una mejor utilización del líquido (Pennin, 2006).

En bombas de alta presión pueden emplearse varios rotores en serie, y los difusores posteriores a cada rotor pueden contener aletas de guía para reducir poco a poco la velocidad del líquido. En las bombas de baja presión, el difusor suele ser un canal en espiral cuya superficie transversal aumenta de forma gradual para reducir la velocidad. El rotor debe ser cebado antes de empezar a funcionar, es decir, debe estar rodeado de líquido cuando se arranca la bomba (Meter, 2006).

1.4.5. Válvulas

Una válvula es un dispositivo mecánico o automático empleado para controlar el flujo de un gas o un líquido corrosivo o no, o en el caso de una válvula de retención para hacer que el flujo sólo se produzca en un sentido o dirección. El tamaño de estos mecanismos va desde válvulas pequeñas, hasta las empleadas en esclusas e hidroeléctricas o en la industria petrolera, que pueden tener diámetros superiores a los 5 metros. Las válvulas de baja presión suelen fabricadas de latón, hierro fundido o plástico dependiendo del fabricante o el país a ser utilizada, mientras que las válvulas de alta presión son fabricadas de acero fundido o forjado que tienen un alto costo y una mejor duración. En el caso de que el fluido sea corrosivo puede ser necesario emplear aleaciones de un material altamente duradero, como acero inoxidable. Las válvulas pueden accionarse de forma manual, a través de un servomecanismo o mediante el flujo del propio fluido controlado por un sistema automático (Pennin, 2006).

1.4.5.1. Clasificación de las Válvulas

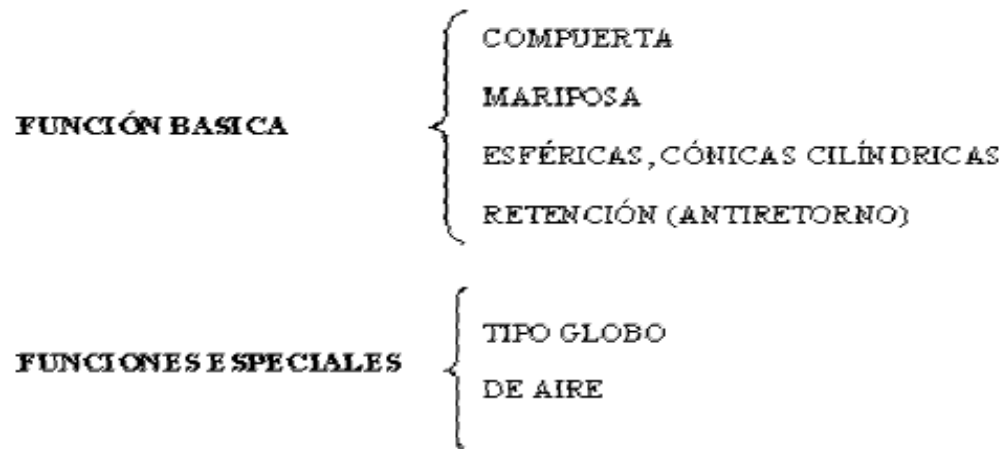


Figura 11 Clasificación de las Válvulas

Fuente: Rodríguez, P. (2006). *Sistemas de válvulas visualización industrial*. Recuperado de [http:// www.marcombo.com/descargas/pdf](http://www.marcombo.com/descargas/pdf)

- **Válvulas de Cierre Apertura.**

Las válvulas de mariposa (válvulas de cierre y apertura) son válvulas de seccionamiento y son utilizadas preferiblemente totalmente abierta o totalmente cerrada, es decir, no son recomendadas para regular el flujo de líquido que debe pasar a través de ellas.

- **Válvulas Anti retorno (Check).**

Permiten que el líquido que se desplaza a través de la válvula solo lo haga hacia una dirección en un solo sentido, por este motivo este tipo de válvula son citadas anti-retorno o de una dirección, ya que al agua a través de ellas solo fluye en un sentido y, al tratar de fluir en sentido contrario la válvula se cierra de manera automática no permitiendo así el flujo del agua o no retorne y enviando

una señal al operador. Al instalar este tipo de válvulas se debe tener en consideración en qué sentido debe de fluir el agua ya que no permitirá que el líquido fluya más que en una dirección controlado siempre por un dispositivo (Pennin, 2006).

- **Válvulas de Aire.**

Son dispositivos automáticos facultados de proteger la tubería de impulsión de agua ya que expulsan de la tubería el aire que es indeseable o inutilizado, mientras las bombas operan e inyectan aire a la tubería cuando las bombas dejan de operar súbitamente o por orden del operador, evitando así que la tubería colapse.

1.4.6. Arrancadores y Switch de Enlace

Un arrancador es en esencia un interruptor de uso industrial el cual permite realizar la conexión o desconexión de equipos eléctricos de una forma automática, pero con la gran mejoría de poderlos operar de manera remota en tiempo real.

1.4.6.1. Sensores

La medición de magnitudes mecánicas, térmicas, eléctricas y químicas se realiza empleando dispositivos denominados sensores y transductores tecnológicos de última generación en la industria. El sensor es sensible a los cambios de la magnitud a ser medido, como una temperatura, una posición o una concentración química en el cuerpo. El transductor convierte estas mediciones en señales eléctricas, que pueden alimentar a instrumentos de lectura, registro o control de las magnitudes medidas. Los sensores y transductores pueden funcionar

en ubicaciones alejadas del observador, así como en entornos inadecuados o impracticables para los seres humanos. Algunos dispositivos actúan de forma simultánea como sensor y transductor en tiempo real (Pennin, 2006).

1.4.6.2. Tipos de Sensores

- **Sensores de presión**

Un sensor o medidor de presión es un equipo mecánico o electrónico capaz de representar de alguna manera la presión existente en algún sistema industrial, la presión medida puede ser de un gas o un líquido hasta llegar a una pantalla táctil.

- **Sensor de Caudal**

Un caudalímetro es un instrumento colocado en un conducto o corriente que mide el caudal del fluido circulante en una tubería o un conjunto de tuberías. También existen contadores volumétricos electrónicos, los cuales arrojan el volumen total que ha circulado por la tubería sobre el que están dispuestos a un dispositivo donde observará el usuario u operador para una toma de decisión (Mackay, 2004).

1.5. Toma de Decisiones

La definición quiere decir que la toma de decisiones consiste en adoptar una dirección adecuada para una situación en la que hay una serie de sucesos inciertos o a descubrir. La elección de la situación ya es un elemento determinante que puede entrar en el proceso. Hay que elegir los elementos que son relevantes y obviar los que no lo son y analizar las relaciones entre ellos o cada uno de los

mismos. Una vez establecida cual es la situación, para tomar decisiones es necesario realizar acciones alternativas, esporádicas para imaginar la situación final y evaluar los efectos teniendo en cuenta la incertidumbre de cada resultado y su valor dentro del contexto realizado (Mackay, 2004).

1.5.1. Determinación de Variables

Variable Independiente:

- Toma de decisiones en la captación y distribución de agua potable.

Variable Dependiente:

- Implementación de un sistema SCADA en la estación de bombeo “El Carrizal” de la planta potabilizadora de agua Bellavista del cantón Salcedo

1.5.2. Operacionalización de Variables

Tabla 2
Variable dependiente

VARIABLE	CONCEPTO	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TIPO DE TÉCNICA
Sistema SCADA	Los Sistemas Scada, representan una alternativa eficiente al momento de monitorear y controlar procesos que se ejecuten en localidades remotas o amplias, esto debido a la posibilidad de visualizar el estado total del sistema en un mínimo sitio, evitando la necesidad de desplazarse .	➤ Red de comunicación	➤ Rapidez	➤ ¿Es posible establecer una secuencia del proceso de comunicaciones?	➤ Entrevista/Encuesta
		➤ Autómatas programables	➤ Velocidad	➤ ¿Qué equipos son necesarios para establecer una red de comunicación?	➤ Entrevista/Encuesta
		➤ Proceso industrial	➤ Velocidad de proceso	➤ ¿Cuán efectivo son las comunicaciones con las centrales?	➤ Encuesta/Encuesta

Fuente: Datos alcanzados con el estudio

Tabla 3
Variable independiente

VARIABLE	CONCEPTO	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TIPO DE TÉCNICA
Diagnóstico de la captación y estación de bombeo	La Toma de decisiones es el proceso mediante el cual se realiza una elección entre las alternativas o formas para resolver las diferentes situaciones. La toma de decisiones consiste, básicamente, en elegir una alternativa entre las disposiciones, a los efectos de resolver un problema actual o potencial.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sistema de programación ➤ Optimización de recursos ➤ Redes industriales 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Robusto ➤ Fiable ➤ Costo operación – costo mantenimiento ➤ Rapidez ➤ Tiempo de espera 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ¿Es posible establecer una secuencia de proceso de comunicaciones? ➤ ¿Los datos son registrados en forma mensual? ➤ ¿Se efectúan procedimientos manuales a través de fichas técnicas? ➤ ¿Es posible crear una red industrial? ➤ ¿Qué equipos son necesarios? 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Entrevista ➤ Observación ➤ Observación ➤ Entrevista ➤ Encuesta

Fuente: Datos alcanzados con el estudio realizado

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA Y RECOLECCIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN

2.1. Enfoque

En la presente investigación se empleó una modalidad de investigación de tipo cuali-cuantitativo; el cuantitativo se refiere a la subutilización de agua y el cualitativo a la afectación al GAD Municipal, está basada en la subutilización de agua que se genera actualmente y en el sistema manual del proceso de captación, bombeo y potabilización de agua.

2.2. Recolección de la Información

La recolección de la información se realizó en el departamento de agua potable y alcantarillado del municipio de Salcedo, mediante la revisión de textos, planos y bibliografía existente. Actualmente la planta de potabilización de agua del cantón Salcedo cuenta con un sistema de captación, bombeo y distribución manual, por lo que se realizó un diagnóstico del sistema para controlar y monitorear, en función de los requerimientos que tienen los usuarios del servicio.

De acuerdo al estudio realizado se procederá a la propuesta de implementación del sistema apropiado para cubrir las necesidades que requiere la planta y sus procesos, para lo cual se tendrá una serie de etapas ordenadas y sus componentes idóneos, para alcanzar los objetivos del proyecto se emplearon las siguientes técnicas para la recolección de la información:

- **Revisión de Textos**

Esta técnica permitió analizar documentos bibliográficos, planos importantes, ya que los mismos sirvieron para explicar conceptos explicativos con respecto al desarrollo del proyecto, así como también para la toma de decisiones de los procesos a utilizarse en el mismo.

- **Entrevista**

Esta técnica permitió obtener de forma detallada la información, ya que por medio de la misma se trató directamente con las personas relacionadas al proyecto técnicos especializados, Director, personal operativo, lo cual pudo cubrir todas las inquietudes y contribuyó al desarrollo de la investigación.

- **Encuesta**

Esta técnica permitió obtener de forma concretada la información, ya que por medio de la misma se trató directamente con la población de la parroquia San Miguel de Salcedo, lo cual se pudo satisfacer todas las inquietudes y contribuyó al desarrollo de la investigación.

- **Guía de observación**

Esta técnica fue de gran ayuda ya que se pudo observar todo el lugar de desarrollo del proyecto y así obtuvo la información requerida, para dar la mejor solución y selección de componentes idóneos y óptimos, para este caso la guía de observación se realizó en todas las instalaciones que comprende el sistema de potabilización de agua del cantón Salcedo.

2.3. Procesamiento y Análisis de Datos

Después de obtener toda la información requerida para el desarrollo del proyecto se procedió a realizar un análisis estadístico que consta de los siguientes pasos:

- Revisión de la información.
- Interpretación de la información.

Se analizó la información y se procesó conjuntamente con los criterios expuestos en el marco teórico, los objetivos propuestos en la investigación, y la propuesta de solución para obtener las conclusiones y recomendaciones.

2.3.1. Población

Toda la información requerida y necesaria se la encontró en las oficinas del departamento de Agua Potable y Alcantarillado del GAD Municipal del Cantón Salcedo. Para el estudio de la situación actual en cuanto al equipo e instrumentos de las estaciones se considera a una población total de 10 personas (Técnicos y Operadores).

2.3.2. Entrevista

Entrevista Dirigida a: Ing. Héctor Villacís – Director del Departamento de Agua Potable y Alcantarillado del GAD Municipal del Cantón Salcedo.

Pregunta 1:

¿Qué opina sobre el sistema de Captación, Sistema de Bombeo y planta de Tratamiento de agua?

Transcripción de la Respuesta

Es necesaria una intervención inmediata a todo el sistema ya que existen muchas fugas, filtraciones, desperdicios de agua, hundimientos pérdidas de presión caudal, se solicitó que se incluya en el presupuesto para cambio de tubería, maquinaria mejorar la captación.

Interpretación:

Intervención inmediata a todo el sistema captación, bombeo, tubería y planta de tratamiento de agua.

Pregunta 2:

¿Se realizan estadísticas sobre los reportes históricos de captación y bombeo de agua?

Transcripción de la respuesta

Si, Los reportes son manuales y muchas veces los operarios se basan en su experiencia sin verificar que el sistema funciones correctamente lo que provoca el desbordamiento, fugas de los tanques.

Interpretación:

Los reportes son manuales y los operarios trabajan con su experiencia y no técnicamente.

Pregunta 3:

¿El nivel de desperdicio de agua es alto o bajo en el momento de ejecutar el proceso captación y bombeo?

Transcripción de la respuesta:

Es alto, debido al control manual, por lo que existe un rebose en la captación, el sistema de bombeo se lo realiza hasta las 9 pm a partir de esta hora toda el agua de la captación se va al río Yanayacu.

Interpretación:

Si existe desperdicio de agua en el sistema de captación y bombeo.

Pregunta 4:

Indique la edad de la maquinaria o de los equipos que comprende el sistema de Bombeo.

Transcripción de la respuesta:

La maquinaria utilizada tiene un promedio de más de 25 años, lo que indica que su vida útil sigue disminuyendo y no está acorde a la tecnología lo que provoca fallas tardías y los cambios periódicos de repuestos.

Interpretación:

La maquinaria y elementos que componen el sistema de Bombeo ya cumplió su vida útil.

Pregunta 5:

¿Se realiza un mantenimiento preventivo que garantice la calidad, seguridad y rentabilidad? ¿Qué tipo de mantenimiento? ¿Con qué frecuencia?

Transcripción de la respuesta:

Más que un mantenimiento preventivo se realiza un mantenimiento correctivo, dada la falta de recursos, es decir cuando existen fallas graves; el mantenimiento preventivo es muy costoso ya que todos los elementos de componen el sistema de bombeo ya cumplió su vida útil.

Interpretación:

El mantenimiento es correctivo; es decir cuando existen fallas fuertes, no existe un plan de mantenimiento.

Pregunta 6:

¿El personal que opera en el sistema de bombeo y planta de tratamiento de agua es el indicado y necesario?

Transcripción de la respuesta:

El personal que trabaja es bueno en lo que hace ya que con su experiencia y años de servicio a cumplido, trabajan tres personas en tres turnos semanales en la estación de Bombeo y una persona en la planta de tratamiento.

Interpretación:

El personal trabaja con su experiencia y no técnicamente.

Pregunta 7:

¿Se tiene una coordinación adecuada en el proceso de bombeo en la estación El Carrizal?

Transcripción de la respuesta

Si, La coordinación va desde los tanques hacia la estación de bombeo mediante llamadas. El operario abre las compuertas para que funciones las turbinas hasta avisar al otro operario en la estación de bombeo para la apertura o cierre de válvulas. El control de operación es manual generando desperdicios, lo que conlleva a errores y tiempo de espera alto en caso de alguna avería.

Interpretación:

Comunicación tardía, sistema manual.

Pregunta 8:

¿Con datos reales y en tiempo real se toman decisiones para seleccionar la mejora alternativa?

Transcripción de la respuesta

No, aún no han alcanzado datos en tiempo real; es difícil tomar una mejor alternativa, ya que muchas veces los errores humanos tienden a desestabilizar el sistema.

Interpretación:

Se espera la comunicación del jefe inmediato para realizar la toma de decisiones.

Pregunta 9:

¿Conoce el sistema SCADA y su aplicación en el agua potable?

Transcripción de la respuesta

Si estoy al tanto sobre el sistema SCADA y su funcionamiento, sé que es costoso, pero sería de mucha ayuda el estudio para su implementación en la Estación de Bombeo y planta de tratamiento ya que mejoraría el sistema de comunicaciones y automatizaría el proceso para que la comunicación sea efectiva y se evite pérdidas económicas y paras por mantenimiento, logrando soluciones adecuadas.

Interpretación:

Seria de mucha ayuda el estudio de implementación de un sistema SCADA ya que mejoraría el sistema de comunicación.

2.3.3. Encuesta

Para la realización de la encuesta se tomó a la población de la Parroquia San Miguel del cantón Salcedo y cuenta con una población de 17000 personas.

PREGUNTA 1

¿Actualmente su vivienda cuenta con el servicio de agua potable?

Tabla 4
Viviendas con agua potable

ALTERNATIVAS	MUESTRA (HABITANTES)	PORCENTAJE (%)
SI	390	100
NO	0	0,00
TOTAL	390	100

Fuente: Encuesta realizada a la Parroquia San Miguel de Salcedo

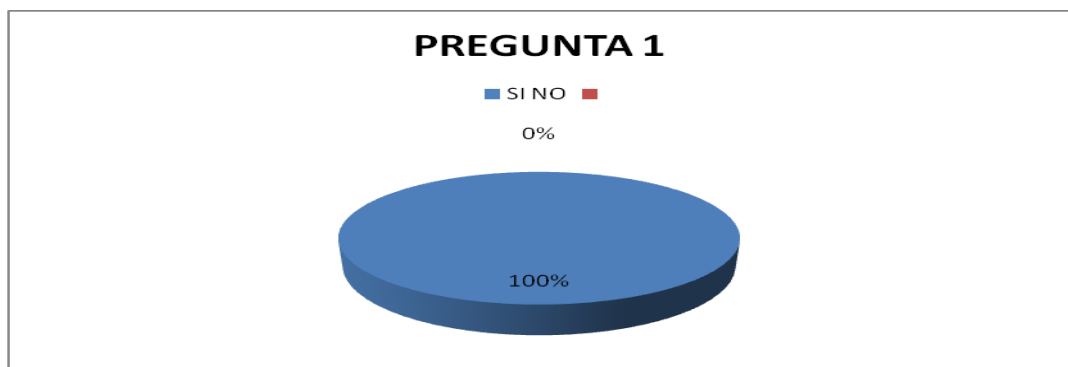


Figura 12 Viviendas con agua potable

Fuente: Encuesta realizada a la Parroquia San Miguel de Salcedo

Análisis e Interpretación de viviendas con agua potable

Los resultados de la pregunta N.1, determinan que el 100% de la población de la Parroquia San Miguel Actualmente su vivienda cuenta con el servicio de agua potable.

PREGUNTA 2

¿Indique las principales actividades en las que usted utiliza el agua?

Tabla 5
Utilización del agua

ALTERNATIVAS	MUESTRA (HABITANTES)	PORCENTAJE (%)
USO DOMÉSTICO	380	97,44
ARTESANAL	8	2,05
INDUSTRIAL	2	0,51
TOTAL	390	100

Fuente: Encuesta realizada a la Parroquia San Miguel de Salcedo

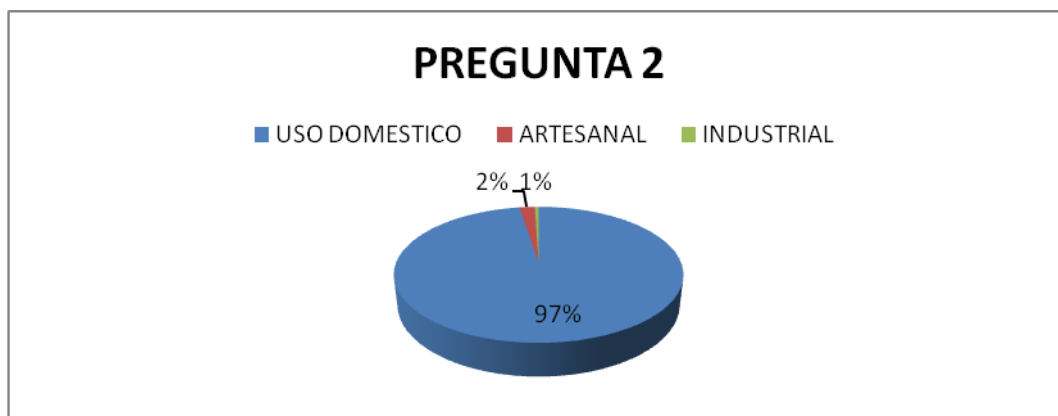


Figura 13 Utilización del agua

Fuente: Encuesta realizada a la Parroquia San Miguel de Salcedo

Análisis e Interpretación de la utilización del agua

Los resultados de la pregunta N.-2 determinan que el 97,44% de la población utiliza el agua para uso doméstico, mientras que el 2,05%, de la población el agua lo utilizan para su trabajo artesanal, y el 0,51% de la población utilizan el agua para sus empresas.

PREGUNTA 3

¿Considera que el arancel que paga por el servicio de agua potable es el adecuado?

Tabla 6
Pago por consumo de agua

ALTERNATIVAS	MUESTRA (HABITANTES)	PORCENTAJE (%)
SI	380	97,00
NO	10	2,56
TOTAL	390	100

Fuente: Encuesta realizada a la Parroquia San Miguel de Salcedo



Figura 14 Pago por consume de agua

Fuente: Encuesta realizada a la Parroquia San Miguel de Salcedo

Análisis e Interpretación del pago de consumo de agua.

Los resultados de la pregunta N.-3, determinan que el 97% de la población de la Parroquia San Miguel considera que el arancel que paga por el servicio de agua potable es el adecuado, mientras que el 2.56 piensa que no es adecuado.

PREGUNTA 4

¿El agua que usted consume es potable?

Tabla 7
Agua Potable

ALTERNATIVAS	MUESTRA (HABITANTES)	PORCENTAJE (%)
SI	300	100
NO	90	0,00
TOTAL	390	100

Fuente: Encuesta realizada a la Parroquia San Miguel de Salcedo

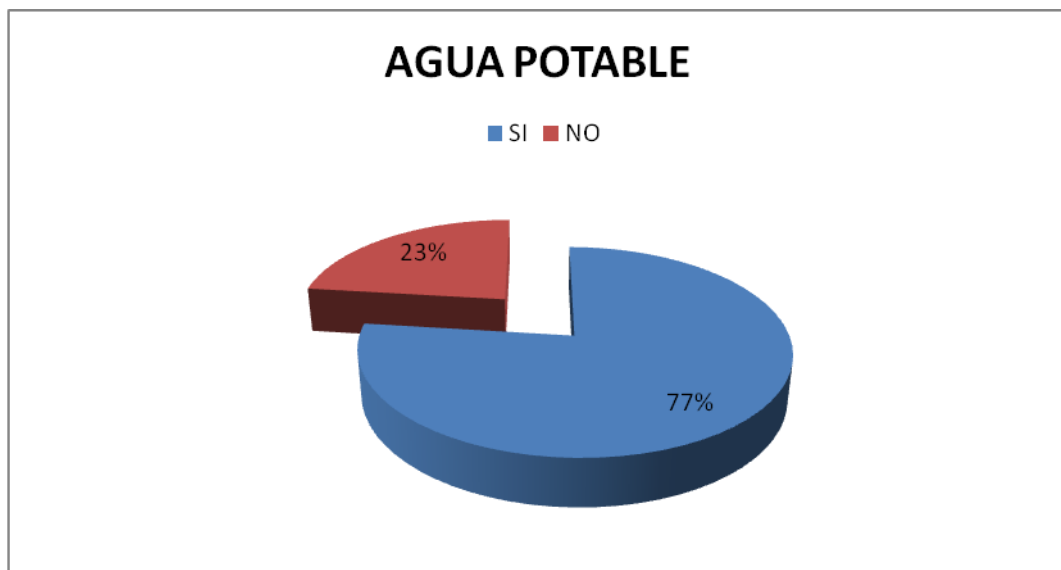


Figura 15 Agua Potable

Fuente: Encuesta realizada a la Parroquia San Miguel de Salcedo

Análisis e Interpretación del agua es potable

Los resultados de la pregunta N.-4, determinamos que el 77% de la población de la Parroquia San Miguel, menciona que el agua ellos consume es potable, por lo que un 23%, nos dijeron que no están seguros pero que no creen que es potable.

PREGUNTA 5

¿Recibe el agua en forma continua y en cantidad suficiente?

Tabla 8
Agua Recibida

ALTERNATIVAS	MUESTRA (HABITANTES)	PORCENTAJE (%)
SI	90	23,08
NO	300	76,92
TOTAL	390	100

Fuente: Encuesta realizada a la Parroquia San Miguel de Salcedo

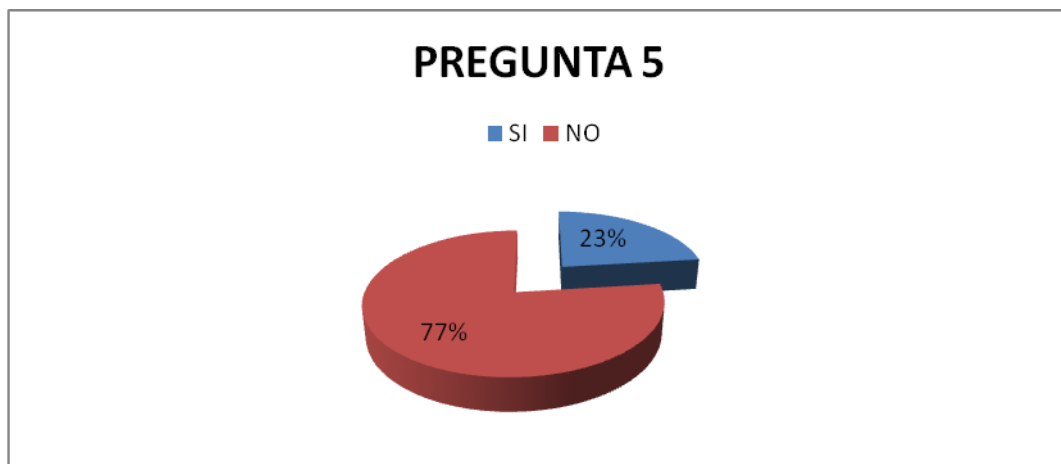


Figura 16 Forma Continua y cantidad suficiente

Fuente: Encuesta realizada a la Parroquia San Miguel de Salcedo

Análisis e Interpretación del agua es en forma continua y en cantidad suficiente

Los resultados de la pregunta N.-5, determinamos que el 23,08% de la población Recibe el agua en forma continua y en cantidad suficiente, mientras que el 76,92%, no recibe el agua en forma continua peor en cantidad suficiente.

PREGUNTA 6

¿El servicio de agua potable que usted recibe es?

Tabla 9
Tiempo de servicio de agua

ALTERNATIVAS	MUESTRA (HABITANTES)	PORCENTAJE (%)
POR HORAS	285	73,08
PERMANENTE	105	26,92
TOTAL	390	100

Fuente: Encuesta realizada a la Parroquia San Miguel de Salcedo

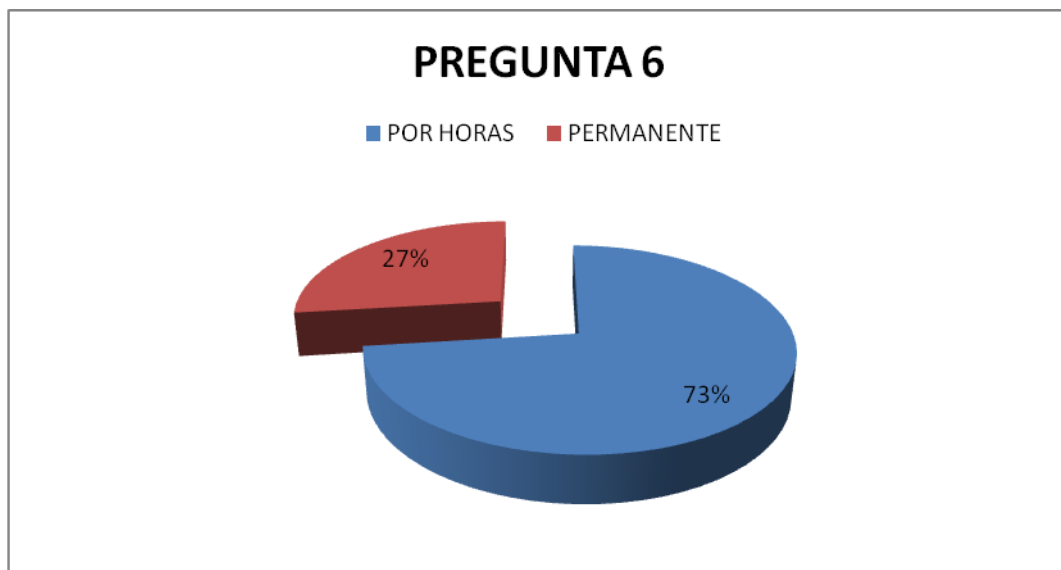


Figura 17 Tiempo de servicio de agua

Fuente: Encuesta realizada a la Parroquia San Miguel de Salcedo

Análisis e Interpretación del tiempo de servicio de agua.

Los resultados de la pregunta N.-6, determinamos que el 26,92% de la población recibe el agua potable es permanente, mientras el 73,07% de la población dice que el servicio de agua potable que recibe es por horas.

PREGUNTA 7

¿Cuántos días a la semana tiene agua potable?

Tabla 10
Días de la semana que cuentan con el servicio

ALTERNATIVAS	MUESTRA (HABITANTES)	PORCENTAJE (%)
3 DIAS	105	27,00
5 DIAS	171	44,00
7 DIAS	87	22,00
OTROS	27	7,00
TOTAL	390	100

Fuente: Encuesta realizada a la Parroquia San Miguel de Salcedo

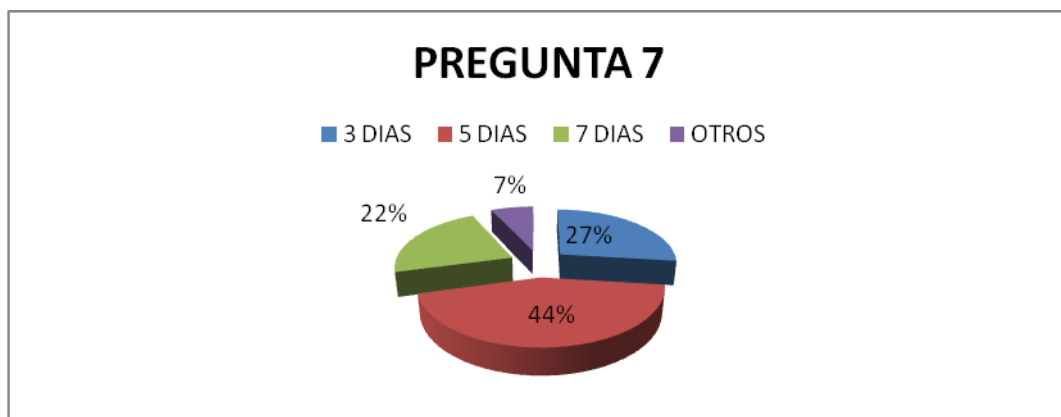


Figura 18 Días de la semana que cuentan con el servicio

Fuente: Encuesta realizada a la Parroquia San Miguel de Salcedo

Análisis e Interpretación de días de la semana que reciben agua

Los resultados de la pregunta N.-7, determinamos que el 26,92% de la población recibe el agua 3 días a la semana, mientras que el 43,85% de la población recibe el agua potable 5 días a la semana, el 22,31% de la población cuenta con el servicio del agua los 7 días de la semana.

PREGUNTA 8

¿Se encuentra conforme con el servicio de agua potable que recibe actualmente?

Tabla 11
Satisfacción del servicio de agua potable

ALTERNATIVAS	MUESTRA (HABITANTES)	PORCENTAJE (%)
SI	85	21,79
NO	305	78,21
TOTAL	390	100

Fuente: Encuesta realizada a la Parroquia San Miguel de Salcedo

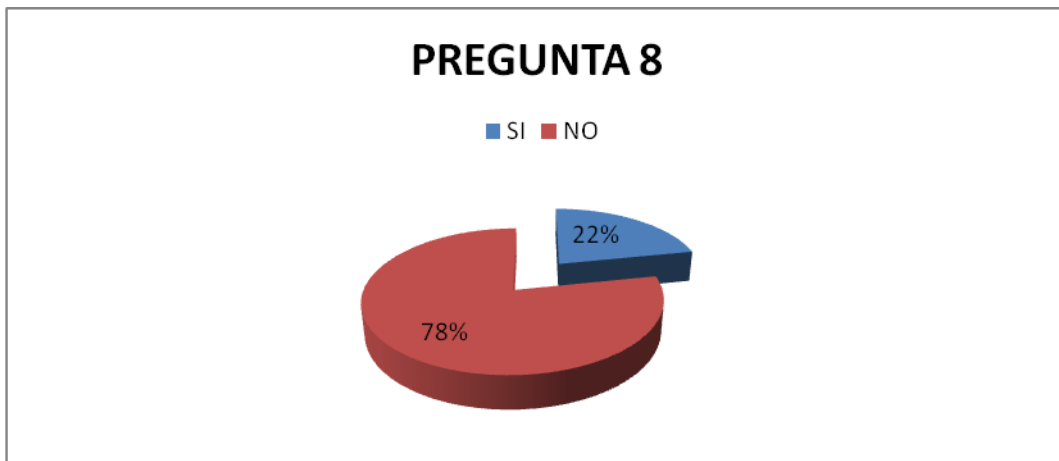


Figura 19 Satisfacción del servicio de agua potable

Fuente: Encuesta realizada a la Parroquia San Miguel de Salcedo

Análisis e Interpretación de la satisfacción del servicio de agua

Los resultados de la pregunta N.-7 determinan que el 21,79% de la población se encuentra conforme con el servicio de agua potable que recibe actualmente, mientras que el 78,21%, de la población no se encuentra conforme con el servicio de agua potable que recibe actualmente.

PREGUNTA 9

¿El servicio de mantenimiento y reparación de la red de agua potable es oportuno y ágil?

Tabla 12
Mantenimiento y reparación oportuna y ágil

ALTERNATIVAS	MUESTRA (HABITANTES)	PORCENTAJE (%)
SI	110	28,21
NO	280	71,79
TOTAL	390	100

Fuente: Encuesta realizada a la Parroquia San Miguel de Salcedo

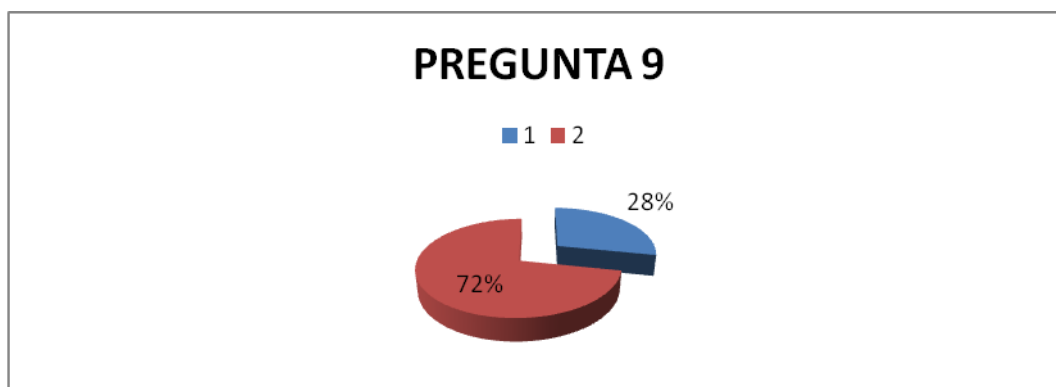


Figura 20 Mantenimiento, reparación oportuna y ágil

Fuente: Encuesta realizada a la Parroquia San Miguel de Salcedo

Análisis e Interpretación del mantenimiento y reparación si es oportuno y ágil

Los resultados de la pregunta N.-09 determinan que el 28% de la población dicen que el mantenimiento y reparación es oportuno y ágil, mientras el 72% de la población dice que no está conforme con el servicio.

PREGUNTA 10

¿Cree que se debe mejorar el abastecimiento de agua potable?

Tabla 13
Abastecimiento de agua potable

ALTERNATIVAS	MUESTRA (HABITANTES)	PORCENTAJE (%)
SI	382	97.95
NO	8	2.05
TOTAL	390	100

Fuente: Encuesta realizada a la Parroquia San Miguel de Salcedo



Figura 21 Abastecimiento de agua potable

Fuente: Encuesta realizada a la Parroquia San Miguel de Salcedo

Análisis e Interpretación del mantenimiento y reparación si es oportuno y ágil

Los resultados de la pregunta N.-10 determinan que el 97,95% de la población dicen que sí se debe mejorar el abastecimiento del Agua Potable, mientras que el 2,05% de la población dice que no es necesario mejorar el abastecimiento del agua potable.

2.3.4. Encuesta

Encuesta dirigida a 10 Técnicos Especialistas del GAD Municipal del Cantón Salcedo.

PREGUNTA 1

¿Considera usted que la captación de agua en la planta el Carrizal es?

Tabla 14
Captación de agua

ALTERNATIVAS	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
Totalmente Adecuada	1	10
Adecuada	4	40
Nada Adecuada	5	50
TOTAL	10	100

Fuente: Encuesta realizada a 10 técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo.

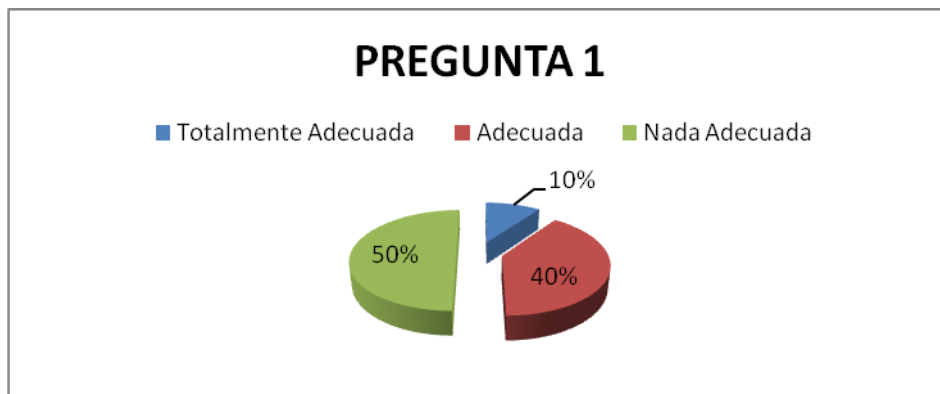


Figura 22 Captación de agua

Fuente: Encuesta realizada a 10 técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo.

Análisis e Interpretación de la Captación de agua en la Planta el Carrizal.

Los resultados de la pregunta N.-1, determinan en un 50% que la captación de agua es nada adecuada y requiere una intervención, el 40% dice que es adecuada, mientras que el 10% piensa que es totalmente adecuado.

PREGUNTA 2

¿Piensa usted que la tubería de conducción de agua a la estación de bombeo el carrizal es?

Tabla 15
Tubería de conducción de agua

ALTERNATIVAS	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
Totalmente Adecuada	1	10
Adecuada	4	40
Nada Adecuada	5	50
TOTAL	10	100

Fuente: Encuesta realizada a 10 técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo.

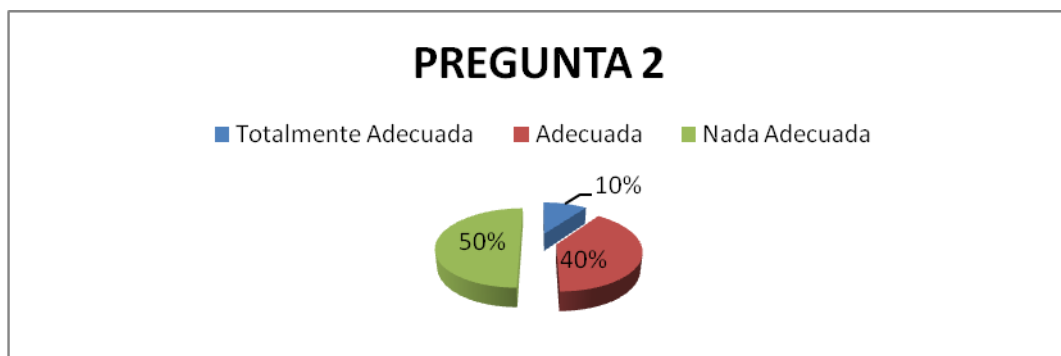


Figura 23 Tubería de Conducción de agua

Fuente: Encuesta realizada a 10 técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo.

Análisis e Interpretación de la Captación de agua en la Planta el Carrizal.

Los resultados de la pregunta N.-2, determinan en un 50% que la tubería de conducción de agua es nada adecuada y se debería aumentar su diámetro, el 40% dice que es adecuada, mientras que el 10% piensa que es totalmente adecuado y no necesita ser modificada.

PREGUNTA 3

¿Cree usted que la captación del sistema de bombeo es?

Tabla 16
Captación del sistema de bombeo

ALTERNATIVAS	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
Totalmente Adecuada	1	10
Adecuada	4	40
Nada Adecuada	5	50
TOTAL	10	100

Fuente: Encuesta realizada a 10 técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo.

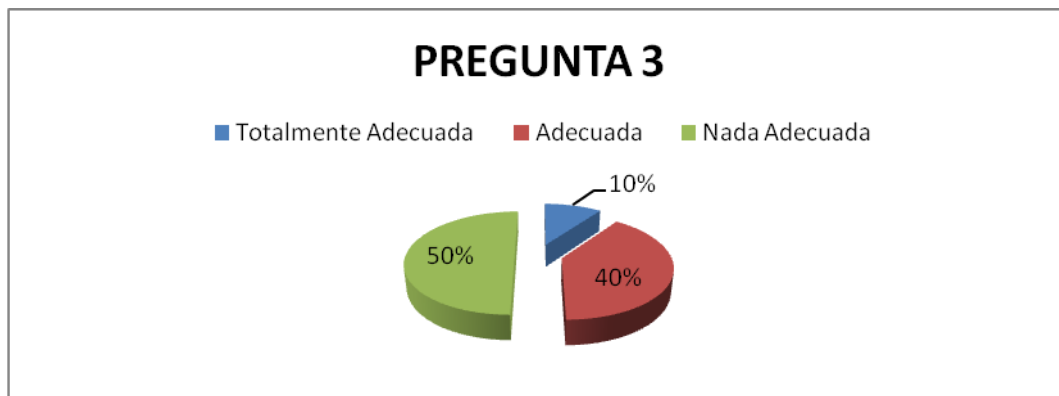


Figura 24 Captación del Sistema de bombeo

Fuente: Encuesta realizada a 10 técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo.

Análisis e Interpretación de la Captación del sistema de bombeo.

Los resultados de la pregunta N.-3, determinan en un 50% que la captación para el funcionamiento del sistema de bombeo necesita una intervención para que funcione las 24 horas del día, el 40% dice que es adecuada, mientras que el 10% piensa que es totalmente adecuado y no necesita ser modificada.

PREGUNTA 4

¿Cómo considera el estado actual de las turbinas que conforman el sistema de bombeo es?

Tabla 17
Estado turbinas sistema de bombeo

ALTERNATIVAS	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
Totalmente Adecuada	0	0
Adecuada	4	40
Nada Adecuada	6	60
TOTAL	10	100

Fuente: Encuesta realizada a 10 técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo.

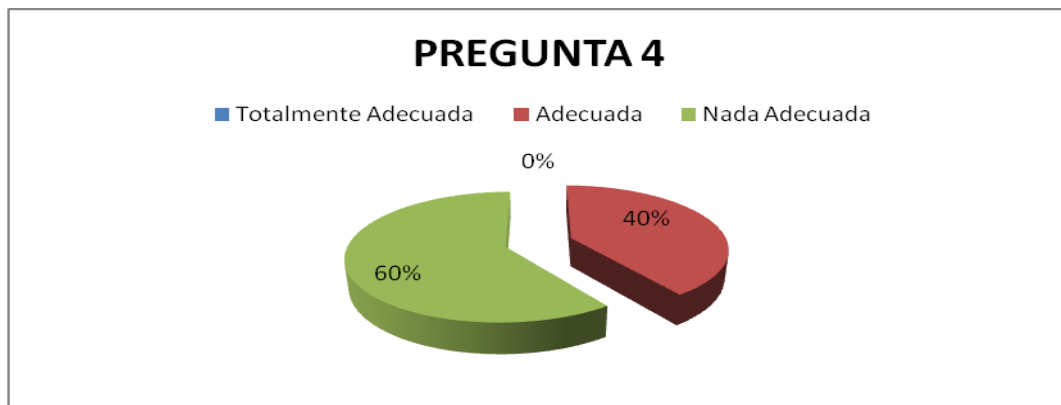


Figura 25 Estado de turbinas sistema de bombeo

Fuente: Encuesta realizada a 10 técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo.

Análisis e Interpretación del estado de las turbinas del sistema de bombeo.

Los resultados de la pregunta N.-4, determinan en un 60% que el estado de las turbinas del sistema de bombeo es nada adecuado, el 40% dice que es adecuado.

PREGUNTA 5

¿Considera que la ubicación del tanque rompe presiones es?

Tabla 18
Ubicación del tanque rompe presiones

ALTERNATIVAS	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
Totalmente Adecuada	1	10
Adecuada	7	70
Nada Adecuada	2	20
TOTAL	10	100

Fuente: Encuesta realizada a 10 técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo.

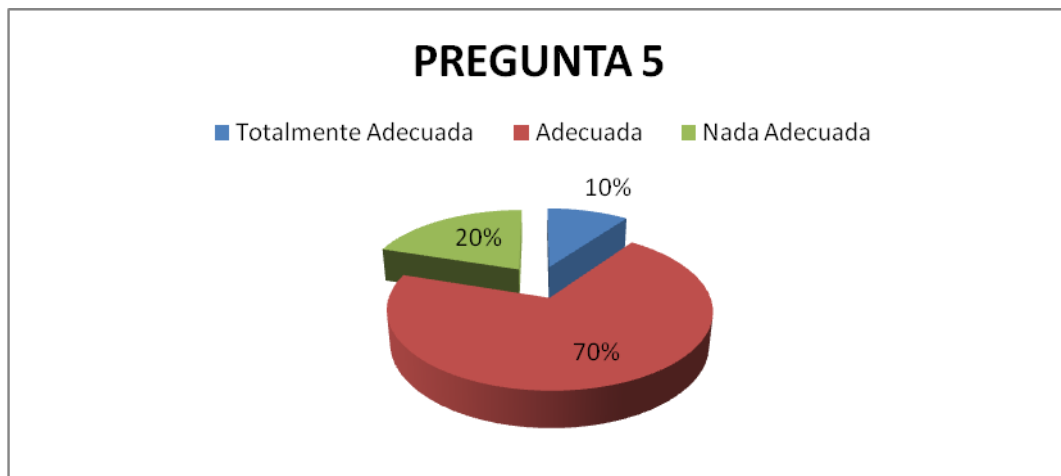


Figura 26 Ubicación del tanque

Fuente: Encuesta realizada a 10 técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo.

Análisis e Interpretación de la ubicación del tanque rompe presiones.

Los resultados de la pregunta N.-5, determinan que el 70% está de acuerdo con la ubicación del tanque rompe presiones, el 20% determina que es nada adecuada, mientras que el 10% piensa que es totalmente adecuado.

PREGUNTA 6

¿Según su criterio la funcionalidad actual del tanque rompe presiones es?

Tabla 19
Funcionalidad tanque rompe presiones 1

ALTERNATIVAS	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
Totalmente Adecuada	1	10
Adecuada	7	70
Nada Adecuada	2	20
TOTAL	10	100

Fuente: Encuesta realizada a 10 técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo.

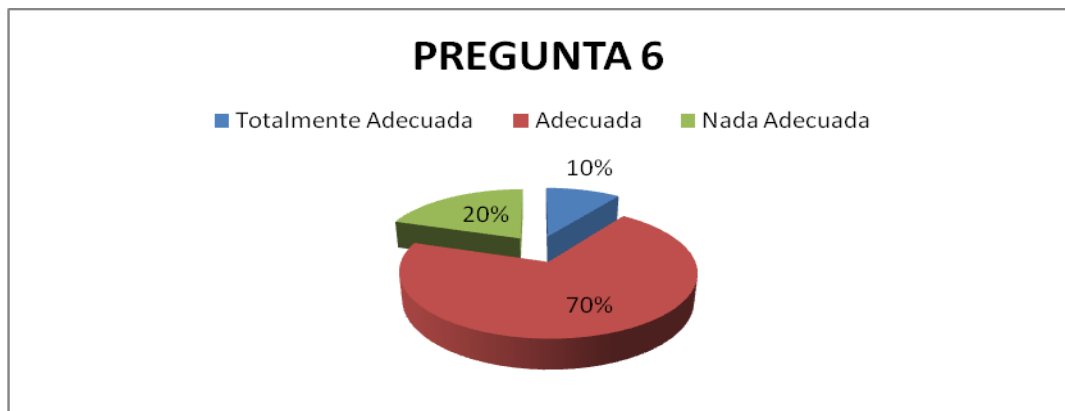


Figura 27 Funcionalidad del Tanque

Fuente: Encuesta realizada a 10 técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo.

Análisis e Interpretación de la funcionalidad del tanque rompe presiones.

Los resultados de la pregunta N.-6, determinan que el 70% cumple adecuadamente su funcionalidad, el 20 % dice que no es nada adecuada, mientras que el 10% piensa que es totalmente adecuada.

PREGUNTA 7

¿El sistema actual de cloración de agua a su criterio es?

Tabla 20
Cloración del Agua

ALTERNATIVAS	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
Totalmente Adecuada	0	0
Adecuada	3	30
Nada Adecuada	7	70
TOTAL	10	100

Fuente: Encuesta realizada a 10 técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo.

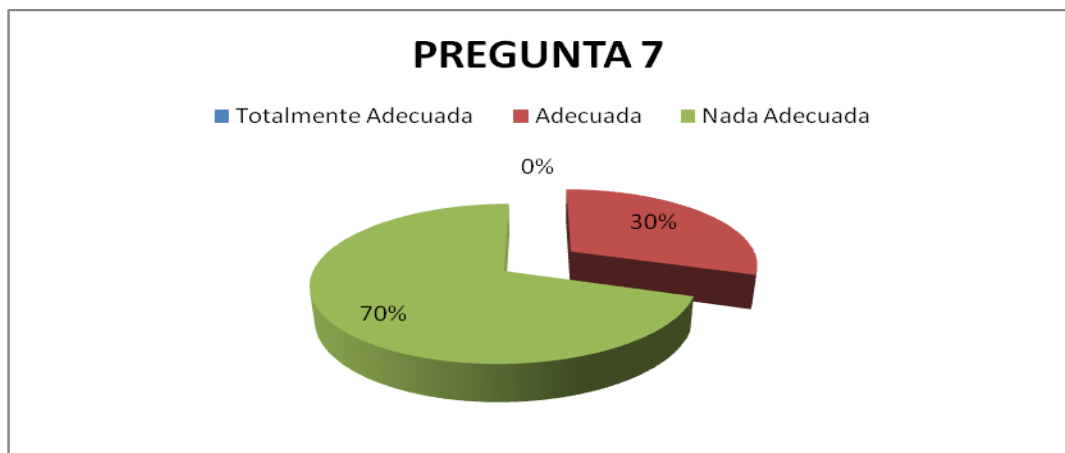


Figura 28 Cloración del Agua

Fuente: Encuesta realizada a 10 técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo.

Análisis e Interpretación de la cloración del agua.

Los resultados de la pregunta N.-7, determinan que el 70% es nada adecuada el proceso de cloración del agua, mientras que el 30% determina que es adecuada.

PREGUNTA 8

¿Considera que el almacenamiento y distribución de agua potable es?

Tabla 21
Almacenamiento y distribución del agua

ALTERNATIVAS	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
Totalmente Adecuada	1	10
Adecuada	5	50
Nada Adecuada	4	40
TOTAL	10	100

Fuente: Encuesta realizada a 10 técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo.

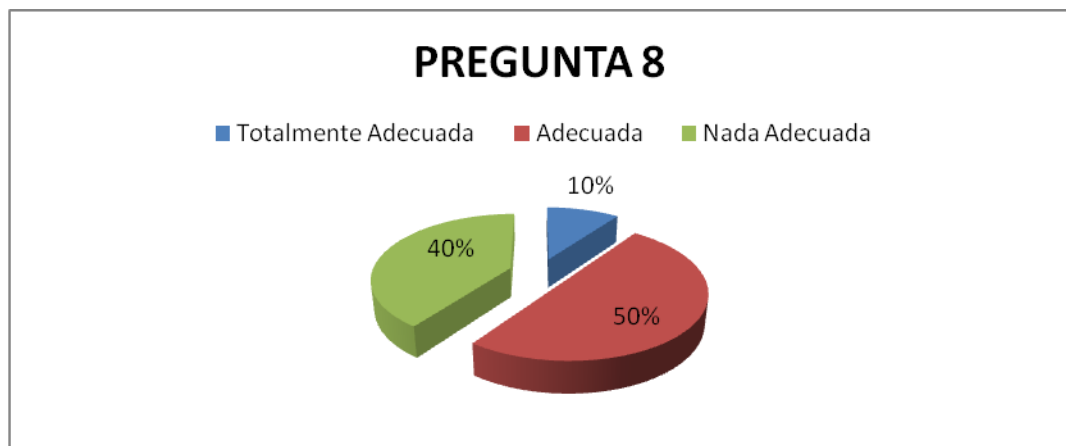


Figura 29 Almacenamiento y Distribución del Agua

Fuente: Encuesta realizada a 10 técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo.

Análisis e Interpretación de la Captación de agua en la Planta el Carrizal.

Los resultados de la pregunta N.8, determinan que el 50% de almacenamiento de agua es adecuado mientras el 40% determina que es nada adecuado que le falta funcionalidad y optimización, mientras que el 10% piensa que es adecuado.

PREGUNTA 9

¿La implementación de un sistema SCADA en el sistema de tratamiento y distribución de agua ayudara a la toma de decisiones?

Tabla 22
Implementación Sistema Scada

ALTERNATIVAS	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
Totalmente Adecuada	8	80
Adecuada	2	20
Nada Adecuada	0	0
TOTAL	10	100

Fuente: Encuesta realizada a 10 técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo.

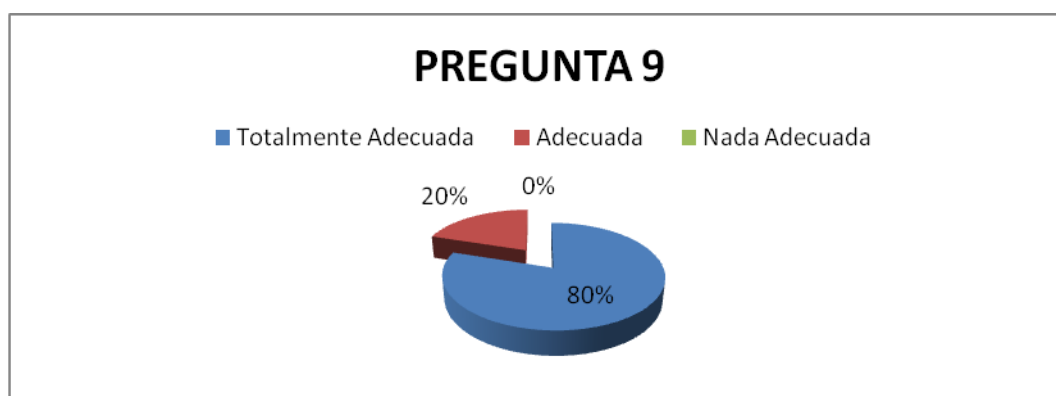


Figura 30 Implementación Sistema Scada

Fuente: Encuesta realizada a 10 técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo.

Análisis e Interpretación de la Implementación de un sistema SCADA.

Los resultados de la pregunta N.-9, determinan que el 80% está totalmente de acuerdo con la implementación de un sistema SCADA, Los técnicos sugieren automatizar el proceso de captación, bombeo y potabilización de agua, para reducir aumentar la capacidad de bombeo, mientras que el 20% piensa que no.

PREGUNTA 10

¿El sistema de comunicación actual entre el departamento de agua potable, estación de bombeo y sistema de tratamiento y distribución es?

Tabla 23
Comunicación entre Departamentos

ALTERNATIVAS	MUESTRA	PORCENTAJE (%)
Totalmente Adecuada	3	30
Adecuada	5	50
Nada Adecuada	2	20
TOTAL	10	100

Fuente: Encuesta realizada a 10 técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo.

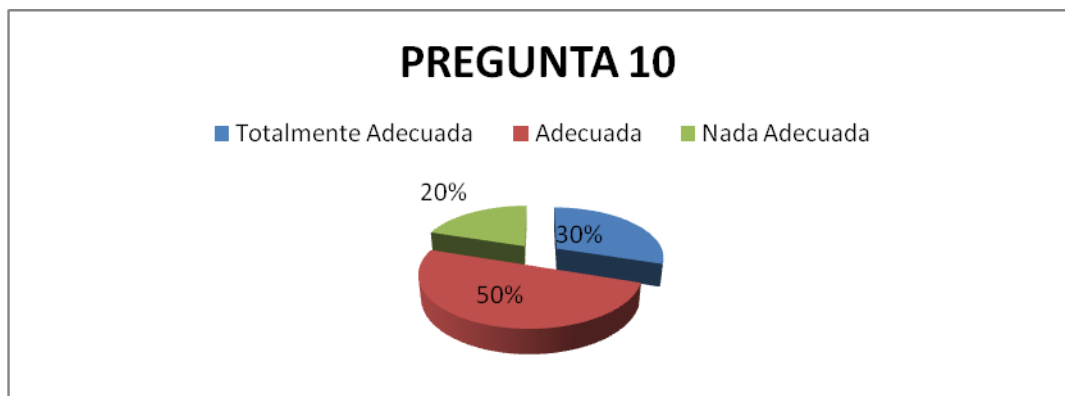


Figura 31 Comunicación

Fuente: Encuesta realizada a 10 técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo.

Análisis e Interpretación de la Comunicación entre departamentos.

Los resultados de la pregunta N.-10, determinan que el 50% es adecuado con la mejorara en el sistema de comunicaciones un 30%. Sugieren automatizar el proceso para que la comunicación sea efectiva y se evite el mantenimiento correctivo y esperar que el sistema caiga para buscar una solución adecuada.

CAPÍTULO III

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diagnóstico de la estación de agua “El Carrizal”

El G.A.D Municipal del Cantón Salcedo, es el encargado de proveer del líquido vital a la parroquia San Miguel desde el año 1980, donde se descubre las vertientes naturales de agua cerca del río Yanayacu, de la cual por el desnivel de la captación y estación de bombeo según la topografía del terreno se decide conducir el agua siguiendo la orilla del río por medio de tubería de hierro fundido con una distancia de 115 metros, en la actualidad existe un gran déficit de agua potable en la parroquia debido al bombeo que se realiza solo por 9 horas y a la desigual distribución de agua entre los barrios de la parroquia.

Para la elaboración de este capítulo se realizó inspecciones muy minuciosas de campo sobre los elementos más importantes de la captación, estación de bombeo, tanque rompe presión y estación de potabilización distribución de agua, para poder así determinar la ingeniería de procesos y elementos a utilizar.

3.2. Situación Actual de la Captación de Agua

La vertiente se encuentra preservada por paredes de ladrillo y cubierta por una losa de hormigón que protege de elementos externos que puedan contaminar la misma, tiene una capacidad que va desde 75 litros/seg a 110 litros/seg, siendo utilizada para el proyecto de salcedo una captación de 45 litros/ seg.

La captación se da a través de válvulas manuales; que están instalas en la parte inferior y pueden captar el agua de las dos vertientes que se encuentran junto al rio Yanayacu en el barrio rural que lleva el mismo nombre del río, para posteriormente ser conducida hacia la estación bombeo por un tramo de 115metros de distancia:



Figura 32 Captación de agua

Fuente: Investigación de Campo realizada G.A.D. Municipal del cantón salcedo; Dirección de Agua Potable y Alcantarillado.

3.2.1. Elementos de Captación

3.2.1.1. Tubería de Conducción

En la captación se utiliza una tubería de hierro fundido de 350 mm que es la encargada de conducir el agua por el margen derecho del rio Yanayacu hasta la estación de bombeo con una distancia total de 115 m.

3.2.1.2. Tubería de Desagüe

Se encuentra instalada en la parte inferior del tanque sirve para realizar la limpieza de la fuente y como desvío emergente cuando existen daños en la tubería de conducción.

3.2.1.3. Tubería de Rebose

Es un canal que rodea la vertiente, edificado de hormigón armado se encuentra en la parte superior de la fuente sirve como conducto para que el agua en exceso evacue y sea dirigida directamente al río Yanayacu.

3.2.1.4. Caja de Válvulas

Es una caja de revisión que se encuentra junto a la captación, en ella se encuentra las válvulas de las tuberías de desagüe y de conducción, que se opera según los requerimientos y experiencia de los trabajadores de la estación.

Tabla 24
Elementos existentes en la captación

CAPTACIÓN		
ELEMENTO	FUNCIÓN	TIPO DE ACCIONAMIENTO
Válvula (350mm)	Conducción	Manual
Válvula (250mm)	Desagüe	Manual

Fuente: Investigación de Campo realizada

En la captación y estación de bombeo se designa a un operador que se encarga a la labor diaria de registrar en papel la lectura de agua conducida, nivel del tanque de reserva y caudales de entrada y salida. Además, para iniciar el bombeo hay otro operador que se encarga de abrir y regular las válvulas para que las turbinas se enciendan e inicien su trabajo de conducción de agua hacia la planta potabilizadora, este proceso se realiza manualmente y por un tiempo de nueve horas en intervalos de 3 horas.

3.3. Análisis de la Situación Actual de la Estación de Bombeo



Figura 33 Estación de Bombeo

Fuente: Investigación de Campo realizada G.A.D. Municipal del cantón salcedo; Dirección de Agua Potable y Alcantarillado.

La estación de bombeo es la encargada de bombear y transportar el agua por medio de una tubería de hierro fundido de 350mm desde la captación hasta el tanque rompe presión y posterior a la planta potabilizadora de agua, el proceso inicia a las 04:00am de la mañana donde el operador abre la compuerta de agua que llega a la primera turbina e inicia el proceso de bombeo por un periodo de

cuatro horas, luego abre la siguiente válvula e inicia la segunda turbina a bombear el agua por un lapso de tres horas y para finalizar entra a funcionar la tercera turbina por un lapso de dos horas, este proceso se realiza manualmente para que las turbinas no se recaliente y tiendan a dañarse.

El sistema de bombeo, está constituido de lo siguiente:

1 tanque de succión que se encuentra bajo la casa de turbinas el mismo que tiene las siguientes características:

- Paredes y piso de hormigón armado.
- Tapa de losa de hormigón armado.
- Sus dimensiones son 7m largo, 4m de ancho, y 6.20m de profundidad.
- 4.20 m nivel máximo de agua

El bombeo se lo realiza con un equipo hidroneumático que consiste en:

- 3 turbinas marca Maschinen fabrikB Maier año 1950 y trabaja con 1553 revoluciones por segundo, estas turbinas accionan dos bombas Amarillo RyhtAngleGear Drive de 200HP, 1760 vertical RP. Radio horizontal 2, vertical 3, y trabaja con una carga de 190, PSI (13.39kg/cm²).
- Tubería de lámina de acero 350mm con su válvula de pie.
- El equipo hidromecánico bombea de 43lts/seg a 45lts/seg desde la cota 2614.20msnm – hasta la cota 2739.40msnm que se encuentra el tanque rompe presión, en una longitud de 1397 m.



Figura 34 Estación de Bombeo

Fuente: Investigación de Campo realizada G.A.D. Municipal del cantón salcedo; Dirección de Agua Potable y Alcantarillado.

3.3.1. Tuberías

Conjunto de tuberías instaladas bajo tierra desde la estación de bombeo llega al tanque rompe presiones y finalmente a la planta potabilizadora de agua el mismo que fue diseñado según el levantamiento topográfico y trazado definitivo por parte del G.A.D municipal que son los siguientes:

- Fondo del cárcamo de bombeo: 2607.90msnm.
- Cota de terreno en el rompe presiones. 2739.40msnm.
- Descarga en el rompe presiones: 2738.90msnm.

3.3.2. Situación actual del Tanque Rompe Presiones

La tubería de conducción descarga en el tanque rompe presiones que ha sido estratégicamente construido en el barrio Anchiivi con una cota de 2738.00, con su

única función o utilidad de romper la presión del bombeo y permitir la carga de la tubería de conducción a gravedad que hace desde el mismo lugar hasta la planta potabilizadora de agua, el proceso se realiza en forma manual y no se tiene un valor exacto del agua que llega ni el agua que sale.

Las dimensiones del tanque son de 2mx 9mx 60m, cuenta con un vertedero de medida y una tubería de desagüe, como se muestra en la figura 35, además se debe indicar que el rebose de agua es conducido por otra tubería para abastecer de agua a otro proyecto del cantón sin tomar en cuenta el caudal conducido:



Figura 35 Tanque rompe presión

Fuente: Investigación de Campo realizada G.A.D. Municipal del cantón salcedo; Dirección de Agua Potable y Alcantarillado.



Figura 36 Válvulas tanque rompe presión

Fuente: Investigación de Campo realizada G.A.D. Municipal del cantón salcedo; Dirección de Agua Potable y Alcantarillado.

El tanque rompe presión cuenta con una caja de distribución que permite al operador manipular y regular el caudal de salida sin un valor exacto, como muestra la figura siguiente:



Figura 37 Caja de Distribución de Agua

Fuente: Investigación de Campo realizada G.A.D. Municipal del cantón salcedo; Dirección de Agua Potable y Alcantarillado.



Figura 38 Caja de Distribución de Agua

Fuente: Investigación de Campo realizada G.A.D. Municipal del cantón salcedo; Dirección de Agua Potable y Alcantarillado.

3.3.3. Análisis de la situación actual de la planta potabilizadora de agua

El proceso actual de la planta se lo realiza de una forma manual es la recepción desde el tanque rompe presión, cloración, almacenamiento en un solo taque y distribución de agua a los barrios de la parroquia de san miguel de Salcedo que se encuentra construida en el barrio Anchilivi con una altura de 2707,854 msnm, la misma que consta de las unidades: aeración, cloración, y reserva.

La unidad de aireación esta edificada con una tubería de 150 mm de diámetro ubicado de forma vertical para que el agua que llega caiga en las dos torres de 9 charoles cada una, las mismas que son elaboradas de un material de tol perforado, con carbón coke que sirve como lecho, como se visualiza en la figura 9:



Figura 39 Caudal Aireado

Fuente: Investigación de Campo realizada G.A.D. Municipal del cantón salcedo; Dirección de Agua Potable y Alcantarillado.

La cloración se lo realiza de una forma manual, después que pasa el agua por la charola de aireación, llega al tanque de almacenamiento en donde se coloca el cloro en tabletas de acuerdo a la experiencia del operador de la planta, una vez realizado el trabajo, el agua está lista para ser almacenada en tres tanques de cemento y hierro fundido con una capacidad de 700 litros el primer tanque, el segundo de 500litros y el tercero de una capacidad de almacenamiento de 500.

La distribución del agua ya potabilizada se lo realiza de acuerdo a las ocho horas que labora la operadora de la planta, y el único tanque que funciona y distribuye el agua es el de 700 litros, es aquí donde no se tiene un valor exacto del caudal de ingreso almacenamiento y distribución de agua, además no hay un control de calidad del agua clorada.



Figura 40 Tanque de cloración

Fuente: Investigación de Campo realizada G.A.D. Municipal del cantón salcedo; Dirección de Agua Potable y Alcantarillado.

Tabla 25
Elementos existentes en la planta de tratamiento

PLANTA DE TRATAMIENTO		
ELEMENTO	FUNCIÓN	TIPO DE ACCIONAMIENTO
Válvula (350mm)	Conducción	Manual
Válvula (150mm)	Conducción	Manual
Charolas	Aeración	Manual
Tanque	Almacenamiento	Manual

Fuente: Investigación de Campo realizada

3.3.4. Resumen del diagnóstico del estado actual

La estación de bombeo el carrizal de la ciudad de San Miguel de Salcedo administrada por el departamento de agua potable y alcantarillado del G.A.D municipal del Cantón Salcedo, como se pudo detallar en el análisis de cada uno de los procesos que compone la planta potabilizadora de agua bellavista, no posee un sistema de automatización y supervisión en las instalaciones físicas, tienen un deficiente control del agua tanto en la captación, almacenamiento y distribución del agua potable, la administración y operación lo realizan los operadores de acuerdo a su experiencia y datos históricos, por lo que conlleva a una subutilización, deficiente distribución de agua y paras por no existir un cronograma de mantenimiento adecuado, a continuación el resumen del diagnóstico:

Tabla 26
Diagnóstico Actual

ÍTEMS	PROBLEMA	SOLUCIÓN
	➤ No existen equipos de medición.	➤ Realizar un reporte digital de los históricos
Medición y distribución	➤ No se lleva un control de rebose de agua y captación	➤ Realizar estadísticas para verificación de fallas
	➤ No existe un valor exacto de la distribución de agua	➤ Instrumentos de medición de caudal, presión, ph
Personas	El personal realiza su trabajo de acuerdo a su experiencia, no	Capacitar el personal en cuanto a un proceso automático. Validar los

	está capacitado para un proceso industrial automático	procesos de forma automática
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Desconocimiento para realizar un estudio detallado de SCADA 	
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Los equipos están desactualizados 	Deben cambiarse los equipos e instrumentos obsoletos por instrumentos de medición
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ No existen indicadores, sobre la maquinaria 	➤ Debe existir un control automático y manual
Maquinaria e instrumentos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ No existe una comunicación eficiente de la captación, bombeo y planta de tratamiento. 	➤ Debe existir una red sensórica.
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Extremadamente Costoso 	➤ Se debe realizar un mantenimiento preventivo
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Plan de Mantenimiento 	➤ Se debe implementar un sistema que integre la estación de Bombeo y planta de tratamiento para avisar fallas tempranas y dar un mantenimiento adecuado.

Fuente: Datos alcanzados con el estudio

3.3.5. Argumentación de la necesidad de la investigación

3.3.5.1. Tecnológica y Económica

Con la implementación de la tecnología en automatización para trabajar en el sector del agua potable es contar con un proceso de primera calidad y eficiente. Es

lo que brinda un sistema SCADA que supervisará, controlará en tiempo real todos los procesos iniciando desde la captación, bombeo, tanque rompe presión hasta finalmente llegar a la planta potabilizadora de agua, que permitirá una gestión eficiente y aprovechamiento de la misma. Los procesos diseminados como el tanque rompe presión y planta potabilizadora de agua, se pueden controlar mediante estaciones de trabajo a nivel industrial (HMI) que son conectados a sensores y que integran todos los procesos de la planta y los operadores tienen la oportunidad de responder de un modo mucho más rápido y flexible a las fluctuaciones de la demanda y llevar a la práctica esquemas de diagnóstico sumamente efectivos, de esta manera se eliminara casi por completo la intervención del operador para el encendido y apagado de las turbinas y se minimizan las paradas imprevistas. Además al analizar el costo total del proyecto en relación a los beneficios que brinda el sistema SCADA y el apoyo del G.A.D municipal del cantón Salcedo, el proyecto es plenamente factible y justifica invertir el mismo.

3.3.5.2. Social y Ambiental

La optimización del agua es un tema de impacto social y medioambiental dentro del cantón, provincia y a nivel mundial, debido a que el agua es un bien escaso y fundamental para la vida de los seres vivos; por lo que la preservación, conservación y buena utilización del agua es uno de los objetivos sociales del G.A.D municipal del cantón Salcedo. Además, en el aspecto social permitirá que la población del Cantón Salcedo tenga un mejor servicio, abasteciéndose de agua permanentemente sin tener dificultades como cortes, fugas de agua, llegando a

establecer como meta la eficiencia en el servicio de agua; así como a la administración y distribución equitativa a todos los barrios del cantón llegando a las 24 horas de servicio.

Finalmente, la propuesta de implementación del Sistema SCADA contribuirá al cuidado del medio ambiente, dado que al monitorear y controlar el proceso de distribución y captación de agua permitirá también conservar las fuentes de agua llevando un registro digital y monitorear y explorar posibles nuevas captaciones de agua y así evitar la subutilización del líquido vital.

3.3.5.3. Investigaciones relacionadas

Durante los últimos años en el G.A.D Municipal del Cantón Salcedo no se ha realizado ningún tipo de investigación referente al tema planteado, en el área de Automatización que consiste en monitorear y registrar los procesos en las redes de recepción y distribución de agua para minimizar pérdidas de agua y reducir costos de operación, razón por la cual se hace necesario contribuir con el medio ambiente, entidades públicas y privadas y en general en toda la población mediante alternativas de solución y mejoramiento continuo.

3.4. Análisis Económico

En este capítulo analizaremos los resultados de la investigación realizada de la situación actual de la captación, estación de bombeo, tanque rompe presión y planta potabilizadora de agua, para los requerimientos de inversión, costo del sistema, costo de implantación y operación; con estos resultados evaluamos y

cuantificamos los beneficios del sistema y ahorro que ofrecería. Cabe resaltar que los precios detallados son referenciales y corresponden al año 2015.

3.4.1. Costos de inversión en la captación, estación de bombeo, tanque rompe presión y planta potabilizadora de agua.

En la tabla 27 se especifica y estima en forma general los instrumentos de medición: variador de velocidad, rele de sobre carga, contactor, que se detalla en la tabla 38 y mano de obra para los procesos de la planta potabilizadora de agua del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo. A continuación, resumimos los costos correspondientes a la inversión de los diferentes elementos del sistema a implementarse:

Tabla 27
Resumen de costo inversión en la captación de agua

ITEM	DENOMINACIÓN	COSTO \$
1	Compra de Equipos de instrumentación y materiales de control Automático	60.000
2	Contratación de Mano de obra para instalación de instrumentos y materiales de control.	10.000
COSTO TOTALES DE INVERSIÓN		70.000

Fuente: Investigación de Campo

Tabla 28
Resumen de costo inversión estación de bombeo

ITEM	DENOMINACIÓN	COSTO
1	Compra de Equipos de instrumentación y materiales de control Automático	95.000
2	Contratación de Mano de obra para instalación de instrumentos y materiales de control.	5.000
COSTO TOTALES DE INVERSIÓN		100.000

Fuente: Investigación de Campo.

Tabla 29
Resumen de costo inversión tanque rompe presiones

ITEM	DENOMINACIÓN	COSTO
1	Compra de Equipos de instrumentación y materiales de control Automático	26.000
2	Contratación de Mano de obra para instalación de instrumentos y materiales de control	4.000
COSTO TOTALES DE INVERSIÓN		30.000

Fuente: Investigación de Campo

Tabla 30
Resumen de costo inversión planta potabilizadora

ITEM	DENOMINACIÓN	COSTO \$
1	Compra de Equipos de instrumentación y materiales de control Automático	92.000
2	Contratación de Mano de obra para instalación de instrumentos y materiales de control	8.000
COSTO TOTALES DE INVERSIÓN		100.000

Fuente: Investigación de Campo

3.5. Resumen de costo totales de inversión del Proyecto

A continuación, presentamos el resumen del costo total inversión del proyecto implementación de un sistema Sacada para el sistema de agua potable del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo.

Tabla 31
Resumen de costos de inversión totales del proyecto

ÍTEM	DENOMINACIÓN	COSTO
1	Captación de Agua	70.000
2	Estación de Bombeo	100.000
3	Tanque rompe presiones	30.000
4	Planta Potabilizadora	100.000
TOTAL		300.000

Fuente: Investigación de Campo

El presupuesto de inversión para la PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN CUANTO A LA CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo, está con un monto referencial de **USD 300.000 TRECIENTOS MIL DÓLARES AMERICANOS.**

3.5.1. Costos de operación proyectados

Los costos de ejecución proyectada al momento de implantar la propuesta está enmarcados al costo de componentes, elementos, costo de mano de obra y costo por remuneración de operadores son:

3.5.1.1. Costo por consumo de energía eléctrica en el sistema

La energía eléctrica a utilizar en la captación de agua, estación de bombeo, tanque rompe presiones y planta potabilizadora consumirán al mes por consumo de equipos de comunicaciones y control automático se detalla:

El consumo proyectado por todo el proceso es de 5000 KW/h al mes equivalente a **USD 0.09** de costo mensual considerando captación, bombeo, tanque rompe presión nos da un total de **USD 450 mensuales.**

3.5.1.2. Costo por remuneración de operadores

Para la operación del sistema se tiene proyectado la contratación de 2 operadores que tengan título de ingeniería a fin, esto para trabajar en 2 turnos de 12 horas y cubrir las 24 horas del día de la vigilancia y operación del sistema desde la central de control siempre presente y disponible.

Además, es necesario un convenio con una empresa que brinde el servicio de sistemas SCADA para el mantenimiento del sistema a nivel de software, este se desarrollara mediante un cronograma mensual estipulados en el manual. El sueldo promedio que podría ganar un técnico es de **USD 1.200**

En total se tendrá un costo por la contratación de los 3 técnicos a cargo de la central de control de **USD 3600.00** mensuales.

En total el costo de operación proyectado para el sistema al momento de su implementación es de:

$$= (450+3600) \times 12 = \quad \mathbf{USD 4.050 \text{ mensual;}}$$

$$\mathbf{USD 48,600 \text{ anuales.}}$$

3.6. Situación económica actual y proyectada

3.6.1. Situación económica actual

Hasta el 2015 se tiene registrados un número de conexiones de agua 5.400 de las cuales el 95% son residenciales y el 5% son comerciales en la parroquia San Miguel; a continuación realizamos la diferencia entre el valor producido y el valor recaudado y esto nos dará las pérdidas generales del sistema, lo dividimos para el valor producido lo multiplicamos por 100 y nos dará el porcentaje de pérdidas del sistema de captación (cabe indicar que los datos son los valores solo en el proceso de captación y bombeo).

$$\text{Porcentaje de pérdidas (\%)} = ((m3 \text{ producidos} - m3 \text{ vendidos}) / m3 \text{ producidos}) \times 100$$

$$((874.800\text{anual} - 327.180\text{m}^3) / \text{m}^3 \text{ producidos}) \times 100$$

$$\text{Porcentaje de pérdidas (\%)} = 62.5\% \text{ anual}$$

Se ha percatado que en el departamento de agua potable del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo, no cuenta con un control o registro de agua no contabilizada, ya que del 100% de producción solo se utiliza 37.5%, ya que diariamente se bombea 9 horas y el resto de tiempo se envía el agua al río Yanayacu, es por eso que este proyecto se justifica en principio ya que se podrá tomar decisiones sobre el funcionamiento del sistema y serán la base para ejecutar las acciones de gestión y control de pérdidas con la finalidad de alcanzar una mayor eficiencia al alcanzar las 24 horas de bombeo.

Tabla 32
Tarifas diferenciadas de precios por metro cúbico de agua

PRECIOS		
Tarifa residencial medida por servicio de agua	USD / m ³	0.016
Tarifa residencial por servicio de alcantarillado	USD/ m ³	30%
Tarifa Industrial medida por servicio de agua	USD / m ³	0.75

Fuente: Investigación de Campo

Para el cálculo que más adelante se realizaran, se tomara como referencia USD **1.60x10m³** por 10m³ ya que los mismos directivos nos han informado ese valor de consumo básico que se ha determinado en base al total de recaudaciones por parte del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo.

En el 2015 se recaudó un total de **327,180 m³** a esto lo multiplicamos por el valor medio (USD 1.60) nos da aproximadamente **USD 523.488** que ingresaron a caja en el 2015.

Cogiendo así mismo la facturación promedio por m³ de agua potable de U\$S 1.60x10m³, y la multiplicamos por los **524.880m³** de agua que no fueron facturados en el 2015, nos da un valor de **USD 839.808** de pérdidas financieras, cabe mencionar que este rubro es solo del valor desperdiciado en la captación.

3.6.1.1. Fugas y desbordamiento en la captación, subutilización en el bombeo, tanque rompe presión, tanques de almacenamiento y distribución.

Los desbordamientos en tanques se ha estimado en unos 36 m³ por mes (432 m³ anuales) lo que nos da un total de **USD 692** de pérdidas anuales, esto sucede porque hay períodos que existe un desborde en el sistema captación 3 cada semana y en la estación de bombeo se ha estimado en unos 524.880m³ al año lo que nos da un valor de **USD 839.808** de pérdidas financieras debido a que no hay un control de agua en la estación bombeo ya que a partir de las nueve de la noche deja de funcionar el sistema, y toda el agua se va al río Yanayacu todos los días.

3.6.1.2. Fugas y desbordamiento en los tanques de almacenamiento y distribución.

Los desbordamientos en la captación y tanques ya no existirán debido al control de nivel automático del tanque de captación y estación de bombeo por lo

que se tendrá una disminución del 1.8% al 2.0%, lo que significa un ahorro anual de **USD 97,200.00**.

3.6.2. Sumatoria de ahorros por disminuciones de pérdidas reales

Con todo esto podemos cuantificar el porcentaje de ahorro por disminución de pérdidas que traerá el sistema de automatización, esto es:

Tabla 33
Ahorro por disminución de pérdidas reales

AHORRO	TOTAL USD
En fuga y desbordamientos en la Captación, Estación de Bombeo	97.200
En sistema de bombeo las 24 horas	839.808
TOTAL	937,008

Fuente: Investigación de Campo

De los 524.880 m³ de agua no contabilizada (USD 839.808) equivale a una recuperación del:

$$\text{Recuperación} = (135000 / 839.808) \times 100 = 17 \%$$

Lo que conlleva a una disminución del índice de agua contabilizada del 34 % a un valor proyectado de 17%, en otras palabras se reduce a la cuarta parte del actual.

3.7. Costos operativos actuales en los tanques de reserva y estaciones de bombeo

Los costos de operación directos son equivalentes a gastos en personal de operación encargado de las estaciones de bombeo y planta potabilizadora de los cuales se puede determinar un valor de:

$$\text{Remuneración de operadores} = \text{USD } 800 \times 6 \times 12 = \text{USD}$$

57.600 al año (USD 4800 mensuales).

Equivalente al sueldo promedio (800 dólares mensuales) acumulado en un año de 6 trabajadores que se dedican a la operación de la estación de bombeo y planta potabilizadora. Con la implantación de este proyecto todos estos costos serían cero es por esto que en total se ahorraría los siguientes costos de operación directos son:

Tabla 34
Ahorro por disminución de costos de operaciones

AHORRO	TOTAL
Remuneración de Operadores	57.600
TOTAL	57.600

Fuente: Investigación de Campo

3.7.1. Recuperación de costos de producción por reducción de Sistema Scada

Al corte del 2015 se tiene los siguientes parámetros económicos:

- Volumen de agua producida (m3): 874.800
- Volumen de agua vendida (m3): 327.180
- Tarifa base (USD/m3): 1.60 x 10m3 tarifa básica
- SCADA: USD 300,000.00
- Agua no contabilizada: 62%.
-

3.7.2. Resumen del beneficio total con el sistema implantado

Sumando los ahorros por año por la disminución proyectada de pérdidas y costos de operación se tienen la siguiente tabla de sumatoria.

Tabla 35
Resumen de ahorros con la implantación del proyecto

AHORRO ANUAL	TOTAL
Por disminución de pérdidas reales	937.008
Por disminución de costos de operación	57.600
TOTAL	994.608

Fuente: Investigación de Campo

3.7.3. Análisis Financiero

Para comparar este tipo de proyectos se recomienda un periodo no menor a 2 años, tanto por el costo de inversión como por la aplicación de este a la optimización del agua potable las 24 horas del día.

El análisis financiero se lo resume en la tabla 35, aquí se incluyen los costos de inversión, al igual que los costos de operación. Se toma en cuenta los ingresos por la implantación de este proyecto a la dotación de agua potable las 24 horas del día. Los ingresos son considerados como beneficios cuantitativos que tienen que ver con la utilización, distribución adecuada del agua potable. Además, con el sistema de automatización SCADA se tiene beneficio añadido en la reducción de personal de operación de la estación de bombeo y planta potabilizadora ya que solo tres personas se encargarán del monitoreo y control automático desde el central de control.

3.7.4. Prueba de Hipótesis

En nuestro proyecto necesitamos saber si la Implementación de un Sistema SCADA mejorará la toma de decisiones en la captación y distribución de agua potable.

Variables de tipo ordinal.

f_o = frecuencia de observación

f_e = frecuencia esperadas

$$x^2 = \frac{(fo - fe)^2}{fe}$$

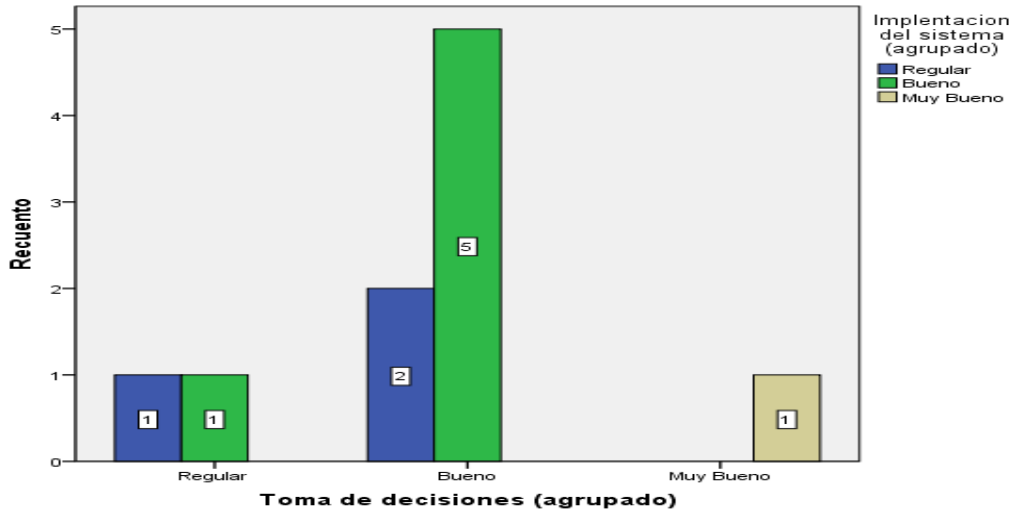


Figura 41 Implementación del Sistema

Fuente: Encuestas dirigida a técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo

a) Planteamiento de hipótesis

Ho: La implementación de un sistema SCADA no mejorará la toma de decisiones en la captación de agua. (Por técnicos especialistas)

H1: La implementación de un sistema SCADA si mejorará la toma de decisiones en la captación de agua. (Por técnicos especialistas).

b) Nivel de significación alfa=0,05 de cometer Error tipo I

Se elige un nivel de significancia del 5% esto implica que existe un nivel de confianza del 95 % por tanto para la aplicación de esta prueba de hipótesis con variables ordinales se aplica el estadístico ji-cuadrado.

Es necesario indicar que tener un 5% de significancia es tener una probabilidad del 5% de cometer un error tipo I “rechazar la hipótesis alternativa siendo esta verdadera”. Como la probabilidad es del 0,05 es muy difícil de cometer este error tipo I, que es lo que tratamos de evitar en nuestro estudio.

Grados de libertad (gl)

nc: número de columnas

nf: número de filas

$$gl = (nc-1) (nf-1)$$

$$gl = (3-1) (3-1)$$

$$gl = 4$$

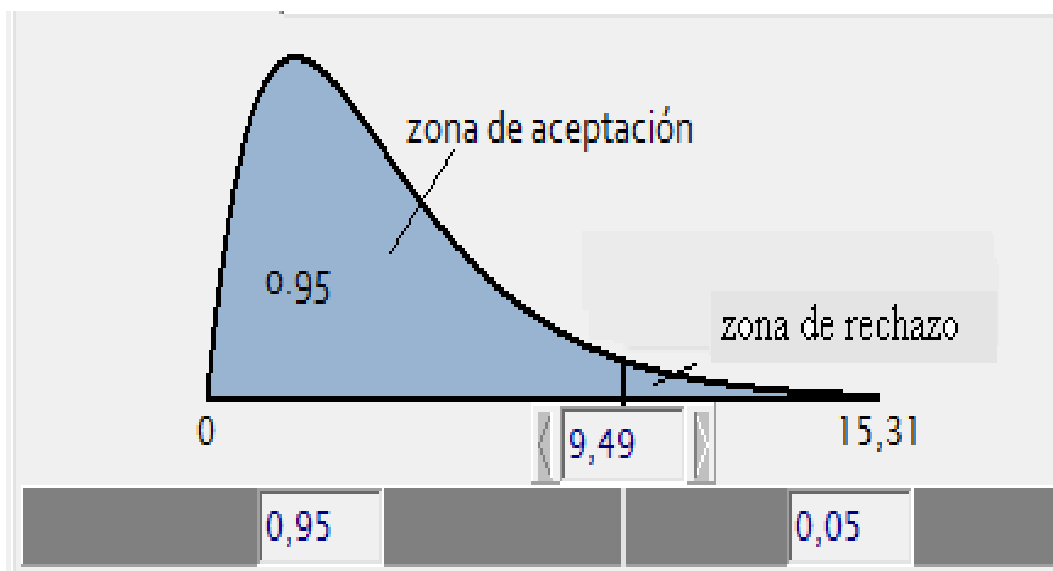


Figura 42 Zona de Aceptación

Fuente: Encuestas dirigida a técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo

Tabla de la distribución Chi-cuadrado

g=grados de libertad p=área a la derecha

El valor χ de la tabla cumple que para χ es chi-cuadrado con g grados de libertad $P(X > \chi) = p$

g	p										
	0.001	0.025	0.05	0.1	0.25	0.5	0.75	0.9	0.95	0.975	0.999
1	10.827	5.024	3.841	2.708	1.323	0.455	0.102	0.018	0.004	0.001	0
2	13.915	7.378	5.991	4.605	2.773	1.398	0.575	0.211	0.103	0.051	0.002
3	16.200	8.948	7.815	6.251	4.108	2.366	1.213	0.584	0.352	0.210	0.024
4	18.468	11.143	9.488	7.779	5.385	3.357	1.923	1.064	0.711	0.494	0.091
5	20.515	12.832	11.07	9.236	6.626	4.351	2.675	1.61	1.145	0.831	0.21
6	22.457	14.449	12.592	10.845	7.841	5.348	3.455	2.204	1.635	1.237	0.381
7	24.321	16.013	14.067	12.017	9.037	6.346	4.255	2.833	2.187	1.89	0.569
8	26.124	17.535	15.507	13.362	10.219	7.344	5.071	3.49	2.733	2.18	0.857
9	27.877	19.023	16.919	14.684	11.388	8.343	5.889	4.168	3.325	2.7	1.152
10	29.588	20.483	18.307	15.987	12.549	9.342	6.737	4.865	3.94	3.247	1.479
11	31.284	21.92	19.675	17.275	13.701	10.341	7.584	5.578	4.575	3.816	1.834
12	32.909	23.337	21.028	18.549	14.946	11.34	8.438	6.304	5.228	4.404	2.214
13	34.527	24.736	22.362	19.812	16.204	12.34	9.289	7.041	5.892	5.008	2.617
14	36.124	26.118	23.685	21.064	17.117	13.339	10.165	7.79	6.571	5.628	3.041
15	37.698	27.488	24.998	22.307	18.245	14.339	11.037	8.547	7.261	6.282	3.483
16	39.252	28.845	26.298	23.542	19.389	15.338	11.912	9.312	7.962	6.968	3.942
17	40.791	30.191	27.587	24.766	20.489	16.338	12.792	10.085	8.672	7.584	4.416
18	42.312	31.528	28.869	25.989	21.605	17.369	13.675	10.865	9.39	8.231	4.905
19	43.819	32.852	30.144	27.204	22.718	18.338	14.562	11.651	10.117	8.907	5.407
20	45.314	34.17	31.41	28.412	23.828	19.337	15.452	12.443	10.851	9.591	5.921
21	46.798	35.479	32.671	29.615	24.935	20.337	16.344	13.24	11.591	10.283	6.447
22	48.288	36.781	33.924	30.813	26.039	21.337	17.24	14.041	12.338	10.982	6.983
23	49.728	38.078	35.172	32.007	27.141	22.337	18.137	14.849	13.091	11.699	7.529
24	51.179	39.364	36.415	33.196	28.241	23.337	19.037	15.659	13.848	12.431	8.085
25	52.619	40.646	37.652	34.382	29.339	24.337	19.939	16.473	14.611	13.12	8.649
26	54.051	41.923	38.885	35.563	30.435	25.336	20.843	17.292	15.379	13.844	9.222
27	55.475	43.195	40.113	36.741	31.528	26.336	21.749	18.114	16.151	14.573	9.803
28	56.892	44.461	41.337	37.918	32.62	27.336	22.657	18.939	16.928	15.308	10.391
29	58.301	45.722	42.557	39.087	33.711	28.336	23.567	19.768	17.708	16.047	10.986
30	59.702	46.979	43.773	40.256	34.8	29.336	24.478	20.599	18.493	16.791	11.588

Figura 43 Tabla de Distribución

Fuente: Encuesta dirigida a técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo

c) Determinación del estadístico

Tabla 36

Tabla de contingencia Toma de decisiones (agrupado) * Implementación del sistema (agrupado)

Tabla de contingencia Toma de decisiones (agrupado) * Implementación del sistema (agrupado)

			Implementación del sistema (agrupado)			Total
			Regular	Bueno	Muy Bueno	
Toma de decisiones (agrupado)	Regular	Recuento	1	1	0	2
		Frecuencia esperada	,6	1,2	,2	2,0
	Bueno	Recuento	2	5	0	7
		Frecuencia esperada	2,1	4,2	,7	7,0
	Muy Bueno	Recuento	0	0	1	1
		Frecuencia esperada	,3	,6	,1	1,0
Total		Recuento	3	6	1	10
		Frecuencia esperada	3,0	6,0	1,0	10,0

Fuente: Encuestas dirigida a técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo.

Tabla 37
Pruebas de chi-cuadrado

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	10,357 ^a	4	,035
Razón de verosimilitudes	6,811	4	,146
Asociación lineal por lineal	2,793	1	,095
N de casos válidos	10		

Nota: a. 9 casillas (100,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,10.

Fuente: Encuestas dirigida a técnicos del G.A.D Municipal del Cantón Salcedo

d) Decisión

Como $0.035 < 0.05$ zona de rechazo, acepto la hipótesis alternativa y rechazo la hipótesis nula

e) Conclusión

Al nivel de significancia del 5% hay evidencia para concluir que la implementación de un sistema SCADA mejorara la toma de decisiones en la captación de agua.

3.8. Conclusiones de la Entrevista

- De acuerdo a las visitas de campo realizadas y evaluando la situación actual del proceso de comunicación de la captación, estación de bombeo y planta potabilizadora; se observó que el control de operación se realiza de forma manual en la mayoría de los procesos, por lo que se concluye que un sistema de automatización, es necesario con el fin de optimizar el control de operaciones para la toma de decisiones en tiempo real y minimizar las paradas imprevistas.
- La situación actual denota que para la toma de decisiones sólo se cuenta con la experiencia del personal que ha operado la planta durante años. Además, existen pérdidas de volumen por: fugas de agua en la captación, mal estado de las tuberías, ausencia de componentes idóneos en sistemas de monitoreo y control, falta de estrategias de operación automatizadas, ausencia de catastros.

3.9. Recomendaciones de la Entrevista

- Una solución vendría a ser un sistema de comunicación industrial que son conectados a sensores que integran la captación, estación de bombeo, tanque rompe presión y planta potabilizadora de agua, de forma que permiten gestionar los recursos de una forma uniforme, detectando y minimizando las fugas de agua. El creciente uso de la tecnología para gestionar eficientemente estos sistemas favorece, en gran medida al ahorro económico y dotación de agua las 24 horas.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA EN MEJORA DE LA TOMA DE DECISIONES EN CUANTO A LA CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

4.1. Justificación

En este capítulo se analizó la información de acuerdo a la observación en la captación, estación de bombeo y planta potabilizadora de agua, la ausencia de un sistema de comunicación y procesos de automatización, puesto que la mayoría de procesos realizados son de forma manual lo que genera que su funcionamiento no sea el óptimo, no muestran avance lo que trae como resultado pérdidas de tiempo, subutilización de agua y pérdidas económicas.

Por lo referido se procedió a realizar un estudio de implementación capaz de automatizar los procesos de captación y distribución de agua, gracias al uso eficaz de un sistema SCADA, de tal forma que simplifique, reduzca y facilite los costos de operación y mantenimiento del sistema de captación y distribución de agua y principalmente optimicen el servicio de agua potable las 24 horas para la población del centro de la ciudad de Salcedo y proyectarse el servicio a todo el Cantón.

4.1.1. Optimización de la calidad del proceso

La principal característica para tener procesos óptimos, monitoreados y funcionales en el campo del agua potable es inmiscuirse en el área de automatización y que mejor los sistemas SCADA. Esta aplicación de software diseñada con el propósito de controlar y supervisar procesos a distancia para resumir el proceso de forma automática desde una central monitoreada y comunicada por fibra óptica a un computador de forma que permita administrar eficientemente los recursos.

4.1.2. Diseño e Ingeniería

Para el desarrollo de una ingeniería adecuada, fue de mucha importancia el diagnóstico realizado en la captación, estación de bombeo, tanque rompe presión y planta potabilizadora de agua, para la selección correcta de elementos y componentes para su implementación, teniendo en cuenta la seguridad, confiabilidad y garantía.

4.1.3. Operación

El sistema SCADA presenta una innumerable posibilidad de operación ya que integra el funcionamiento de todo el sistema, de este modo el operador u operadores deberá estar instruido sobre el funcionamiento ya que el modo de operación, está destinado al transporte, bombeo, cloración y distribución de agua, desde el tanque de captación hasta la tubería de distribución de agua del cantón Salcedo donde se podrá monitorear y operar en tiempo real y se minimizaran las

paradas imprevistas, pérdidas y subutilización de agua, independientemente que sea desde la central o de una pantalla HMI.

4.1.4. Mantenimiento

El mantenimiento se lo efectúa mediante un cronograma de actividades previamente autorizados que dependiendo el mismo se aplicara un mantenimiento preventivo o correctivo que permite identificar, analizar y suprimir más rápido las fuentes que causan problemas, incluso sin interrumpir el servicio de agua potable del cantón.

4.2. Objetivos

4.2.1. Objetivo General

Realizar el estudio de “Implementación de un Sistema SCADA que controle y monitoree la captación, estación de bombeo y planta de tratamiento de agua del cantón Salcedo para la toma de decisiones en cuanto a la captación y distribución de agua potable”.

4.2.2. Objetivos Específicos

- Analizar la información detallada de la captación, estación de bombeo y planta de tratamiento.
- Diseñar una ingeniería de la captación, estación de bombeo.
- Definir los elementos a utilizarse dentro de la ingeniería de procesos.

4.3. Fundamentación

En este tipo de red industrial se utilizará el tipo Siemens que vuelve a sorprender con una nueva versión del software que pretende integrar todos nuestros equipos en un solo software, la integración total de la automatización, esta vez lanza su nueva versión Tia Portal 13 (v13) , esta es la sucesora de la versión 12, la cual traiga como novedad al s7-1500; ahora con esta nueva versión se termina de pulir algunos temas, y en esta versión también se aprovecha de cerrar algunas vulnerabilidad que se venía arrastrando de la anterior versión y se aprovecha el pánico también para lanzar nuevos firmware y módulos junto con esta nueva versión, a continuación les presente un resumen digerido de todos los cambios que trae esta nueva versión Tia Portal v13. (Siemens, 2015)

- Se actualizan todos los software de Tia Portal, es decir que ahora existe también WinCC v13 (SCADA), Startdrive v13 (Drives) y Wincc Basic v13 (HMIs).
- Aunque suene raro ahora se puede tener instalado en una sola maquina las siguientes versiones al mismo tiempo: Tia portal v11, Tia portal v12, Tia portal v13, Wincc v 13, Wincc v 7.0 SP2 o superior, Step 7 v5.5, Step 7 5.4 y Wincc Flexible 2008.
- Tia portal versión 13 ahora brinda la posibilidad de trabajar a varias personas en un mismo proyecto, es decir cooperativamente; se ve muy prometedora esta nueva funcionalidad especialmente con el s7-1500 que permitida hasta 5 usuarios estar conectados monitoreando y

controlando al mismo CPU en paralelo. Habrá que ver que tan optimizado es la nueva función, para que no se tenga los cierres inesperados como se tenían en la versión 12. (Siemens, 2015)

- Al realizar las copias de seguridad o backups ahora también permite guardar los valores que se tenían en el momento de realizar la recuperación; también indica que será posible realizar copias de seguridad de proyectos completos en un proyecto nuevo que nosotros creemos en nuestra estación de PLC de la línea (S7-300/S7-400, S7-1200 firmware versión 4 y S7-1500).
- Se termina con el soporte para Windows XP, pero ahora Tia Portal v13 es compatible con Windows 8.1; una sorpresa bastante grande ya que Siemens no se da cuenta que existen bastantes Field PGs con windows XP aun instalado, y no podrán instalar esta versión 13 de Tia Portal.
- Ahora se recomienda que el hardware donde se instale Tia Portal 13 sea de 64 bits, en parte debe ser por la recomendación de que el equipo donde se vaya a usar tenga 8 GB de ram recomendado, lo cual lo veo muy mal, porque cada vez van subiendo los requisitos del hardware con cada versión, en vez de ir optimizando su software para que siga corriendo en las portátiles Siemens que se vendieron hace tiempo, es como si quisiera que todos migren a las Field PG M4 con SSD.
- Los PLC s7-1500 y S7-1200 (firmware versión 4) ahora permiten trabajar con los tipos de datos (variables) de 64 bits WChar/WString .

- Virtualización soportada ahora se amplía a los siguientes software de virtualización: VMware vSphere Hypervisor (ESXi) 5.5, VMware Workstation 10, VMware Fusión 6.0 , VMware Player 6.0 y Windows Server 2012 R2 Hyper-V.

4.4. Estructura de la Propuesta

4.4.1. Propuesta

Detectada la inexistencia de sistemas de automatización en los procesos de captación, bombeo, tanque rompe presión y una incomunicación con la planta potabilizadora de agua para informar fallas (olvido del operador abrir válvulas), se utilizará un sistema SCADA, de tal forma que a través de los componentes ya seleccionados como son sensores, actuadores, variadores y fibra óptica, controlara y monitoreara los procesos para la toma de decisiones en cuanto a la captación y distribución de agua evitando el desperdicio y subutilización del líquido vital obteniendo un alto rendimiento del sistema y poder llegar a una dotación de servicio las 24 horas.

4.4.2. Red instrumentación

Se han identificado los equipos necesarios para la medición de caudal, nivel, presión y tableros de control y arranque. Para todo esto se han definido la marca, el estado y capacidades.

Para realizar el diseño del sistema de adquisición de datos, se asignarán instrucciones en TIA PORTAL se utiliza el lenguaje de programación ladder o escalera, es una herramienta de tipo gráfico basado en esquemas de control

clásicos. Para asignar instrucciones se usan elementos contactos, bobinas, temporizadores, contadores y bloques con funciones especiales como algoritmos PID, funciones de transferencia funciones matemáticas, tomando en cuenta las necesidades del G.A.D MUNICIPAL DEL CANTÓN SALCEDO.

Entre las principales funciones del uso de los sensores dentro del proceso de líneas de distribución son:

1. Medición de Flujo Instantáneo
2. Medición de Nivel Dinámico con Detección de Nivel máximo y mínimo
3. Apertura y cierre de válvulas (servovalulas)
4. Medición de la presión de entrada
5. Medición de la presión de salida de la estación de bombeo y planta potabilizadora de agua.

4.5. Diseño de la red para conectividad de equipos

Se tienen dos lazos de control principales, el lazo 1 ubicado en la estación de Bombeo, y el lazo de control 2 ubicado en el tanque rompe presiones, también abarca los lazos tanque de distribución los mismos equipos están ubicados de la manera

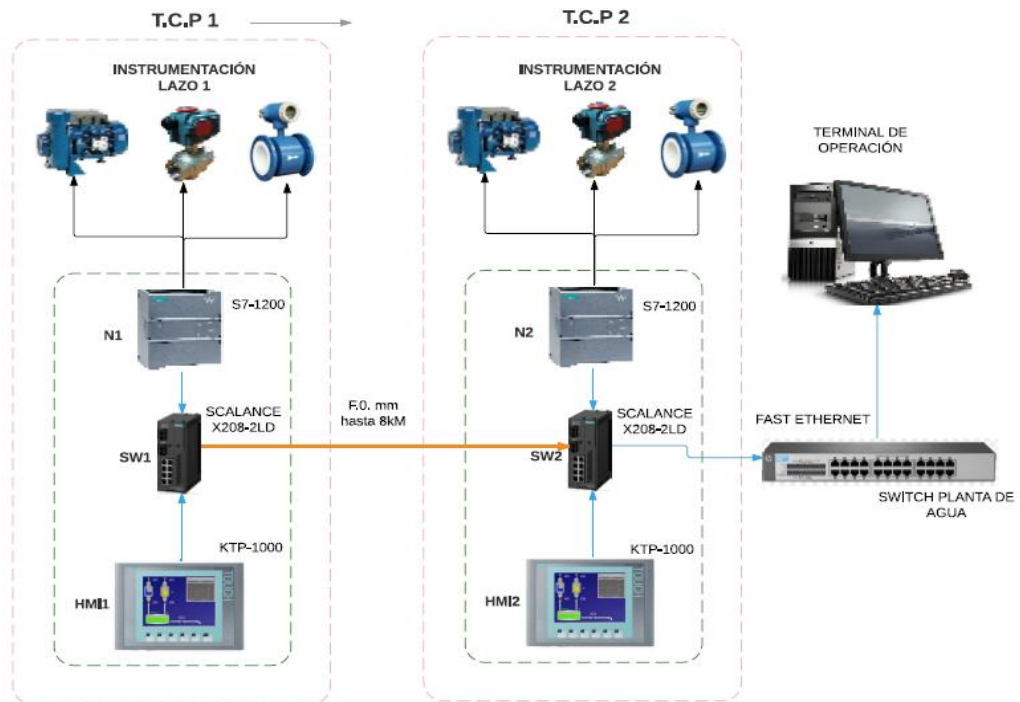


Figura 44 Diseño de la red Sistema SCADA

Fuente: Investigación realizada.

Los tableros de control principal 1 y 2 (T.C.P 1 Y 2) están separados por 1300m, por lo que para la integrar la adquisición de las señales de lazo de instrumentación 1 es necesario conectar controlador N 1 a la red del controlador, por lo que se considera el tendido de fibra óptica monomodo con una distancia máxima de 8km.

Toda la red de los equipos en el segmento de red 192. 168. 0.0 con máscara de 24 bits el direccionamiento IP se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 38
Direccionamiento IP

EQUIPO	IP ASIGNADA
N1	192.168.0.1
HMI1	192.168.0.2
N2	192.168.0.3
HMI2	192.168.0.4
TERMINAL DE OPERACIÓN	192.168.0.5
GATE WEY	192.168.0.254

Fuente: Investigación realizada

En el entorno de programación TIA PORTATIL V13.0 se configuran las direcciones de red de los equipos, el diseño de la red es escalable, fácilmente expandible, integrable y ajustable a las necesidades de la administración del sistema, el proyecto tiene una vista tipo árbol donde se permite programar la lógica de control de los PLCs y HMIs

4.5.1. Software

En este proyecto se utilizó un controlador lógico programable (PLC) S7-1200 marca SIEMENS, el mismo ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas 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, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, conformando así un potente PLC.

4.5.2. Equipos necesarios para el diseño

De acuerdo al estudio realizado se ha determinado que los equipos a utilizar son los siguientes:

Tabla 39
Equipos y costos para el diseño

ITEM	CANTIDAD	DESCRPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	2	SIMATIC Basic Panel KTP1000, PN pantalla STN 256 colores de 10,4", táctil y con 8 teclas de función. Con interfaz PROFINET / Industrial Ethernet. Panel para funciones básicas en aplicaciones simples y de máquina. Configurable con software TIA PORTAL WinCC V11 Basic o superior	\$3420,00	\$6840,00
2	2	PLC S7-1200, CPU 1214C AC/DC/RLY, alimentación 110/220VAC. Incorpora 14 DI a 24 VDC, 10 DO tipo relé, 2 AI (0-10VDC), memoria 75KB. Con puerto de	750,00	1500,00

		comunicación Profinet /		
		Industrial Ethernet RJ45		
		10/100Mbps.	545,00	2180,00
3	4	SM1223 Módulo de señal de 16DI a 24VDC / 16DO tipo relé		
4	3	SM1232 Módulo de señal de 4 salidas analógicas. Configurables como V/mA	2175,00	725,00
5	1	Variador de velocidad Danfoss 37Kw, 220 Vac, con teclado de configuración incorporado, frenado CD	30375,00	30375,00
6	1	Relé de sobrecarga electrónico regulable,50 hasta 200 amperios	325,00	325,00
7	1	Contactador Siemens 185A AC3, bobina a 220 VAC	720,00	720,00
8	1	Variador de velocidad Siemens 10hp	1120,00	1120,00
9	1	Guardamotor Siemens regulable de 23-80 amperios	143,54	143,54

10	1	Contactador Siemens 185A AC3, bobina a 220 VAC	101,45	101,45
11	21	Contactores 12 AC3, bobina 120 VAC	35,00	735,00
12	21	Guardamotores 7.0-10.0A	65,00	1365,00
13	1	Breaker de caja moldeada, regulable 100-250 amperios	351,00	351,00
14	1	Breaker de caja moldeada, regulable 40-100 amperios	300,00	300,00
15	1	Borneras de paso para cable #12 AWG, borneras de tierra, fusibles, portafusibles, terminales para crimpar, elementos de conexión, canaleta, amarras	700,00	700,00
16	30		4,50	135,00
17	8	Metros de cable profinet, cat 5E, blindado	39,50	316,00

18	2	Conectores Profinet RJ-45 blindados, robusto, Industrial Ethernet	257,00	514,00
19	2	CSM1277 Switch Industrial Ethernet no gestionado, formato SIMATIC S7-1200, con 4 puertos RJ45 10/100Mbps	48,50	97,00
20	2			
21	1	Barra de cobre 1/2"x1/8, 275 A	589,00	1178,00
		Fuente SITOP, 24 Vdc, 20 A	650,00	650,00
22	1	Gabinete metálico 250A, 0.6m de ancho, 2m de alto, 0.5m, con pintura antiestática, resistente al polvo, norma IP54	450,00	450,00
23	2	Gabinete metálico 100A, 0.6m de ancho, 1m de alto, 0.5m, con pintura antiestática, resistente al polvo, norma IP54	145,00	290,00
24	100	Supervisores de tensión 160-		

		250 Vac, salida 1NO/NC contacto conmutado	5,50	550,00
25	8000			
26	1200	Metros de cable 2AWG, para acometida al tablero de Clorificación y Distribución, 3F+N+GND	0,65	5200,00
27	400	Metros de cable #12 AWG	5,80	6960,00
28	1200	Metros de cable blindado para instrumentación, 3x18 AWG	5,55	2220,00
29	1	Tubos de PVC, 2"	6,80	8160,00
30	6	Metros de cable de control 7x18 AWG	2600,00	2600,00
31	6	Obra civil para ducteria PVC, 1200 Metros desde tanque de captación hasta tanque de bombeo	35,00	210,00
32	8000		135,00	810,00

Sensores de nivel conductivo

33	20	Relés controladores de nivel Zelio RM35L, rango de medición alto y bajo	0,45	3600,00
34	1	Metros de cable #16AWG, para alimentación y sensado de instrumentos de campo	13,90	278,00
35	4	Metros de cable #1/0AWG, conexión de la bomba con las protecciones	300,00	300,00
36	10800	Luces Piloto, pulsadores metálicos, Schneider Electric, cajas de paso, prensacables, Ventiladores de refrigeración para el tablero de Control Metros de cable #4x12AWG, para las válvulas que se encuentran en los tanques de distribución	125,00 1,85	500,00 19980,00
TOTAL				103.928,99

ITEM	CANTIDAD	DESCRPCIÓN	C. UNITARIO	COSTO TOTAL
1	1	ANÁLISIS DE INGENERÍA EN IMPLEMENTACIÓN	\$5.000,00	\$5.000,00

Tabla 40
Costos

TOTAL COSTO DEL SISTEMA CON TENIDO DE FIBRA ÓPTICA		\$135.324,82		
TOTAL COSTO DEL SISTEMA USANDO LA RED DEL PROVEEDOR DE INTERNET		\$108.928,99		
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	C. UNITARIO	COSTO TOTAL
1	2	SCALANCE X204-2, switch gestionado, con 4 PUERTOS RJ45 10/100Mbps y 2 puertos para fibra óptica Monomodo 100Mbps. Posibilidad de alimentación redundante, diagnóstico vía LED, contacto de señalización de fallo con	\$1900,00	\$3800,00

		pulsador SET		
2	1	Servicio de fusión de fibra óptica (8 hilos), pigtails de FO mm, Organizador de FO, ciudad de Salcedo	1480,00	1480,00
3	1850	Metros de fibra óptica monomodo, 1Gbps, 8 hilos, para interiores	7,85	14522,50
4	700	Tubos de PVC para ducto 2"	5,80	4060,00
5	1	Obra civil para tendido de FO y ductería, a 25 cm de profundidad	2533,33	2533,33
			TOTAL	26.395,83

Fuente: Investigación de Campo

4.6. Desarrollo de la propuesta: Operación del Sistema de Control para bombeo y distribución de agua potable del cantón Salcedo

El presente manual describe el modo de operación del sistema automático para el transporte que inicia desde la captación y finaliza en la planta potabilizadora de agua, donde todas las variables son leídas con rapidez a través de sensores que deben ser conectados en una red industrial de fibra óptica.

El objetivo principal de este sistema, es el bombeo y distribución de agua para el cantón Salcedo, desde el sistema de captación hasta los tanques de distribución,

además el sistema de control se ajusta a la demanda de los pobladores del cantón Salcedo. A continuación, se describe el modo de operación automático:

4.6.1. Modo de operación automático

Este modo de operación, está destinado al transporte al bombeo, cloración y distribución de agua, desde el reservorio del tanque de captación hasta la tubería de distribución de agua del cantón Salcedo.

4.6.2. Acceder a la pantalla modos de operación

El primer paso para acceder al modo de operación en caso de que se esté en la pantalla de presentación es dar clic índice sobre el botón “INGRESO AL SISTEMA”

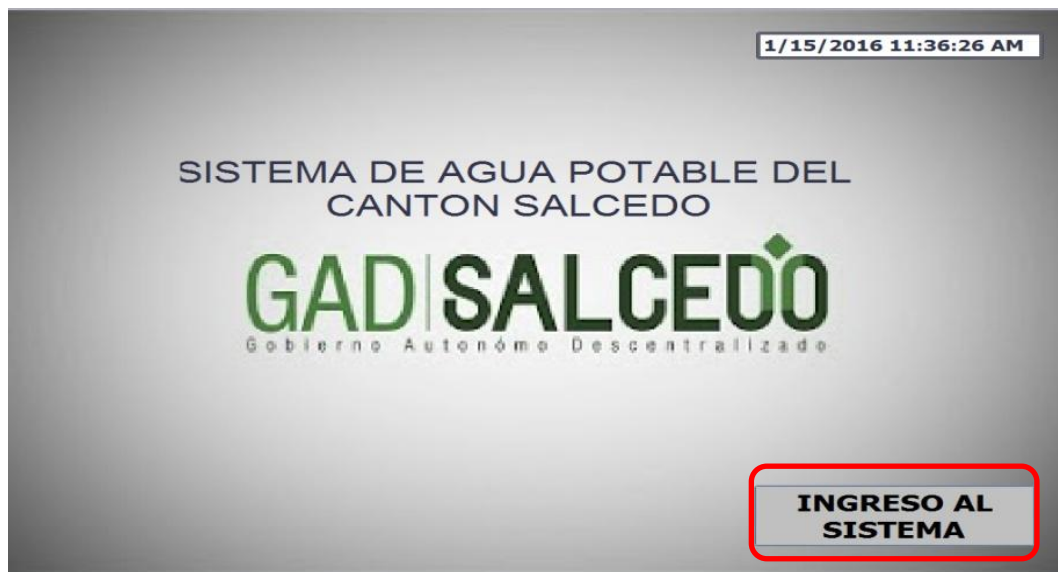


Figura 45 Pantalla de Ingreso al Sistema

Fuente: Simulador ladder Tia Portal v13, by Schneirder Electric.

Además, es posible acceder desde cualquiera de las pantallas de operación CAPTACIÓN, BOMBEO, TANQUE ROMPEPRESIÓN, CLORACIÓN Y

DISTRIBUCIÓN, en modos manual y automático, en todos los casos es como ejemplo se toma la pantalla de CAPTACIÓN.

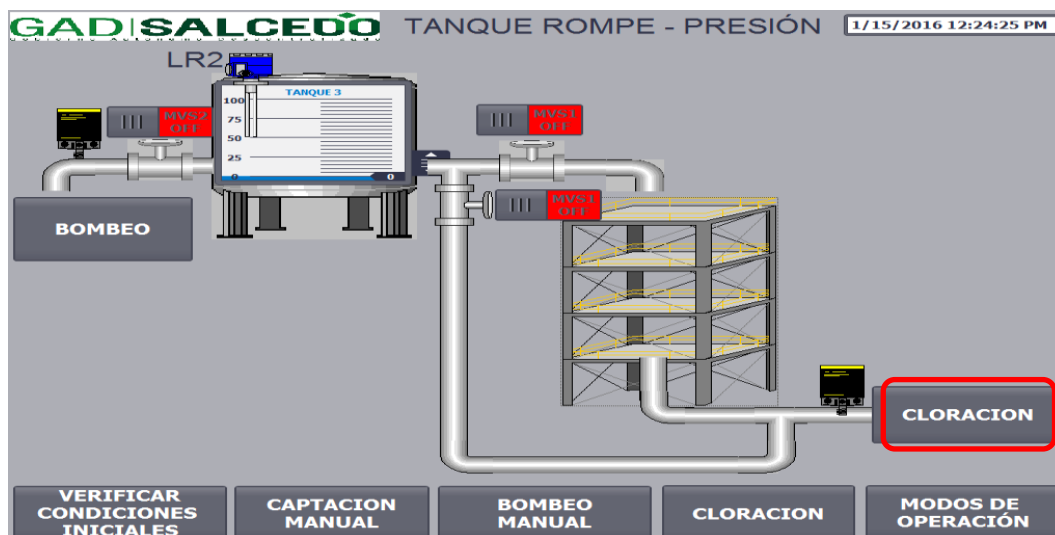


Figura 46 Botón de Acceso

Fuente: Simulador ladder Tia Portal v13 by Schneirder Electric

4.7. Seleccionar el modo de operación automático

El sistema nos sitúa en la pantalla de “MODOS DE OPERACIÓN”, donde es posible seleccionar el modo de trabajo, es importante mencionar que el MODO MANUAL se usa principalmente en la etapa de pruebas y en tareas de mantenimiento, en producción el sistema opera en MODO AUTOMÁTICO.



Figura 47 Modos Automáticos

Fuente: Simulador ladder Tia Portal v13 by Schneirder Electric

4.8. Arranque del Sistema

4.8.1. Verificación de condiciones iniciales

Antes de dar inicio al sistema, es necesario verificar las condiciones iniciales del sistema, para acceder a la pantalla de condiciones iniciales, es necesario dar clic sobre el botón de acceso a la pantalla.

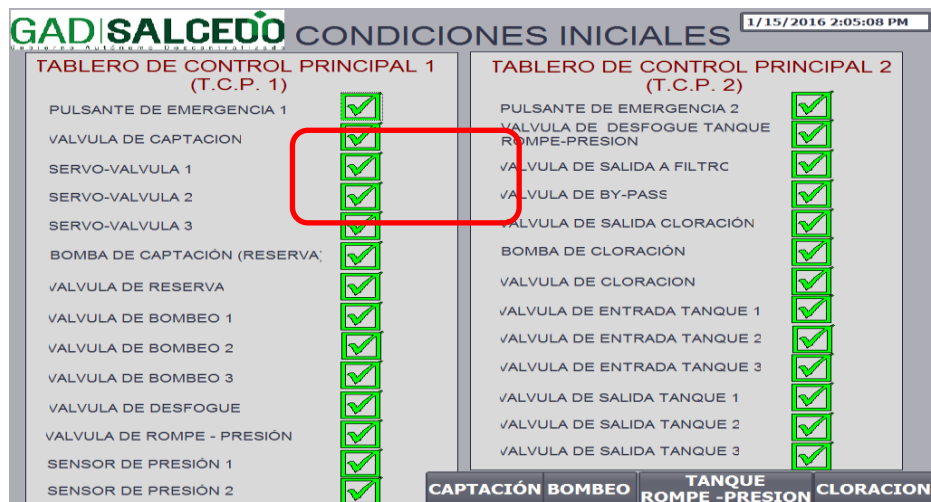


Figura 48 Pantalla de Verificación

Fuente: Simulador ladder Tia Portal v13 by Schneirder Electric

En esta pantalla es posible darse cuenta si el sistema puede operar normalmente (si se tienen todos los indicadores de visto en verde como en el gráfico 4.4) o existe alguna condición anormal de operación (si existe alguna señal con una equis roja, ver gráfico 4.5)



Figura 49 Condiciones iniciales

Fuente: Simulador ladder Tia Portal v13 by Schneirder Electric

Es importante resaltar la importancia de la verificación de las condiciones iniciales puesto que nos indican que han operado las protecciones de los siguientes equipos:

**Tabla 41
Tableros de Control**

TABLERO DE CONTROL PRINCIPAL 1 (T.C.P. 1)	TABLERO DE CONTROL PRINCIPAL 2 (T.C.P. 2)
Pulsante de Emergencia 1	Pulsante de Emergencia 2

Protección de la válvula de captación	Protección de la válvula de desfogue del tanque de sobrepresión
Protección de la servoválvula 1	Protección de la válvula de filtración
Protección de la servoválvula 2	Protección de la válvula de salida a cloración
Protección de la servoválvula 3	Protección de la bomba de cloración
Protección de la bomba de captación (reserva)	Protección de la válvula de entrada al tanque de distribución 1
Protección de la válvula de bombeo 1	Protección de la válvula de entrada al tanque de distribución 2
Protección de la válvula de bombeo 2	Protección de la válvula de entrada al tanque de distribución 3
Protección de la válvula de bombeo 3	Protección de la válvula de distribución 1
Protección de la válvula de desfogue	Protección de la válvula de distribución 2
Protección de la válvula de sobre- presión	Protección de la válvula de distribución 3
Sensor de sobre-presión a la salida de captación	
Sensor de presión a la entrada	

Fuente: Desarrollo de la Propuesta .

4.9. Arranque del Sistema

El sistema se arranca desde la pantalla de captación, previo a lo cual es necesario seleccionar si se va a pasar por el filtro o no, la pantalla de captación tiene los siguientes elementos:

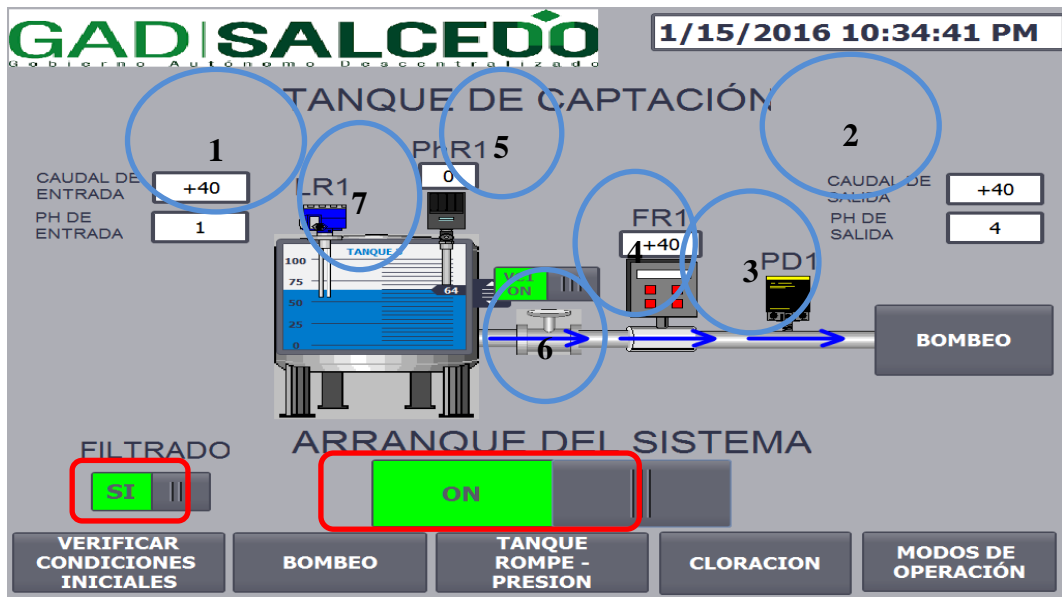


Figura 50 Interruptores para activación de filtrado y arranque del sistema (rojo), elementos de la pantalla de captación

Fuente: Simulador ladder Tia Portal v13 by Schneider Electric

Previo al arranque del sistema es necesario seleccionar si se requiere con filtrado o no, para lo cual se activa o se desactiva el filtrado, luego de lo cual se de arranque al sistema.

Adicionalmente la pantalla consta con los siguientes elementos:

1. Mediciones del caudal y PH de entrada
2. Mediciones del caudal y PH de salida
3. Sensor de presión ON/OFF en la tubería de captación

4. Sensor de flujo de entrada
5. Sensor de PH de entrada
6. Válvula de captación
7. Sensor del nivel de agua en el reservorio de captación

4.9.1. Funcionamiento y animaciones de la pantalla de CAPTACIÓN

Una vez que se activa el interruptor de arranque del sistema, se abre la válvula de captación VC1 (se muestra como encendida) y se muestra el flujo de agua en la tubería de captación, también se muestran en los paneles de mediciones 2, como se muestra en la figura 7.



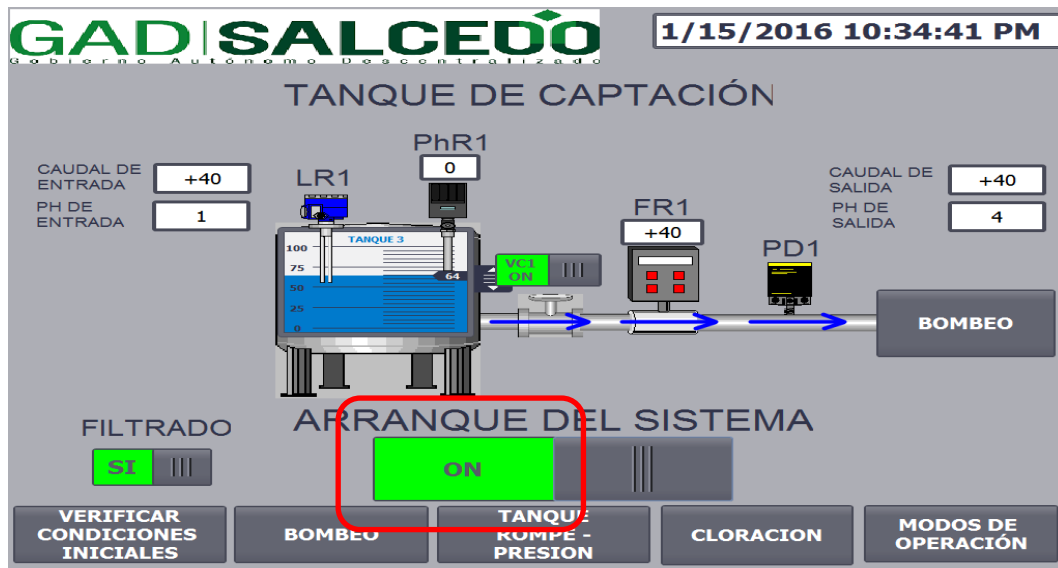


Figura 51 Izq, no se muestra el flujo de agua cuando el caudal es igual a 0, der, flujo de agua cuando el caudal es mayor a 0

Fuente: Simulador ladder Tia Portal v13

Además cuando el nivel del reservorio sea menor al 40% de la altura máxima el medidor de nivel se muestra parpadeante, lo mismo ocurre cuando exista una sobre-presión en la tubería de salida de captación se detiene el sistema como medida de seguridad, además si ocurre cualquiera de estos eventos se muestra en mensaje de alarma (ver la sección 7 de alarmas), parpadea el sensor de presión PD1.

El sistema trabaja automáticamente y compensa el flujo de salida en base al consumo de la carga.

4.10. Funcionamiento de la Pantalla de BOMBEO

Antes de analizar la lógica de funcionamiento del bombeo, es importante identificar los elementos de la pantalla de bombeo:

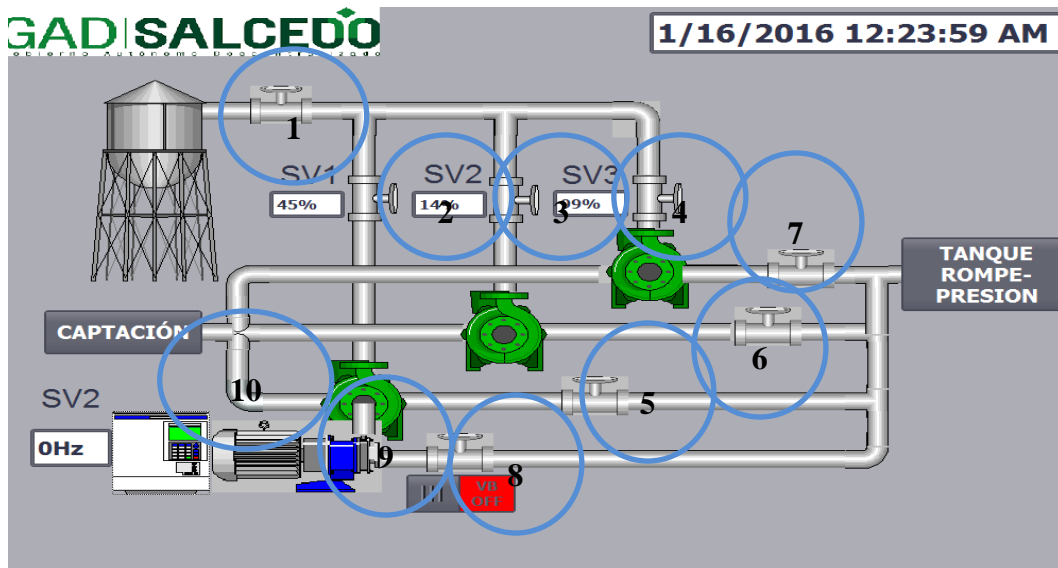


Figura 52 Elementos de la pantalla de bombeo

Fuente: Simulador ladder Tia Portal v13 by Schneider Electric

Válvula de reservorio de bombeo

1. SV1: Servoválvula 45 l/min
2. SV2: Servoválvula 25 l/min
3. SV3: Servoválvula 20 l/min
4. Válvula de bombeo 45 l/min
5. Válvula de bombeo 25 l/min
6. Válvula de bombeo 20 l/min
7. Válvula de bomba de reserva
8. Bomba de reserva
9. Variador de velocidad bomba de reserva

El bombeo comienza cuando el caudal de salida es mayor que 0, la secuencia de activación de las válvulas y servo-válvulas funciona de la siguiente manera:

- Si el caudal de salida es menor que 45 l/min se activa la válvula de 45 l/min, y la servo-válvula SV1 se abre o se cierra proporcionalmente al caudal de consumo de la carga, de la siguiente manera:

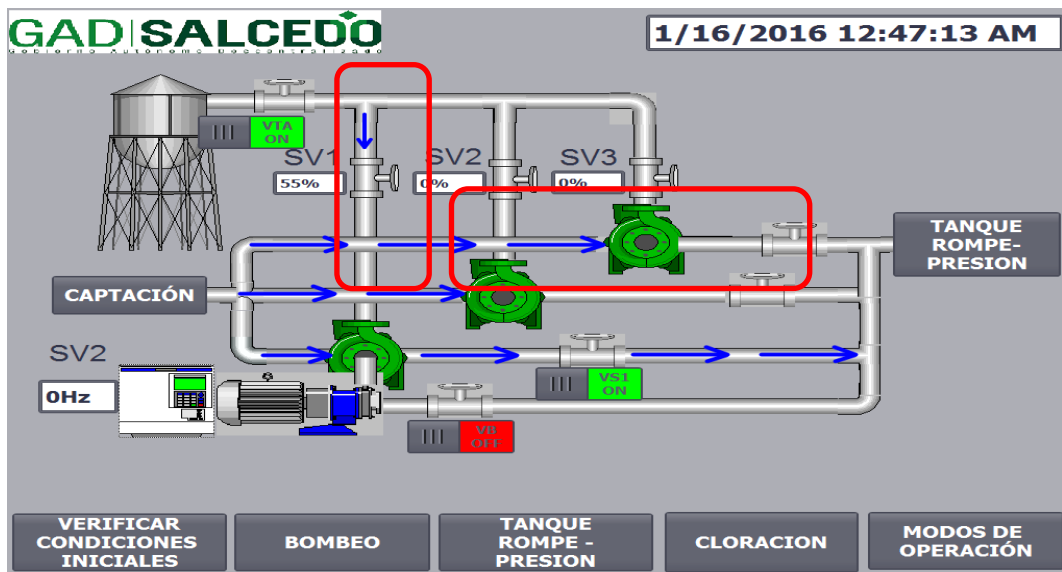


Figura 53 Apertura de la válvula para un caudal de 25 l/min

Fuente: Simulador ladder Tia Portal v13 by Schneirder Electric

Además, se muestra el flujo de agua que sale de captación que entra a las 3 turbinas.

- Si el caudal de salida está entre 45 y 70 l/min se activa la válvula de 45 l/min, la servo-válvula SV1, también se abre la válvula de 25l/min y la servo-válvula SV2 de 25l/min se abre o se cierra proporcionalmente para compensar el caudal de consumo de la carga, de la siguiente manera y se muestra el flujo de agua por la tubería de 45l/min

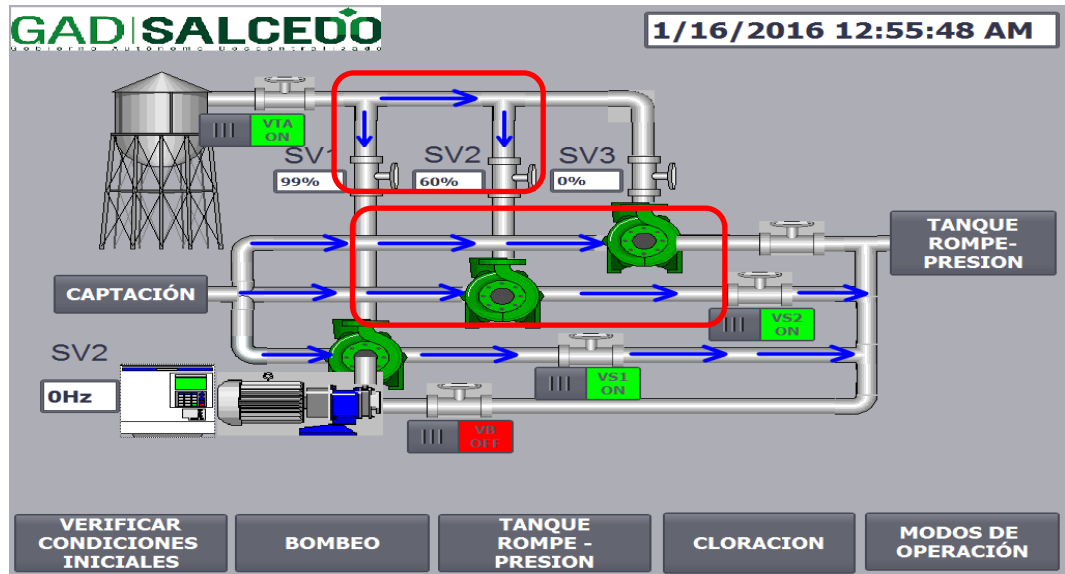


Figura 54 Animación para un caudal de 60 l/min

Fuente: Simulador ladder Tia Portal v13 by Schneirder Electric

- Si el caudal de salida está entre 71 y 90 l/min se activa las válvula de 45, 25 y 20 l/min, las servo-válvulas SV1 y SV2 se abren al 100%, y la servoválvula SV3 de 20 l/min se abre o se cierra proporcionalmente para compensar el caudal de consumo, como se muestra en la figura 11:

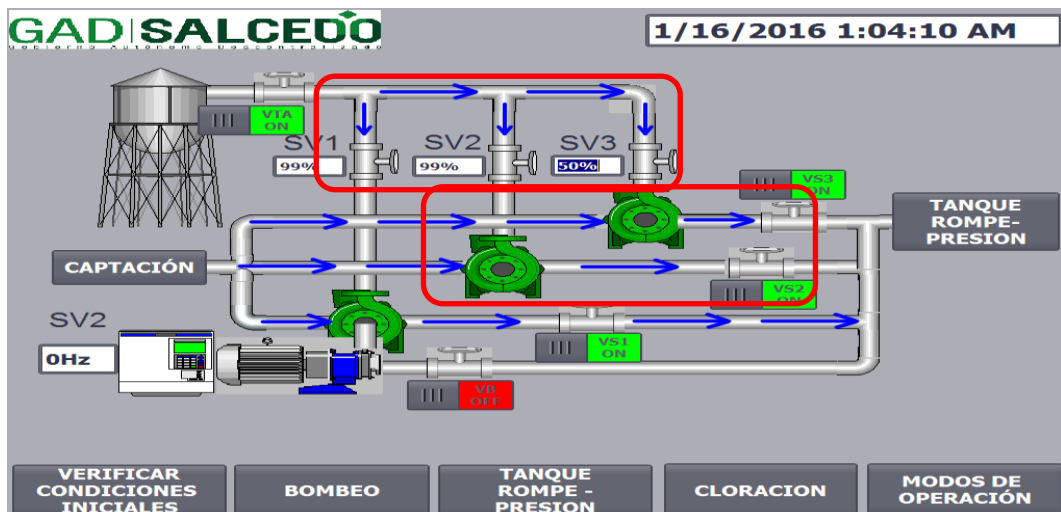


Figura 55 Animación para un caudal de 80 l/min

Fuente: Simulador ladder Tia Portal v13 by Schneirder Electric

De igual manera como es de esperarse cuando el sistema baja el consumo de caudal las válvulas y servo-válvulas del sistema de bombeo se abren o se cierran para compensar las variaciones de consumo.

4.10.1. Funcionamiento de la Pantalla del Tanque Rompe-presión

Los elementos de la pantalla de rompe - presión constan de los siguientes elementos:

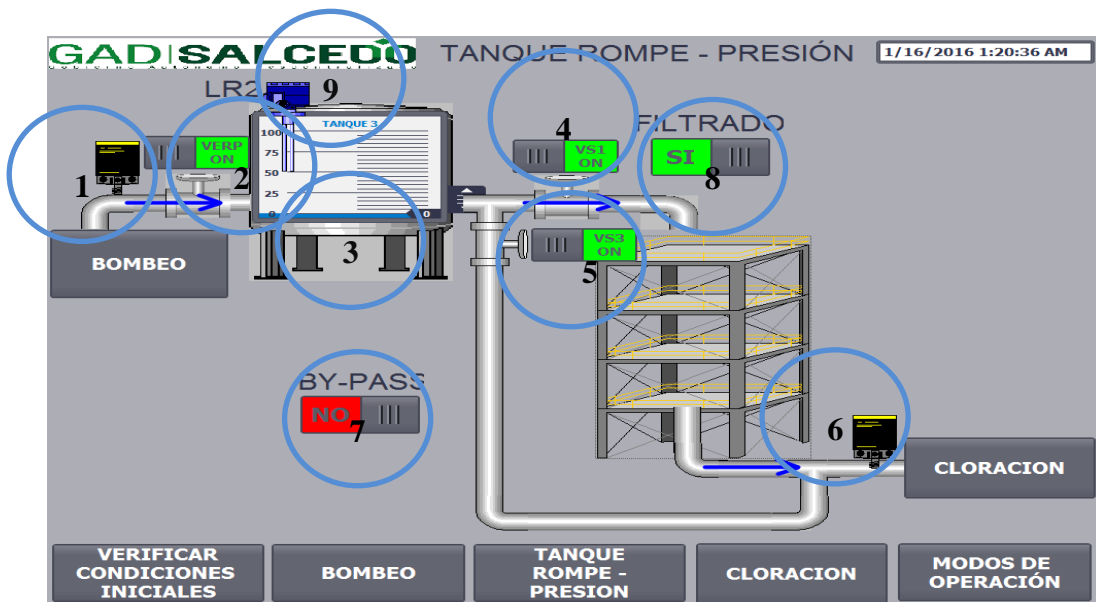


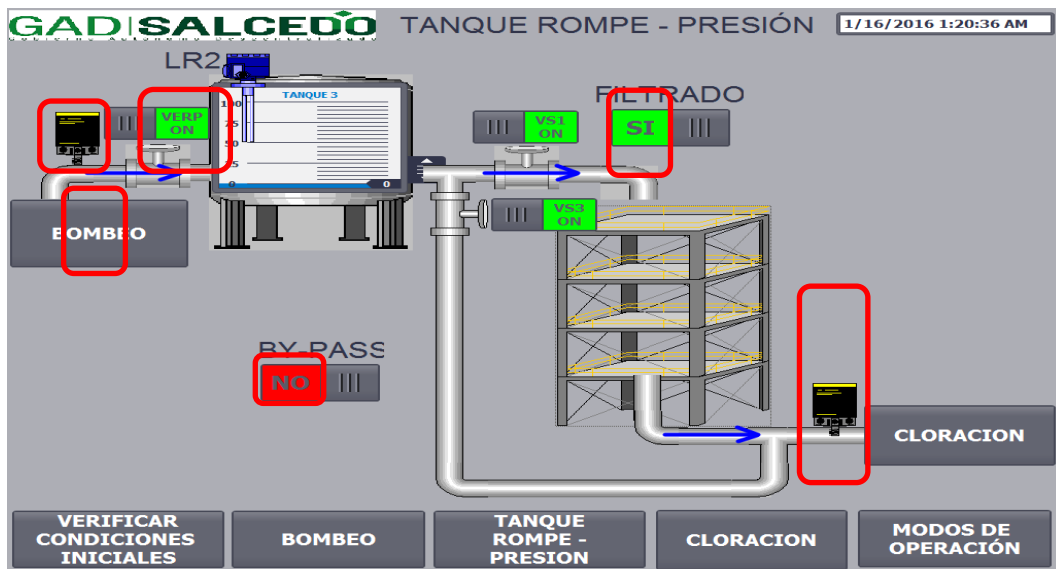
Figura 56 Elementos de la pantalla del tanque rompe-presión

Fuente: Simulador ladder Tia Portal v13 by Schneirder Electric

1. Sensor de presión en la entrada del tanque rompe-presión
2. Válvula de entrada al tanque de rompe - presión
3. Tanque rompe-presión
4. Válvula de salida al filtro

5. Válvula de by - pass
6. Sensor de sobre-presión en la salida
7. Indicador de activación de By - pass
8. Indicador de activación de filtrado
9. Medidor de nivel en el tanque de rompe - presión

Si existe consumo de agua, es decir el caudal de salida es mayor que 0, la válvula de entrada al tanque rompe-presión está abierta, si está activada la filtración, su válvula también está abierta y el flujo se muestra por la tubería de la derecha, en la siguiente figura se muestran las animaciones, en caso de estar desactivada la filtración, el flujo de agua se muestra por la tubería de la izquierda.



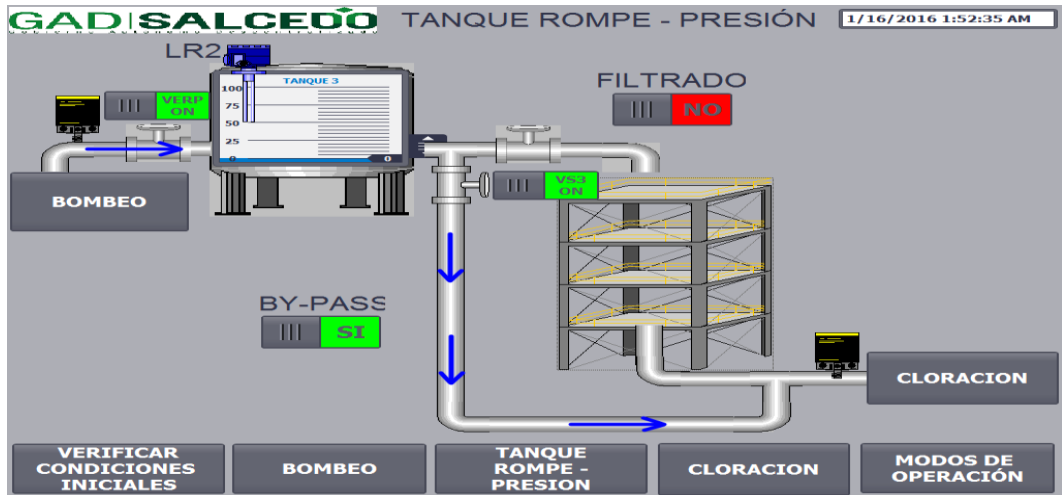


Figura 57 Elementos de la pantalla del tanque rompe-presión

Fuente: Simulador ladder Tia Portal v13 by Schneirder Electric

Si existe sobre-presión en la tubería de entrada o salida los sensores parpadean y aparece una alarma (ver sección alarmas)

4.11. Funcionamiento de la Pantalla de CLORACIÓN Y DISTRIBUCIÓN

La pantalla de cloración y distribución consta de los siguientes elementos:

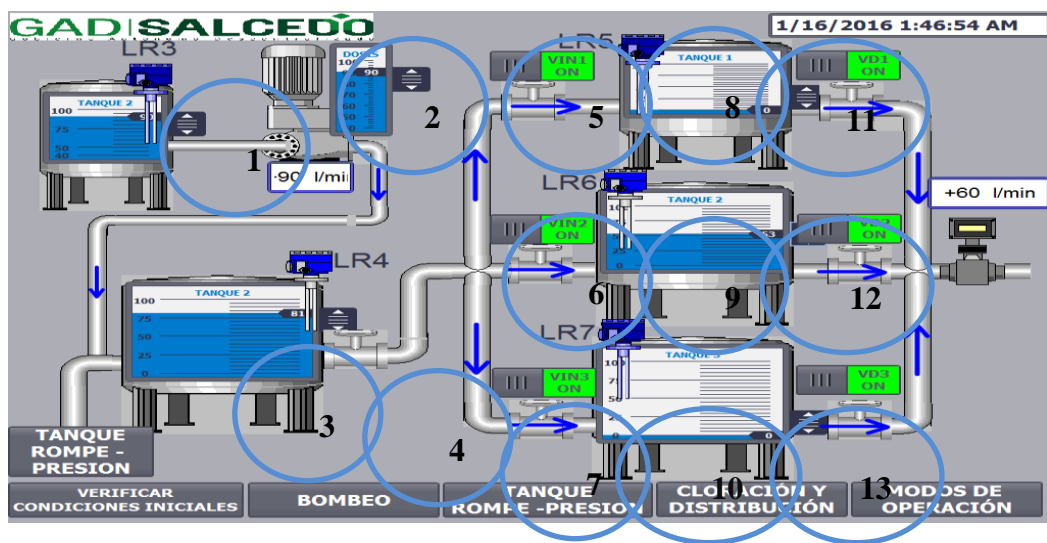


Figura 58 Elementos de la pantalla de cloración y distribución

Fuente: Simulador ladder Tia Portal v13 by Schneirder Electric

1. Tanque de reserva de cloro
2. Dosificador de cloro
3. Tanque de cloración
4. Válvula de salida del tanque de cloración
5. VIN1: Válvula de entrada al tanque de almacenamiento 1
6. VIN2: Válvula de entrada al tanque de almacenamiento 2
7. VIN3: Válvula de entrada al tanque de almacenamiento 3
8. Tanque de almacenamiento 1
9. Tanque de almacenamiento 2
10. Tanque de almacenamiento 3
11. VD1: Válvula de distribución 1
12. VD2: Válvula de distribución 2
13. VD3: Válvula de distribución 3
14. Sensor de flujo de salida

El sistema funciona de la siguiente manera:

- El cloro se dosifica automáticamente en base al caudal de salida, se mide el caudal de salida y se inyecta el cloro a la tubería de entrada al tanque de cloración, también se muestran las animaciones del flujo de agua

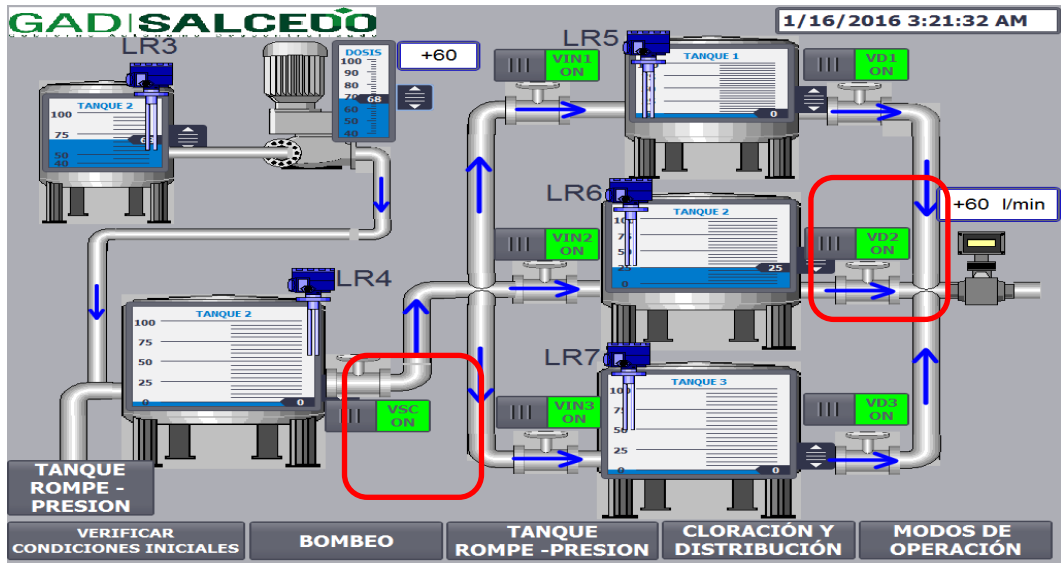


Figura 59 Elementos de la pantalla de cloración y distribución

Fuente: Simulador ladder Tia Portal v13 by Schneirder Electric

- Se mide el nivel de agua en el tanque de cloración, si el nivel es menor al 40% de la altura máxima del tanque el sensor de nivel empieza a parpadear y se muestra un mensaje de alarma.
- Las válvulas VIN1, VIN2, VIN3 de entrada a los tanques de distribución se activan cuando el nivel de los mismos es menos al 40%, y se cierran cuando la altura sube hasta el 90%, también se muestra el flujo del líquido en las tuberías de ingreso, en la siguiente figura se muestra el funcionamiento.

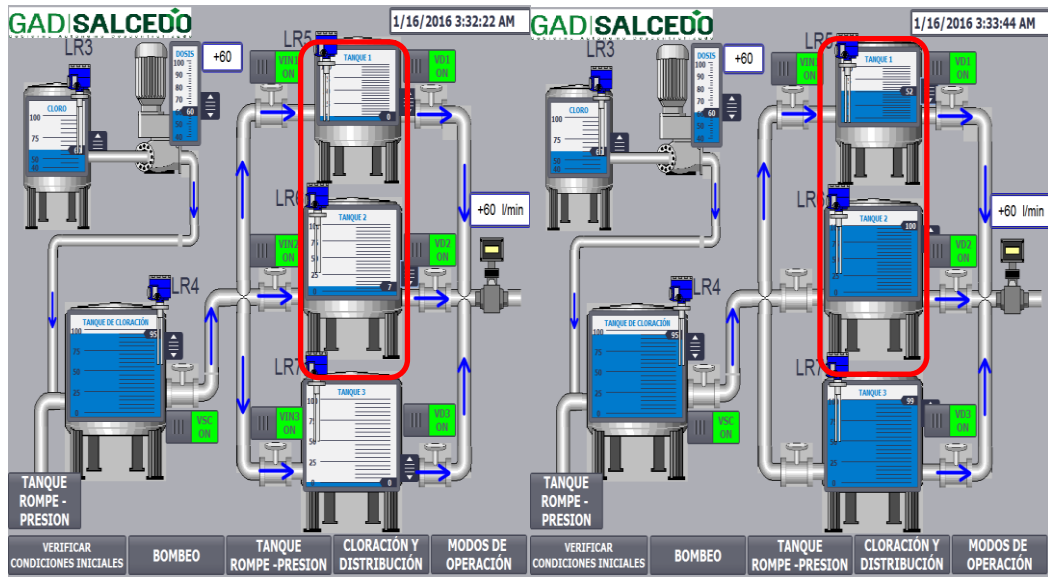


Figura 60 Izq. Las 3 válvulas están activadas porque el nivel de agua es menos al 40%, der. Sólo está activada las válvula vin1 porque el tanque 1 está en nivel bajo.

Fuente: Simulador ladder Tia Portal v13 by Schneirder Electric

- Las válvulas de distribución funcionan en base al caudal de salida, la VD1 suministra un caudal de 20 l/min, VD2 de 25 l/min y la VD3 de 40 l/min respectivamente, la compensación del caudal funciona de la siguiente manera: si el caudal es menor que 20 l/min se abre la VD1, si el caudal está entre 21 y 45 l/min se abren las VD1 y VD2, en caso de que el caudal sea superior a 45 l/min se abren las 3 válvulas, en la figura 13 se ilustra el funcionamiento.

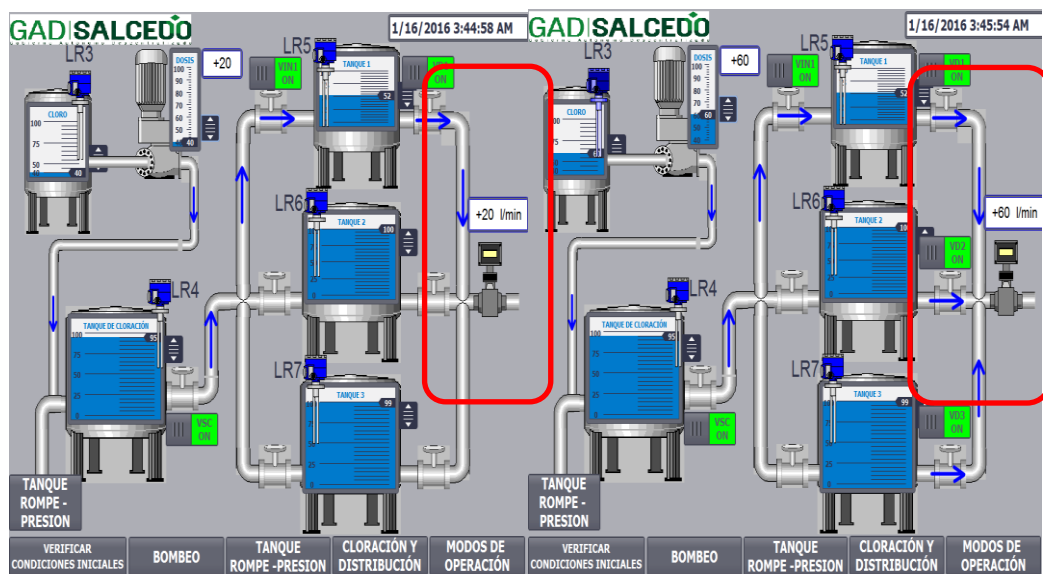


Figura 61 Izq. Funcionamiento para 20 l/min, der. Funcionamiento para 60 l/min

Fuente: Simulador ladder Tia Portal v13 by Schneirder Electric

4.11.1. Evaluación socio – económico - ambiental de la propuesta

En la evaluación socio- económico para el desarrollo de este proyecto se menciona acerca del déficit económico anual que genera el caudal de agua desperdiciada en el proceso de bombeo debido a que se realiza durante 9 horas y el resto se envía al río, o por fallas humanas generadas por el proceso manual de cada proceso.

Los estudios realizados en este proyecto demostraron que el valor del caudal desperdiciado en el tanque de bombeo no automatizado en el proceso de bombeo se aproxima a 524.088 m³ anual, este valor corresponde al caudal desperdiciado únicamente al proceso de bombeo de la estación el carrizal, ahora si se visualiza el caudal desperdiciado del proceso de bombeo para un año, estimado el valor económico del metro cubico de agua potable a \$ 1.60 se obtiene el siguiente

déficit anual es \$ 839.808, aproximadamente en un periodo de dos años se solventaría el valor de implementación de este proyecto a partir del tercer año se obtendría ganancia neta para el G.A.D Municipal del Cantón Salcedo, además beneficiaria con la dotación de agua al Cantón las 24 horas del día.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Del análisis e interpretación de los datos recolectados, revisión de la fundamentación técnica, así como las visitas de campo realizadas evaluando la situación actual de la captación, estación de bombeo y comunicación con la planta de tratamiento de agua; se observó que el control de operación se realiza de forma manual en la mayoría de los casos, por lo que se concluye que un sistema de comunicaciones y de automatización, es necesario con el fin de optimizar el control de operaciones para tomar decisiones en tiempo real.
- Al automatizar se mejorará los procesos de captación de agua, controlando los niveles y el caudal que ingresa al tanque para ser bombeado, además por medio de los sensores de turbidez el operador puede realizar un análisis del nivel de impurezas existentes en el agua, y accionar vía local o remota electroválvulas en función de la calidad de tratamiento.
- La situación actual denota que para la toma de decisiones sólo se cuenta con la experiencia del personal que ha operado la red durante años. Además, existen pérdidas de volumen por: fugas de agua en almacenamiento, mal estado de las tuberías, ausencia de infraestructura

en sistemas de monitoreo y control de presiones, falta de estrategias de operación automatizadas, ausencia de catastros confiables, falta de herramientas que permitan analizar el comportamiento del sistema en tiempo real.

- El sistema desarrollado permite el suministro continuo de agua en base a los requerimientos de la población del cantón Salcedo, ajustando el caudal suministrado en base a la regulación de la apertura - cierre de las servoválvulas de bombeo.
- Las HMI facilitan al operador la visualización del estado del proceso, mejorando los tiempos de respuesta en las maniobras para realizar ajustes y correcciones en el sistema.
- El sistema está diseñado para trabajar en modo automático y manual de manera normal; regulando las válvulas de bombeo para mover la turbina o en situaciones de contingencia el sistema regula el caudal de entrada directamente con la bomba de respaldo, el ajuste del caudal de bombeo se lo realiza ajustando la frecuencia del variador de velocidad para compensar el caudal de salida.

5.2. Recomendaciones

- A través del desarrollo de este proyecto se determinaron los beneficios que obtiene el departamento de agua potable y alcantarillado del G.A.D. MUNICIPAL DEL CANTÓN SALCEDO, centralizando la información de los procesos manuales por soluciones tecnológicas que

optimizan, la utilización de agua y ahorran recursos, por lo que se recomienda realizar el estudio de implementación de un sistema SCADA.

- Asignar un operador del sistema industrial, que sea capaz de mantener un orden adecuado en la estabilidad del sistema, y generación de informes que indiquen el comportamiento de las variables de control además de los mantenimientos preventivos del sistema de tratamiento y dispositivos de control, con el fin de dar soluciones a posibles problemas que se presenten en la tubería y de esta manera dotar a la población de la cantidad requerida de agua.
- El desarrollo de este sistema SCADA supervisa todos los procesos desde la captación, estación de bombeo, planta de tratamiento, controlara con máxima eficiencia mediante HMI que son conectados a sensores que integran todos los procesos, de esta manera se supervisa la red y las operaciones en la planta central para tomar decisiones en tiempo real.
- La capacitación de los operadores y personal técnico se debe realizar con técnicos de la empresa SIEMENS, encargados de la provisión del sistema, además se recomienda que el personal técnico esté presente en la implementación del sistema.

REFERENCIAS

- Metter, R. (2016). *Instrumento medidor de Flujo Tecnología Industrial*

Recuperado de,

<http://www.anti.gob.ar/descargas/1/ups/pdf>.

- Ferre, J. (2010). *Departamento de Automatización Industrial*

Recuperado de;

<http://metodologia02.blogspot.com/p/métodos.html>

- Corrales, L. (2007). *Interfaces de comunicación industrial*. Recuperado de,

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10020/2/pdf>

- Meter, B. (2012). *Instrumart Medidor de Flujo*. Recuperado de,

<http://www.instrumat.com/assets/Bagder-Spanish.pdf>

- Pennin, A. (2006). *Sistemas SCADA proceso de visualización*.

Recuperado de

<http://www.marcombo.com/descargas/SCADA/1/ups/pdf>

- Siemens. (2015). *División de productos y servicios*. Recuperado de

<http://siemens.com>

- Weiss, W. (1987). *Guía de práctica para la toma de decisiones*.

Recuperado de

<http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo.pdf>

- Rivera, H. (2014). *Programa Educativo Ingeniería en Instrumentación Electrónica*. Recuperado de,

<http://cdigital.uv.mx/bitstream/gonzalesriverahelyid2/pdf>

- Urgiles, P. (2010). *Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador*. Recuperado de,

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4482/1/ups/pdf>

- Worthington. (2012) Manual de instrucciones y Listas de Piezas, Bombas verticales QL. Recuperado de,

<http://www.miltonroy-europe.com>

- Chavarría, Luis. (2009). *SCADA Systems & Telemetry*. España: Graw Hill.

- Lotti & Associati, S. (2010). *Modelación Hidráulica de los Principales Sistemas de Distribución de Agua Potable de la Ciudad de Quito*". Ecuador: Paidós.

- Lotti & Associati, S. (2010). *Diseño y elaboración de bases de licitación para el suministro e instalación y servicio de mantenimiento*


del sistema de telemetría y telecontrol para el sistema de distribución de agua potable de Quito. Ecuador: Paidós.

- Mackay, Steve. (2010). *Practical Industrial Data Networks: Design, Installation and Troubleshooting*. Gran Bretaña: Elsevier.
- Parzaile, L. (2010). *Tutorial and Technical Overview*. United States: Paidós.
- Peña Macanchit, D. (2010). *Tesis, Diseño e implementación del sistema de alarmeros inteligentes para las estaciones del Sistema Papallacta Integrado de la EMAAP-Q*.
- Viyilant, S. (2011). *Control de Nivel Hermético*. México: Tec Empresarial.

APÉNDICES

Apéndice 1

CONTROLADOR

DESCRIPCIÓN FÍSICA	CONTROLADOR
MODELO	SIMA TIC S7-1200
MARCA	SIEMENS
PRECIO	\$750.00
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	FOTO
<p>radas Digitales</p> <p>Tipo: Sumidero/Fuente</p> <p>Tensión nominal: 24VDCa 4mA</p> <p>Salidas Digitales</p> <p>Type: Relé</p> <p>Rango de voltage : 5 a 30 VDC o 5 a 250 VAC</p> <p>Corriente (max.): 2.0 A</p> <p>Tipo: Fuente</p> <p>Rango de voltaje : 20.4 a 28.8 VDC</p> <p>Corriente (max.): 0.</p>	
<p style="text-align: center;">DESCRIPCIÓN</p> <p>Proporciona la potencia y flexibilidad para controlar una amplia variedad de para controlar una amplia variedad de dispositivos de apoyo a sus necesidades de automatización, El diseño compacto, configuración flexible y potente conjunto de flexible y potente conjunto de instrucciones se combinan para hacer que el S7-1200 sea la solución perfecta para el control de una amplia variedad de aplicaciones.</p>	

Fuente: Desarrollo de la Propuesta

Apéndice 2


PANELES

DESCRIPCIÓN FÍSICA	PANELES
MODELO	SIMATIC Basic Panel KTP1000
MARCA	MOBILE
PRECIO	\$3420.00
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	FOTO
<p>Display 10.4 inch TFT display, 256 colors</p> <p>Resolution 640 x 480 px</p> <p>Control elements Touch screen, 8 function keys</p> <p>User memory 1024 KB</p> <p>Interfaces 1 x RJ 45 for PROFINET or 1 x RS 485 for PROFIBUS/MPI</p> <p>Degree of protection of IP 65, NEMA 4x (front if mounted) / IP 20 rear</p> <p>Installation cutout 310 x 248 mm (W x H)</p> <p>Front panel 335 x 275 mm (W x H)</p> <p>Device depth 67mm</p>	

Fuente: Desarrollo de la Propuesta

Apéndice 4

SENSOR DE NIVEL

DESCRIPCIÓN FÍSICA	SENSOR DE NIVEL
MODELO	US-XX
MARCA	USONIC
PRECIO	\$1.092
ESPECIFICACIONES TECNICAS	FOTO
<p>Power: 19 a 30 Vdc</p> <p>Salida: 2 cables, 4-20 mA, HART</p> <p>Sensor: 6,5'' (-40°F a 160°F)</p> <p>Display: 1 líneas, 7 dígitos LCD</p>	
DESCRIPCIÓN	
<p>El USonic provee de una medida ultrasónica sin contacto en una señal de dos hilos de 4-20 mA, de salida del ciervo las caracterizaciones internas para el flujo abierto del canal, nivel, distancia y volumen. Una gama de la medida de 30 pies con 0.15% exactitudes.</p>	

Fuente: Desarrollo de la Propuesta

Apéndice 1

SENSOR DE NIVEL

DESCRIPCIÓN FÍSICA	SENSOR DE NIVEL
MODELO	US-XX
MARCA	USONIC
PRECIO	\$1.092
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	FOTO
<p>Señal de Entrada: 200Ω(on) ; 100kΩ(off) Señal de Salida: 4 a 20mA, max 1kΩ Transistor 30V(off), 200mA (on) Señales de comunicación: Brain or hart (superpuesta a la señal de 4 a 20mA CC)</p> <p>Distancia línea eléctrica: 15cm o mas</p> <p>(cableado en paralelo debe ser evitado)</p>	
DESCRIPCIÓN	
<p>El flujómetro magnético AXF es un producto sofisticado con una confianza sobresaliente y de fácil operación, desarrollado en base a décadas de experiencias de pruebas en terreno. El flujómetro magnético AXF es significativamente más fácil de mantener gracias a su combinación reemplazable de electrodos y una función de diagnóstico que detecta el nivel de adhesión en los electrodos. El AXF también emplea un método de excitación por frecuencia dual (disponible para tamaños de hasta 400 mm / 16") que eliminan el ruido del fluido. Un nuevo método de excitación por frecuencia dual está también disponible como una opción para aplicaciones más difíciles para asegurar mayor estabilidad y una respuesta más rápida.</p>	

Fuente: Desarrollo de la Propuesta.

Apéndice 2

CONTROLADORES

DESCRIPCIÓN FÍSICA	CONTROLADORES
MODELO	SC 1000
MARCA	LANGE
PRECIO	\$3000.00
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	FOTO
<p>Parámetros:</p> <p>pH, potencial redox, conductividad, oxígeno, parámetros de nutrientes, carga orgánica, parámetros de desinfección, turbidez, sólidos, lodos.</p> <p>Comunicación:</p> <p>Hasta 12 salidas 0/4-20 mA, PROFIBUS DP/V1 certificado, MODBUS TCP/IP, RTU RS485/RS232; banda cuádruple GPRS, Cliente OpenVPN (opcional); puerto Ethernet industrial; servidor de web integrado; 24 idiomas; envío e-mail/SMS.</p>	
DESCRIPCIÓN	
<p>La plataforma común para las sondas y analizadores inteligentes esto es lo que representan los controladores SC 200 y SC 1000.</p> <p>Tanto en sistemas de un solo parámetro como en redes de varios parámetros, son el punto de contacto uniforme y cómodo entre usted, como operario, y su planta.</p> <p>Los sensores inteligentes no sólo incluyen el registro del valor de medida, sino también su evaluación y proceso de señales. Son detectados correctamente, de modo automático, por los controladores SC (tecnología “Plug & Play”). El concepto SC le garantiza unas ventajas decisivas en el presente y en el futuro.</p>	



Fuente: Desarrollo de la Propuesta