UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE VIÑA DEL MAR– JOSÉ MIGUEL CARRERA

REMODELACIÓN SISTEMA DE BOMBEO PARA REGADÍO DE JARDINES "ENAP REFINERÍA ACONCAGUA"

Trabajo de Titulación para optar al Título Profesional de INGENIERO DE EJECUCIÓN EN CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL.

Alumno:

Sr. Carlos Vega Vásquez.

Profesor Guía:

Ing. Sergio Riquelme Bravo.

2017

RESUMEN

Keywords: Regadío, Jardines, ERA.

En respuesta a la solicitud realizada por ENAP Refinería Aconcagua. El proyecto está orientado al desarrollo de los trabajos de Ingeniería para la actualización, normalización y sistemas de control para bombeo regadío de jardines, de las instalaciones de la planta Concón de ENAP Refinerías.

El objetivo del presente proyecto contempla desarrollar la ingeniería de detalles para remodelar el actual sistema de bombeo para regadío de los jardines de ERA, desde el canal "B" y de la planta de tratamiento. Con respecto a esta última permitirá el aprovechamiento del agua, ya que en esta refinería en particular es un factor fundamental y escaso.

El alcance del proyecto contempla desarrollar la remodelación total del actual sistema de acumulación y bombeo para regadío de jardines. El sistema actual de bombeo de agua para regadío de jardines de ERA, cuenta con una bomba que saca agua del Canal "B" y un estanque de acumulación de $8\ m^3$. La bomba existente al parecer no tiene la capacidad para poder suministrar a los sistemas de aspersores, por lo que no está en uso; por lo tanto se debe regar mediante camiones aljibes que son llenados mediante una motobomba que saca agua directamente desde el canal. Por estos motivos, se requiere remodelar el actual sistema y realizar el montaje de:

- 2 bombas nuevas que saquen agua desde el canal "B" de manera independiente y suministren agua por el actual sistema de cañerías las 24 horas.
- 2 estanques nuevos de acumulación de $20\ m^3$.
- 2 bombas nuevas de respaldo que saquen agua desde los nuevos estanques y suministren al actual sistema de regadío y para llenado del camión aljibes.
- Remodelación de la actual caseta de bombas.
- Se estudiaran los tipos de sensores y controladores que pueden cumplir esta función en forma óptima con sus características y especificaciones.

ÍNDICE

RESUMEN

GLOSARIO

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1: IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA……...3

1.1. DESRIPCIÓN DEL PROBLEMA SITUACIÓN ACTUAL…….3

1.2. DESCRIPCIÓN DE CAUSAS DEL PROBLEMA……3

1.3. DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO……5

1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO……5

1.4.1. Objetivo general……..5

1.4.2. Objetivos específicos……...5

1.5. INFORMACIÓN RELEVANTE……6

1.5.1. Reforma al Código de Aguas……..6

1.6. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA……6

1.6.1. Solución 1 control de nivel sin PLC……...7

1.6.2. Solución 2 control de nivel con PLC y HMI……..8

1.6.3. Solución 3 control de nivel, medición de caudal, medición de calidad de agua y humedad del suelo con PLC y HMI……...9

1.7. INNOVACIÓN……11

1.8. REQUERIMIENTOS……12

1.8.1. Instalación de controlador lógico programable……12

1.8.2. Instalación de HMI……...13

1.8.3. Instalación de indicadores falla nivel de agua……..13

1.8.4. Instalación de Sensores de Nivel……...13

1.8.5. Instalación de Sensores de caudal……13

1.8.6. Instalación de Sensor de calidad de agua planta de tratamiento……...14

1.8.7. Instalación de válvulas con Actuadores eléctricos……14

1.8.8. Instalación de Sensor de humedad del suelo……14

1.8.9. Instalación de circuito control e instrumentación……..14

1.9. BENEFICIOS……..14

CAPÍTULO 2: DISEÑO DE LA SOLUCIÓN……....17
2.1. DETALLE DE LA SOLUCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL……17
2.2. MODELAMIENTO DEL SISTEMA……...……20
2.2.1. Modelo matemático……...20
2.3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD……22
2.3.1. Lugar geométrico de las raíces……..23
2.4. CÁLCULO DE PARAMETROS DE UN PID USANDO MÉTODO DE CURVA DE REACCIÓN……..24
2.5. SENSORES A UTILIZAR ACTUADOR Y ESCALAMIENTO……...27
2.5.1. Sensor de nivel……..27
2.5.2. Sensor de caudal……...28
2.5.3. Válvula de control proporcional con actuador eléctrico……...29
2.5.4. Sensor para la medición de oxígeno disuelto Oxymax COS61(calidad del agua)...31
2.5.5. Sensor Humedad del suelo. "EnviroSCAN – Sentek"……32
2.6. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA……..33
2.6.1. Programa principal……34
2.6.2. Subrutina de agua de canal "B"……34
2.6.3. Subrutina de agua planta de tratamiento……...34

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN DE COSTOS……...41
3.1. FACTIBILIDAD ECONÓMICA……..41
3.1.1. Evaluación del equípamiento……42
3.1.2. Costo de calibración……..42
3.1.3. Proveedor marca e insumos a utilizar……...43
3.2. INSTRUMENTOS……43
3.2.1. Sensor de caudal……...44
3.2.2. Sensor de nivel……..44
3.2.3 Sensor calidad agua……..45
3.2.4 Sensores Humedad del suelo……45
3.3. ACTUADOR……...45
3.4. AUTÓMATAS……46
3.4.1. PLC Siemens S7-224 XP……...……..46
3.4.2. Pantalla HMI Siemens……..46
3.4.3. Módulo de expansión análogo Siemens……....47
3.4.4. Módulo de expansión Ethernet……..47
3.5. COSTO DE MATERIALES……..47

3.6. CARTA GANTT……..……..…48
3.7. COSTO DE MANO DE OBRA……..……..48
3.8. COSTO ANUAL EQUIVALENTE……...49

CONCLUSIONES……..52
BIBLIOGRAFÍA……53

ANEXOS

ANEXO A: SENSORES DE CAUDAL Y NIVEL COTIZACIÓN REALIZADA EN VETO Y CIA……55
ANEXO B: VÁLVULA DE GLOBO Y ACTUADOR ELECTRONEUMÁTICO MARCA VALSTEAM MODELO PV25, COTIZACIÓN REALIZADA EN SOTERMIC……...56
ANEXO C: PLC SIEMENS 224 XP, PANTALLA HMI SIEMENS, MODULO DE EXPANSIÓN ANÁLOGO SIEMENS Y MODULO DE EXPANSIÓN ETHERNET COTIZACIÓN REALIZADA POR RS COMPONENTES……...57
ANEXO D: SENSOR HUMEDAD DEL SUELO. "ENVIROSCAN – SENTEK", COTIZACIÓN REALIZADA POR "CDTEC" – CONSULTORA DIESTRE TECNOLOGÍA LTDA…….58
ANEXO E: SENSOR PARA LA MEDICIÓN DE OXÍGENO DISUELTO OXYMAX COS61 (PARA PLANTA DE TRATAMIENTO), FLUJOMETRO Y SENSOR DE NIVEL, COTIZACIÓN REALIZADA POR INSTALACIONES SANITARIAS NAPA Y CIA. LTDA……...59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Problema situación actual……4
Figura 1-2. Interruptor de nivel de flotación……...7
Figura 1-3. Válvula on-off……..7
Figura 1-4. Válvula normalmente cerrada con actuador de efecto simple (muelle cierra/aire abre)……..8
Figura 1-5. CPU SIEMENS serie s7……...8
Figura 1-6. HMI SIEMENS……9
Figura 1-7. Sensor ultrasónico, Medición ultrasónica / tiempo de retorno (ToF) Prosonic FMU30……...9
Figura 1-8. Válvula con Actuador eléctrico KUA-VO……10
Figura 1-9. Proline Prosonic Flow 93C Caudalímetro ultrasónico……..10
Figura 1-10. Sensor para la medición de oxígeno disuelto Oxymax COS61……..11
Figura 1-11. Sonda de Humedad/Salinidad de suelo por Capacitancia Sentek……11

Figura 2-1. Diagrama P&ID del sistema……17
Figura 2-2. Diagrama de bloques del sistema……18
Figura 2-3. Diagrama del Sistema Remodelado…….19
Figura 2-4. Razón de cambio del nivel con respecto al caudal……..20
Figura 2-5. Función de Transferencia con retroalimentación unitaria……....22
Figura 2-6. Escalón unitario a la función de transferencia en lazo abierto……22
Figura 2-7. Lugar geométrico de raíces……..23
Figura 2-8. Es la respuesta a escalón de la función y el tiempo que demora en alcanzar el 28,3 % de su amplitud máxima……...25
Figura 2-9. Es la respuesta a escalón de la función y el tiempo que demora en alcanzar el 63,2 % de su amplitud máxima……...25
Figura 2-10. En Respuesta a escalón de la función una vez sintonizado el bloque PID...26
Figura 2-11. Diagrama de bloques del PID y Estanque a controlar……...26
Figura 2-12. Sensor ultrasónico……..28
Figura 2-13. Sensor de flujo electromagnético……...29
Figura 2-14. Válvula de control proporcional con actuador eléctrico……29
Figura 2-15. Válvula de control proporcional con actuador eléctrico……30
Figura 2-16. Sensor para la medición de oxígeno disuelto Oxymax COS61……31
Figura 2-17. Sonda de Humedad/Salinidad de suelo por Capacitancia Sentek…….32
Figura 2-18. Especificaciones Sonda de Humedad/Salinidad de suelo por Capacitancia Sentek…….33
Figura 2-19. Diagrama de flujo programa principal……...35
Figura 2-20. Diagrama de flujo subrutina agua canal B……36
Figura 2-21. Diagrama de flujo subrutina agua planta tratamiento……37
Figura 2-22. Diagrama Solución final de ingeniería……..39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Matriz de comparación de soluciones……...12
Tabla 2-1. Variables de sistema……..38
Tabla 3-1. Costo de calibración y mantenimiento……..42
Tabla 3-2. Costo de Materiales……...47
Tabla 3-3. Duración del proyecto según actividades……..48
Tabla 3-4. Carta Gantt……48
Tabla 3-5. Costo de Mano de Obra……....49
Tabla 3-6. Costo total del proyecto……50
Tabla 3-7. Costo anual equivalente…….50

GLOSARIO

Actuador eléctrico:	Los actuadores eléctricos son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de energía eléctrica. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas.
Canal “B”:	Canal de agua ubicado dentro de las instalaciones de ERA .
COSEMAR :	Empresa de gestión ambiental de residuos sólidos en Viña del Mar.
Densidad:	Relación entre el peso de un cuerpo y el de igual volumen de agua.
ENAP:	Empresa Nacional del Petróleo.
ERA:	Enap Refinería Aconcagua.
Flujo:	Movimiento de los fluidos.
HMI:	Interfaz Hombre Máquina.
Keywords:	Palabras clave del proyecto.
Lazos:	Denominación de la retroalimentación de un sistema de Control.
m3:	Metro cúbico.
Modelo:	Estructura básica de un proceso.
Parámetros:	Cantidad indeterminada que entra en la ecuación de algunas curvas.
Perturbaciones:	Anomalías que se presentan en un sistema, provocando imperfección en su funcionamiento.
P.I.:	Controlador proporcional integral.
P.I.D.:	Controlador proporcional integral derivativo.
PI&D:	Diagrama de instrumentos y tuberías. (Piping and instrumentation diagram).
P.L.C.:	Controlador lógico programable.
Proceso:	Serie de fases de un fenómeno.
Sintonizar:	Adaptar las magnitudes.
Sistema:	Combinación de partes reunidas para obtener un resultado o formar un conjunto.

INTRODUCCIÓN

En general la implementación de sistemas de control permite incorporar distintos dispositivos de monitoreo y control lo cual lleva a ser los sistemas industriales autónomos y confiables, el mercado ofrece una gama alta de posibilidades en cuanto a soluciones, pero es importante que al momento de elegir alguna alternativa se evalúe la relación del costo versus el beneficio que trae cualquier tipo de aplicación de los sistemas de control. El área de instrumentación también es importante, donde no solo el nivel tecnológico alcanzado importa, sino también el abarcar las soluciones con el alcance necesario para solucionar dicho problema.

No es posible olvidar que el medioambiente es algo que no puede ser indiferente al momento de implementar algún tipo de tecnología donde los proyectos que abordan problemas referentes al agua, ya sea agua extraída localmente o agua de la red, tienen la obligación de hacer un uso responsable de los recursos.

Chile cuenta con un Ministerio del Medioambiente, regentes en este aspecto de todo la normativa legal que involucra los estudios de impacto ambiental. Por esto se debe señalar que es esencial que está implementación se integre a este sistema, ya que en la actualidad se debe utilizar el recurso (canal “B” y aprovechamiento de aguas de planta de tratamiento) de manera responsable y la mejora que se sugiere debe estar alineada con el sistema que se encuentra operando.

CAPÍTULO 1: IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

Se establecen los objetivos propuestos, se describe el problema planteado y además el proyecto con sus estrategias, se establecen las alternativas de solución y se da a conocer la solución propuesta.

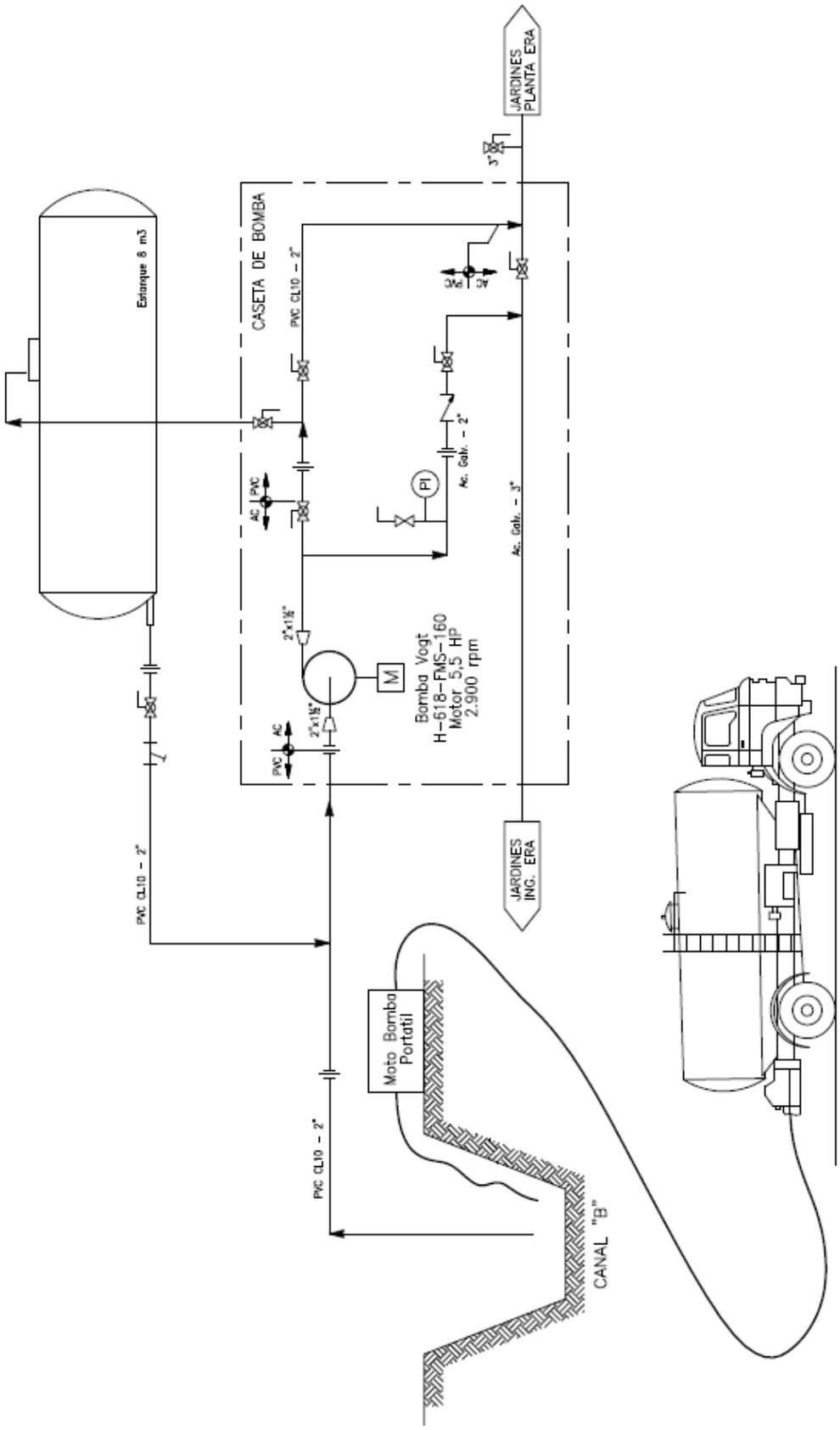
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA SITUACIÓN ACTUAL.

El problema se manifiesta en el sistema actual de bombeo de agua para regadío de jardines de ERA, cuenta con una bomba que obtiene el agua del Canal “B” y un estanque de acumulación de 8 m3. La bomba existente al parecer no tiene la capacidad para poder alimentar a los sistemas aspersores, por lo que no está en uso y por lo que se debe regar mediante un camión aljibes que es llenado mediante una motobomba que obtiene agua directamente desde el canal como muestra la figura 1-1.

Se requiere de una constante supervisión del personal de COSEMAR, con lo cual en cada turno de trabajo se debe chequear el estado de los jardines.

1.2. DESCRIPCIÓN DE CAUSAS DEL PROBLEMA.

La causa es que el sistema actual es totalmente manual y depende del operario, el sistema actual de bombeo de agua para regadío de jardines de ERA, cuenta con una bomba que obtiene agua del Canal “B” y un estanque de acumulación de 8m3. La bomba existente al parecer no tiene la capacidad para poder suministrar a los sistemas de aspersores, por lo que no está en uso; por lo tanto se debe regar mediante un camión aljibes que es llenado mediante una motobomba que obtiene agua directamente desde el canal. Por estos motivos, se requiere remodelar el actual sistema, ya que el operario interactúa con el sistema, porque no existe un sistema automatizado de control.



Fuente: “ERA”.

Figura 1-1. Problema situación actual.

1.3. DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO.

El proyecto se orienta a la automatización de la remodelación sistema de bombeo para regadío de jardines ERA. El proyecto sería diseñar el control de nivel de los estanques de acumulación de agua y además el funcionamiento de las bombas solo cuando exista caudal.

Las variables que se involucran en el proceso se detallan a continuación:

- Nivel de agua de canal “B”.
- Nivel de agua del estaque planta de tratamiento.
- Nivel de agua de los 2 estaques que alimentarán los aspersores.
- Caudal de agua de canal “B” que ingresa a los estanques.
- Caudal de agua de planta de tratamiento que ingresa a los estanques de almacenamiento.
- Calidad de agua de planta de tratamiento que ingresa a los estanques de almacenamiento.
- Caudal de salida de los 2 estanques que alimentarán los aspersores.
- Sonda de Humedad/Salinidad de suelo por Capacitancia.

1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO.

A continuación se muestran tanto los objetivos generales como los específicos que cumplirá el proyecto.

1.4.1. Objetivo general.

Desarrollar un sistema de control automático para el sistema de bombeo para regadío de los jardines de ERA, desde el canal “B” y planta de tratamiento.

1.4.2. Objetivos específicos:

a. Describir regadío de los jardines de ERA.

b. Identificar variables que intervienen en el proceso.

c. Seleccionar Dispositivos.

d. Elaborar estrategia de control.

e. Evaluar los costos del proyecto.

f. Desarrollar la solución.

1.5. INFORMACIÓN RELEVANTE.

Al momento de realizar un proyecto para el área fiscal como privada, se debe conocer las normativas vigentes que pueden afectar al proyecto, como también a las consultas públicas que también lo pueden afectar en el futuro.

1.5.1. Reforma al Código de Aguas

El Gobierno de Chile ha presentado una reforma al código de aguas vigente. Éste se encuentra, actualmente, en discusión en la Comisión de Recursos Hídricos y Desertificación de la Cámara de Diputados de Chile.

El Gobierno busca entre otros objetivos, modificar el concepto de derechos de aprovechamiento de aguas, limitar su uso, darles un carácter temporal a los derechos a particulares, limitar algunos derechos en situaciones especiales, como por ejemplo, temporadas de sequía, establecer causales de caducidad, facilitar la intervención de las cuencas por el Estado y reformar el sistema de pago de patente por no uso.

Dada la complejidad de la reforma al código de aguas, el contenido del proyecto probablemente sufrirá modificaciones relevantes durante su tramitación, las cuales serán informadas y analizadas en esta página web (Fuente http://reformacodigodeaguas.carey.cl).

1.6. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA.

Para seleccionar una alternativa de solución adecuada hay que tener en cuenta que variables vamos a controlar y como vamos a obtener los parámetros de estas variables.

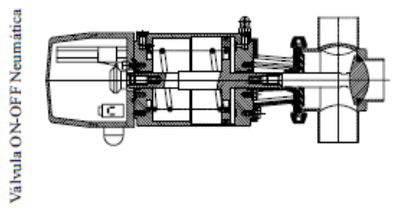
1.6.1 Solución 1 control de nivel sin PLC.

La primera alternativa de solución es controlar el nivel de agua sin un PLC. El primer problema que se debe abordar es el de nivel de líquido en el estanque, la solución que se puede proponer es utilizar sensores de nivel, estos pueden ser de flotación, radar, ultrasónico. El más indicado para medir el nivel del estanque en cuanto precio y funcionabilidad es el interruptor de nivel de flotador tal como se muestra en la figura 1-2. Ya teniendo la medición de nivel esta información será utilizada para accionar sobre 2 válvulas On/Off, una de ellas sería la de alimentación proveniente del agua del canal "B" a los estanques de acumulación. La otra válvula sobre la que actuaría sería la de alimentación proveniente del agua de estanque de planta de tratamiento. El accionamiento sería el nivel bajo y nivel alto.

Fuente: http://www.directindustry.ES

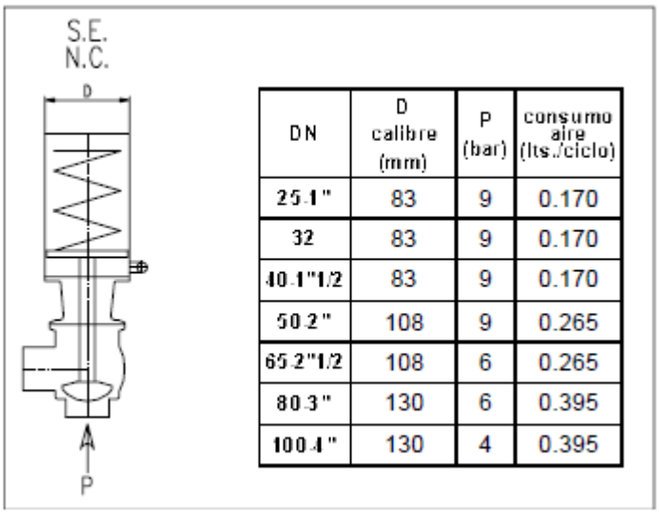
Figura 1-2. Interruptor de nivel de flotación.

El Sistema de funcionamiento de la válvula on-off mencionada en la figura 1-3 y 1-4 es a través de aire comprimido, que moviendo el obturador, provoca la apertura o el cierre de la válvula. Se pueden utilizar cilindros neumáticos a doble efecto (apertura aire/cierre aire) o cilindros a efecto simple, con retorno a muelle. En este último caso, realizar una posible operación de transformación de válvula abierta a válvula cerrada, resulta muy sencillo: de hecho, es suficiente efectuar la rotación del cilindro de 180°, sin que sea necesario desmontarlo. Esta operación se realiza sin necesidad de utilizar herramientas especiales.



Fuente: http://www.valvtronic.com.ar

Figura 1-3. Válvula on-off.



DN	D calibre (mm)	P (bar)	consumo aire (lts./ciclo)
25 1"	83	9	0.170
32	83	9	0.170
40 1"1/2	83	9	0.170
50 2"	108	9	0.265
65 2"1/2	108	6	0.265
80 3"	130	6	0.395
100 4"	130	4	0.395

Fuente: http://www.valvtronic.com.ar

Figura 1-4. Válvula normalmente cerrada con actuador de efecto simple (muelle cierra/aire abre).

1.6.2. Solución 2 control de nivel con PLC y HMI.

La solución 2 consiste en atacar los mismos problemas que la solución 1, lo primero es controlar el nivel del estanque, a través de un sensor de flotación el cual enviará la señal a un programador lógico como muestra la figura 1-5, este accionará 2 válvulas on-off. La primera de ellas es la válvula del agua de canal "B" que alimenta los estanques de acumulación, la siguiente en accionar será la válvula de la alimentación proveniente del agua de estanque de planta de tratamiento a los estanques de acumulación.

Fuente: https://www.siemens.com.mx

Figura 1-5. CPU SIEMENS serie s7.

A diferencia de la solución 1 esta solución incorporaría la comunicación del PLC con un HMI como muestra la figura 1-6.

Fuente: https://www.siemens.com.mx

Figura 1-6. HMI SIEMENS.

1.6.3. Solución 3 control de nivel, medición de caudal, medición de calidad de agua y humedad del suelo con PLC y HMI.

Está solución se construiría a partir del modelamiento matemático del sistema físico de los estanques de acumulación. Una vez obtenido el modelo se procederá a calcular las variables PID del sistema a controlar. El nivel del estanque permanecerá constante en todo momento. Se necesitará un sensor análogo de nivel como el que se muestra en la figura 1-7. Con él se logrará la medición de todos los niveles de los estanques y canal “B”, y el control de la válvula de alimentación de agua para que mantenga un nivel fijo y no necesite alcanzar niveles máximos y mínimos. También se utilizará el mismo tipo de control de la válvula de agua, para la válvula del canal “B”, planta de tratamiento y alimentación a aspersores. Entre las válvulas a ocupar estaría la válvula con Actuador eléctrico como muestra la figura 1-8.

Fuente: http://www.cl.endress.com/es

Figura 1-7. Sensor ultrasónico, Medición ultrasónica / tiempo de retorno (ToF) Prosonic FMU30.

Fuente: http://kobold.com/es

Figura 1-8. Válvula con Actuador eléctrico KUA-VO.

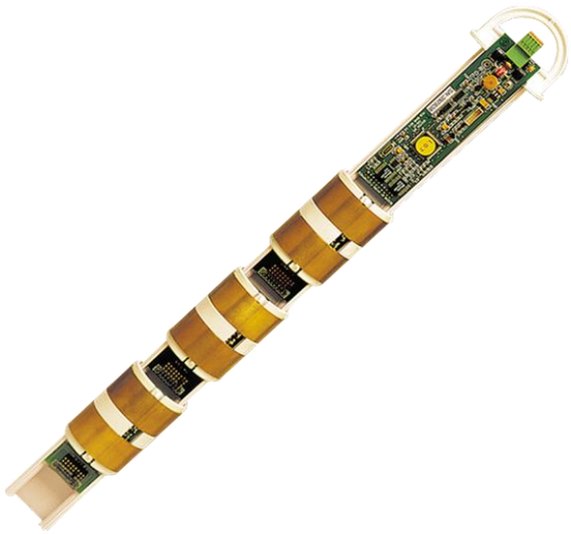
Además, se medirán los caudales tanto de la red de agua del canal “B” como el agua suministrada por el estanque de planta de tratamiento y alimentación a los aspersores, con el fin de determinar el consumo que tiene el proceso, entre los caudalímetros a usar se muestra uno en la figura 1-9, también se medirá la calidad del agua proveniente de la planta de tratamiento la cual debe ser adecuada para el regadío de los jardines. En la figura 1-10 se muestra un posible medidor de calidad de agua a usar y por último se tiene una sonda de humedad del suelo la que se muestra en la figura 1-11, para que el proyecto sea totalmente automático.

Fuente: http://www.cl.endress.com/es

Figura 1-9. Proline Prosonic Flow 93C Caudalímetro ultrasónico.

Fuente: http://www.cl.endress.com/es

Figura 1-10. Sensor para la medición de oxígeno disuelto Oxymax COS61.



Fuente: https://www.campbellsci.es/enviroscan

Figura 1-11. Sonda de Humedad/Salinidad de suelo por Capacitancia Sentek.

1.7. INNOVACIÓN.

El factor principal de innovación del proyecto presentado, consiste en realizar un control continuo a través de actuadores análogos los cuales son controlados por medio de programadores lógicos.

En relación a las 3 soluciones a la problemática a resolver, se muestra la tabla 1-1, donde 0=malo; 1=deficiente; 2=aceptable; 3=bueno; 4=excelente. Haciendo uso de la evaluación de atributos en concordancia a escala internacional de competencias a través de una matriz de comparación.

Tabla 1-1. Matriz de comparación de soluciones.

ALTERNATIVAS	ATRIBUTOS			PUNTAJE DE ATRIBUTOS
	Funcionalidad	Beneficios	Innovación	
Solución 1	4	3	2	9
Solución 2	3	3	3	9
Solución 3	3	3	4	10

Fuente: Elaboración propia, basado en alternativas de solución.

En la solución 1, el nivel de factibilidad es alto dado que E.R.A. cuenta con la mayoría de los insumos y solo se deberían adquirir los sensores de nivel y las válvulas on-off, pero aún se tendría un bajo nivel de innovación, puesto que existiría un problema de comunicación.

En la solución 2, esta solución se acerca a lo que el sistema necesita para ser controlado, pero no es lo adecuado ya que un control on-off sería un sistema acotado, pero no mantendría un nivel constante en el estanque.

La solución 3, es la más innovadora pero también es una alternativa que implica una inversión mayor por parte del cliente. Esto puede hacer que está alternativa del punto de vista económico sea poco atractiva para la toma de decisión, lo que afecta directamente en la posibilidad de implementación de este sistema, pero por eso se debe calcular el costo beneficio que puede aportar el proyecto.

1.8. REQUERIMIENTOS.

Para el desarrollo del proyecto a continuación se describirá los requerimientos de dispositivos y su instalación.

1.8.1. Instalación de controlador lógico programable.

Descripción: Instalación de controlador lógico programable Siemens Simatic S7.

Criterio de Aceptación: Este equipo se instalará en caseta de bomba con el fin de controlar y leer las variables del proceso (caudales, niveles y calidad de agua) y elementos finales de control.

1.8.2. Instalación de HMI.

Descripción: Instalación de HMI compatible con Siemens Simatic S7 PLC.

Criterio de Aceptación: Estos equipos se instalará en caseta de bomba con el fin de controlar y leer las variables del proceso (caudales, niveles y calidad de agua) y elementos finales de control.

1.8.3. Instalación de indicadores falla nivel de agua.

Descripción: Instalación de luces para la indicación de fallas.

Criterio de aceptación: Estas luces se instalarán en caseta de bomba y la planta en lugares que sean visibles por el personal encargado de regadío de jardines a fin de visualizar si se generó un problema en el sistema.

1.8.4. Instalación de Sensores de Nivel.

Descripción: Instalación de sensores ultrasónicos en el canal “B”, estanques acumuladores y estanque de planta de tratamiento, con lo que mide el nivel de agua, los cuales alimentan el sistema.

Criterio de Aceptación: Ubicar sensor ultrasónico en la parte superior del canal “B”, estanques acumuladores y estanque de planta de tratamiento y comunicar con el PLC ubicado en la caseta de bomba.

1.8.5. Instalación de Sensores de caudal.

Descripción: Instalación de sensores de caudal.

Criterio de Aceptación: Ubicar sensores de caudal en la parte más conveniente de los circuitos del sistema y comunicar con el PLC ubicado en la caseta de bomba.

1.8.6. Instalación de Sensor de calidad de agua planta de tratamiento.

Descripción: Instalación de sensor de calidad de agua de planta de tratamiento.

Criterio de Aceptación: Ubicar sensor de calidad de agua planta de tratamiento en la parte más conveniente del circuito y comunicar con el PLC ubicado en la caseta de bomba.

1.8.7. Instalación de válvulas con Actuadores eléctricos.

Descripción: Instalación de válvulas con Actuadores eléctricos.

Criterio de Aceptación: Ubicar válvulas con Actuadores eléctricos en la parte más conveniente del circuito y comunicar con el PLC ubicado en la caseta de bomba.

1.8.8. Instalación de Sensor de humedad del suelo.

Descripción: Instalación de sensor de humedad del suelo.

Criterio de Aceptación: Ubicar sensores de humedad del suelo en los lugares más conveniente de los jardines y comunicar con el PLC ubicado en la caseta de bomba.

1.8.9. Instalación de circuito control e instrumentación.

Descripción: Instalación de circuito control e instrumentación según diagrama de detalle.

Criterio de Aceptación: La canalización del alambrado del circuito, debe ser según el criterio interno de los inspectores de terreno E.R.A.

1.9. BENEFICIOS.

Un beneficio realmente significativo es que la remodelación del sistema de bombeo para regadío de jardines ERA quedaría automatizado por completo, lo que se traduce en una excelente mantención de las áreas verdes de las instalaciones de ERA.

Otro nivel de beneficio que no es explícito pero no por eso menos significativo es el de cambiar la cultura interna en forma gradual, respecto a los sistemas automatizados. Estos sí son beneficiosos y llevan el proceso a mejorar la exactitud y confiabilidad en los procesos involucrados.

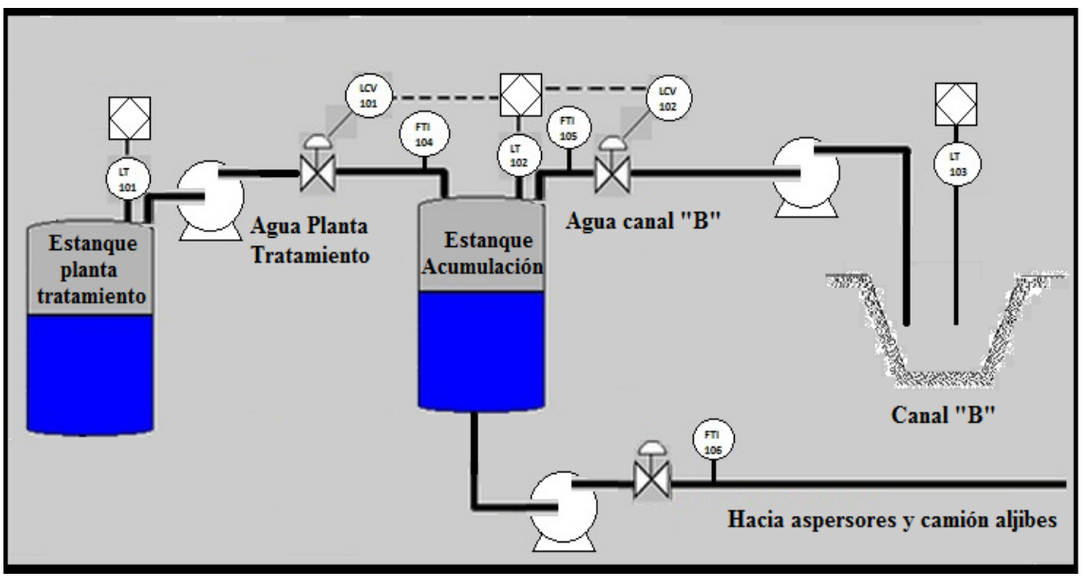
CAPÍTULO 2: DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

2. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.

En este capítulo se muestra como se obtienen los cálculos para el diseño del sistema de control basado en control PID (Proporcional integrador y derivador), junto con el diagrama PI&D (Piping and instrumentation diagram) del sistema que señala como se encuentran instalados los distintos instrumentos de la mejora, y por último se encuentra el diagrama de flujo de la solución a implementar.

2.1. DETALLE DE LA SOLUCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.

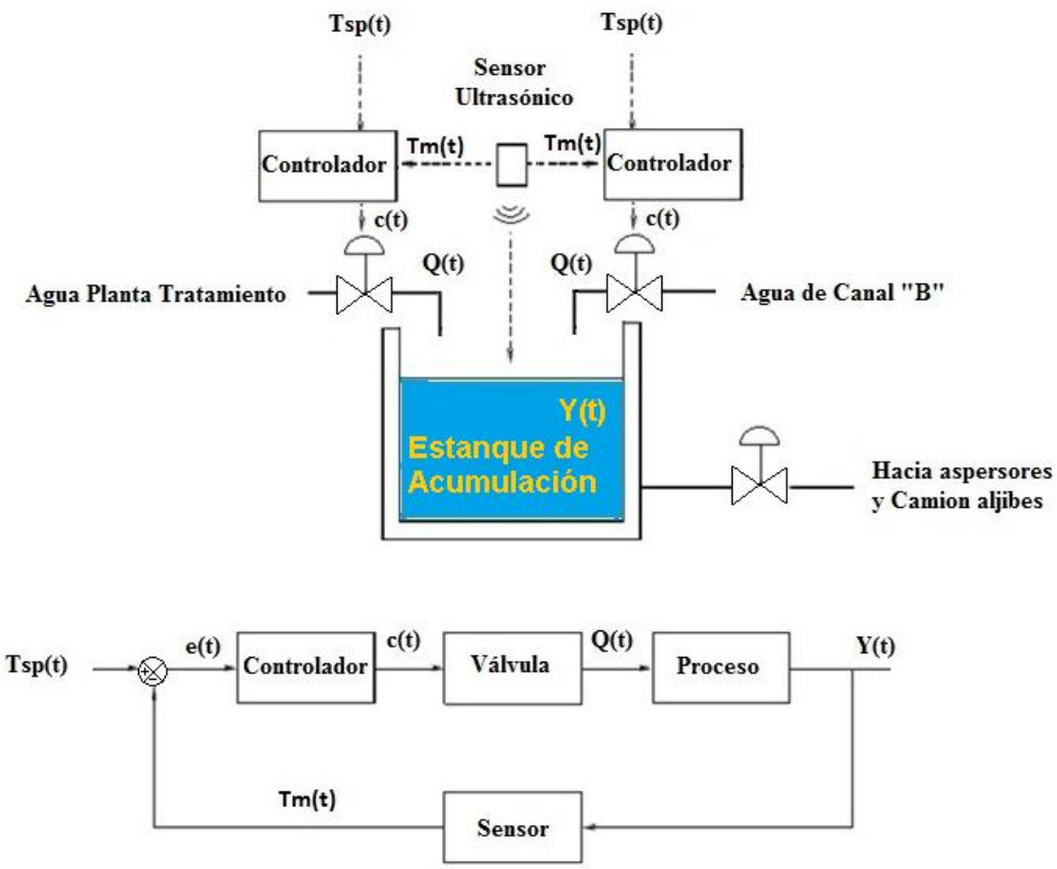
El sistema de control de nivel de líquido cuenta con 2 entradas de alimentación y una salida para cada uno de los dos estanques de acumulación. El sistema de nivel de cada estanque será controlado a través de válvulas de control, una es desde el canal “B” y la 2ª es de la planta de tratamiento. El nivel estará medido por un sensor de nivel ultrasónico para cada estanque, el cual entregará la información de la medición de nivel al PLC. Con esto se logra controlar el nivel en forma constante, para poder hacerlo se deben calcular los parámetros PID del sistema a controlar. También, se medirán los caudales de entrada y salida de cada estanque para totalizar los consumos de agua por parte de las bombas. Se instalarán sensores de nivel ultrasónico en el canal “B” y estanque planta de tratamiento, con esto es posible conocer los niveles críticos del sistema cuando el canal “B” y estanque planta de tratamiento queden sin agua para suministrar los estanques de acumulación. En la figura 2-1, se describe el proceso a controlar con sus respectivos instrumentos de medición.



Fuente: Elaboración propia, basado en información entregada por ERA.

Figura 2-1. Diagrama P&ID del sistema.

Como se muestra en la figura 2-2 la señal del sensor se resta con el punto de ajuste generando una señal de error, luego esta señal entra al controlador ajustando el actuador y finalmente controlando el proceso.

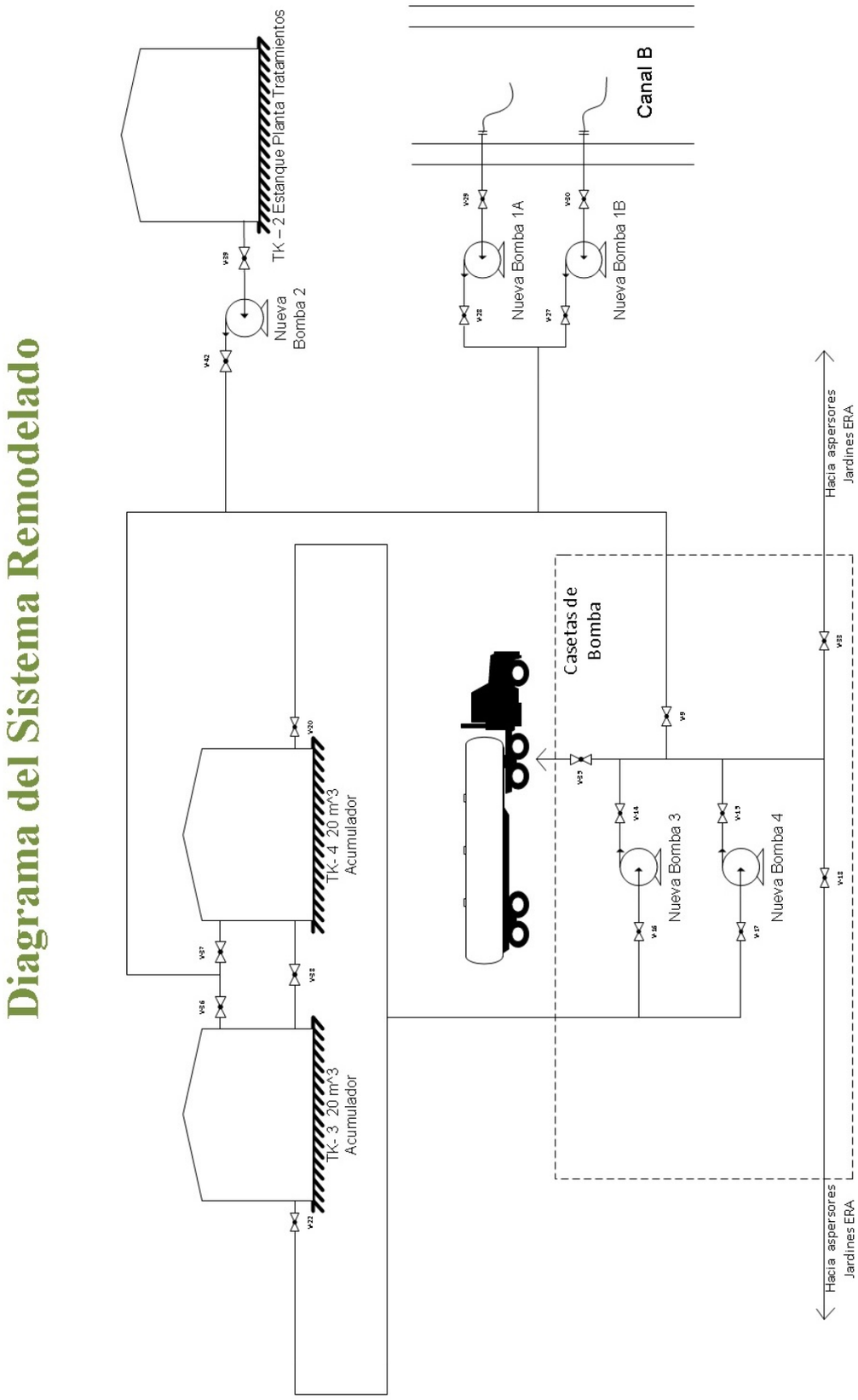


Fuente: Elaboración propia, basado en información entregada por ERA.

Figura 2-2. Diagrama de bloques del sistema.

Además, se tiene un sensor de calidad de agua para discriminar si el agua de la planta de tratamiento se encuentra en las condiciones necesarias para ser usada en el regadío de los jardines y por último sensores de humedad del suelo para permitir la automatización total del sistema de control.

En la figura 2-3., se adjunta un diagrama del proyecto una vez ya remodelado, basado en un plano entregado por la administración de ERA.



Fuente: Elaboración propia con software Office Visio 2007, basado en información entregada por ERA.

Figura 2-3. Diagrama del Sistema Remodelado.

2.2. MODELAMIENTO DEL SISTEMA.

Para la solución al problema lo primero es obtener su modelamiento físico en forma matemática, en el caso del control de nivel lo primero que se debe considerar es si el régimen del fluido es turbulento o laminar. Para ello, se debe evaluar el número de REYNOLDS del fluido a controlar.

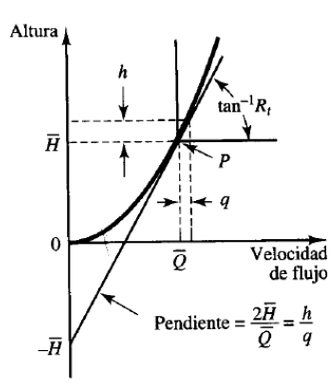
- **Re =$\frac{D \times v \times \rho}{\varphi}$= 17.494,577 Régimen Turbulento**
- Q = Caudal = 42 [Lts/min] = 0,0007 [m3/s]
- S = Sección = 0,002027 [m2]
- D = Diámetro de la tubería = 2’’ = 0,05080 [m]
- V = Velocidad del fluido = Q/S = 0.345[m/s]
- ρ = Densidad = 998.2071 [Kg/m3]
- φ = Viscosidad = 0,0010 [Kg/ms] (a 20°c)

Generalmente cuando el número de Reynolds se encuentra por debajo de 2100 se sabe que el flujo es laminar, el intervalo entre 2100 y 4000 se considera como flujo de transición. Para valores mayores de 4000 se considera régimen turbulento. Este número es adimensional, es uno de los parámetros más utilizados en el área de la ingeniería química.

2.2.1. Modelo matemático.

El caudal de entrada – caudal de salida = Acumulación * $\frac{dh}{dt}$

La ecuación del sistema está dada por la siguiente expresión como se muestra en la figura 2-4:



Fuente: Libro Ingeniería en control moderna, autor Katsuhiko Ogata.

Figura 2-4. Razón de cambio del nivel con respecto al caudal.

$$Q1-Q2=A*h;\ Q2=K\sqrt{(h)} \quad (1)$$

Donde K es igual a la razón de cambio de la altura con respeto al caudal de salida. Por lo tanto K se calcula como:

$$dQ2=\frac{k}{2\sqrt{H}}\ dH;\ R=\frac{2H}{Q2} \quad \text{Para flujo turbulento (2)}$$

La ecuación característica del sistema quedaría descrita de la siguiente forma: Dado que el flujo de entrada menos el flujo de salida durante el pequeño intervalo de tiempo dt es igual a la cantidad adicional almacenada en el tanque:

$$Cdh = (q1 - q2) \quad (3)$$

A partir de la definición de resistencia, la relación entre q. y h se obtiene mediante:

$$q2 = \frac{h}{R} \quad (4)$$

La ecuación diferencial para este sistema para un valor constante de R se convierte en:

$$RC\frac{dh}{dt} + h = Rq1 \quad (5)$$

Entonces aplicando la transformada de La Place al sistema entonces se describe de la siguiente manera:

$$(RCs+1)\ (s)=RQ1\ (s) \quad (6)$$

$$\frac{H(s)}{Q1(s)} = \frac{R}{(RCs+1)} \quad (7)$$

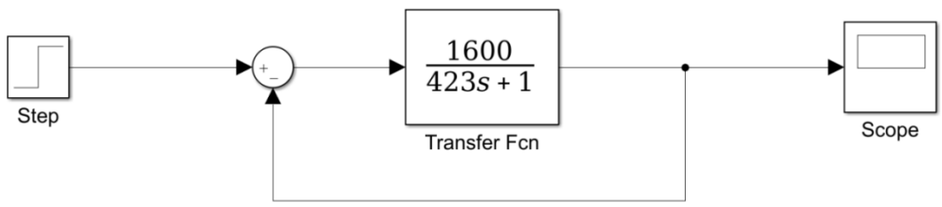
Teniendo la función de transferencia se debe pasar a la siguiente etapa el análisis de estabilidad de la función.

$$R=\frac{2H}{Q}=1600;Q=42\left(\frac{Lt}{min}\right),\ H=0{,}56(cm) \quad (8)$$

$$C=\left(\frac{0{,}58}{2}\right)^2 * \pi=0{,}264G\ (s) = \frac{1600}{423s+1} \quad (9)$$

2.3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD.

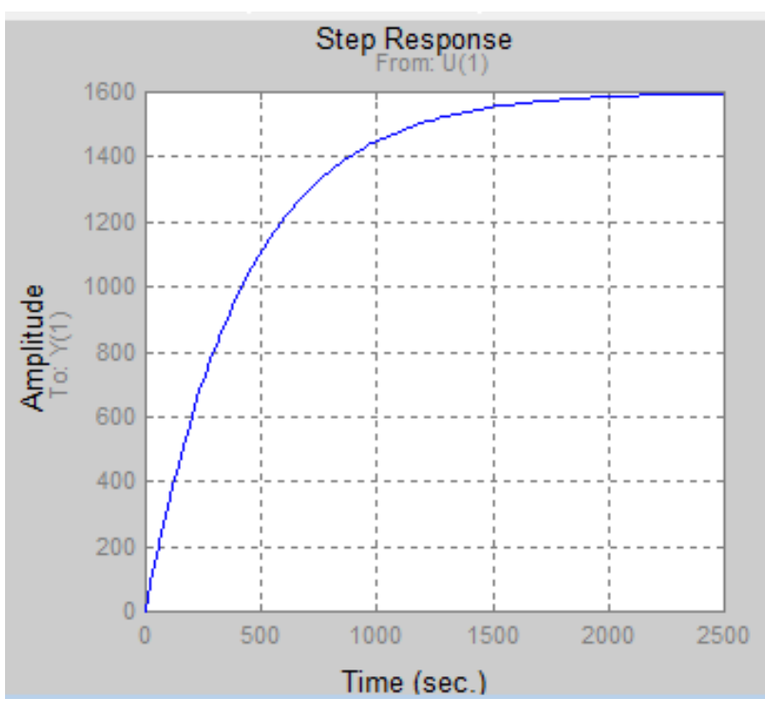
Se realizará la retroalimentación unitaria como muestra figura 2-5 del sistema para ver el comportamiento de éste, forzando la función de transferencia con un escalón unitario en su entrada.



Fuente: Elaboración propia en software Matlab Simulink.

Figura 2-5. Función de Transferencia con retroalimentación unitaria.

La respuesta a escalón en lazo abierto del sistema es la que se ve en la figura 2-6.



Fuente: Elaboración propia con software Matlab.

Figura 2-6. Escalón unitario a la función de transferencia en lazo abierto.

La información entregada por el ensayo de la función como se observa en la figura 2-6, es que el tiempo que demora en alcanzar el punto de consigna es de 41.67 minutos, lo cual es exagerado dado que ningún sistema demora tanto en sintonizar menos uno como el control de nivel.

2.3.1. Lugar geométrico de las raíces.

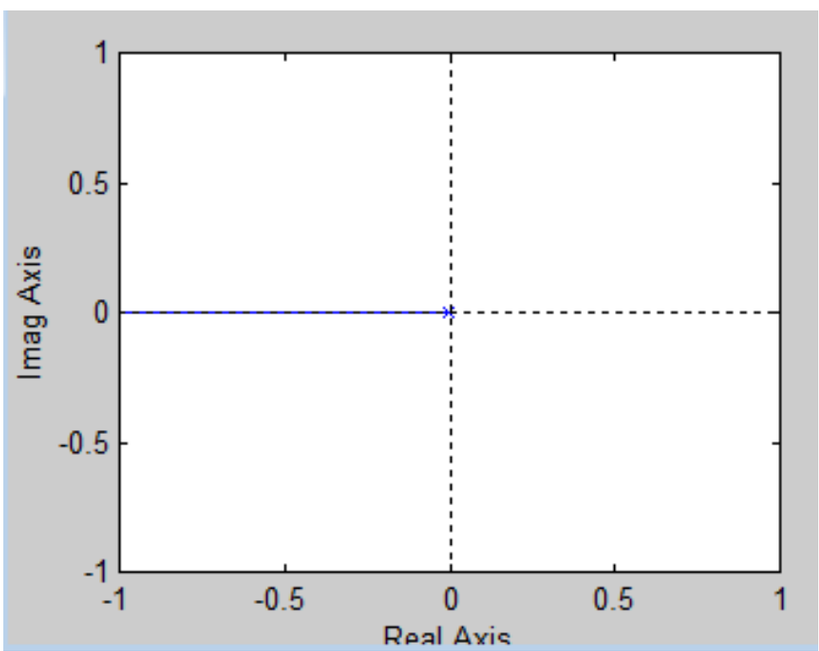
Con el lugar geométrico de raíces es posible determinar los polos y ceros de la ecuación, con esto se determina si la función es inestable, si tiene componente imaginaria y si es controlable. El polo de la función de transferencia es el siguiente:

$$G(s) = \frac{1600}{423s + 1}$$

Polo:

$$s = \frac{1}{423} \approx 0.0024$$

Aplicando el comando rlocus en matlab es posible representar la función emplazada en el LGR como se ve en la figura 2-7.



Fuente: Elaboración propia con software Matlab.

Figura 2-7. Lugar geométrico de raíces.

Esta función de transferencia es controlable dado que tiene un polo en semiplano izquierdo del eje de coordenadas del lugar geométrico de raíces.

2.4. CÁLCULO DE PARÁMETROS DE UN PID USANDO MÉTODO DE CURVA DE REACCIÓN.

Para calcular los parámetros de PID usando el método de curva de reacción, se debe estimular la función de transferencia a controlar con un cambio de escalón en el punto de consigna

En el plano del tiempo la función para encontrar los parámetros PID es:

$$\Delta c(t) = K\Delta mu(t - to) * [1 - e^{\frac{-t-to}{\tau}}] \quad (10)$$

La función anterior en plano de la transformada de Laplace es:

$$C(s) = \frac{K * e^{-tos}}{\tau s+1} \quad (11)$$

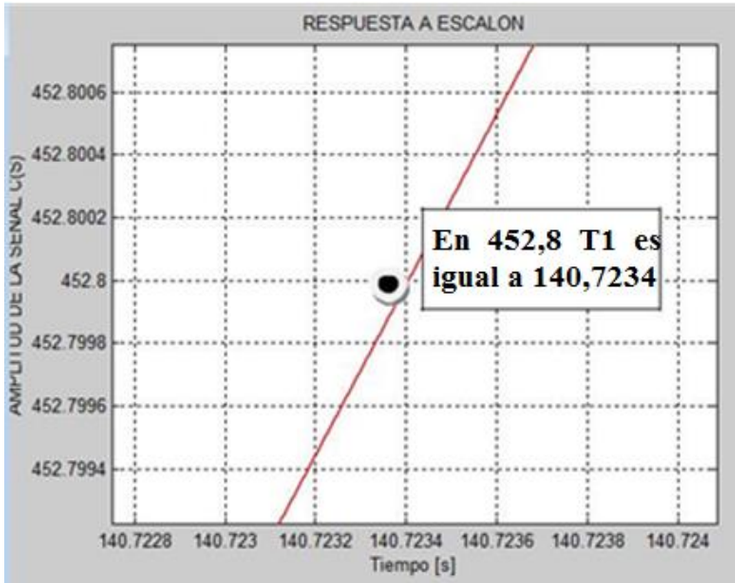
Estimulando la función de transferencia se debe encontrar las constantes de tiempo según el método de curva de reacción.

$$\tau = \frac{3}{2}\ (t2 - t1)\ ;\quad to\ = t2 -\ \tau$$

Usando matlab las constantes t1 y t2 son las siguientes:

Cálculo de t1 usando los datos obtenidos en matlab como muestra la figura 2-8.

- $C(t) = \ K * 0.283 = 452{,}8\ ;\ K = \frac{\Delta c(s)}{\Delta m} = \frac{1600}{1} = 1600\ seg.$ Para t1 (12)

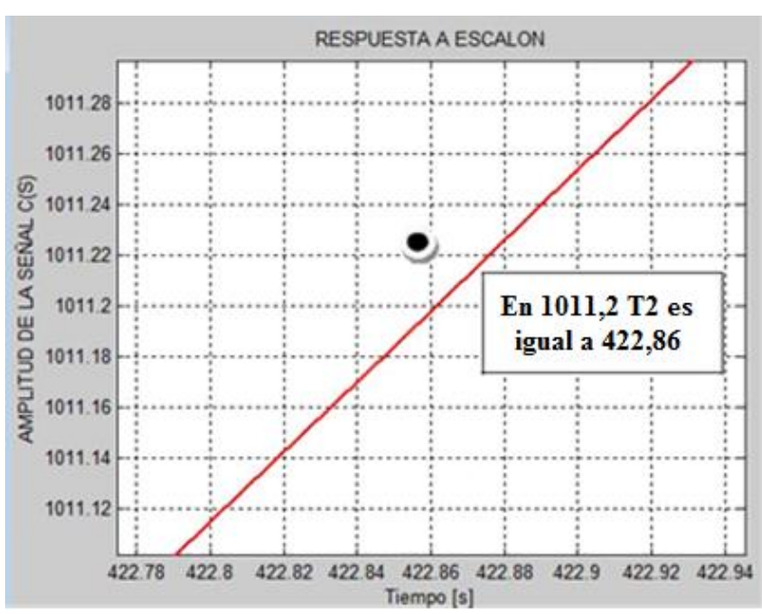


Fuente: Elaboración propia con software Matlab.

Figura 2-8. Es la respuesta a escalón de la función y el tiempo que demora en alcanzar el 28,3 % de su amplitud máxima.

Cálculo de t2 usando los datos obtenidos en matlab como muestra la figura 2-9.

$$C(t) = K * 0.632 = 1011{,}2 \ ; \quad K = \frac{\Delta C(s)}{\Delta m} = \frac{1600}{1} = 1600. \qquad \text{Para t2 (13)}$$



Fuente: Elaboración propia con software Matlab.

Figura 2-9. Es la respuesta a escalón de la función y el tiempo que demora en alcanzar el 63,2 % de su amplitud máxima.

Con estos datos se puede usar el método de sintonización FOPDT Zigler-Nichols.

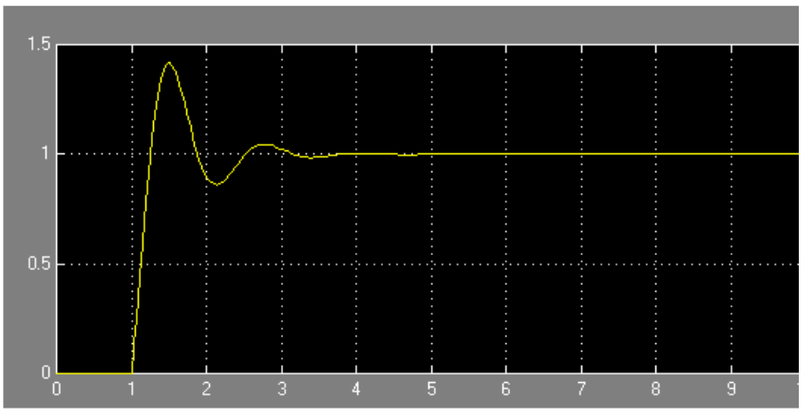
Los valores del controlador PID según el método antes mencionado son los siguientes:

$$Kc = \frac{1{,}2}{k}\left(\frac{to}{\tau}\right)^{-1} = 0.920277399246 \quad (14)$$

$$ti = 2 * to = 0.6898\ segundos \quad (15)$$

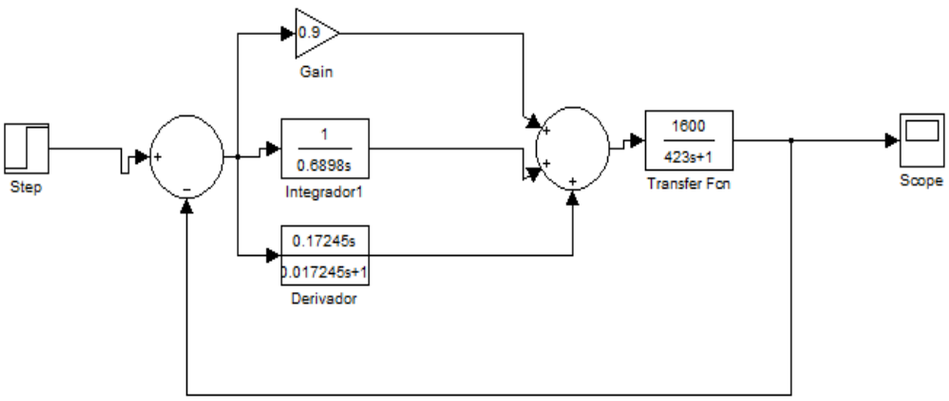
$$td = \frac{to}{2} = 0.17245\ segundos \quad (16)$$

Se puede observar en la figura 2-10, cómo se comporta el sistema de nivel cuando se realiza un cambio en su punto de ajuste una vez sintonizado el bloque PID.



Fuente: Elaboración propia con software Matlab Simulink

Figura 2-10. En Respuesta a escalón de la función una vez sintonizado el bloque PID.



Fuente: Elaboración propia con software Matlab Simulink.

Figura 2-11. Diagrama de bloques del PID y Estanque a controlar.

Como se muestra en las figuras anteriores, el resultado de la sintonización es exitoso y el cambio de escalón se demoró 5 segundos en estabilizarse, se utilizó el software Matlab para realizar la simulación y se diseñó el diagrama de bloques en Simulink como se observa en la figura 2-11.

2.5. SENSORES A UTILIZAR ACTUADOR Y ESCALAMIENTO.

A continuación se detallan los posibles sensores y actuador a utilizar en el proyecto.

2.5.1. Sensor de nivel.

Sensor ultrasónico de nivel PROSONIC M FMU40 (véase figura 2-12). Este sensor será utilizado tanto en el canal "B" como en los estanques de acumulación y planta de tratamiento.

- Rango de medición de 0 a 50 (m).
- Error no definido baja precisión.
- Sensor y transmisor análogo con una señal de 4 a 20 (mA).
- Escalamiento.

$$y = mx + b; m = \frac{50 - 0}{16384 - 3277}; offset = b = 0 - (3277 * 0.003814755)$$

Reemplazando la ecuación característica quedaría así:

$$y = 0.003814755x - 12.50095369$$

Rangos críticos de estanques:

- Nivel bajo 1.5 (m) = 3670.
- Nivel de operación 2.5 (m) = 3932.
- Nivel muy alto 4(m) = 4326.

Rangos críticos del canal "B":

- Nivel muy bajo 15(cm) = 3317.
- Nivel de trabajo 65(cm) = 3447.
- Nivel Alto 90(cm)= 3526.

Fuente: http://www.cl.endress.com

Figura 2-12. Sensor ultrasónico.

2.5.2. Sensor de caudal.

Sensor de caudal electromagnético PROMAG 10 H (véase figura 2-13), este sensor será utilizado para medir los caudales de salida y la entrada de los estanques de acumulación.

- Rango de medición de 0 a 282 $({m^3}/{h})$
- Sensor y transmisor análogo con una señal de 4 a 20 (mA).
- Error de la medición es de ± 5 % en toda su escala.
- Escalamiento

$$y = mx + b;\ m = \frac{0 - 282}{16384 - 3277}\ offset = b = 0 - (3277\ *\ 0.02155220874)$$

Reemplazando la ecuación característica quedaría así:

y= 0.02155220874x - 70.5053788052

Fuente: http://www.endress.com

Figura 2-13. Sensor de flujo electromagnético.

2.5.3. Válvula de control proporcional con actuador eléctrico.

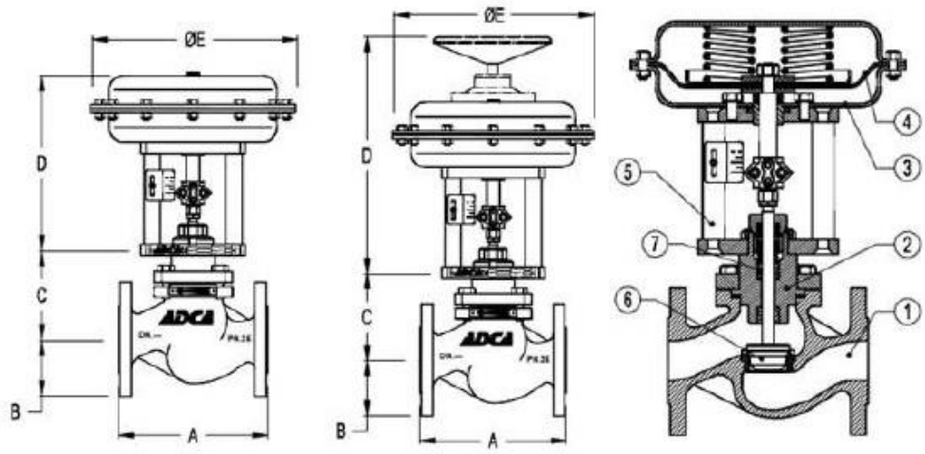
El actuador a utilizar es una válvula de control proporcional con actuador eléctrico como se muestra en la figura 2-14, la cual será conectada en la alimentación del suministro desde la plata de tratamiento y canal “B”, además de la descarga, con el fin de regular el caudal que ingresa a los estanques, de esta forma se mantiene el nivel constante.

Fuente: http://www.sotermic.cl

Figura 2-14. Válvula de control proporcional con actuador eléctrico.

Dimensiones y materiales de la válvula de control modular son los que se muestran en las figura 2-15.

DIMENSIONES Y MATERIALES



DIMENSIONS - VALVE BODY						
DN	A (mm)	B (mm)	C (mm) BONNET			
			STANDARD	FINNED	EXTENDED	BELLOWS
15	130	48	80	145	145	205
20	150	53	80	145	145	205
25	160	58	85	165	165	225
32	180	70	90	170	170	230
40	200	75	90	170	170	240
50	230	83	95	185	185	245
65	290	93	155	255	255	355
80	310	100	160	260	260	360
100	350	110	190	310	310	400

PV25 DA - Direct action from DN15 to DN200, PV25 RA - Reverse action from DN15 to DN100

DIMENSIONS - ACTUATOR			
Type	ø E (mm)	D (mm)	
		DN15-100 DA/RA	DN125-200 DA
PA-205	210	235	—
PA-280	275	240	—
PA-340	335	265	—
PA-435	430	295	—

MATERIALS			
POS.	DESIGNATION	MATERIAL VG25G	MATERIAL V25S
1	Valve Body	GJS-400-18-LT / 0.7033	ASTM A216WCB / 1.0619 ; GP240GH / 1.0619
2	Bonnet	CF8 / 1.4308	CF8 / 1.4308
3	Actuator (Steel)	S235JRG2 / 1.0038	S235JRG2 / 1.0038
	Actuator (Stainless steel)	AISI304 / 1.4301	AISI304 / 1.4301
4	Diaphragm	NBR 70	NBR 70
5	Yoke (Seel)	C45E / 1.1191	C45E / 1.1191
	Yoke (Stainless steel)	AISI304 / 1.4301	AISI304 / 1.4301
6	Valve plug	PTFE/GR ; St.Steel	PTFE/GR ; St.Steel
7	Standard packing	PTFE/GR	PTFE/GR

STEAM & Thermal Fluid CONTROL SOTERMIC

Fuente: http://www.sotermic.cl

Figura 2-15. Válvula de control proporcional con actuador eléctrico.

2.5.4. Sensor para la medición de oxígeno disuelto Oxymax COS61(calidad del agua).

El dispositivo a utilizar es un sensor para la medición de oxígeno disuelto Oxymax COS61 como se muestra en la figura 2-16, la medición continua de la concentración de oxígeno disuelto es muy importante en la planta de tratamiento de aguas residuales, ya que con esto efectuamos aprovechamiento del agua, y tendremos certeza que las áreas verdes recibirán el líquido en la calidad que corresponde.

Application

The continuous measurement of the dissolved oxygen concentration is very important in many areas of water management:

- Sewage treatment plants:Oxygen measurement and regulation in the activated sludge basin for a highly efficient biological cleaning process
- Water monitoring:
  Oxygen measurement in rivers, lakes or seas as an indicator of the water quality
- Water treatment:
  Oxygen measurement for status monitoring of drinking water for example (oxygen enrichment, corrosion protection etc.)
- Fish farming:
  Oxygen measurement and regulation for optimum living and growth conditions

Your benefits

- Optical technology:
  - Minimum maintenance
  - Maximum availability
- Sensor with digital signal processing:
  - Calibration data saved in sensor
  - High degree of EMC protection thanks to digital communication with the transmitter
- Extended maintenance intervals and a high degree of long-term stability
- Intelligent self-monitoring guarantees reliable measured values
- No flow needed - measurement possible in still water
- COS61D - the Liquiline sensor
  - Plug&Play:
    Safe communication based on Memosens protocol
  - Optionally with M12 plug for fast connection to the transmitter
- COS61 - the Liquisys sensor
  - Compatible with tried-and-tested COS31 with COM2x3W:
    Easy measuring point changeover to optical technology
  - Compatible with COS41 with COM2x3D with conversion kit

Fuente: http://www.cl.endress.com/es

Figura 2-16. Sensor para la medición de oxígeno disuelto Oxymax COS61.

2.5.5. Sensor humedad del suelo. “EnviroSCAN – Sentek”.

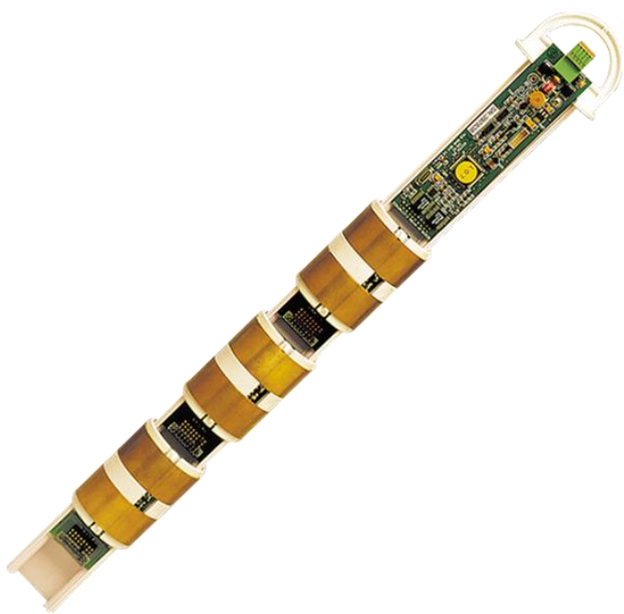
El sensor a utilizar es una sonda de Humedad/Salinidad de suelo por Capacitancia Sentek como muestra la figura 2-17, tienen múltiples sensores ubicados a distintas profundidades. Las sondas aceptan tanto sensores de humedad como de humedad / salinidad de suelo.

- Permite instalar sensores múltiples ubicados en las profundidades deseadas (cada intervalo de 10 cm de profundidad).

- Tubos de Acceso de PVC diseñados para incrementar la precisión del sensor.

- Los sensores no tienen contacto directo con el suelo.

- Especialmente herméticos para garantizar funcionamiento por períodos prolongados.



Fuente: https://www.campbellsci.es/enviroscan

Figura 2-17. Sonda de Humedad/Salinidad de suelo por Capacitancia Sentek.

A continuación en la figura 2-18, se muestra una tabla de especificaciones, de la Sonda de Humedad/Salinidad de suelo por Capacitancia Sentek.

Feature	EnviroSCAN™ SDI-12
Maximum cable length to logger or third party device	60 m (200 ft)*
Maximum sensors per standard probe	16
Sensor Measuring Principle	High frequency capacitance
Output Options	SDI-12
Protocol options	SDI-12
Interface Measuring Principle	16 Bit pulse count
Output Resolution	16 Bit
Output Method	Serial data
Current Consumption	250 µA @ Sleep 66 mA @ Standby 100 mA @ Sampling
Reading range	Water Content/Salinity 0 to ~65%/0 to 17 dSm^{-1}
Temperature effects	±3% 5°C to 35°C
Operating temperature range	-20°C to +75°C
Time to read one sensor	1.1 seconds
Sphere of influence	99% of the reading is taken within a 10 cm radius from the outside of the access tube
Sensor diameter	50.5 mm
Access tube diameter	56.5 mm
Probe length	50 cm (20 inches)
* Based on SENSDI12CBL-L cable.	

Fuente: https://www.campbellsci.es/enviroscan

Figura 2-18. Especificaciones Sonda de Humedad/Salinidad de suelo por Capacitancia Sentek.

2.6. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

El siguiente diagrama (figura 2-19.), corresponde al programa principal, donde el programa se dividirá en dos subrutinas, una corresponde a la subrutina de alimentación de agua del canal “B” y la siguiente a la alimentación de agua proveniente de la planta de tratamiento, si el canal tiene agua podrá alimentar al sistema de lo contrario se cambiará automáticamente a la subrutina de agua planta de tratamiento.

La subrutina de agua planta de tratamiento vigilará constantemente el nivel del canal “B” cuando alcance su nivel máximo la cual cambiará a la subrutina de agua de canal “B” en forma automática.

El programa principal también contará con una opción de mantenimiento la cual deshabilitará todas las opciones de trabajo, con esto se podrá acceder a realizar mantención con el sistema completamente detenido.

Cada una de las subrutinas contará con totalizadores con el fin de medir la cantidad de líquido consumido por el proceso, tanto el agua planta de tratamiento como el agua de canal “B”.

2.6.1. Programa principal.

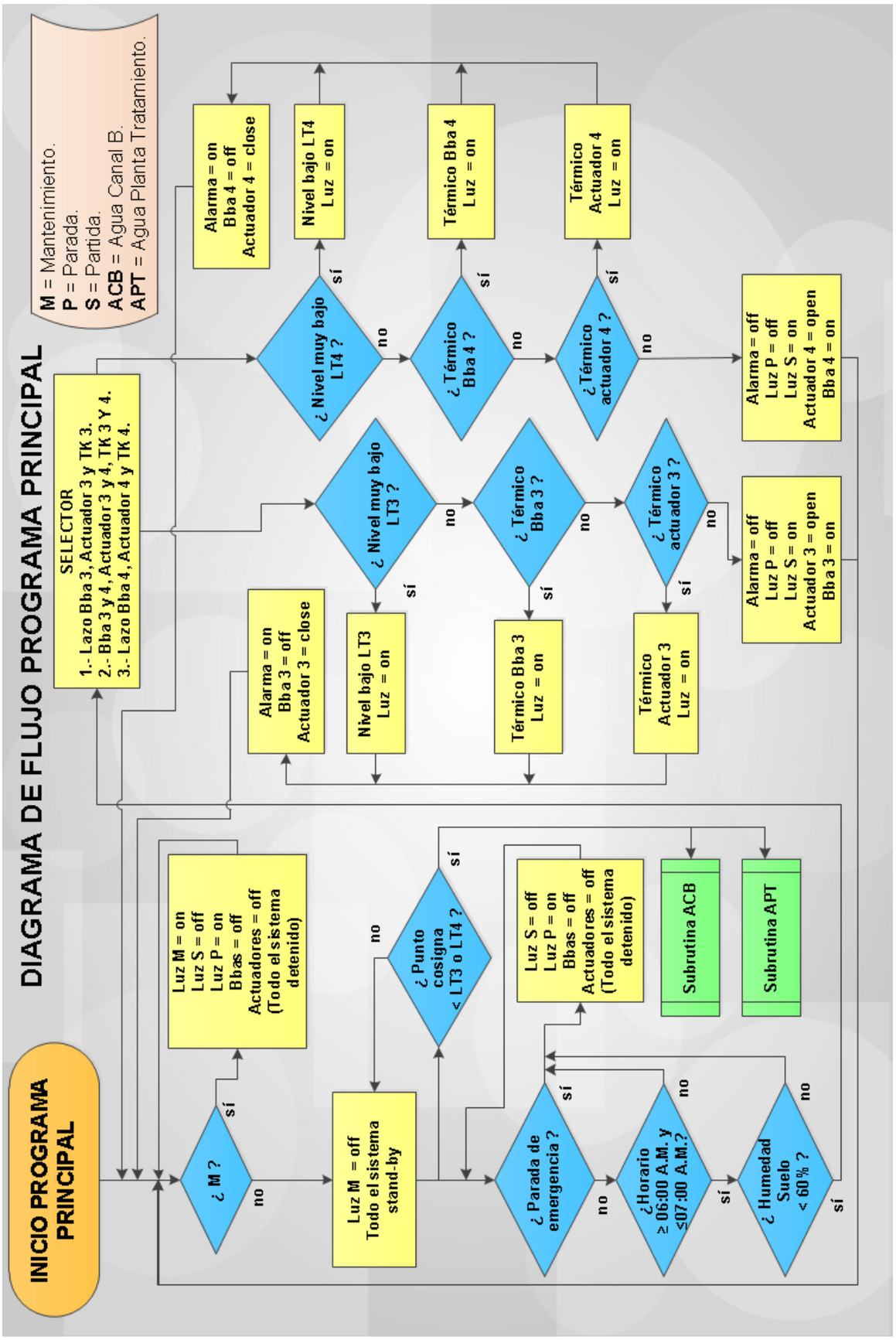
El programa principal dará inicio a todo el sistema cuando se cumplan de forma simultanea las tres condicionantes, la primera que al menos uno de los estanques de acumulación se encuentre en nivel de trabajo (TK-3 o TK-4), la segunda que sea dentro del horario programado y la tercera que la humedad sea inferior al umbral ajustado, además se encargará de conectar las subrutinas con el fin que se tome la decisión de cual alimentación ocupar dada las condiciones del sistema. Con esto el programa principal será el director de las subrutinas, por último tendrá una selección para mantenimiento, desactivando todo el sistema como se muestra en la figura 2-19.

2.6.2. Subrutina de agua de canal “B”.

Esta subrutina tendrá que depender del estado de nivel del canal y el estado de las protecciones de la bomba, en caso que el sistema falle retornará al programa principal desde donde se dirigirá hacia la subrutina agua planta de tratamiento como se muestra en figura 2-20.

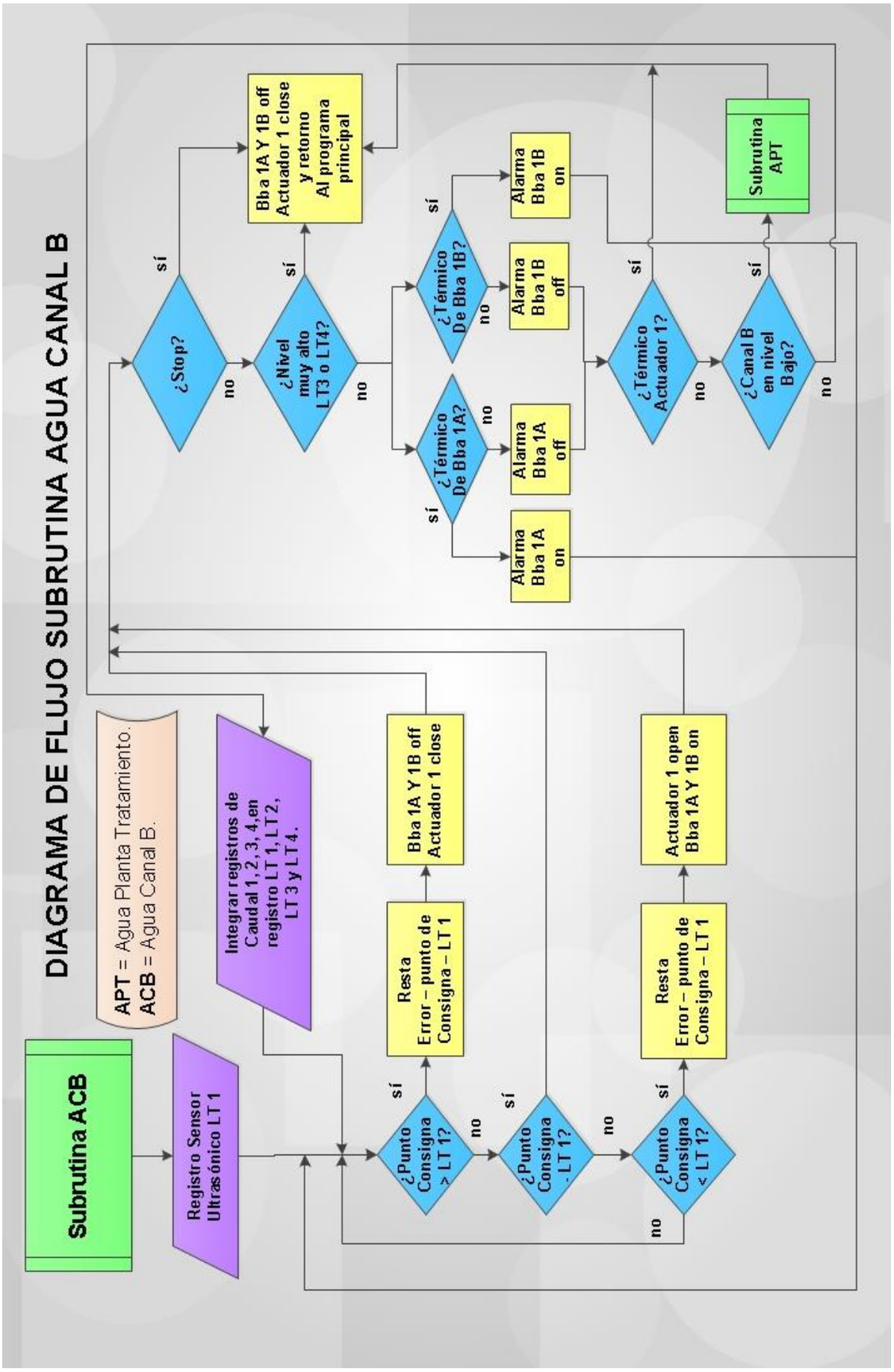
2.6.3. Subrutina de agua planta de tratamiento.

Esta subrutina será quien dará el soporte al sistema en caso que el canal llegase a quedar vacío, si el canal “B” vuelve a alcanzar el nivel de operación la subrutina se desactivará dirigiéndose al programa principal y entrará en funcionamiento la subrutina de agua de canal “B” como se puede observar en figura 2-21.



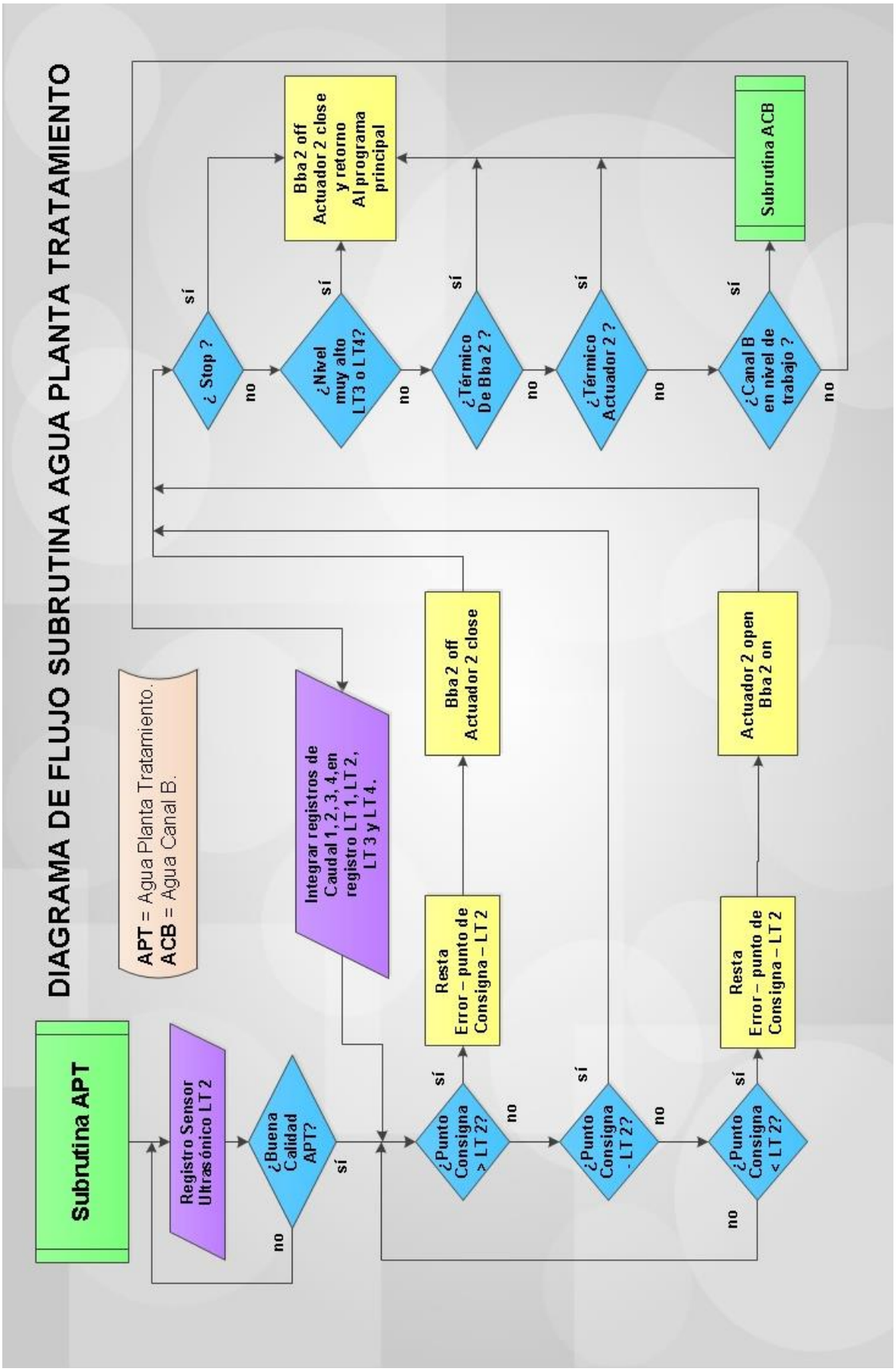
Fuente: Elaboración propia con software Office Visio 2007.

Figura 2-19. Diagrama de flujo programa principal.



Fuente: Elaboración propia con software Office Visio 2007.

Figura 2-20. Diagrama de flujo subrutina agua canal B.



Fuente: Elaboración propia con software Office Visio 2007.

Figura 2-21. Diagrama de flujo subrutina agua planta tratamiento.

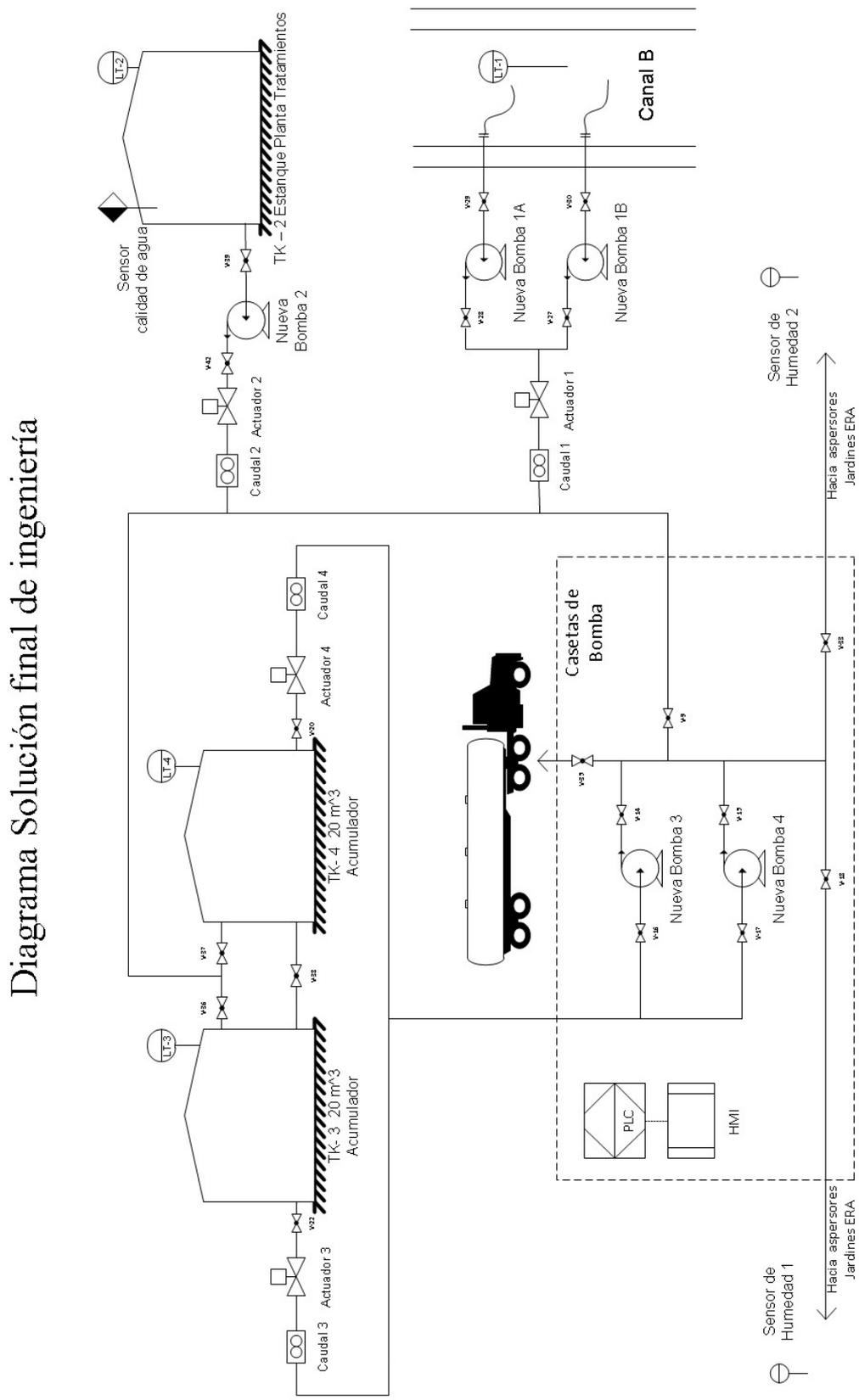
Por último, las variables que se medirán en el sistema serán las de la tabla 2-1. Que se muestra a continuación.

Tabla 2-1. Variables del sistema.

Tabla de variables		
N°	**Variable**	**Entrada análoga de comunicación**
1	Caudal Planta Tratamiento (Sensor de Flujo)	4 a 20 mA
2	Caudal agua de Canal “B” (Sensor de Flujo	4 a 20 mA
3	Nivel Estanques Acumulación (Sensor de Nivel)	4 a 20 mA
4	Nivel Estanque Planta Tratamiento (Sensor de Nivel)	4 a 20 mA
5	Calidad agua Planta Tratamiento (Sensor calidad agua)	4 a 20 mA
6	Nivel de Canal “B” (Sensor de Nivel)	4 a 20 mA
7	Caudal de salida al sistema (Totalizador)	4 a 20 mA
8	Sensor Humedad del suelo	4 a 20 mA

Fuente: Elaboración propia.

La Solución final de ingeniería del proyecto se puede apreciar en la figura 2-22.



Fuente: Elaboración propia con software Office Visio 2007.

Figura 2-22. Diagrama Solución final de ingeniería.

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA.

3. EVALUACIÓN DE COSTOS.

En este capítulo se evidencia que la solución a implementar es conveniente del punto de vista económico y se encuadra el marco teórico que se utilizó como método de evaluación, lo que significa un ahorro de costos para la empresa donde se realizará esta mejora.

3.1. FACTIBILIDAD ECONÓMICA.

Esta evaluación tiene por objetivo lograr establecer algún tipo de conveniencia económica resultante de la ejecución del proyecto y puede ser enfocada como "Costo Beneficio" o como "Costo Eficiencia".

Dependiendo si es posible cuantificar o valorar los beneficios entregados por el proyecto, entonces este será un enfoque costo beneficio, de lo contrario, si no es posible cuantificar o valorar los beneficios obtenidos, será entonces un enfoque costo eficiencia.
Se recuerdan los beneficios obtenidos con la ejecución del proyecto como sigue:

- Lograr monitorear en tiempo real la humedad óptima para la conservación de los jardines E.R.A.
- Conocer con exactitud el momento que ocurre una falla en el sistema de regadío.
- Optimizar las horas hombre (HH) del personal encargado de la mantención de los jardines E.R.A.

Observando estos beneficios es posible destacar lo complicado o casi imposible que resulta tratar de cuantificarlos o valorarlos económicamente. Por este motivo este proyecto debe ser evaluado utilizando un enfoque costo eficiencia.

Se verificó costos de equipos que se podrían utilizar adecuados al proyecto, los cuales serán representados detalladamente. También se debe destacar los riesgos durante la ejecución que existen dentro del proceso de desarrollo del proyecto, una serie de riesgos que pueden en mayor o menor medida retrasar o comprometer su normal ejecución.

Existe la posibilidad que algunos de los equipos que sean adquiridos, tengan algún problema de funcionamiento, lo que obviamente retrasaría el proceso de ejecución. Aunque ENAP trabaja con proveedores conocidos y responsables, los cuales se comprometen seriamente para cumplir con sus clientes de excelente manera, por lo tanto la posibilidad de ocurrencia es baja.

La factibilidad económica se basa en obtener los precios en el mercado de todos los dispositivos tecnológicos del proyecto.

3.1.1. Evaluación del equípamiento.

Se evaluará el equipamiento a usar según costos, características y respaldo. En el caso de la instrumentación (metrología) se deberá definir el concepto de calibración y los costos que puede generar, si no se considera como un ítem al momento de elegir un instrumento.

3.1.2. Costo de calibración.

En el aspecto de la calibración es de suma importancia exigir los certificados de acreditación de los instrumentos a utilizar. Esto entregará un nivel de confianza en la medida y una trazabilidad del error en la medición. Los costos de calibración no están estandarizados pero éstos tienen como mínimo un valor de 96.000 pesos chilenos y puede llegar alcanzar hasta los 500.000 pesos chilenos dependiendo de la variable a medir, si está acreditada la institución bajo la ISO 17025 y la trazabilidad del patrón.

Si los instrumentos a instalar no llegan a estar calibrados será necesaria su calibración en el caso de la medición de caudal en Instituto Nacional de Hidráulica (1), en el caso de la medición de nivel en el Laboratorio Custodio de los Patrones Nacionales de la Magnitud Longitud (2),

Cabe señalar que los costos de calibración incluyen el ajuste del equipo, con lo cual no es necesario considerar costos de mantenimiento a los instrumentos, los costos de mantenimiento asociados al resto de los componentes de la mejora a instalar serán considerados como un solo costo total, como se muestra en la tabla 3-1.

Tabla 3-1. Costo de calibración y mantenimiento

	Vida útil	**Periodicidad (años)**	**Cantidad equipos**	**Ciclos**	**Valor Pesos**	**Total Pesos**	**Valor USD 651,82**
Calibración	6	3	8	2	100.000	1.600.000	2.454,67
Mantenimiento	6	1	-	6	500.000	3.000.000	4.602,50
TOTAL					**600.000**	**4.600.000**	**7.057,16**

Fuente: Elaboración propia.

(1) http://www.inh.cl/cms/

(2) http://www.metrologia.cl/laboratorios/longitud/longitud.act

3.1.3. Proveedor marca e insumos a utilizar.

Al momento de realizar un presupuesto, puede ocurrir que no exista suficiente claridad de como elegir las mejores alternativas que ofrece el mercado según el problema que se deba resolver, por lo tanto se debe considerar lo siguiente:

- Precio: Es el costo total, de cada insumo, el software de programación y cable de comunicación, sin considerar los accesorios necesarios para su instalación como rieles y fijadores entre otros.
- Soporte: Se considerará el respaldo de la marca a utilizar y su nivel de inserción en el mercado el cual nos brinde la confianza como para utilizar estos insumos.

  También se considerará el respaldo si los proveedores cuentan con sistema de gestión de calidad.
- CPU: Tipo de PLC a utilizar, considerando la capacidad de entradas y salidas I/O, y módulos analógicos para conectarse al sensor de transmisión de presión 4-20 mA. Con la capacidad de manejar distintas señales eléctricas tanto voltaje como corriente.
- Velocidad de respuesta del microprocesador del PLC, para el escaneo del programa alojado en su memoria, para procesar las entrada y salidas del autómata con un tiempo de respuesta mínimo.

  Tipo de comunicación que ofrece el PLC a seleccionar para enlaces periféricos, computadoras, sensores, etc.
- Software: Se considerará como un elemento importante antes de optar por algún modelo en especial la flexibilidad, la facilidad al momento de la programación en caso de los autómatas programables.

3.2. INSTRUMENTOS

Los instrumentos a utilizar serán: sensor de nivel, caudal, calidad de agua y de humedad.

- 4 caudalímetros para entrada y salida de los estanques acumuladores.
- 4 sensores de nivel, estanques acumuladores, estanque de planta tratamiento y nivel canal “B”.
- 1 sensor calidad agua.
- 4 sensores Humedad del suelo.

3.2.1. Sensor de caudal.

Los sensores de caudal fueron cotizados en Endress+Hauser Chile Ltd. (3) ubicada en María Luisa Santander 0447 – Providencia Santiago de Chile y en Veto Medición y Control (4) San Eugenio 567, Ñuñoa Santiago de Chile.

Las empresas en las cuales se realizaron las cotizaciones se encuentran debidamente acreditadas bajo sistema de gestión de calidad ISO 9001/2008 en el caso de Endress+Hauser Chile Ltd. el organismo acreditador es SGS CHILE LIMITADA empresa internacional con presencia en Chile. Veto Medición y Control el organismo que acredita a la empresa es SGS CHILE LIMITADA.

- Flujómetro Marca BLUE WHITE INDUSTRIES modelo Sonic PRO este instrumento cuenta con certificado de calibración correspondiente, su distribuidor local es Veto. El valor de este instrumento es de 8.201,60 USD, este precio incluye el IVA.
- Flujómetro marca Endress+Hauser modelo Proline Promag E 100, medidor de caudal por electromagnetismo, el valor de instrumento con IVA incluido es de 3.414,55 USD.
- Flujómetro Totalizador marca BLUE WHITE INDUSTRIES modelo F-2000. Este instrumento cuenta con certificado de calibración correspondiente y su distribuidor en local es Veto. El valor de este instrumento es de 1.063,79 USD, este precio incluye IVA.

3.2.2. Sensor de nivel.

Los sensores de nivel fueron cotizados en Endress+Hauser Chile Ltd. ubicada en María Luisa Santander 0447 – Providencia Santiago de Chile y en Veto Medición y Control San Eugenio 567, Ñuñoa Santiago de Chile.

- Sensor de nivel marca NIVELCO modelo EchoTREK, este instrumento es distribuido por VETO de manera local su valor es de 1.630,75 USD con IVA incluido.
- Sensor de nivel marca Endress+Hauser modelo Prosonic M FMU40 medidor de nivel por ultrasonido, valor del instrumento con IVA es de 3.414,55 USD.

---

(3) http://www.cl.endress.com/

(4) http://www.veto.cl

3.2.3 Sensor calidad agua.

El sensor calidad agua fue cotizado en Endress+Hauser Chile Ltd. Ubicada en María Luisa Santander 0447 – Providencia Santiago de Chile.

- Sensor para la medición de oxígeno disuelto marca Endress + Hauser modelo Oxymax COS61 sensor de oxígeno óptico para plantas de tratamiento de aguas, aguas residuales y servicios, valor del instrumento y accesorios necesarios con IVA incluido es de 2.313,49 USD.

3.2.4 Sensores humedad del suelo.

El sensor humedad del suelo fue cotizado en Veto Medición y Control San Eugenio 567, Ñuñoa Santiago de Chile.

- Sensor para la humedad del suelo marca Sentekf modelo Enviroscan, Sonda de Humedad/Salinidad de suelo por Capacitancia, valor del instrumento con IVA es de 2.049,18 USD.

3.3. ACTUADOR.

Este elemento fue cotizado según características específicas para el proyecto no hubieron variados proveedores que pudieran satisfacer esta necesidad por esto solo se entregará un alternativa de compra. La empresa que cuenta con este insumo es SOTERMIC ubicada en Av. Américo Vespucio Norte 2294, Núcleo Empresarial El Cortijo. La empresa VALSTEAM (5) quien manufactura la válvula de control se encuentra certificada ISO 9001/2008 por Lloyd's Register Quality Assurance Limited.

- Válvula de globo y actuador electroneumático marca VALSTEAM modelo PV25, este elemento final de control fue cotizado en SOTERMIC y su valor es de 3.066,00 USD con IVA incluido.

---

5 http://www.valsteam.com/~valsteam/novo/index.php?lang=pt

3.4. AUTÓMATAS.

Dentro del control existen distintos tipos de CL (Controlador Lógico) y PLC (Programador Lógico) los cuales se pueden implementar para entregar soporte al control PID (Proporcional integrativo derivativo) algunas marcas como por ejemplo:

- AUTOM DIRECT
- DELTA ELEC
- FUJI
- GE FANUC
- HONEYWELL
- EUROTHERM
- FOXBORO
- MITSUBISHI
- PANASONIC
- ALLEN BRADLEY
- OMRON
- SIEMENS
- TELEMECANIQUE
- SMAR
- ABB

3.4.1. PLC Siemens S7-224 XP.

El PLC Siemens S7-224XP es PLC fácil de programar aunque a diferencia de ALLEN BRADLEY el bloque PID es levemente más difícil de trabajar, el software de programación es STEP 7--Micro/WIN. El autómata incluye software y fue cotizado en RS (6) componentes, el valor de autómata es de 1.343,51 USD con IVA incluido

3.4.2. Pantalla HMI Siemens.

La pantalla HMI de Siemens modelo SIMATIC TOUCHPANEL TP177B genera una interface al operador más amigable lo cual facilita bastante la capacitación de un operador o personal de mantenimiento. El producto fue cotizado en RS componentes, el valor es de 3.825,85 USD con IVA incluido.

---

(6) http://cl.rsdelivers.com/

3.4.3. Módulo de expansión análogo Siemens.

El módulo de expansión análogo Siemens SIMATIC S7-300 permitirá tener una mayor cantidad de entradas análogas para el PLC Siemens S7-224XP. Este módulo fue cotizado en RS componentes, su valor es de 673,54 USD con IVA incluido.

3.4.4. Módulo de expansión Ethernet.

El módulo de expansión Ethernet Siemens SCALANCE XB004-1G permitirá la comunicación al PLC Siemens S7-224XP. Este módulo fue cotizado en RS componentes su valor es de 1.036,49 USD con IVA incluido.

3.5. COSTO DE MATERIALES.

A continuación la tabla 3-2 muestra los valores de los materiales a utilizar. Los costos de materiales fueron evaluados con los valores de mercado actual, realizando las cotizaciones en distintas empresas de la región Metropolitana.

Tabla 3-2. Costo de Materiales.

ELEMENTO O DISPOSITIVO.	**Cantidad**	**Precio**	**Total**
Flujómetro Endress+Hauser Proline Promag E 100	2	3.414,55	6829,10
Totalizador Blue White industries modelo F-2000	2	1.063,79	2.127,57
Sensor de nivel NIVELCO modelo EchoTREK	4	1.630,75	6.523,00
Sensor calidad de agua Oxymax COS61	1	2.313,49	2.313,49
Sensor humedad marca Sentekf modelo Enviroscan	4	2.049,18	8.196,72
Válvula actuador electroneumático Valsteam PV25	4	3.066,00	12.264,01
Autómata PLC Siemens S7-224 XP	1	1.343,51	1.343,51
Pantalla HMI Siemens Simatic Touchpanel TP177B	1	3.825,85	3.825,85
Módulo expansión análogo Siemens Simatic S7-300	1	673,54	673,54
Módulo expansión Ethernet Siemens Scalance XB004	1	1.036,49	1.036,49
Tablero, cables, botoneras accesorios y fijaciones	1	2.220,92	2.220,92
TOTAL en USD con IVA incluido.		**USD**	**47.354,20**
valor dólar observado al 24.07.2017			651,82

Fuente: Elaboración propia.

3.6. CARTA GANTT.

La Carta Gantt es un sistema de cronograma del proyecto, proporciona detalladamente el tiempo de duración de las actividades y permite reordenar la matriz lógica en caso de posibles inconsistencias, la tabla 3-4 muestra la carta Gantt del proyecto.

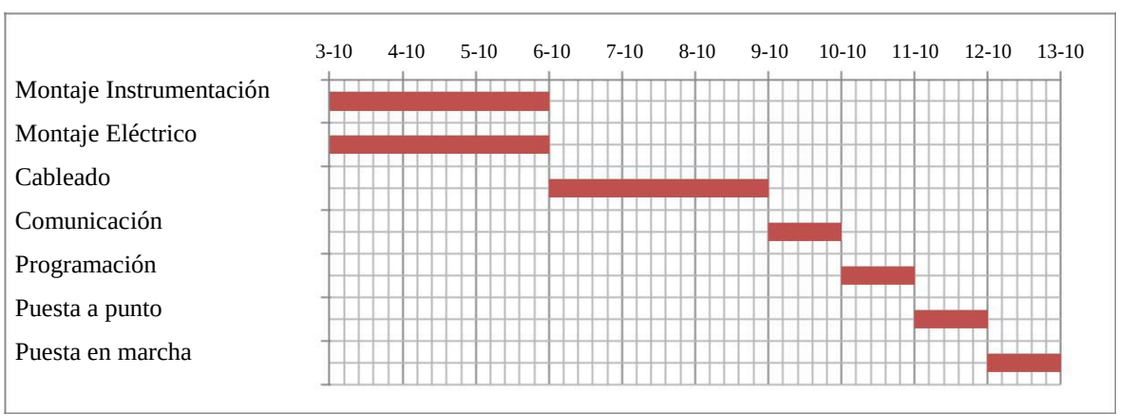
La tabla 3-3 muestra la duración del proyecto según su actividad fecha de inicio y término.

Tabla 3-3. Duración del proyecto según actividades.

Duración del proyecto según actividades			
Actividad	Fecha de inicio	Duración (Días)	Término
Montaje Instrumentación	03/10/2017	3	06/10/2017
Montaje Eléctrico	03/10/2017	3	06/10/2017
Cableado	06/10/2017	3	09/10/2017
Comunicación	09/10/2017	1	10/10/2017
Programación	10/10/2017	1	11/10/2017
Puesta a punto	11/10/2017	1	12/10/2017
Puesta en marcha	12/10/2017	1	13/10/2017
TIEMPO TOTAL	03/10/2017	12	13/10/2017

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-4. Carta Gantt.



Fuente: Elaboración propia.

3.7. COSTO DE MANO DE OBRA

Para este proyecto se necesitará 02 Técnicos Instrumentistas con experiencia en montaje de instrumentos y ajuste, también se deberá contar con 02 Técnicos Electricistas

quienes realizaran el montaje del tablero y cableado de bombas. Un ingeniero con experiencia en ambas disciplinas quién servirá como supervisor del proyecto además de realizar la programación del autómata. La tabla 3-5 muestra las horas hombre invertidas de todos los especialistas desde los técnicos hasta el ingeniero a cargo del proyecto.

Tabla 3-5. Costo de Mano de Obra.

Profesionales	**Valor en UF ($ 26.621,41)**	**Valor Pesos x día.**	**Días Trabajados.**	**Valor Total Pesos.**	**Valor Total USD.**
02 Técnicos Instrumentista	2	53.242,82	10	1.064.856,4	1.633,67
02 Técnicos Electricista	2	53.242,82	10	1.064.856,4	1.633,67
01 Ingeniero	4	106.485,64	10	1.064856,4	1.633,67
TOTAL	**8**	**212.971,28**		**3.194.569,2**	**4.901,00**
valor dólar observado	al 24.07.2017				651,82
valor UF 24.07.2017					26.621,41

Fuente: Elaboración propia.

3.8. COSTO ANUAL EQUIVALENTE.

La bondad de este método estriba en permitir determinar el costo equivalente de una de las alternativas de inversión, por un periodo determinado, por ejemplo: el día, el mes, el año y la hora. El costo así es calculado y se compara con las alternativas menos onerosas (7).

Gran parte de los proyectos que se evalúan en empresas en marcha no modifican los ingresos operacionales de la empresa y, por lo tanto pueden ser evaluados por comparación de sus costos.

En estos casos no se requiere conocer el nivel de ventas ni los ingresos operacionales, por cuanto son irrelevantes para la decisión de elegir alternativas (8).

(7) Gutiérrez Marulanda, Luis Fernando, Finanzas Prácticas para Países en Desarrollo.

(8) Nassir Sapag, Chain, Evaluación de Proyectos de Inversión en la Empresa.

El valor total del proyecto es de **60.498,61 USD** como se muestra en la tabla 3-6, cabe señalar que el ítem de imprevistos no es calculable de un punto de vista genérico sino que depende del proyecto, en este caso es un ambiente controlado con bajos niveles de riesgos, y los materiales fueron cotizados con proveedores reconocidos y certificados ISO. Se estimó un 2% del costo total del proyecto como costo de imprevisto como se muestra en tabla 3-6.

Tabla 3-6. Costo total del proyecto.

Costo Total del Proyecto USD.	
Costos de materiales	**47.354,20**
Costo mano de obra ingenieril	**4.901,00**
Costo de calibración y mantenimiento	**7.057,16**
Costo de Imprevistos Tasa de 2%	**1.186,25**
Total costos proyecto	**60.498,61**
valor dólar observado al 24.07.2017	651,82

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se confecciona la tabla 3-7 con el costo anual equivalente.

Tabla 3-7. Costo anual equivalente.

Valor dólar observado al 24.07.2017	**651,82**	
Costo de Capital		**6.209,00 USD**
Valor Presente (PV)	**47.354,20 USD**	
Años de duración (n)	**6**	
Interés (%)	**12%**	
Costo de Operación (variables y fijos)		**7.481,00 USD**
Mano de obra Ingenieril	**4.901,00 USD**	
Calibración y Mantenimiento	**7.057,16 USD**	
Imprevistos	**1.186,25 USD**	
Costo anual = Costo de capital + Costo de Operación		**13.690,00 USD**
Cantidad de meses utilizadas anualmente	**12**	
Costo Equivalente por mes = Costo Anual / meses útil. Anual.		**1.140,84 USD**

Fuente: Elaboración propia.

La empresa estaría haciendo un ahorro en sus costos, pero desde el punto de vista del costeo esto significa que elegir la alternativa de la mejora es menos oneroso que seguir como se encuentran en la actualidad, ya que disminuiría al mínimo la cantidad de personas que intervendrían para realizar la tarea de regado de jardines.

CONCLUSIONES

Un sistema basado en control PID (Proporcional Integral derivativo) es muy preciso al momento de controlar una variable, se puede decir que el modo de cálculo y estimación de los parámetros de este controlador se puede obtener de distintas formas, y en este momento existe una variedad de herramientas matemáticas como instrumentos que pueden ayudar a encontrar estos valores que son fundamentales al momento de implementar este tipo de controladores.

El proyecto en si aporta el conocimiento del diseño de un control de lazo cerrado con un controlador PID, el cual mantendrá las variable a controlar permanentemente en su punto de consigna. Además de la simulación con software como Matlab para ensayar un comportamiento estimado del sistema, calculado con herramientas matemáticas basada en ecuaciones diferenciales y resueltas con trasformada de La Place, para luego obtener las variables PID bajo el método de curva de reacción (FPDT).

La ventaja de este sistema se encuentra evidenciada en que ya no será necesaria la intervención humana permanente en el regadío de los jardines, lo que se traduce en una sola persona de mantenimiento supervisando el correcto funcionamiento del sistema automatizado.

A través de la implementación del presente proyecto se desarrollo una solución a cada uno de los objetivos específicos, incrementando el conocimiento personal, no solo en el campo del control e instrumentación, sino también en el área de la dinámica de fluidos. Además se asimila como estructurar un proyecto y las diversas partes que lo integran, así como la decisión correcta de la tecnología e instrumentación a utilizar, que requiere bastante conocimiento técnico para hacerlos operativos.

BIBLIOGRAFÍA

Katsuhiko, Ogata; Ingeniería de Control Moderna; Editorial Pearson Prentice Hall, México 3ª edición, 1998.

Creus Solé, Antonio; Instrumentación Industrial; Editorial Macombo, México, 8ª edición, Marzo 2011.

Roldan Viloria, José; Neumática Hidráulica y Electricidad Aplicada; Editorial Thomson Paraninfo.

Smith, Carlos A. y Corripio, Armando B.; Control Automático de Procesos; Editorial Noriega, México, 1991.

Gutiérrez Marulanda, Luis Fernando; Finanzas Prácticas para Países en Desarrollo; Editorial Norma, 1995.

Nassir Sapag, Chain; Evaluación de Proyectos de Inversión en la Empresa; Editorial Pearson Prentice Hall, Abril 1995.

ANEXOS

ANEXO A: SENSORES DE CAUDAL Y NIVEL COTIZACIÓN REALIZADA EN VETO Y CIA.

VETO Y COMPAÑÍA LIMITADA

Giro: Ventas al por menor de otros productos en almacenes no especializados N.C.P

PRECISION A SU MEDIDA

INSTRUMENTACION INDUSTRIAL
SAN EUGENIO 567 - ÑUÑOA
SANTIAGO - CHILE
C.P. 7780008 - CASILLA 10289
FONO: +56-2-23554400 - FAX: +56-2-23554455

RUT: 82.525.800-0

COTIZACION Nº

89.520

Fecha: 01/12/2016

CLIENTE	: Empresa de Ingeniería Eléctrica Ltda.	RUT	: 76000627-0
FONO	: 32-2490514		
MAIL	: cvegavasquez@gmail.com		
ATENCION	: Carlos Vega		
REFERENCIA	: SU SOL. DE COT. VÍA E-MAIL	ALTERNATIVA(S)	

#	CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	PRECIO LISTA	% DCTO.	PRECIO OFERTA	SUBTOTAL
1	N0644004	FLUJOM ULTRASONIDO, salida 4-20mA. Configurable para cañerias desde 2" hasta 100", Software compatible XP hasta Win8	1,00	5.285.187	15,00	4.492.409	4.492.409
2	N0214808	TRANSMISOR NIVEL ULTRASONICO PARA LIQUIDOS, 85-255VAC,4-20mA0.35- 8m, RELE 3A,CON INDICADOR. EchoTREK, STP-470-1	1,00	1.050.870	15,00	893.240	893.240
3	N0642508	FLUJOMETRO TOTALIZADOR, CONFIGURABLE,SIN FITTING	1,00	685.513	15,00	582.686	582.686
4	N0643008	FITTING SS316 TEE Pipe 1" NPT	1,00	279.036	15,00	237.181	237.181
5	N0643024	FITTING PVC TEE, PEGAR 1"	1,00	73.638	15,00	62.592	62.592
6	N0643105	FITTING SS316 TEE Pipe 1 1/2" NPT	1,00	370.570	15,00	314.985	314.985
7	N0643202	FITTING SS316 TEE Pipe 2" NPT	1,00	388.374	15,00	330.118	330.118
8	N0643210	FITTING PVDF TEE SOBREMONTAR 3", 250-2500 LPM	1,00	76.898	15,00	65.363	65.363
9	N0643229	FITTING PVC TEE SOBREMONTAR 4", 400-4000 LPM	1,00	153.568	15,00	130.533	130.533
10	N0643245	FITTING PVC TEE, PEGAR 2, 100-1000 LPM	1,00	76.898	15,00	65.363	65.363
11	N0643237	SALIDA 4 - 20 mA, para FLUJOMETROS F-2000	1,00	251.844	15,00	214.067	214.067
12	N0643253	SALIDA RELE, para FLUJOMETROS F-2000	1,00	261.618	15,00	222.375	222.375
13	W0338207	Despacho Chilexpress V REGION; No Reembolsable	1,00	19.220	15,00	16.337	16.337

**** VALORES EN PESOS, NO INCLUYEN IVA ****

Forma de Pago : Contado contra entrega

PRECIO OFERTA YA INCLUYE 15,00% DE DCTO

ANEXO B: VÁLVULA DE GLOBO Y ACTUADOR ELECTRONEUMÁTICO MARCA VALSTEAM MODELO PV25, COTIZACIÓN REALIZADA EN SOTERMIC.

RUT 76.006.575-7

BODEGA Y CASA MATRIZ
Las Bellotas #01670
Fono (45) 38 15 23
Temuco - CHILE

SOTERMIC
SOLUCIONES EN CONTROL DE FLUIDOS

VS-01559

COTIZACION

30/11/2016

CODIGO	#N/A

EMPRESA		CIUDAD	
RUT		COMUNA	
DIRECCION		FONO	
ATENCION	Carlos Roberto Vega Vásquez	FAX	
GIRO		VENDEDOR	Felipe Belarmendes
GLOSA			
		COND. VENTA	Contado
		OBS	

TENEMOS EL AGRADO DE COTIZAR LO SIGUIENTE

Item	Codigo	Descripción	Cant.	F.Entrega	P.Unit	Valor Total
1	1015	VALSTEAM Portugal Válvula de control globo serie PV250 cuerpo acero A216 clase PN40, Internos acero Inox. SS 316L con actuador neumático , conexión bridas DIN 2"	1	Inmediata	$ 937.500	$ 937.500
2	1016	VALSTEAM Posicionador electroneumático serie PS96, 4-20mA, montaje NAMUR	1	Inmediata	$ 741.897	$ 741.897
					USD = 2.478,96	
					SubTotal	$ 1.679.397

PRECIO NO INCLUYE VALOR DE ENVIO, ENTREGA SUJETA A STOCK SEGUN FECHA DE RECEPCION DE O/C
PRECIOS EN VALORES UNITARIOS NETOS SIN IVA
DESCUENTOS YA REFLEJADOS
VALIDEZ DE LA OFERTA 7 DIAS

ANEXO C: PLC SIEMENS 224 XP, PANTALLA HMI SIEMENS, MODULO DE EXPANSIÓN ANÁLOGO SIEMENS Y MODULO DE EXPANSIÓN ETHERNET COTIZACIÓN REALIZADA POR RS COMPONENTES.

Su código de Cliente es

0000080574

RS Componentes Electrónicos Ltda.
Avda. Pdte Eduardo Frei M. 6001-71, Conchalí, Santiago.
Teléfono: 600 668 1400 – (56 2) 822 8000
Fax: (56 2) 6681410
Website: www.rschile.cl
E-mail: ventas@rschile.cl
R.U.T: 78.912.510-4

N° Cotización
0367385-2 - 0000080574

Fecha de Cotización
01-12-2016

Empresa: Empresa de Ingeniería Eléctrica LTDA.
R.U.T: 76000627-0
Cliente: Carlos Roberto Vega Vásquez
Dirección: Calle Curimón 361-A
Comuna: VALPARAISO
Teléfono: 32-2490514

Forma de pago: Contado
Fecha de entrega: 5 a 8 días hábiles**
Validez oferta: 30 días
Cotizado Por: Alexis Campos Ramirez
Su referencia: Valor cotizado en dolar EE.UU
Despacho: **Envío Chilexpress normal (no a sucursal)**

Estimado(a) Sr(a): Carlos Roberto Vega Vásquez

Tenemos el agrado de presentarle nuestra oferta económica para su evaluación. Al enviar su orden de compra es necesario que mencione el número de esta cotización.

ÍTEM	CÓDIGO RS	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	CANTIDAD	EMPAQUE	PRECIO UNIDAD			TOTAL
1	4886678	S7-224XP CPU,6ES 721-42BD23 OXB0 24I/o	1	UNIDAD	$ 1.129			$ 1.129
2	7465401	SIMATIC TOUCHPANEL TP177B PN/DP,ST FRONT	1	UNIDAD	$ 3.215			$ 3.215
3	7466646	SIMATIC S7-300,ANALOG OUTPUT	1	UNIDAD	$ 566			$ 566
4	7564034	SCALANCE XB004-1G	1	UNIDAD	$ 871			$ 871

Empaque corresponde al formato de venta que presenta cada producto

Total Neto:	**$**	**5.781**
I.V.A 19%:	**$**	**1.098**
Total:	**$**	**6.879**

Peso Total (Gramos): **2.114**

Datos para el depósito o transferencia bancaria en caso de que su forma de pago sea Contado

Tipo de Cuenta: Cuenta Corriente
Banco: Santander Santiago
Nombre: RS Componentes Electrónicos Ltda.
N° de Cuenta: 09499-4
RUT: 78.912.510-4

RS Chile Representante exclusivo de Allied Electronics en Chile

Al enviar la orden de compra, el cliente acepta los términos y condiciones de venta señalaiadas en sitio web www.rschile.cl
No se aceptará el término unilateral del contrato por parte del comprador. Conforme a lo establecido en el artículo 3 bis. Letra B de la ley 19.496
(*) El cobro de Cargo Rete es por traslado aéreo de un producto con peso y/o volumen excesivo.
(**) La fecha de entrega queda sujeta al stock disponible en bodegas de RS Inglaterra.
(***) Ítem (s) alternativo (s) posee (n) características distintas al producto solicitado, las cuales se deben revisar y evaluar con datos técnicos. Al enviar OC por cotización de producto alternativo está aceptando diferencias del producto y reconociendo que ha evaluado la información técnica

RS Componentes
Todo lo que necesita para sus proyectos
www.rschile.cl
DESDE
HASTA

ANEXO D: SENSOR HUMEDAD DEL SUELO. “ENVIROSCAN – SENTEK”, COTIZACIÓN REALIZADA POR “CDTEC” – CONSULTORA DIESTRE TECNOLOGÍA LTDA.

CDTEC
CONSULTORA DIESTRE TECNOLOGÍA

Consultora Diestre Tecnologia Ltda.
77.679.500-3
Américo Vespucio Sur 298, Las Condes
2 22084459

Cliente:
Atención: Carlos Roberto Vega Vásquez

N° Cotización: 3506-01-161206
Fecha: 06-12-2016

COD.	Descripción	Cant. / Unid.	Precio Unitario	SubTotal	Dcto.	Total
0211	Equipo EnviroScan DROP (completo),1mt, 4 sensores (1T°+ H y 3H)	1 Unidad	US$ 1.722,00	US$ 1.722,00		US$ 1.722,00
0094	Nodo Gateway RF-X1 900MHz 3G	1 Unidad	US$ 1.600,00	US$ 1.600,00		US$ 1.600,00
0127	Tarjeta de Expansión Serial SDI12	1 Unidad	US$ 140,00	US$ 140,00		US$ 140,00
0217	Supervisión en la instalación sensores de humedad (1 sonda)	1 Unidad	US$ 280,50	US$ 280,50		US$ 281,00
0243	Supervisión en la instalación de telemetría (costo fijo por nodo)	1 Unidad	US$ 150,00	US$ 150,00		US$ 150,00

PRECIO FINAL	US$	3.893,00	+ IVA

OPCIONAL			
Servicio suscripción DropControl	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
Valor Mensual plan de datos - opcional	US$ 20	1	US$ 20
Valor Mensual por Conexión plataforma - valor por nodo	US$ 17	1	US$ 17

CAPACITACION	Con la instalación
REGIONES	Los precios definidos son para las Regiones Metropolitana, V y VI. Otras Regiones se debe considerar un costo adicional por viaje y o estadía
	No se incluye Postes, deben ser provistos por client
INSTALACION	Instalación de tubos es con mano de obra del cliente supervisado por CDTEC
	Distancia entre cada punto debe ser máximo 2,5 Km en línea vista
	Se debe considerar 1 chip con plan de datos por cada Gateway (valor mensual aprox $10.000)
GARANTIA	12 meses
ENTREGA	Puesta en el predio 30 días desde Orden de Compra
CONDICIÓN DE PAGO	Anticipo 50% y saldo a 30 días de recepción de factura
TIPO DE CAMBIO	Dólar observado a fecha de facturación o pago en dólares (atraso fecha de pago ajuste de tipo de cambio)
VALIDEZ	Cotización Valida por 15 días
OTROS	Sujeto a factibilidad técnica

ALEJANDRO DIESTRE F.
CDTEC LTDA.

ANEXO E: SENSOR PARA LA MEDICIÓN DE OXÍGENO DISUELTO OXYMAX COS61 (PARA PLANTA DE TRATAMIENTO), FLUJOMETRO Y SENSOR DE NIVEL, COTIZACIÓN REALIZADA POR INSTALACIONES SANITARIAS NAPA Y CIA. LTDA.

Cotización de Productos y Servicios.

Cliente:
ENAP
Atte. Sr.: Carlos Vega Vásquez

Número : 712.31216-2
Versión : A
Fecha : 07.12.2016
Ventas : Sebastián Alfaro S.
Teléfono Movil : +56999185050
Email: sebastian.alfaro@vtr.net

NAPA Y CIA. LTDA. INSTALACIONES SANITARIAS

Cotización de Productos y Servicios

Equipamiento			PROPUESTA ECONÓMICA		
ITEM	DESCRIPCION	Unid.	CANT.	P.U.	PRECIO TOTAL
1	**Liquiline CM442** **CM442-AAM1A2F011A+AD** [AA] Approval: Non-hazardous area [M1] Sensor input: 1x digital sensor [A2] Communication: 2x output 0/4...20mA, HART [F0] Additional Features: W/o [1] Power supply: 100...230V AC (50/60Hz) [1] Cable Entry: NPT [A] Cable Entry Set: enclosed [AD] >Presetting Operation Language: spanish	1	1	824.07	824.07
2	**Oxymax COS61D** **COS61D-AAA1A3** [AA] Approval: Non-hazardous area [A1] Application/Measuring Range: Oxygen 0...20mg/l [A] Sensor Adaption: Fixed cable: crimp sleeves [3] Cable length: 7m	1	1	967.62	967.62
3	**FLEXDIP CYA112** **CYA112-AA11C1BA** [A] Approval: w/o [A] Immersion Pipe: standard [11C] Immersion Pipe. Diameter. Length: PVC. 40mm. 1600mm [1B] Connection angle sensor: PVC. 45o [A] Sensor adapter: G1	1	1	152.42	152.42
4	**Promag E 100, 5E1B40, DN40 1 1/2"** **5E1B40-AADBBAD8A1K0A+AD** [AA] Approval: Non-hazardous area [D] Power supply: 24 VDC [B] Output: Input: 4-20mA HART. pulse/freq./switch output [B] Display: Operation: 4-line. illum.: via communication [A] Housing: compact. alu. coated [D] Electrical connection: Thread NPT1/2 [B] Liner: PTFE [A1K] Process connection: Cl.150. carbon steel. flange ASME B16.5 [0] Electrodes: 1.4435/316L [A] Calibration Flow: 0.5% [AD] >Operation Language Display: spanish	1	1	2.869.37	2.869.37
5	**Prosonic M FMU40** **FMU40-ANB2A4+** SPK: FJC [A] Approval: Non-hazardous area [N] Process connection: Thread ANSI NPT1-1/2. PVDF [B] Power supply: output: 2-wire: 4-20mA HART [2] Operation: 4-line display VU331.Envelope curve display on site [A] Housing: F12 Alu. coated. IP68 NEMA6P [4] Cable Entry: Thread NPT1/2	1	1	2.869.37	2.869.37
	Total equipos				**7.682,88**
NETO				**US$**	**7.682,88**
IVA				**19%**	**1.459,74**
TOTAL				**US$**	**9.142,60**

CONDICIONES GENERALES
Términos de Pago: 50% anticipado, 50% embarque
Moneda: USD
El precio cotizado se cancelará en su moneda nacional equivalente al valor del tipo de cambio proporcionado por el Banco Central de Chile para la fecha de facturación, según la moneda o unidad monetaria cotizada (UF, Euro o USD).
Impuestos: 19 % de IVA se agregará al momento de facturación

Deposito en una de las siguientes cuentas: SANTANDER CTA CTE 69190502
BCI CTA CTE 76606082

Precios válidos hasta: 07.01.2017
Términos de Entrega: Nuestras Bodegas o bodegas del cliente en región metropolitana.
Proveedor de Soluciones Integrales de Medición y Servicios en la Industria : Soluciones de Medición y Monitoréo de Variables Analíticas en Linea
Sistemas de Medición de Flujo, Servicios, Banco Móvil de Calibraciones de Flujo, entre otros servicios.