

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE
VALPARAÍSO**

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Eléctrica

**Desarrollo de un Sistema Supervisor Remoto Para
Monitoreo de un Vertedero Piloto**

Tesis Para Optar al Título de Ingeniero Civil Electrónico

Por :

Ricardo Muñoz Ponce

Profesor Guía: Jorge Zazópulos Del Fierro

Mayo, 1999

AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento al Gobierno Regional de la Quinta Región. cuyo programa Financiamiento de Tesis de Interés Regional fue un aporte importante para el desarrollo de este proyecto.

Agradezco a la Escuela de Ingeniería Bioquímica de la Universidad Católica de Valparaíso por las facilidades prestadas para llevar a cabo este Trabajo de Titulación.

RESUMEN

La presente memoria describe el trabajo realizado para supervisar un vertedero piloto, ubicado en terrenos de la Ilustre Municipalidad de Valparaíso. Este proyecto consiste en el desarrollo, especificación y estudio de funcionamiento de los sus elementos fundamentales.

La memoria describe la Unidad Remota, que está encargada de la adquisición de datos y está ubicada en el mismo lugar del proceso. La Unidad Maestra es la ubicada en la Facultad de Ingeniería y desde la cual es posible operar la planta, revisar su estado o consultar las variables de interés para los estudios que allí se están realizando. El último elemento del proyecto es el Enlace de Comunicación, el cual tiene la misión de conectar ambas unidades; este enlace fue realizado utilizando un teléfono celular, el cual proporciona la capacidad de comunicación al proceso.

El sistema en general permite conectarse con el vertedero en cualquier momento e interactuar con él, además de realizar una adquisición periódica y automática de datos para analizarlos en forma posterior los datos.

INTRODUCCION

En la Universidad Católica de Valparaíso, la Escuela de Ingeniería Bioquímica se encuentra desarrollando un proyecto de tratamiento de residuos sólidos de los vertederos. Para llevar a efecto el proyecto anteriormente mencionado, una de las etapas es la construcción de una unidad piloto[1], para observar el comportamiento de los procesos de descontaminación que allí se llevan a cabo. Este vertedero en la actualidad se encuentra construido y funcionando, en un lugar distante y con dificultad de acceso en el cerro Playa Ancha.

Con las condiciones mencionadas en el párrafo anterior, se puede concluir que no es fácil la operación de esta planta. Esto involucra tanto problemas económicos como prácticos, es decir: se incurre en un alto costo de operación y además se dificulta el estudio que allí se realiza. En este sentido mejorar las condiciones de operación, desarrollando un sistema de supervisión, es una alternativa bastante atractiva.

En la actualidad existen muchos problemas a los cuales se ven enfrentados los sistemas de supervisión, que pueden ser de variados tipos: de aspecto digital, informático, compatibilidad, etc. Uno de estos problemas es la distancia.

Cuando la distancia juega un papel importante en el sistema es necesario considerar algunas situaciones especiales. Es importante tomar en cuenta que ésta involucra dos enlaces de comunicaciones en los cuales se debe transmitir información. Estos están sujetos a aspectos de cobertura, costos de servicios y en algunos casos de viabilidad.

Son muchos los procesos en los que la distancia tiene importancia. como por ejemplo, los gasoductos y oleoductos, los servicios de agua potable, los sistemas de monitoreo de pozos de extracción, sistemas de extracción de mineral, redes de transportes, etc. Son variados y con condiciones de distancia no siempre similares: por ejemplo, la distancia puede variar desde unas cuantas decenas de

metros hasta cientos o miles de metros, incluso distancias de miles de kilómetros. También es posible que la distancia varíe, cuando los elementos están en movimiento [2].

En general en estos sistemas se distinguen 3 elementos básicos: primero, una entidad en la cual se concentra la información, desde donde se desea monitorear, y la información es necesaria. Esta entidad es la que realiza la supervisión. Segundo, existen los lugares que se desean monitorear, los cuales pueden ser de uno hasta cientos. Y por último, como tercer elemento, un enlace de comunicación entre las dos entidades.

El sistema descrito en esta memoria se enmarca dentro de o antes mencionado, con la característica de poseer una sola unidad distante Sin embargo; no es excluyente esta condición, ya que fácilmente es posible que el sistema conste de más de una unidad remota. De este modo, el sistema de supervisión, si se desea, puede ser ampliado para supervisar más lugares.

Por último todos estos sistemas de supervisión no son iguales, cada uno tiene sus propias características y dificultades, pueden variar en la cantidad de unidades remotas, también pueden exigir redundancia, o pueden requerir control central o distribuido, incluso una combinación de ambos, entre otras características; por lo cual se requiere siempre de un estudio para cada caso. Las ideas de proyectos anteriores pueden ser de ayuda, pero en ningún caso, utilizables sin considerar el nuevo contexto en que se utilizarán.

CAPITULO 1: DESCRIPCION DEL VERTEDERO Y PLANTA PILOTO

1.1 INTRODUCCION

La forma de disposición de sólidos más utilizada, por su baja razón costo/efectividad, es sin duda el relleno sanitario controlado, siempre y cuando exista terreno apropiado y éste se encuentre disponible a un bajo costo.

Actualmente, la degradación de los residuos sólidos urbanos en los vertederos se lleva a cabo en un periodo de 30 años. La hipótesis de trabajo del proyecto de la Escuela de Ingeniería Bioquímica en el vertedero piloto indica que es posible acortar este plazo (a un periodo menor a 10 años), mediante recirculación del lixiviado (líquidos producidos por el proceso de degradación) tratado en un reactor anaerobio, con lo cual se logra una mayor producción y productividad del biogas, mayores rentabilidades del proceso de extracción y comercialización del biogas, y un mayor rendimiento del terreno. Por tanto este proyecto tiene como objetivo general estudiar el efecto de la recirculación de lixiviado tratado en un reactor anaerobio, sobre la velocidad de estabilización de la materia orgánica, la producción de biogas y el grado de asentamiento del vertedero.

El sistema consiste en recolectar los lixiviados, para luego introducirlos en un filtro anaerobio de volumen fijo, en el cual, por medio de un rebalse, la misma cantidad introducida sale del filtro. Los líquidos que salen del filtro son nuevamente introducidos al vertedero con el objeto de mantener la humedad del mismo y facilitar el proceso de degradación.

El flujo que circula por el filtro es determinado por un parámetro denominado DQO (demanda química de oxígeno), el cual determina el grado de contaminación del lixiviado. Si el flujo es muy alto, la efectividad del filtro disminuye, en cambio si éste es muy bajo se puede estar sub-utilizando el filtro.

En la actualidad el vertedero piloto se encuentra construido y funcionando en el vertedero municipal de Valparaíso, “El Molle”, el cual se encuentra en el sector alto de Valparaíso en el sector del camino La Pólvora, a corta distancia de la nueva cárcel de la ciudad.

1.2 VERTEDERO PILOTO

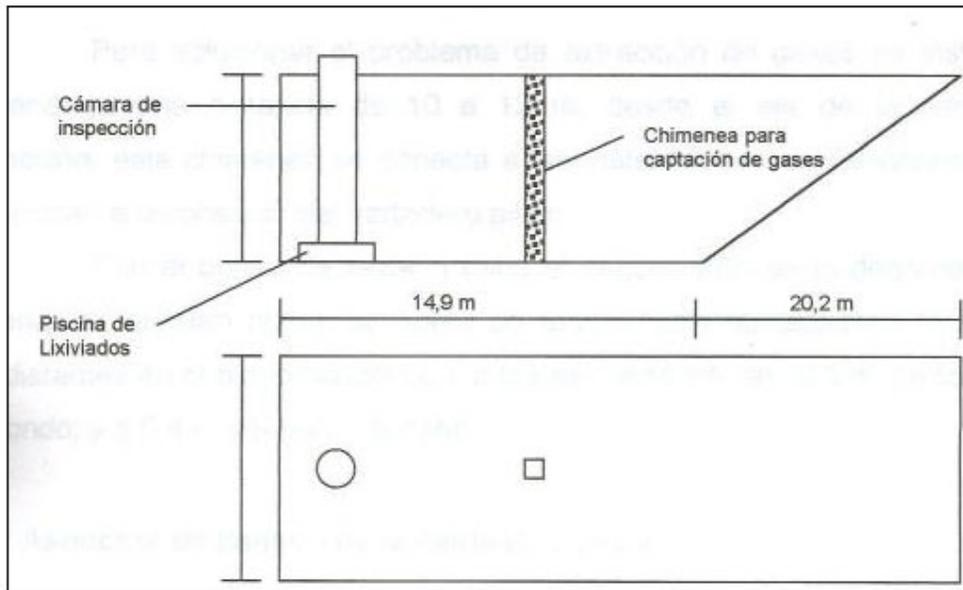
1.2.1 Aspectos de construcción de la celda de basura

Como se ha explicado, el proceso que se desea supervisar trata con residuos sólidos, para lo cual se dispone de una celda de basura, construida utilizando las técnicas de diseño de Rellenos Sanitarios Controlados. Se pretende simular dos celdas de un relleno sanitario para analizar su comportamiento físico (asentamiento, composición y aspectos geotécnicos) y químico (producción de lixiviado y gases). En la Figura N°1.1 se muestra el tamaño de la excavación realizada para el proyecto.

Con el fin de impedir el drenaje del lixiviado generado a partir de la basura disuelta en el vertedero piloto, el cual puede contaminar gravemente las napas subterráneas de agua de la zona, se cubre su interior con una geomembrana del tipo H.DPE de 1 mm de espesor, asegurando la estanqueidad del sistema. Además, se procede a distribuir, sobre ella, una capa de material arcilloso medio, de 30 cm de espesor con el fin de protegerla del paso de los camiones de basura y la máquina retroexcavadora que distribuye y compacta la basura; por supuesto esa capa también ayuda a la Impermeabilización del vertedero.

Para efectos de captar los lixiviados se diseña un sistema de captación en forma de espina de pez, el cual va sobre la geomembrana descrita en el párrafo anterior, todo para llevar a una piscina de percolados o colector de lixiviados los líquidos del vertedero y ser bombeados desde allí al estanque pulmón y luego a los reactores. La Figura N°1.2 se muestra gráficamente este sistema.

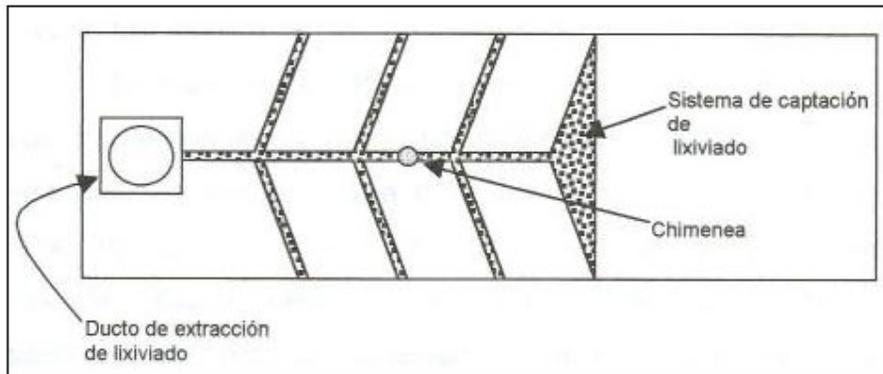
Figura 1.1 Dimensiones físicas de la celda de basura.



Sobre la piscina de lixiviados se levanta en forma vertical 5 tubos de cemento comprimido de 1000 mm de diámetro interior y largo de 1 m, con el objeto de servir de cámara de inspección. Con estos ductos se facilita la tarea de supervisar la cota de agua y también ayudar en la extracción del lixiviado y del sedimento que podría acumularse en el fondo.

Para efecto de extracción de lixiviado se instaló una bomba sumergible marca Pedrollo con una potencia de 1 HP y una salida de 1 ½". Además se instala un sistema de control de nivel para evitar que funcione si el estanque pulmón está lleno.

Figura 1.2 Sistema de captación de Lixiviado



Para solucionar el problema de extracción de gases se instala una chimenea a una distancia de 10 a 13 m, desde el eje de la cámara de inspección, esta chimenea se conecta a las instalaciones de GasValpo que se encuentran a un costado del vertedero piloto.

Con el objeto de llevar a cabo el seguimiento de la degradación del sistema, se instalan nueve sensores de temperatura ubicadas en tres puntos equidistantes en el plano horizontal y a las siguientes alturas: 0,5 m del fondo; 3,5 del fondo; y a 0,4 m del borde superior.

1.2.2 Aspectos de llenado de la celda de basura

Para el llenado del vertedero piloto se utilizan los residuos sólidos más representativos de la celda de un vertedero controlado, esto significa que se debe conseguir que los residuos representen los más cercanamente posible a los recolectados en la situación diaria y que provengan de sectores residenciales con un alto porcentaje de materia orgánica. Según un estudio realizado por la Escuela de Ingeniería en Construcción de la Universidad Católica de Valparaíso, se determina que los residuos sólidos urbanos de este tipo, son producidos por los sectores socio económicos bajo y medio bajo correspondiendo aproximadamente a la característica mostrada en la siguiente Tabla N^o 1.1.

Por la razón antes expuesta, se realiza un control de la llegada de camiones aceptando el ingreso al vertedero de sólo aquellos que provienen de los cerros de Valparaíso, y no del Plan, y con la comprobación de que éstos correspondan a residuos del tipo residencial.

La fase de llenado del vertedero piloto con basura se realiza en dos etapas, correspondiendo una capa de 2,6 m de altura a la primera de ellas. La basura que fue utilizada para dichos fines fue seleccionada, separándose el material no orgánico, como vidrios, fierros, ropa y plásticos. Por otro lado, las bolsas de basura fueron rotas manualmente con el fin de asegurar la degradación del material contenido en ellas. La distribución de la basura se realizó con una máquina retroexcavadora simulando la operación normal de un vertedero estándar, siendo necesaria la distribución manual en las zonas cercanas a los bordes del vertedero, dueto de extracción de lixiviado y chimenea. Al finalizar la distribución de la primera capa de basura, se cubre el sistema con una capa de 20 cm de altura de material arcillosos, con el fin de separar físicamente el vertedero en dos celdas, con degradación independiente. La presencia del material arcilloso moderará la velocidad de circulación de lixiviado, aumentando el contacto de éste con la basura dispuesta en el lugar, incrementando así la eficiencia del sistema.

Tabla 1.1 Composición de los residuos sólidos

COMPONENTES	RELACION EN PESO DE LAS COMPONENTES
Materia Orgánica	58 - 67 %
Papel	7 - 9 %
Cartón	2 - 4 %
Plástico	5 - 6 %
Textil	2 - 5 %
Goma	0 - 1 %
Vidrio	1 - 2 %
Metal	1 - 2 %

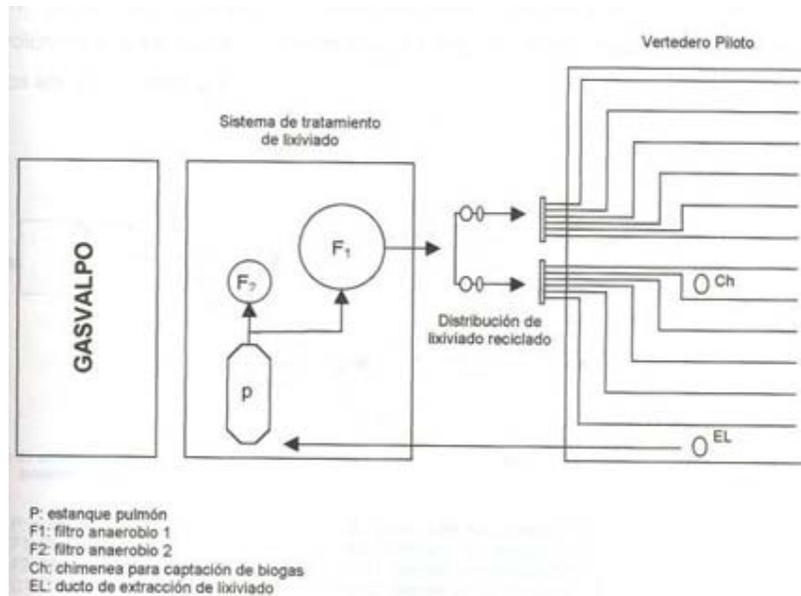
Luego se procede a colocar la segunda capa de basura, la operación se realizó de la misma manera que la primera capa, terminando con una cobertura de material arcilloso de 30 cm. de espesor.

Por último se instala el sistema de recirculación del lixiviado tratado, con la finalidad de aprovechar los líquidos depurados provenientes del reactor, para cubrir la necesidad de que el vertedero mantenga un porcentaje de humedad adecuado para producir la aceleración de la producción de gases. El sistema consiste en una serie de mangueras que llevan el lixiviado al vertedero. Fue diseñado en dos zonas existiendo 6 mangueras en cada una desde donde un distribuidor asegura el reparto homogéneo del flujo por cada manguera. El sistema se colocó sobre la última capa de basura y antes de la cobertura final. La Figura N° 1.3 muestra la distribución de este sistema.

El total de basura dispuesta en el vertedero (primera y segunda etapa) alcanzó a 1440 toneladas, equivalente a 180 camiones. Esto camiones corresponden a los utilizados por la Municipalidad de Valparaíso.

Finalmente, la cobertura del sistema sella totalmente el vertedero, con el fin de impedir el escape de los lixiviados y fases generados, de esta forma se tiene listo el vertedero para ser analizado. En la práctica el depósito de basura o residuos sólidos no es visible, sólo se aprecie los elementos dispuestos en la superficie como la cámara de inspección y a chimenea para los gases. El efecto de hundimiento del terreno debido al asentamiento de los residuos sólidos es el único efecto visible de la presencia de este vertedero en el lugar

Figura 1.3 Sistema de recirculación del lixiviado



1.3 PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADO

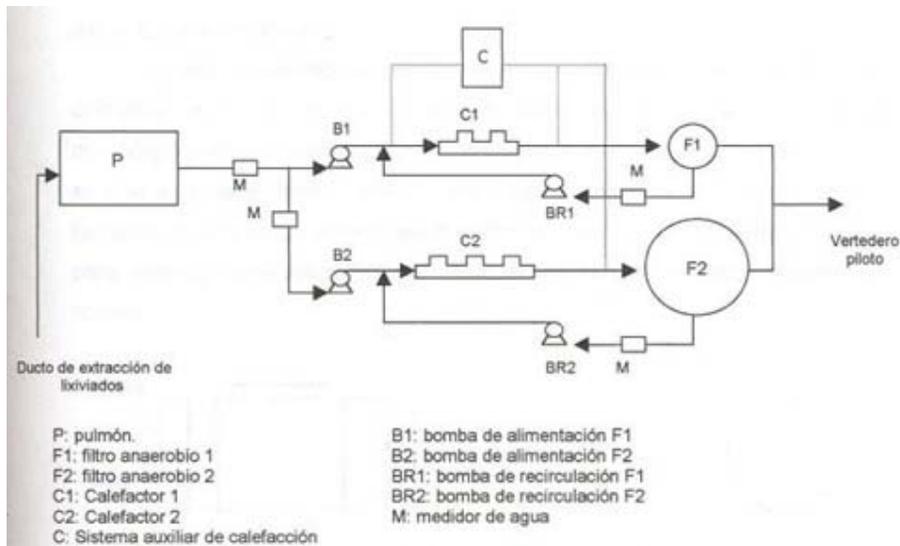
1.3.1 Aspectos del sistema de tratamiento de lixiviado

Tal como es planteado el proyecto inicial, el lixiviado proveniente del vertedero piloto será tratado mediante un proceso anaerobio, para luego ser recirculado al vertedero, con el fin de mantener la humedad del sistema, acelerando el proceso de degradación.

El sistema de tratamiento consta de un estanque pulmón, con capacidad de $3,4 \text{ m}^3$ y un filtro anaerobio de $6,4 \text{ m}^3$ de volumen total. Existe además, en el lugar un filtro anaerobio de menor escala para realizar ensayos complementarios.

El proceso diseñado incluye bombas de alimentación y recirculación a cada uno de los reactores anaerobios, con una potencia de 0,5 HP cada una. Además se instalaron medidores de flujo, para controlar los volúmenes tratados en los reactores. La Figura N° 1.4 muestra un esquema de los equipos instalados.

Figura 1.4 Esquema del proceso de tratamiento.



1.3.2 Elementos instalados en el proceso

A continuación se describen con más detalles los componentes individuales del sistema de tratamiento de lixiviados.

Estanque pulmón: El estanque en cuestión tiene por objetivo ecualizar, almacenar y adaptar los lixiviados para su tratamiento: cumpliendo además el papel de sedimentador de los sólidos presentes en el líquido, disminuyendo así, la probabilidad de una obstrucción del filtro. El equipo es de tipo tubular y fue construido en fibra de vidrio. Cuenta con dos entradas para el lixiviado y dos salidas, una que alimenta al filtro, y otra que sirve para purgar los sólidos, Además, el estanque cuenta con una tapa superior para la instalación de equipos y adición de reactivos.

Filtro anaerobio: Este filtro es un dispositivo que contiene en su interior biomasa (microorganismos), la cual es responsable de la degradación de la materia orgánica, en este caso el lixiviado. Este es un filtro anaerobio con biomasa adherida, El proceso anaerobio se caracteriza por no requerir oxígeno para funcionar.

El digestor anaerobio se construye en fibra de vidrio, como un depósito cilíndrico, con un relleno diseñado para servir de soporte a los microorganismos o biomasa, también posee un sistema de recirculación, que se une a la

alimentación antes de ingresar nuevamente al reactor, dispone también de una purga para la evacuación de lodos, la que se utiliza también para eliminar residuos sólidos y efectuar labores de limpieza dentro del reactor.

Figura 1.5 Estanque pulmón, vista lateral, posterior y frontal.

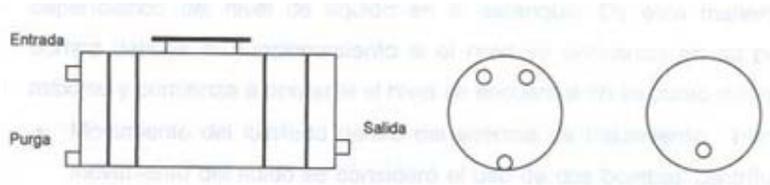
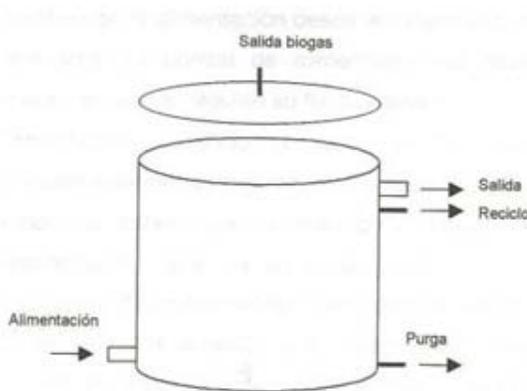


Figura 1.6 Digestor anaerobio



Filtro anaerobio de 1 m³: Este equipo responde a la misma descripción del anterior, solo se diferencia en su capacidad.

Bombas:

- Extracción del lixiviado desde el pozo: Para realizar la extracción del lixiviado acumulado en la piscina del vertedero piloto hacía el estanque pulmón del sistema de tratamiento anaerobio, se utilizó una bomba centrífuga sumergible. la que se encuentra instalada dentro de la cámara de ir, inspección. Esta bomba posee dos sistemas de control ON-OFF. Uno de los controles se encuentra ubicado dentro del pozo, y tiene por función detener el funcionamiento de la

bomba cuando se haya extraído todo el lixiviado El segundo control se encuentra ubicado dentro del estanque pulmón y tiene por función regular el funcionamiento de a bomba, dependiendo del nivel de líquido en el estanque. De esta manera la bomba detiene su funcionamiento si el nivel se encuentra en su punto máximo y comienza a operar si el nivel se encuentra en su punto mínimo.

- Movimiento del lixiviado dentro del sistema de tratamiento. Para el movimiento del fluido se consideró el uso de dos bombas centrífugas de 0 5 HP, una para el bombeo de la recirculación y otra para el bombeo de la alimentación desde el estanque pulmón. Esto en ambos reactores. La bomba de alimentación de cada reactor tiene dos mecanismos que regulan su funcionamiento.

- Temporizador: Debida a que las bombas instaladas están sobredimensionadas con respecto a sus requerimientos, fue necesario adoptar un sistema que pudiera regular el flujo. Para esto se instaló un temporizador, que funciona de acuerdo a una programación predeterminada permitiendo que la bomba esté en trabajo o en pausa. De esta manera se realiza una alimentación pulsada del filtro con el fin de regular la carga orgánica sin producir cambios importantes en el régimen de flujo dentro del reactor.

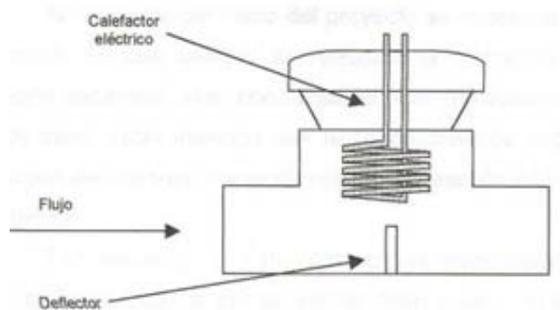
- Controlador ON/OFF: Este sistema tiene por función detener el funcionamiento de la bomba cuando el nivel de líquido del estanque pulmón es inferior a la salida del mismo. El controlador consiste en un flotador que mantiene el sistema eléctrico encendido cuando está suspendido por el líquido y lo desconecta cuando cuelga de sí mismo.

Medidores de flujo: Para el control del caudal del lixiviado se instalaron medidores de flujo convencionales, los cuales registrarán el volumen de trabajo. Estos entregan información a cerca del flujo total ingresado al sistema de tratamiento, el flujo alimentado a cada reactor y el flujo de fluido recirculación.

Sistema de calefacción: El sistema de calefacción tiene como objetivo mantener el filtro anaerobio a 37°C temperatura fijada para la operación del equipo. Existen dos equipos similares, uno para cada reactor. Entonces para el reactor grande se

tiene un depósito de 6 litros formado por tres uniones Tee de PVC hidráulico de 90 mm cada una, 3 resistencias de 12 KW cada una y provisto de deflectores internos para facilitar el contacto del líquido con las resistencias. A este sistema se le instaló un controlador ON/OFF consiste en un termostato con bulbo gaseoso fijado en 37°C. La Figura N°1.6 muestra la disposición de una resistencia.

Figura 1.7 Sistema de calefacción



Por otro lado existe un sistema de calefacción auxiliar, el que es capaz de elevar la temperatura del sistema en momentos de emergencia o de operación no convencional (durante la etapa de arranque, por ejemplo).

1.4. PROYECTO DE SUPERVISION

1.4.1 Condiciones y modo de operación del vertedero piloto

El vertedero descrito en los párrafos anteriores, se encuentra ubicado en las cercanías del camino La Pólvara, que une Valparaíso y la localidad de Placilla por el sector alto de la ciudad puerto, a corta distancia de la nueva cárcel de la ciudad. La distancia entre la Facultad de Ingeniería y el vertedero es de aproximadamente 10 Km., lo que en tiempo equivale a unos 20 a 30 minutos de viaje.

La operación de todo el sistema se lleva a cabo en forma manual, así como también la adquisición de los datos, es decir una persona debe ir hasta el lugar donde se encuentra ubicado el proceso y realizar la operación y adquisición. Como se puede entender de esta forma de operación, solo se conoce la información cuando el operador está en el lugar, por otro lado no se tiene un control ante eventuales fallas del proceso, sólo se conocen cuando se tiene presencia física en el vertedero.

Al momento del inicio del proyecto se concurría al vertedero 3 veces por semana, en ese periodo se realizaba la operación y adquisición de la información necesaria, junto con revisar el buen funcionamiento de la planta. Por otro lado cabe hacer mención que la condiciones de acceso y salubridad del lugar no son las mejores, haciendo notar que después de una lluvia es imposible ir al vertedero.

Con respecto a la movilización se debe notar que no existe este servicio en forma pública, por lo cual se debe incurrir en los gastos necesarios que involucra esta situación.

1.4.2. Objetivos y planteo del proyecto de supervisión

Entendiendo la problemática expuesta en el punto anterior, nace la idea de poder operar el proceso directamente desde la Facultad de Ingeniería donde se encuentra la Escuela de ingeniería Bioquímica. Para resolver este problema se plantea realizar un proyecto de supervisión remota, en el cual se pretende monitorear y poder actuar sobre las variables de control del sistema.

Como primer objetivo se plantea lograr establecer un enlace de comunicación que pueda satisfacer las necesidades de comunicación entre los dos lugares, con el cual sea posible monitorear todas las variables de interés y actuar sobre las variables de control del sistema.

Concluyendo, el objetivo del proyecto es desarrollar un sistema de supervisión que permita una fácil y rápida interacción con el proceso, además de proporcionar toda la información necesaria para el estudio y análisis del vertedero piloto.

CAPITULO 2: DEFINICION DEL PROYECTO, ALTERNATIVAS Y REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE SUPERVISION

2.1 INTRODUCCION

En este capítulo se mostrará en un primer momento a estrategia a utilizar para realizar la supervisión del vertedero piloto, entendiéndola desde el punto de vista de la arquitectura a utilizar en la cual se diferencian la adquisición, la comunicación y la interfaz de usuario.

En este sentido se debe entender como factores que afectan a este proyecto la distancia, el lugar desde donde se desea manejar vertedero y este mismo no se encuentran en el mismo sitio. También hace particular a este proyecto el hecho que la planta se debe operar en forma automática. Junto con almacenar la información necesaria para realizar un posterior estudio, ésta debe ser almacenada el tiempo suficiente para que pueda ser luego colocada en un lugar adecuado.

Una vez analizada la estrategia a utilizar se describirá cada una de sus partes, explicando lo que son, su función y evaluando varias alternativas para realizarlas. A la vez que se muestre cada elemento del proyecto se expondrán los requerimientos para construir éste, dado por la particularidad del vertedero piloto.

2.2 ARQUITECTURA DE SUPERVISION DEL VERTEDERO PILOTO

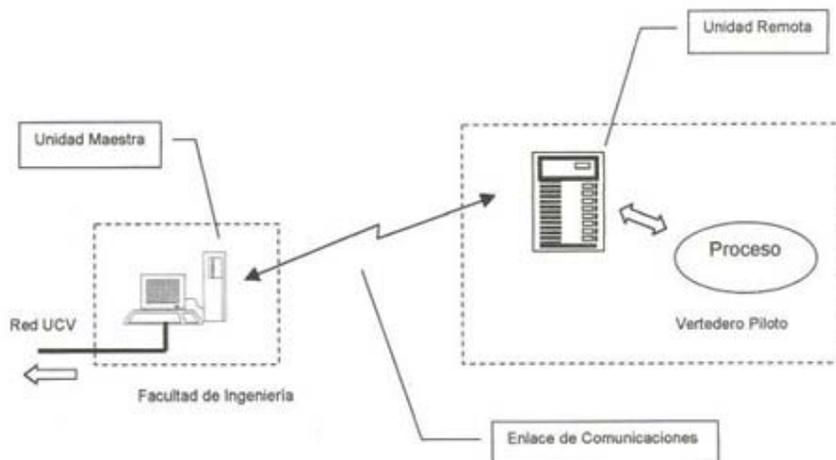
El proyecto de supervisión se plantea a partir de una arquitectura que contempla los elementos de adquisición, comunicación e interfaz de usuario. Esta arquitectura debe soportar los requerimientos y particularidades del proceso.

Como elementos básicos del proyecto se proponen tres, los cuales son: Unidad Remota, Unidad Maestra y Enlace de comunicaciones [2]. El primero se refiere a todos los equipos, software y configuración de los elementos instalados en el vertedero; el segundo, la Unidad Maestra pone interés en lo relacionado con el lugar, forma e interfaz de usuario, junto con los equipos necesarios donde el operador se va a encontrar. Por último el Enlace de Comunicación describe la forma y medio en el cual se establece la comunicación entre las dos unidades antes descritas.

La Figura N°2.1 muestra esta configuración, en ella se distinguen los tres elementos antes descritos.

Como se observa en la Figura la Unidad Remota es la que hace la interacción con el vertedero y se encuentra ubicada en el mismo lugar que éste. La Unidad Maestra se encuentra en la Facultad de Ingeniería, es el lugar desde donde se trabaja en el vertedero, desde aquí se opera y se observan los datos, por supuesto, es factible hacer lo mismo desde el mismo vertedero.

Figura 2.1 Esquema de supervisión.



Esta arquitectura por sus características se enmarca dentro de los proyectos SCADA [2], en los cuales se considera la variable distancia como de gran importancia. La única diferencia es que generalmente un proyecto considera una cantidad de unidades remotas, en cambio en este proyecto se considera solo una unidad remota.

2.3 UNIDAD REMOTA

2.3.1 Descripción funcional de la Unidad Remota

La unidad remota tiene la misión de establecer la conexión con el proceso, además de tener la posibilidad de comunicarse con la Unidad Maestra. Por otro lado debe tener capacidad de almacenamiento, control y también la posibilidad de operación local, es decir presentar una interfaz de usuario para que pueda ser usada desde el mismo vertedero.

Esta unidad como se dijo anteriormente debe ser capaz de interactuar con el proceso, esto significa que debe adquirir los datos, es decir las variables del proceso, almacenándolas hasta que la Unidad Maestra lo requiera; También debe ser capaz de actuar sobre las variables, en este caso poder manejar las bombas y válvulas que puedan ser necesario manejar.

Por otro lado debe ser capaz de comunicarse con la Unidad Maestra, esto significa que tiene que tener la posibilidad de comunicación lo que se traduce en que posea puertos de comunicación adecuados para conectar el enlace de comunicación que se dimensiona para este caso.

La capacidad de almacenamiento es sumamente importante, considerando que es esta la que permite no tener un enlace permanente, entonces se almacenan los datos del proceso, por un periodo de tiempo determinado a la espera que la Unidad Maestra los solicite.

Por último no se debe olvidar que esta unidad debe controlar el proceso, es decir debe ser capaz de manejar en proceso en forma automática, sin la necesidad de un operador local.

Con estas consideraciones funcionales se logra manejar el proceso, sin necesidad de estar presente, teniendo capacidad de reacción ante eventuales fallas. Por otro lado se aumenta la cantidad de información manejada, debido a que se posee una característica de almacenamiento.

2.3.2 Especificaciones de la Unidad Remota

Unos de los aspectos básicos para el diseño de la Unidad Remota son los requerimientos, estos se traducen básicamente en la cantidad de variables y en el tiempo de muestreo de ellas. La tabla N°2.1 muestra las variables que es necesario manejar en el vertedero.

Las variables se agrupan en 14 entradas análogas correspondientes a 9 temperaturas del vertedero, 2 temperaturas y 2 flujos del proceso y un nivel; las entradas discretas corresponden a los estados de las bombas y válvulas en las cuales se actúa, junto con agregar 3 sensores de nivel, dos para el estanque pulmón y uno para la piscina de lixiviado, y 4 sensores de fuga, que permite detectar fallas en el sistema, Por último, se consideran las salidas discretas, las cuales corresponden a las bombas del sistema, además de dos válvulas.

Es importante notar que las variables de actuación tienen una correspondiente variable de entrada, esto se debe a que cuando se actúa sobre una bomba, por ejemplo, no se tiene información si esta realmente se encendió o existía alguna falla que impidió que esta alcanzara el estado deseado. Por esta razón se considera una entrada discreta para cada variable de salida. En el caso de una actuación en forma local, las variables pueden ser observadas por el operador, por esto no se necesita una variable que indique si se realizó la acción o no, por ejemplo la acción sobre una bomba puede ser corroborada por la persona en el lugar, ya que escucha su funcionamiento.

La Figura N°2.2 muestra la localización en el proceso de las variables, indica la ubicación del sensor de la respectiva variable.

La Figura N°2.3 ubica las variables que se localizan en el vertedero, las cuales se refieren a las temperaturas y piscina de lixiviado.

Tabla 2.1 Variables del proceso.

N°	Tag	Descripción	Tipo	Inst.	Rango		Observaciones
					Min.	Max.	
1		Nivel piscina de lixiviado	AI				
2		Temperatura ciclo 1	AI				
3		Temperatura ciclo 2	AI				
4		Flujo 1	AI				
5		Flujo 2	AI				
6		Temperatura vertedero 1	AI				
7		Temperatura vertedero 2	AI				
8		Temperatura vertedero 3	AI				
9		Temperatura vertedero 4	AI				
10		Temperatura vertedero 5	AI				
11		Temperatura vertedero 6	AI				
12		Temperatura vertedero 7	AI				
13		Temperatura vertedero 8	AI				
14		Temperatura vertedero 9	AI				
15							
16		Status bomba 1	DI		X	X	
17		Status bomba 2	DI		X	X	
18		Status bomba recirculación 1	DI		X	X	
19		Status bomba recirculación 2	DI		X	X	
20		Status bomba piscina de lixiviado	DI		X	X	
21		Nivel máximo estanque pulmón	DI		X	X	
22		Nivel mínimo estanque pulmón	DI		X	X	
23		Nivel mínimo piscina de lixiviado	DI		X	X	
24		Detector de fuga 1	DI		X	X	
25		Detector de fuga 2	DI		X	X	
26		Detector de fuga 3	DI		X	X	
27		Detector de fuga 4	DI		X	X	
28		Seguridad	DI		X	X	
29		Status válvula ciclo 1	DI		X	X	
30		Status válvula ciclo 2	DI		X	X	
31							
32		ON/OFF Bomba 1	DO		X	X	
33		ON/OFF Bomba 2	DO		X	X	
34		ON/OFF Bomba recirculación 1	DO		X	X	
35		ON/OFF Bomba recirculación 2	DO		X	X	
36		ON/OFF Bomba piscina de lixiviado	DO		X	X	
37		Válvula ciclo 1	DO		X	X	
38		Válvula ciclo 2	DO		X	X	
39			DO		X	X	

Las dos Figuras N°2.2 y 2.3 muestran la correspondencia de las variables mencionadas y ubicación en el vertedero piloto, como se observa existen variables tanto en el vertedero mismo como en la planta. En estas figuras las flechas indican la dirección del flujo de información, en este sentido las líneas que tienen ambas flechas señalan que existen dos variables, una de actuación (la que se dirige al actuador) y otra de información (la que se dirige al controlador).

Figura 2.2 Diagrama de variables en el proceso.

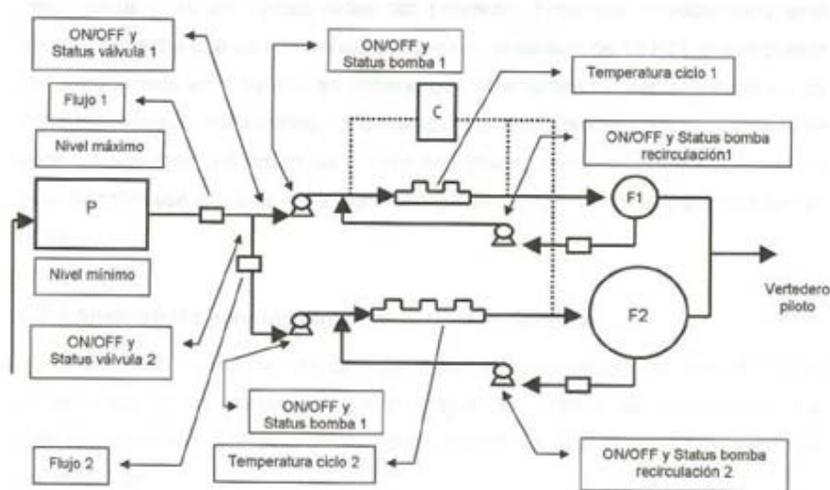
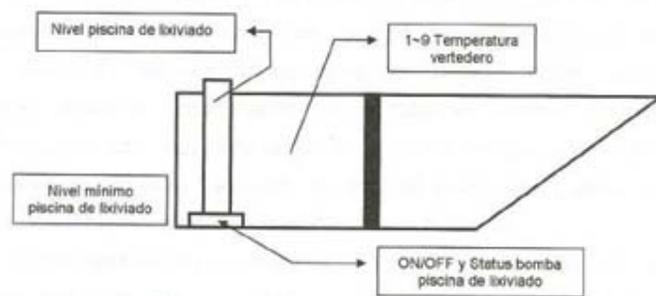


Figura 2.3 Diagrama de variables en el vertedero.



Otro parámetro que se menciona como clave en este punto es el tiempo de muestreo, para este caso se considera este tiempo como 15 minutos. Es decir cada 15 minutos se toma muestra de todas las variables análogas y se almacenan, las variables discretas no se muestrean, porque su valor no reviste importancia, para las necesidades del proyecto. Entonces considerando este tiempo, el hecho que son 14 variables, con una precisión de 12 bits (lo que puede ser almacenado en 2 bytes), se obtiene que el volumen de datos por día es de 2688 bytes/día. Considerando los bytes que se debe colocar para el protocolo se tiene un volumen del orden de 3 kilobytes diario, como máximo. Paquetes de este tamaño son los que tiene que manejar la Unidad Remota para realizar su tarea.

2.3.3 Alternativas para implementar la Unidad Remota

En este punto se discute las distintas alternativas de solución para implementar la unidad remota. Es importante considerar las condiciones que fueron expuestas en el párrafo, para elegir la mejor solución para las necesidades.

Existen varias opciones para implementar esta unidad, la primera es colocar un computador en el vertedero el cual, acondicionado con el hardware adecuado para adquisición y comunicación sea capaz de realizar las tareas mencionadas para este elemento del sistema. Sin embargo, para llevar a cabo esta opción se requiere un gabinete adecuado, además condiciones de operación estables, considerando que el lugar es exterior, por otro lado un computador es adecuado para tareas de escritorio, en este lugar será sometido a labores en un ambiente más rudo. También es susceptible a robos, y por último podría presentar fallas en su operación.

Existe también la posibilidad de diseñar un equipo digital que satisfaga las necesidades. Este estaría diseñado para la necesidad sin presentar, mayores ni menores recursos. Sin embargo, el diseño y construcción de este equipo llevaría bastante trabajo, el cual no es el objetivo de este proyecto, dificultando la realización de los mismos.

Por último dentro de los equipos comerciales destinados a este tipo de proyecto se encuentran los controladores, PLC (Controladores de Lógica Programable) y las RTU (Unidad de Remota de Telemetría). Estos equipos tienen el gran inconveniente del precio, sin embargo son tecnológicamente la opción más adecuada.

Cabe hacer mención que cualquier opción debe considerar todas las características antes expuestas.

2.4 ENLACE DE COMUNICACION

2.4.1 Descripción funcional del Enlace de Comunicación

Este elemento especifica el medio por el cual se establecerá la comunicación entre el proceso y el operador, es decir entre la Unidad Remota y la Unidad Maestra. Por este medio se debe transmitir la información entre los dos lugares.

El enlace de comunicaciones tiene características que le son singulares, se debe usar algún medio de transmisión que permita cubrir la distancia necesaria entre los dos lugares (vertedero y Facultad de Ingeniería), además debe tener la suficiente fiabilidad como para transmitir los datos en forma segura. De esta forma quedan descartados los medios que consideran líneas físicas, como podría ser un bus de campo o una conexión por red LAN.

También cabe destacar que no es necesario que sea una conexión constante. Puede establecer en cierto momento, cuando se requiera y en otro mantenerla sin uso.

2.4.2 Especificaciones para el Enlace de Comunicación

Hay algunas características que se deben considerar antes de elegir el tipo de comunicación a utilizar en este caso.

En primer lugar se deben hacer consideraciones geográficas, en las cuales no existe visión directa entre los dos lugares de interés. Uno se encuentra en la parte baja de Valparaíso (Facultad de Ingeniería y el otro en la parte alta del puerto).

Por otro lado no existen líneas telefónicas hasta el vertedero, el lugar se encuentra a una distancia considerable de sectores habitados, lo que hace difícil la colocación de líneas telefónicas de planta fija.

Como se dijo anteriormente el enlace no es necesario que sea continuo (no se necesita una línea dedicada), sino la comunicación que puede ser establecida, sólo cuando sea necesario.

2.4.3 Alternativas para implementar el Enlace de Comunicación

En este párrafo se discutirán las alternativas que se pueden barajar para implementar el enlace de comunicación. Según todo lo dicho anteriormente, se debe satisfacer la condición de distancia y cobertura del enlace.

La opción mas utilizada es de tipo radial, la cual proporciona un medio constante de comunicación con una calidad aceptable, sin embargo para este caso las condiciones geográficas no permiten tener una visión directa, lo que debilitaría la transmisión de la señal, pudiéndose no tener calidades óptimas, por otro lado tiene alto costo de instalación debido a los equipos que se deben manejar. Para implementar este medio sería necesario considerar la posibilidad de equipos repetidores, con todo lo que esto significa [5] [8].

Otra forma de establecer la comunicación es por vía telefónica, en este sentido existen dos formas de establecerla, mediante línea física o por telefonía celular. La primera opción esté sujeta a que la compañía que proporcione el servicio tenga cubierta el área, lo que no era efectivo al momento de realizar este proyecto. El sistema celular permite independizarse de la línea telefónica, sin embargo está sujeto a la cobertura del sistema. Este sistema telefónico tiene la particularidad proveer bajos costos de instalación, pero se está su al costo del servicio de telefonía.

Una última forma de comunicación es un sistema similar a la estructura del servicio celular, sin embargo está orientado a la transmisión de datos. Este sistema es conocido como la red MOBITEK [9], los cuales son equipos que proporcionan un medio de transmisión de datos sin conexión física, utilizando un enlace radial. Este sistema asegura gran fiabilidad de los datos, ya que

proporciona protocolos de conexión punto a punto e incluso multipunto. El gran inconveniente es la cobertura.

Por último, gran parte de estos medios fueron evaluados y probados tanto en su aspecto técnico como económico. Se puede distinguir que algunos están orientados a la conexión continua, otro a la conexión no continua, también existe la posibilidad de asegurar fiabilidad de los datos. Según los requerimientos de conexión y las características de estos medios se diseñó un enlace de comunicación, el cual se describe en el siguiente capítulo.

2.5 UNIDAD MAESTRA

2.5.1 Descripción funcional de la Unidad Maestra

La Unidad Maestra tiene la misión de proporcionar a interfaz con el usuario, permite que el operador interactúe con el proceso, le da la capacidad de observar el comportamiento del proceso a través del estado de las variables y le permite también actuar cambiando valores de referencia y variables de control.

La Unidad Maestra también tiene la misión de servir de base de datos para las variables que se almacenan en forma histórica, es decir lleva un registro del comportamiento de todas las variables análogas, permitiendo que el usuario acceda a ellas en cualquier momento que lo desee.

Esta unidad es la que maneja un extremo del enlace de comunicaciones, por lo que debe tener capacidad para manejar el medio que se especifique.

Además debe soportar el protocolo que coloque en el enlace para la comunicación entre los dos puntos.

La Unidad Maestra puede consistir en un equipo que realice todas las tareas, o sea, que maneje la interfaz de usuario, que proporcione la capacidad de base de datos y a la vez maneje el enlace de comunicación. En la actualidad estas

exigencias pueden ser cumplidas a cabalidad por un computador personal. Sin embargo, existe la posibilidad de construir esta unidad de forma distribuida sobre una red, esto es, que exista un servidor y un número de clientes. El servidor cumpliría la función de manejar el enlace de comunicación y servir de base de datos, los clientes soportarían la interfaz con el usuario, ambos, servidor y cliente, estarían conectados a través de una LAN [2]. Esta última estrategia es la que se implementará en este proyecto.

La idea de una Unidad Maestra distribuida permite que varios usuarios accedan a la información histórica del proceso sin necesidad que ocupen el mismo equipo e incluso en el mismo momento, por otro lado permite acceder al proceso desde cualquier lugar de trabajo e interactuar con él. Con esta idea se agregan características de seguridad y protocolo a la Unidad Maestra que no considera la primera estrategia mencionada. También se logra una mayor difusión de la información entre las personas que les interese el proceso.

2.5.2 Especificaciones de la Unidad Maestra

Como primer requerimiento básico para la Unidad Maestra es proporcionar información de todas las variables de interés del proceso, además de permitir interactuar con las variables de salida de la Unidad Remota.

También debe poseer la capacidad para almacenar datos en gran cantidad, por ejemplo en disco duro, de esta forma permite realizar una base de datos con los archivos que se formen a partir de los datos adquiridos desde la Unidad Remota.

Es importante que la Unidad Remota tenga algún nivel de seguridad, a fin de no permitir que cualquier persona pueda acceder a los datos almacenados en la base de datos o actuar sobre el proceso realizando una conexión. En este sentido se debe establecer algún sistema de autenticación de usuarios, con sus respectivas contraseñas, para evitar lo antes mencionado.

Para una unidad distribuida se agrega que debe soportar a comunicación con algún protocolo en la capa de transporte del modelo OSI [5][8]. Una posibilidad es utilizar protocolo TCP/IP[3][5][8], debido a que es enrutable se puede lograr una mayor extensión para el enlace Cliente / Servidor de la Unidad Maestra. También se debe notar la necesidad de implementar un protocolo Cliente/Servidor que permita la comunicación dentro de la unidad. De esta forma podría consultarse el servidor incluso de lugares fuera del ámbito de la red LAN donde se encuentre el servidor.

2.5.3 Alternativas para implementar la Unidad Maestra

Hay varias opciones para implementar esta unidad, desde utilizar software específico de control, hasta programar a propia interfaz, En este sentido se debe tener bastante claro que se debe tener capacidad para la conexión en red de la unidad distribuida.

Una primera alternativa es la utilización de software específico de control, en este esquema caen paquetes con FIX de Intellution, Intouch de Wonderware, Cimplicity de General Electric o RsView de Allen Bradley. Estas aplicaciones están desarrolladas para realizar interfaces de usuario con procesos que se conecten tanto en forma remota como en forma local, en algunos casos ellos mismo poseen a base de datos que permite almacenar la información en forma segura.

Otra solución es la programación de la interfaz de usuario, para esto se requiere de la utilización de algún software de programación tal como Visual Basic, Visual C o Delphi, entre otros. Este método proporciona gran flexibilidad y capacidad, sin embargo, es un trabajo largo y no fácil, debido a que se debe manejar varios elementos a la vez como son la comunicación, la interfaz y la capacidad base de datos.

Una tercera opción corresponde a la utilización de algún software intermedio entre las dos situaciones anteriores. En este caso caen los paquetes de aplicación de National Instrument, LabView y LabWindow [6][7]. Ambas son aplicaciones de programación, pero orientadas a realizar interfaces de usuario para control e instrumentos virtuales, en este sentido proporcionan herramientas que facilitan la programación, además de mantener, e incluso mejorar la flexibilidad y capacidad.

CAPITULO 3: SISTEMA DE SUPERVISION

3.1 INTRODUCCION

En este capítulo se discutirá la construcción del sistema de supervisión y se mencionarán los elementos constitutivos de cada una de las parte del sistema (Unidad Remota Unidad Maestra y Enlace de Comunicación).

Se abordarán temas tales como los equipos utilizados, su configuración y disposición en su tarea, además se hará un análisis de los programas que forman parte fundamental del sistema de adquisición y control, junto con la Unidad Maestra. También sobre los medios de comunicación fue necesario implementar un protocolo el cual será analizado en cada caso

Para una mayor comprensión se ha separado según el elemento, es decir existe un punto destinado a la Unidad Remota, otro referente a la Unidad maestra y otro que abarca lo referido al Enlace de Comunicación.

3.2 UNIDAD REMOTA

3.2.1 Configuración de la unidad remota

La Unidad Remota, como se dijo en capítulos anteriores, tiene la misión de servir de nexo entre el proceso y el sistema de supervisión, tiene que tener la capacidad de almacenamiento, adquisición, control y comunicación.

Esta unidad fue construida sobre la base de un controlador marca Z-World, modelo PK2210, el cual está desarrollado entorno a un procesador Z80180 de Zilog. Además fue configurado con dos módulos de entradas análogas. Su capacidad es de 22 entradas análogas, 16 entradas discretas y 14 salidas discretas; posee dos puertos de comunicación y un Display de 2x20 caracteres, con su respectivo teclado.

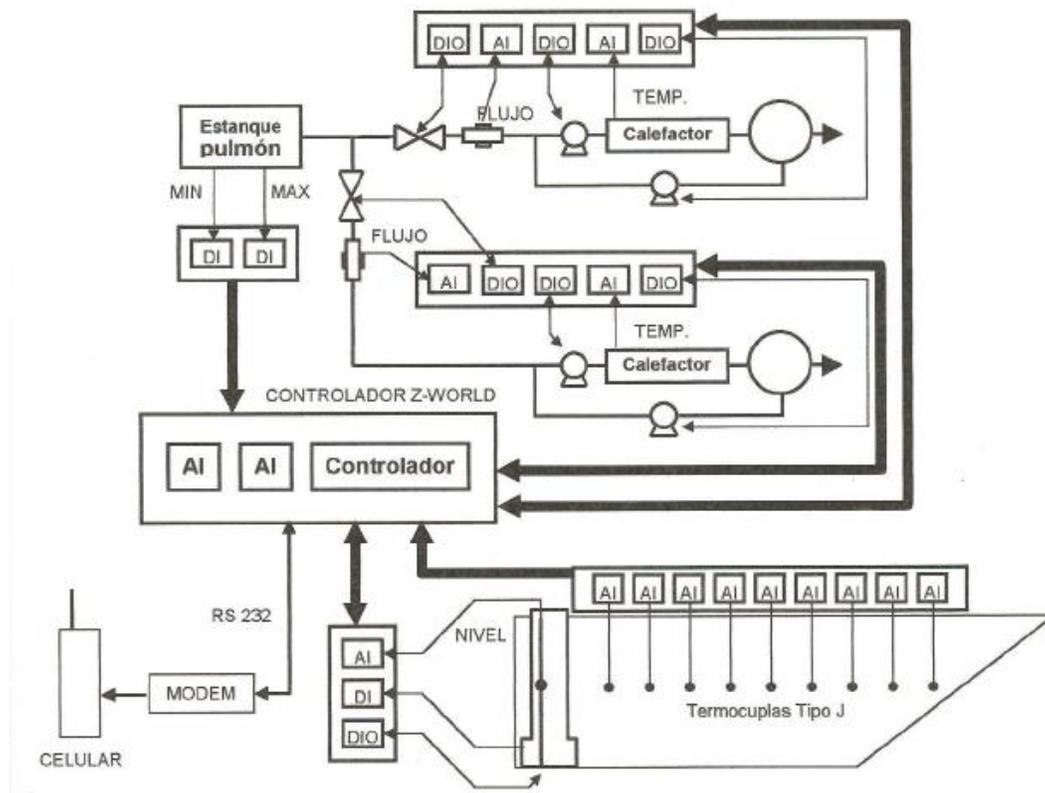
Para una descripción técnica más acabada de este controlador refiérase a los manuales del controlador [10][11].

Otros elementos que constituyen la unidad remota son los sensores y los equipos de comunicación. Los sensores son seleccionados de acuerdo a los ya existentes en el lugar y considerando las variables que se desean medir. La Figura N° 3.1 grafica la configuración de la unidad remota.

Esta figura muestra la conexión del controlador con el proceso, de esta forma se establece la interrelación entre ambos y por ende con todo el sistema de supervisión.

La parte de comunicación está compuesta por un módem externo de 14400 bps estándar, el cual se conecta a un teléfono celular. El controlador no

Figura 3.1 Diagrama de configuración de la Unidad



tiene necesidad de establecer la comunicación, sino que o hace la unidad de control y en la práctica sólo ve una conexión RS232.

La Unidad de Control está diseñada para adquirir datos durante todo el día y mantenerlos en 3 buffer, de estos uno es el que se usa para almacenar datos, los otros dos se utilizan para mantener datos de días anteriores a la espera de ser solicitados por la Unidad de Maestra. De esta forma es posible que un día no se soliciten los datos y que ellos no se pierdan por esta razón. Además el controlador es capaz de soportar cortes de energía sin necesariamente perder los datos adquiridos hasta ese momento.

El controlador mediante el uso del Display y teclado, permite la operación local del equipo, así se puede activar o desactivar bombas y válvulas, como también revisar las variables de proceso en el mismo lugar. *Para* más detalles referirse al manual de operación en el apéndice 2.

Las variables análogas son adquiridas con una precisión de 12 bit. lo cual da un volumen de datos de 2688 bytes por día.

3.2.2 Software del controlador

El software del controlador PK2210, es quizás la parte fundamental de la unidad remota, considerando que es en donde están impreso todos los requerimientos de funcionamientos y es éste quien gobierna el comportamiento de esta unidad.

Para ser más clara la explicación de este programa se utilizarán diagramas de flujo, en los cuales se expondrán lo más detalladamente posible las partes del código. El código mismo no se expone en esta memoria por razones de tamaño y legibilidad.

El software de programación del controlador es Dynamic C [12][13][14], de los mismos proveedores del controlador. Este software utiliza lenguaje C para la su

programación. Entre algunas de las características que posee son las librerías de multitarea, las cuales permite realizar varias tareas sin necesidad de suspender el resto. Esta característica es utilizada para este programa.

Figura 3.2 Función “main”



La rutina “main”, que es la principal realiza las inicializaciones y configuraciones del sistema. El puerto se inicializa a 4800 bps, sin paridad, 8 bit de datos y con control de flujo por hardware. La capacidad de multitarea de este controlador permite tener una tarea que se ejecuta mientras ninguna otra se realice, en esta se colocó las rutinas de control. Las tareas se ejecutan cada una en un tiempo determinado el cual indica la prioridad que tiene la tarea, es decir a mayor tiempo de ejecución menor es la prioridad que tiene dicha tarea.

Para este programa se definieron 6 tareas, más la que se ejecuta mientras no se requiera otra, estas tareas son:

- Tarea 0 : Con esta tarea se controla el teclado y el display, tiene relación con una librería propia del controlador, se ejecuta constantemente, mientras otra no lo este haciendo.

- Tarea 1 : Esta tarea tiene la misión de actualizar el buffer cada 15 minutos, toma el valor actual de los variables que representan los valores físicos de los puntos que se miden y los coloca en el buffer. Tiene prioridad 100 (se ejecuta cada 100 ciclos de interrupción).

- Tarea 2 : Realiza la adquisición de los datos, lee los valores que llegan desde terreno y los almacena en variables que representan este valor. Tiene una prioridad de 80.

- Tarea 3 : Verifica si alguna de las teclas de función se ha presionado e inicia visualización de las variables que se desean. Tiene una prioridad de 10.

- Tarea 4 Esta tarea controla la comunicación, revisa constantemente si ha llegado algún byte y si corresponde a la bandera de inicio .Luego toma el paquete revisa su CRC y lo entrega a la función protocolo para ser analizado. Tiene prioridad 5.

- Tarea 5 : Esta tarea se relaciona con la número 4 porque es un temporizador que desconecta el enlace después de 2 minutos sin ningún mensaje recibido. Tiene prioridad 40.

La tarea 1 como se dijo actualiza el buffer, la Figura N°3.3 muestra el diagrama de flujo de esta función. Los valores que son muestreados se encuentran en una estructura la cual contiene todas las variables que son muestreadas constantemente. Entonces cada 15 minutos esta variables son colocadas en el buffer en el lugar que corresponde según la hora que se realice esta muestra.

La tarea 1 tiene un puntero que indica el buffer en uso, si el putero tiene un valor no válido indica que “no hay buffer en uso”. Si por alguna razón la adquisición

de datos es interrumpida y reiniciada en un día posterior, el algoritmo termina el uso del buffer y busca uno nuevo para adquirir los datos para el nuevo día, esto sucede porque cada buffer se identifica con la fecha que adquiere y antes de ingresar cada dato, se verifica que la fecha que lo nombra sea la fecha actual. Si por alguna razón un dato no es adquirido en su momento, es rellenado con el valor de la variable que posee al momento de reiniciar la adquisición.

Figura 3.3 Tarea 1, actualización del buffer.



La siguiente tarea, la número 2, Fig 3.4 tiene relación con la adquisición de datos en forma continua, es una actualización de las variables de estado del sistema, en todo momento existe un registro de las variables del sistema que pueden ser

consultadas tanto en forma remota como local. Además con la estructura que almacena las variables permite tener la información necesaria para realizar el control del sistema.

Otra de las funciones desarrolladas en el controlador es lo referido a la visualización de variables. Esta función se implementó mediante la utilización de las teclas de función. Cuando se presione alguna de estas teclas (F1, F2, F3, F4), comienza un barrido de un grupo de variables. Las variables relacionadas

Figura 3.4 Tarea 2, adquisición de datos.

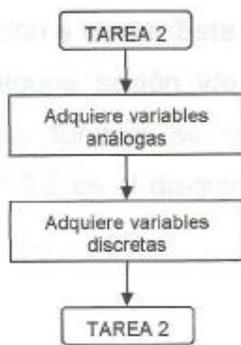
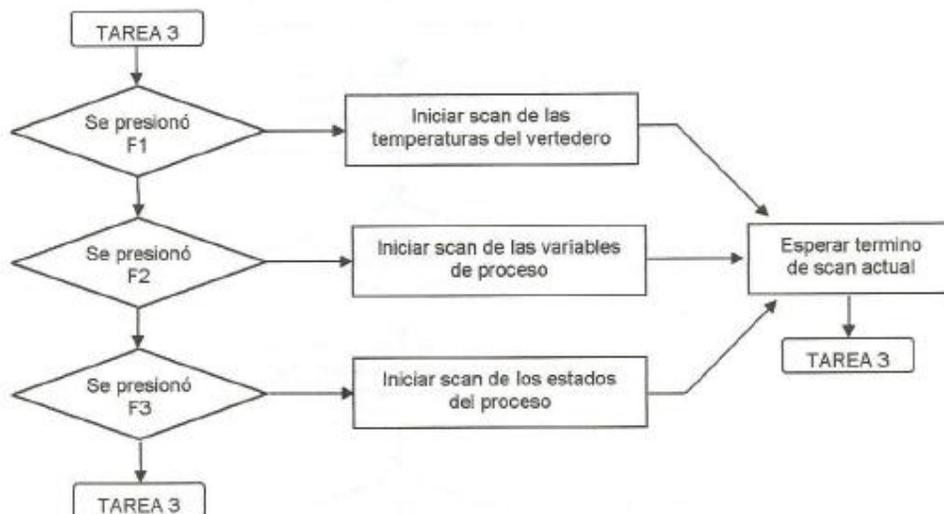


Figura 3.5 Tarea 3, verificación de teclas de función



con F1 son las temperatura del vertedero, con F2 las variables de proceso, temperaturas y flujo, por último con F3 se relacionan los estados del proceso. Esta tarea corresponde a la número 3. La Figura N°3.5 grafica la tarea 3.

La tecla F4 se dejó sin acción, para un uso posterior, sin embargo el código es fácilmente implementable.

La tarea numero 4 es la que lleva relación con la comunicación, controla los datos recibidos desde la Unidad Maestra, verifica el CRC eliminando los paquetes erróneos, luego entrega los datos a la función “protocolo” la cual los analiza y determina la acción a tomar. Esta función, basándose en las directivas predeterminadas, toma alguna acción y/o responde con algún mensaje a la Unidad Maestra (en esta función se implementa el protocolo servidor-controlador). La Figura N°3.6 es el diagrama de flujo de tarea 4 y la Figura N°3.7 la función “protocolo”.

Figura 3.6 Tarea 4, Control de comunicación.

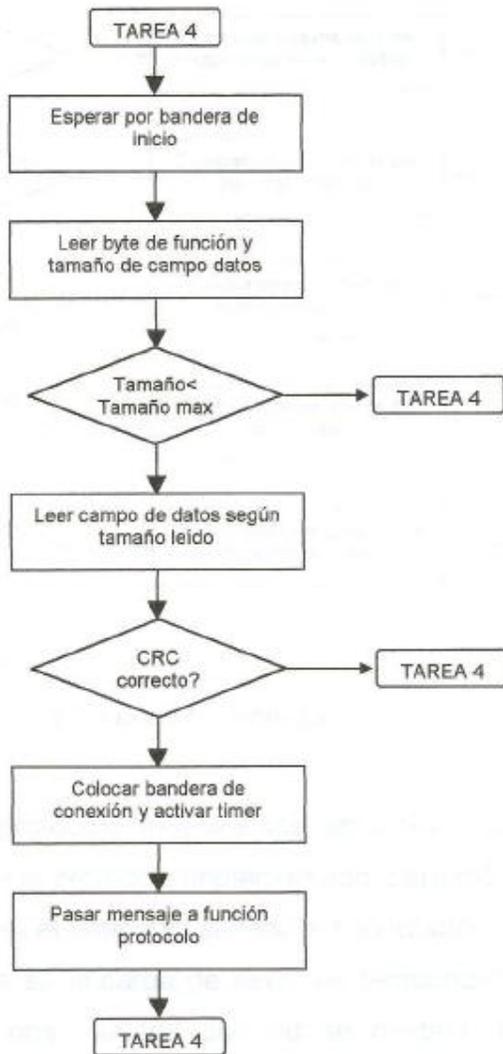
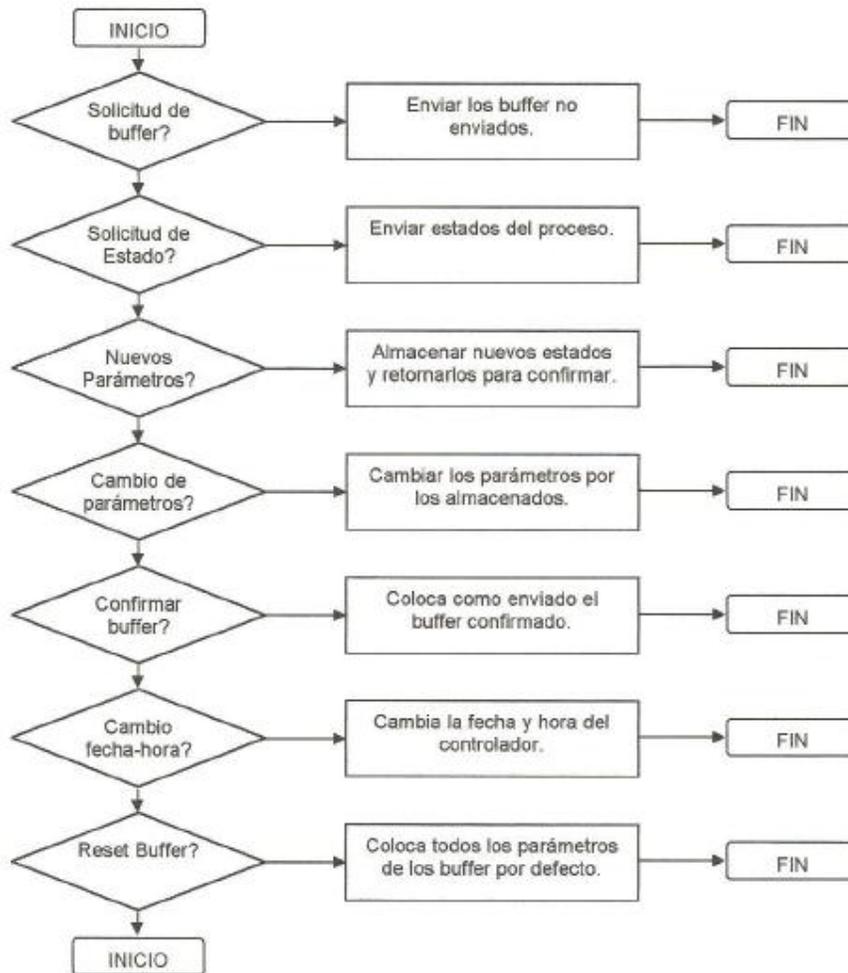


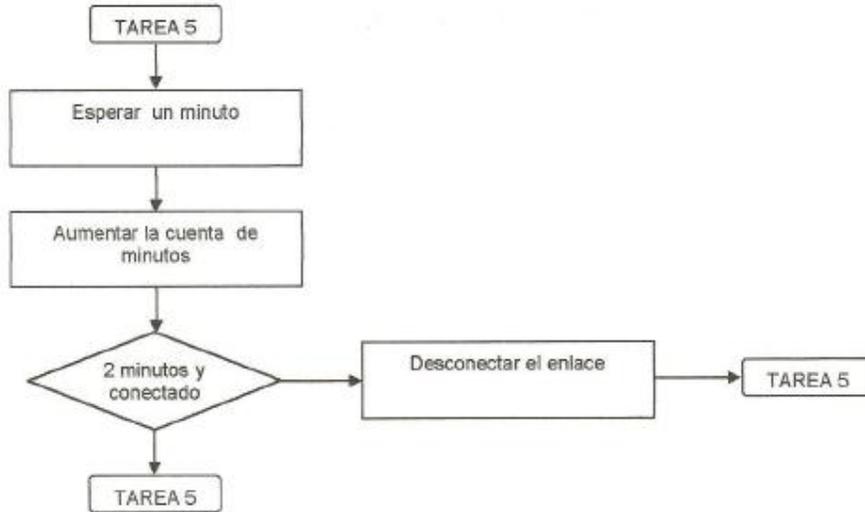
Figura 3.7 Función “protocolo”.



Esta función protocolo muestra las acciones que se tornan ante las directivas definidas en el protocolo implementado, para más detalles consultar la sección que trata sobre el protocolo servidor-controlador.

La quinta tarea se encarga de llevar un temporizador que desconecta el enlace después de dos minutos que no se reciban datos. Al activarse el temporizador se reinicia la cuenta, de esta forma cada vez que la tarea 4 detecta un paquete válido inicia el contador. La Figura N°3.8 explica el funcionamiento del temporizador.

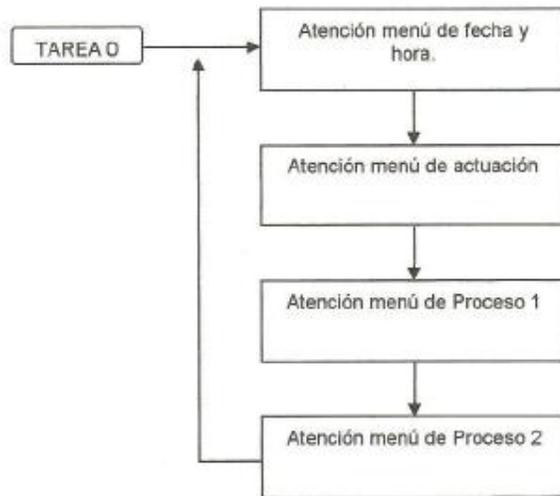
Figura 3.8 Tarea 5, temporizador



El temporizador es necesario para evitar que el enlace de comunicación se mantenga abierto, en caso de alguna falla.

La tarea 0 se ejecuta junto con la tarea de control cuando no se está ejecutando algunas de las otras tareas. Esta tarea controla los menú que se visualizan desde el indicador, se maneja desde el teclado, utiliza las librerías propias del software de programación. En la práctica, esta rutina, se diseñe y el mismo sistema operativo del controlador se encarga de su funcionamiento.

Figura 3.9 Tarea 0, manejo teclado y display



Esta tarea no tiene prioridad, sino que se solicita su ejecución desde la función main, quedando en ejecución en un lazo infinito.

El software gracias a la característica de multitarea permite una fácil programación, ahorrando recursos, los cuales son críticos en este tipo de equipos.

3.3 ENLACE DE COMUNICACIÓN

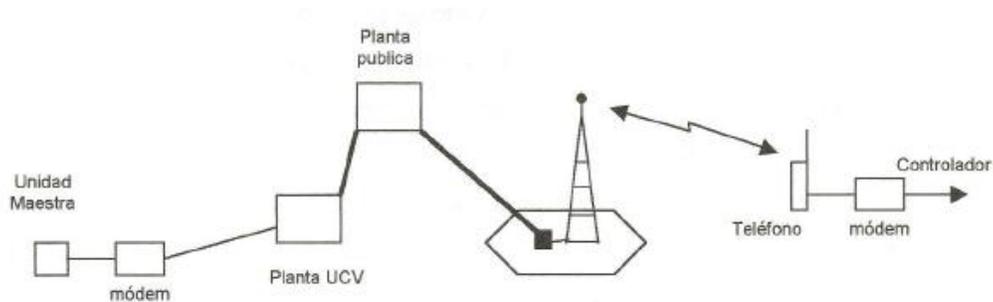
3.3.1 Configuración del Enlace de Comunicación

El Enlace de Comunicaciones fue implementado con tecnología celular, es decir, se conectó al controlador un teléfono celular, el cual tiene un conector RJ11 para un teléfono estándar. En este teléfono se queda obtener tono de marcado como en un equipo de planta fija, el cual es muy conocido. Para lograr la conexión no se utiliza un equipo telefónico, sino un módem, el cual se conecta al controlador a través del puerto RS232 de éste, de esta forma el controlador utiliza los comandos AT para manejar el enlace. La estructura final del sistema de comunicación se grafica en la Figura N°3.10.

En esta configuración se está utilizando módems de 14400 bps, sin embargo se limita su velocidad de conexión debido al medio de transmisión que se utiliza, el cual no permite tener canales totalmente limpios y sin interferencia. Por otro lado estos módem no poseen protocolo celular, lo cual ayudaría a una conexión más segura. En estos momentos es posible realizar un enlace entre ambas unidades tanto para tener una conexión en línea como para bajar los datos diarios, sin embargo, es bastante susceptible de desconectarse debido al ruido propio de un sistema celular. Esto resulta más evidente cuando se utiliza la conexión para que el usuario vea el estado del proceso, lo cual por lo general utiliza una mayor cantidad de tiempo de enlace.

Por otro lado este sistema de conexión no es la única posibilidad, existe la alternativa de la red Mobitex o el enlace radial. Pero esta opción, la tecnología celular, es la que presenta las mejores características económicas, dadas las

Figura 3.10 Esquema de comunicación.



condiciones del proceso; aunque técnicamente no es la mejor opción, ya que *presenta* dificultades por ruido.

El equipo utilizado es un aparato marca Motorola, modelo FX2500, el cual está destinado ser una interfaz para un teléfono base (hasta cuatro), es decir cubre las necesidades de localidades donde no existe servicio telefónico y no es necesario un servicio móvil, tiene gran potencia (3 Watt), lo que permite ampliar su

cobertura y ser menos susceptible al ruido. Este equipo no posee auricular, sino que en su lugar proporciona un conector RJ 11, donde el usuario conecta sus propios equipos.

La programación de los módem se realiza mediante los comandos AT estándar para este tipo de equipos. Para obtener información sobre estos comandos refiérase a los manuales de ellos. La velocidad de conexión está determinada por las condiciones de línea del momento, limitada a 4800 bps.

Este tipo de enlace, telefónico, se caracteriza por ser establecido sólo cuando es necesario, no está permanentemente activado. Además es importante considerar el aspecto económico de esta alternativa, por esta razón se estableció la utilización del enlace de acuerdo a la necesidad y por esta misma razón se privilegió la capacidad de almacenamiento del controlador en desmedro del tiempo de utilización del enlace, de esta forma sólo es necesario realizar una conexión para obtener la información de 96 datos adquiridos correspondientes a un día.

El enlace también está sujeto a las condiciones climáticas y ambientales, considerando que hay un enlace radial de por medio, inherente al teléfono celular. Además las características de una conexión conmutada, como es la utilizada desde la Unidad Maestra, hacen que las condiciones de conexión entre un momento y otro puedan ser totalmente distintas, incluso si estas conexiones son hechas una inmediatamente de la otra. Entonces, es de esperar que los enlaces sean susceptible a fallas, más aún si los módem no tienen protocolos que consideren estas condiciones.

3.3.2 Protocolo Servidor-Controlador

Un aspecto importante del Enlace de Comunicación entre la Unidad Maestra y la Remota es el lenguaje que se utiliza, es decir que ambos extremos que ya están

de acuerdo en el medio a utilizar, entiendan los mensajes que van desde un lado a otro, esto está especificado en este protocolo.

Este protocolo es el que se encarga de la comunicación entre el servidor y el controlador mediante la comunicación asincrónica. Utiliza como medio la comunicación telefónica, lo cual impone la condición de verificación de errores.

Al utilizar una conexión telefónica, se esta enfrente de una conexión física, al nivel de la primera capa del modelo OSI, por lo cual no hay corrección ni detección de errores. Entonces es necesario implementar algún sistema de verificación, para esto se utiliza un CRC (Código de Redundancia Cíclica), donde se verifica toda la trama, sin considerar la bandera de inicio. Según estas condiciones se sigue la trama mostrada en la Figura N°3.11.

Las directivas que es necesario implementar en este protocolo se muestran en la tabla 3.1, con una breve descripción de su función. Para la programación, cada función está relacionada con un número, el cual entiende el programa.

Figura 3.11 Trama protocolo servidor controlador



Tabla 3.1 Funciones protocolo servidor controlador

Función	S	C	Descripción
SOLICITUD_BUFFER		✓	Solicita al controlador datos.
ENVIO_BUFFER	✓		Envía datos al servidor.
SOLICITUD_ESTADO		✓	Solicita estado al controlador.
ENVIO_ESTADO	✓		Envía estado al servidor.
CAMBIO_PARAMETRO		✓	Envía parámetro al controlador.
RETORNO_PARAMETRO	✓		Retorna parámetros al servidor.
OK_PARAMETRO		✓	Autoriza cambio de parámetros al controlador.
CONFIRMAR_BUFFER	✓		Indica que un buffer fue recibido correctamente
FECHA_HORA		✓	Indica al controlador que debe cambiar fecha y hora
RESET		✓	Coloca los parámetros de los buffer por defecto.
CERRAR_ENLACE	✓	✓	Indica cerrar el enlace/Activa timer en controlador

El campo de datos es una información que depende de la directiva que este indicando el tipo de mensaje que se envía, es decir la información que se coloque en este podrá tener distinto tamaño y/o significado, incluso puede que no exista dicho campo. Las columnas S y C indican quien utiliza dicha función para enviar al otro extremo.

En el protocolo se pueden distinguir una serie de directivas que tienen relación entre si, de esta forma se distinguen 4 grupos: uno para el manejo de los buffer de información, otro para el traspaso de los estados del proceso, un tercer grupo que tiene relación con el cambio de parámetros y por último uno que agrupa directivas misceláneas.

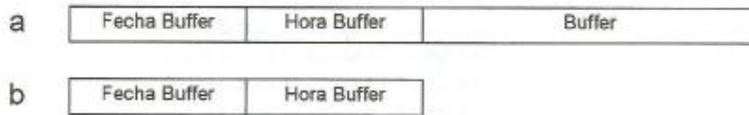
3.3.2.1 Grupo de directivas para manejo de buffer

En este grupo existen tres directivas, las cuales tienen la misión de llevar desde el controlador hasta la Unidad Maestra la información almacenada en los buffer.

La Unidad Maestra envía inicialmente un mensaje solicitando (SOLICTUD_BUFFER) los buffer que se encuentren llenos y listos para ser enviados. Al recibir este mensaje la Unidad Remota revisa uno por uno los buffer buscando aquellos que estén marcados como “no enviados” y que no esté en actual uso, a medida que va encontrando buffer para enviar los manda en un mensaje (ENVIO_BUFFER) a la Unidad Maestra. La Unidad Maestra al recibir un buffer retorna un tercer mensaje (CONFIRMAR_BUFFER), el cual es interpretado por el controlador como que el buffer fue recibido y almacenado en el servidor, entonces el controlador marca este buffer como “enviado”

La directiva SOLICTUD_BUFFER, no tiene campo de datos, en cambio las dos directivas restantes si lo tienen. La Figura N°3.12 muestra los campos de datos. Los buffer son identificados mediante la fecha y hora de inicio del buffer.

Figura 3.12 Campos de datos para directivas a) ENVIO_BUFFER b) SOLICITUD_BUFFER



3.3.2.2 Grupo de directivas para la transferencia de estados

Se agrupan 2 directivas en este caso, una que solicita el estado del proceso y otra de respuesta a esta solicitud. El funcionamiento es muy simple, el servidor envía el mensaje de solicitud (SOLICITUD_ESTADO), con el cual el controlador responde con un mensaje que contiene los estados del proceso (ENVIO DE ESTADO). Estas directivas se utilizan para poder conocer el estado de funcionamiento del sistema, sin necesidad de esperar la consulta de los buffer. La primera directiva, de solicitud, no tiene parámetros contenidos en el campo de datos, En cambio la segunda, de envío, lleva todos los estados del proceso, los cuales son 41 datos. Estas directivas se relacionan con las correspondientes en el protocolo entre el servidor y el cliente, cuando la solicitud llega desde el cliente el servidor inicia la consulta al controlador. La estructura que se muestra a continuación muestra todos estos estados.

```

struct estados
{
    unsigned short Bomba1           :1;
    unsigned short Bomba2           :1;
    unsigned short BombaRec1        :1;
    unsigned short BombaRec2        :1;
    unsigned short BombaPisLix      :1;
    unsigned short Fuga1            :1;
    unsigned short Fuga2            :1;
    unsigned short Fuga3            :1;
    unsigned short Fuga4            :1;
    unsigned short Seguridad        :1;
    unsigned short ValCicl1         :1;
    unsigned short ValCicl2         :1;
    unsigned short NivMaxEstPul     :1;
    unsigned short NivMinEstPul     :1;
    unsigned short NivMinPisLix     :1;
    unsigned short aux              :1;
    unsigned short Temp1;
    unsigned short Temp2;
    unsigned short Temp3;
    unsigned short Temp4;
    unsigned short Temp5;
    unsigned short Temp6;
    unsigned short Temp7;
    unsigned short Temp8;
    unsigned short Temp9;
    unsigned short Procl;
    unsigned short Proc2;
    unsigned short Flujo1;
    unsigned short Flujo2;
    unsigned short Nivel;
    unsigned short Ta1;
    unsigned short Tb1;
    unsigned short Ta2;
    unsigned short Tb2;
    unsigned char Bomba1_a          :1;
    unsigned char Bomba2_a          :1;
    unsigned char BombaRec1_a       :1;
    unsigned char BombaRec2_a       :1;
    unsigned char BombaPisLix_a     :1;
    unsigned char ValCicl1_a        :1;
    unsigned char ValCicl2_a        :1;
    unsigned char aux_a             :1;
};

```

Las variables identificadas como aux no contienen información del proceso y sólo tienen utilidad de relleno, están destinadas para usos posteriores, en una posible actualización.

3.3.2.3 Grupo de directivas para el manejo de cambio de parámetros

La característica de este grupo es proporcionar un efectivo y seguro cambio de parámetros, no es aceptable un error en el cambio de parámetro, esto puede ocasionar problemas serios de funcionamiento. Por esta razón se utiliza un sistema de retransmisión, con verificación en el servidor, de esta forma se soluciona algún posible cambio en los parámetros a cambiar

Se entiende por parámetros todas variables de control y actuación que es posible manejar en forma remota. Esto es, variables de referencia, acción sobre bombas y válvulas, y cambio de parámetros de funcionamiento.

Para realizar un cambio de parámetros, en primer lugar el servidor envía un mensaje con los nuevos parámetros (CAMBIO_PARAMETRO), la Unidad Remota almacena esta información y la retorna nuevamente al servidor (RETORNO_PARAMETRO) para que éste la compare. Si el servidor encuentra que no existen errores entre los parámetros enviados y los recibidos envía un tercer mensaje (OK_PARAMETRO), con el cual el controlador entiende que puede realizar el cambio de los parámetros desde los que tenía almacenados.

La directiva OK_PARAMETRO no tiene campo de datos, en cambio las otras dos sí lo tienen. Este campo contiene la información de todas las variables que se desean actuar.

3.3.2.4 Grupo de directivas para manejar funciones misceláneas

Estas directivas agrupadas en este punto son tres. La primera se refiere al cambio de fecha y hora (FECHA_HORA), lo que es lógico envía la fecha y la hora al controlador para que este sincronizado con el servidor, esto se realiza cada vez que se inicia una conexión. La siguiente función se relaciona con el control de los buffer y ejecuta una reinicialización (RESET) de los parámetros de los buffer, los cuales son: fecha, bandera de enviado y bandera de uso, colocándolos a sus

valores por defecto se reinicia el buffer, es decir se puede utilizar en cualquier momento. Por último existe una directiva con una doble función, indica un cierre de conexión cuando la recibe el servidor (CERRAR_ENLACE), se utiliza para terminar una conexión cuando se solicitan los buffer, es una activación del temporizador de control del controlador cuando la recibe la Unidad Remota. Esta última directiva no tiene campo de datos al igual que la directiva RESET.

3.3.2.5 Código de redundancia cíclica (CRC)

Para el cálculo del CRC es necesario especificar algún polinomio característico, existen dos recomendados[4][5], estos son:

$$\text{CRC-16:} \quad x^{16} + x^{15} + x^2 + 1 \quad (3-1)$$

$$\text{CRC-CCITT:} \quad x^{16} + x^{12} + x^5 + 1 \quad (3-2)$$

De estos dos se escoge el CRC-16, considerando que es el polinomio utilizado por el protocolo XMODEM. Con este polinomio se asegura la detección de todas las ráfagas de errores de menos de 16 bits y casi todas las de 16 bits o más, por otro lado se asegura la detección de todos los errores de un solo bit, como los de dos bits, también los errores de bit en número impar.

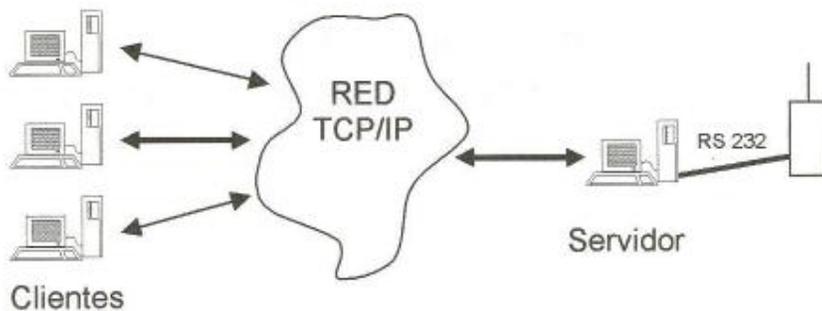
Los mensajes con CRC incorrecto son descartados, esto para evitar la mantención de información errónea.

3.4 UNIDAD MAESTRA

3.4.1 Configuración de la unidad maestra

La Unidad Maestra fue concebida con un esquema distribuido en el cual existen varios clientes y un servidor. Es el servidor quien maneja los recursos de comunicación con la Unidad Remota. Este esquema permite conectarse desde cualquier equipo conectado por red al servidor, para esto se implementa además un sistema de autenticación de usuarios, lo cual da segunda, al funcionamiento del sistema. La Figura N°3.13 grafica la Unidad Maestra.

Figura 3.13 Configuración Unidad Maestra



En este esquema son los clientes los que tienen la interfaz de operador, en los cuales se observa el proceso y de los cuales se puede actuar sobre el mismo

El servidor tiene tres funciones básicas: proporcionar los datos al cliente, almacenados en los archivos en forma de base de datos; servir de gateway entre el cliente y el proceso cuando se está en modo en línea; y por ultimo, adquirir los datos en forma continua para ir construyendo los archivos de base de datos.

Algunas características de la Unidad Maestra son:

- Proporciona movilidad de la interfaz de operación, sin necesidad de suspender la adquisición de datos.

- Soporta a múltiples clientes observando los datos, pero solo uno puede estar en línea con el proceso.
- Proporcionar autenticación de usuario mediante la utilización de cuenta y contraseña.
- Permite actuar sobre las variables de control: en forma inmediata.
- Permite la observación de los datos desde cualquier lugar conectado en red con el servidor, utilizando protocolo TCP/IP.
- Tiene dos modos de operación, en línea, en el cual se observa la planta en el momento y fuera de línea, donde se tiene sólo acceso a los datos de la planta que están almacenados en el servidor.

La Unidad Maestra fue programada utilizando el paquete de aplicación LabWindows, que permite manejar tanto la comunicación con la Unidad Remota y la comunicación en red mediante protocolo TCP/IP.

3.4.2 Servidor

Servidor no tiene una interfaz de usuario, solo posee una pantalla que muestra alguno de sus estados, además de otras pantalla donde se pueden cambiar algunos parámetros. En este sentido es una aplicación pasiva la cual está pensada para funcionar en forma automática.

Como se dijo anteriormente tiene la misión de almacenar en archivos todos los datos de la unidad remota, para ellos se almacenan en un buffer en el momento que llegan y una vez completada esta operación de recepción de datos se almacenan en el disco duro. Los archivos tienen una dimensión de 187 Kbytes, y almacenan la información de todo un mes. Esta información es guardada en

formato de punto flotante y considera los valores de cada variable cada 15 minutos.

Un detalle importante se observa al comparar la cantidad de información almacenada y la cantidad de bytes transmitidos desde la unidad remota, siendo estos últimos menor que la mitad de los archivos. Esto se debe a que, si bien se están almacenados números en punto flotante, no fueron transmitidos de esta forma, sino que se utilizaron 2 bytes por variables, los correspondientes al conversor directamente. Se realizó de esta manera para ahorrar tiempo e conexión, memoria en la unidad remota y además acelerar la transmisión y exposición de los datos en el cliente.

Por otro lado esta aplicación servidor da soporte a la autenticación de los usuarios y las contraseñas, en este lugar es donde se pueden crear, editar y borrar estas características, el cliente no puede cambiar contraseñas o usuarios. El servidor al autenticar a un cliente permite que esta aplicación continúe, sino el cliente terminará su ejecución. También utiliza una base de datos para almacenar a los usuarios y sus contraseñas, en un archivo, tiene capacidad hasta 10 usuarios. Por otro lado también tiene una palabra especial para poder acceder a esta administración de los usuarios, sin ella no se podrá cambiar cuentas, ni hacer ningún cambio de este tipo.

Con lo que respecta a la comunicación con a unidad remota este PC sólo reconoce un módem instalado en la puerta COM2, y lo configura al momento de iniciar la aplicación. La instrucción AT de configuración es la siguiente:

```
“ATE0V0#F2S0=2S40=25S47=0\r”[15].
```

También se configure los modos de control de flujo, no se utiliza control de flujo por software, pero si se utiliza por hardware. El resto de los parámetros son los siguientes:

Velocidad: 9600 baudios.

Paridad: ninguna.

bits: 6.

bits de parada: 1.

buffer de entrada: 9000 bytes.

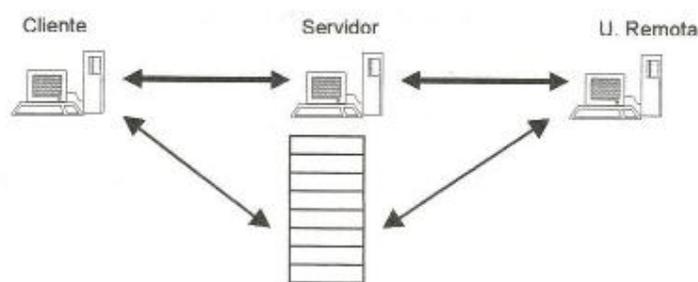
buffer de salida: 512.

El servidor para poder dar servicio a la conexión en línea, tiene unos buffer intermedios, los cuales tienen la información de todas las variables a la última actualización, entonces esta información es proporcionada cuando se solicita. Sin embargo, estos buffer pueden ser actualizados desde el cliente, de esta forma se consigue traspasar la Información entre el cliente y la unidad remota.

En el caso de tener una conexión fuera de línea, en la cual el servidor se conecta al controlador para bajar la información diaria es el mismo servidor quien envía la señal hacia el controlador para mantener el enlace.

El servidor cumple básicamente dos funciones, que se relacionan con los modos de funcionamiento del sistema. Tiene por un lado la tarea de adquirir los datos en forma continua y automática, para esto utiliza los archivos antes

Figura 3.14 Esquema de las tareas del servidor.



descritos. También sirve de nexo entre el usuario y la Unidad Remota cumple la función de gateway.

El servidor también implementa algunos sistemas de seguridad en el se programan los usuarios habilitados y sus respectivas contraseñas, siendo almacenadas en archivos destinados para este fin en el disco duro. Existe una contraseña principal que se usa para tener acceso a los recursos del servidor, es decir esta se requiere dicha combinación para poder ampliar algún usuario o para poder cerrar la aplicación.

La configuración del servidor contempla algunos aspectos como la indicación del inicio de la adquisición, también permite detener a adquisición y reiniciar los buffer del controlador.

Para la operación de software refiérase al manual de usuario, apéndice A.

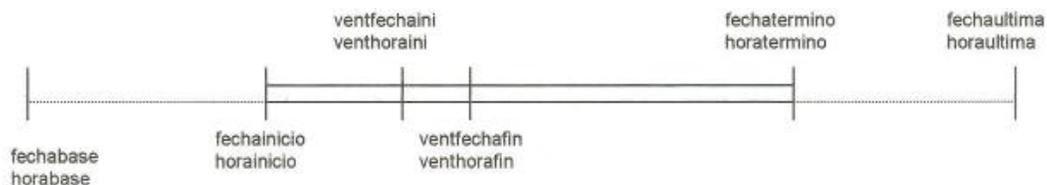
3.4.3 Cliente

El cliente es un computador el cual corre un software diseñado especialmente para este fin. En él se pueden ver los datos históricos, para esto tiene 4 gráficos en los cuales se observan agrupadas según sus características las variables. El primero muestra las 9 variables de temperatura del vertedero, se tiene la posibilidad de controlar la cantidad de datos que se observan teniendo un máximo de 1500, lo que corresponde a un buffer de 6000 caracteres. Cuando se desea ver datos que están fuera del buffer el software solicita una actualización al servidor el cual envía los datos para todas las variables análogas del sistema. Por otro lado se puede controlar el periodo con el cual los datos son almacenados en el buffer, de esta forma se puede tener control sobre el tamaño del buffer viéndolo desde el punto de vista del tiempo.

Los demás gráficos muestran el resto de las variables, uno grafica las variables de temperatura del proceso (2 variables), otro muestra el comportamiento del flujo en los dos procesos (2 variables) y el último tiene la información histórica del estado del nivel del pozo de lixiviado. En todos ellos se tienen las mismas posibilidades descritas para el primer gráfico, siendo ellas comunes para todos, es decir en todos se observan la misma cantidad de datos y se tiene la misma ventana de tiempo.

La Figura N°3.15 grafica el buffer del cliente y las variables que identifican su funcionamiento.

Figura 3.15 Buffer de datos en el cliente.



Las variables representan tanto los límites de la base de datos como del buffer del cliente, como de la ventana de datos que actualmente se visualizan.

Se puede observar que las variables que limitan la base de datos son proporcionadas por el servidor en el momento de la autenticación del usuario, por otro lado las variables que determinan el tamaño del buffer son actualizadas cada vez que es necesario ver datos los cuales no se encuentran en buffer de datos. Por último, están las variables que indican el inicio y el fin de la ventana de actual visualización, éstas son las únicas que maneja el operador directamente, mediante elementos dispuestos en la interfaz de usuario para el desplazamiento de la ventana, las demás variables son actualizadas por el mismo sistema cuando es necesario.

Figura 3.16 Esquema de distribución de la matriz de buffer.

TempVert1 ₁	TempVert1 ₂	TempVert1 ₃	TempVert1 ₄	TempVert1 ₅	.....
TempVert2 ₁	TempVert2 ₂	TempVert2 ₃	TempVert2 ₄	TempVert2 ₅	.....
TempVert3 ₁	TempVert3 ₂	TempVert3 ₃	TempVert3 ₄	TempVert3 ₅	.....
TempVert4 ₁	TempVert4 ₂	TempVert4 ₃	TempVert4 ₄	TempVert4 ₅	.....
TempVert5 ₁	TempVert5 ₂	TempVert5 ₃	TempVert5 ₄	TempVert5 ₅	.....
TempVert6 ₁	TempVert6 ₂	TempVert6 ₃	TempVert6 ₄	TempVert6 ₅	.....
TempVert7 ₁	TempVert7 ₂	TempVert7 ₃	TempVert7 ₄	TempVert7 ₅	.....
TempVert8 ₁	TempVert8 ₂	TempVert8 ₃	TempVert8 ₄	TempVert8 ₅	.....
TempVert9 ₁	TempVert9 ₂	TempVert9 ₃	TempVert9 ₄	TempVert9 ₅	.....
TempProc1 ₁	TempProc1 ₂	TempProc1 ₃	TempProc1 ₄	TempProc1 ₅	.....
TempProc2 ₁	TempProc2 ₂	TempProc2 ₃	TempProc2 ₄	TempProc2 ₅	.....
Flujo1 ₁	Flujo1 ₂	Flujo1 ₃	Flujo1 ₄	Flujo1 ₅	.....
Flujo2 ₁	Flujo2 ₂	Flujo2 ₃	Flujo2 ₄	Flujo2 ₅	.....
Nivel ₁	Nivel ₂	Nivel ₃	Nivel ₄	Nivel ₅	.....

El buffer tiene la estructura mostrada en la Figura N°3.16, en el cual se almacenan todas las variables en punto flotante (4 byte cada una).

El tamaño de este buffer se puede calcular fácilmente considerando lo siguiente: 14 variables*1500 datos por variable*4 bytes por variable, con lo que se obtiene un tamaño de 84000 bytes. No es recomendable un mayor tamaño, puesto que aumenta el tiempo necesario para la actualización.

En el modo en línea la interfaz muestra una actualización de todos las variables tanta análogas como discretas, además proporciona la posibilidad de levantar el enlace y bajarlo cuando sea necesario, junto con indicar el estado de éste.

Para la operación de software refiérase al manual de usuario, apéndice A.

3.4.4 Protocolo Cliente-Servidor

Este protocolo tiene como objeto llevar a efecto el enlace entre el cliente y el servidor. Siguiendo el modelo OSI [5][8], las primeras capas (física, enlace, red y transporte) son soportadas por la red instalada en la Escuela de Ingeniería Eléctrica de nuestra Universidad. Para efectos del proyecto se dispone de una

interfaz del protocolo de transporte TCP, en la cual se tiene los siguientes servicios:

TCP_CONNECT_CLIENTE

TCP_DISCONNECT_CLIENTE

TCP_DISCONNECT_SERVIDOR

TCP_DATAREADY_CLIENTE

TCP_DATAREADY_SERVIDOR

En la arquitectura cliente servidor es el cliente quien inicia la conexión entre las dos máquinas, por esta razón sólo existe una directiva que tiene el cliente. Sin embargo, ambos, tanto cliente como servidor pueden dar por terminada la conexión, como se observa existen las directivas para los dos extremos. La directiva más interesante es la TCP_DATAREADY, es la que se relaciona con la transferencia de datos.

LabWindows funciona generando eventos, dentro de este contexto, cuando se genera el evento TCP_DATAREADY, indica que han llegado datos, pero estos datos son una cadena de caracteres. Hasta aquí llega la librería de LabWindows, es decir, entrega una cadena de caracteres generada en la máquina al otro lado de la red. Es tarea de la aplicación interpretar esta cadena de caracteres y darles el sentido adecuado.

Algunas cosas que cabe considerar, como el protocolo TCP/IP[3][5][8], que éste da soporte desde la capa física hasta la capa de transporte, podemos fiarnos en la veracidad de los datos, considerando que estas capas ya consideran la detección y corrección e errores.

La Figura N°3.7 muestra la trama diseñada para efectuar la comunicación entre las dos máquinas, en ella se observan los distintos campos que se utilizan para transferir los datos.

El campo función es un solo carácter que indica el significado de los datos que le siguen a continuación, los Datos son el campo que lleva la información

Figura 3.17 Trama protocolo cliente servidor.



que se desea comunicar, puede variar desde estar vacía hasta contener algunos kilobytes de datos. Por último el carácter fin es un byte entregado por el protocolo TCP el cual indica el fin de la trama, este es un NULL. Según este esquema es el carácter de función el que determina la trama. La tabla N°3.2 muestra los distintos tipos de funciones, quien la recibe y su significado.

Tabla 3.2 Funciones protocolo cliente servidor.

Función	S	C	Descripción
PASSWORD_OK		✓	El usuario y su password han sido validados.
PASSWORD	✓		Solicita la validación del usuario y la password.
PASSWORD_FALLADO		✓	Se niega el acceso usuario no validado.
SOLICITUD_DATO	✓		Solicitud de datos para actualizar la base de datos.
ENVIO_DATO		✓	Información de datos para actualizar el buffer.
SOLICITUD_ESTADO	✓		Solicita estado actual de la planta.
ENVIO_ESTADO		✓	Información de estado de la planta para actualizar.
CONEXION_REMOTA	✓		Solicita establecer conexión del servidor con el controlador.
FIJAR_ESTADO	✓		Envía información para cambio de parámetros.
OK_CONEXION		✓	Confirmación de enlace establecido.
SOLICITUD_RANGO	✓		No implementada.
ENVIO_RANGO		✓	No implementada.
ENLACE_RECHAZADO		✓	Se informa que la solicitud de enlace fue rechazada.
ENLACE_CANCELADO		✓	Se informa que el enlace fue cancelado.
MENSAJE_SERVIDOR		✓	Mensaje enviado por el servidor.

Como se dijo anteriormente cada función determina el significado y la información que contiene el campo de datos. En los siguientes párrafos se muestra esta información:

En este protocolo se distinguen 5 grupos de directivas: para control de identificación, para solicitud de datos, para solicitud de estado, para control de enlace servidor-controlador y funciones misceláneas.

3.4.4.1 Grupo de directivas para control de identificación.

Estas directivas son la que se utilizan en la inicialización de sesión. Tienen la misión de llevar la información de usuario y contraseña al servidor, corroborar que sean correctas y por último autorizar el inicio de la sesión.

El esquema de inicialización funciona en los siguiente pasos, primero la aplicación cliente envía un mensaje al servidor que contiene el nombre de usuario y la contraseña que se ingreso (PASSWORD), al recibir esta información consulta su base de datos con los usuarios autorizados, revisa la contraseña correspondiente y compara. Según el resultado de esta comparación se envía un mensaje de retorno el que puede autorizar el inicio de a sesión (PASSWORD_OK) o negar el inicio de ésta (PASSWORD_FALLADO). Se tiene tres oportunidades para iniciar una sesión, después de la cual la aplicación termina su ejecución.

La directiva PASSWORD_FALLADO, no tiene datos, por el contrario la directiva PASSWORD tiene el campo de datos el nombre de usuario y password para ser autenticados. La directiva PASSWORD_OK retorna con los parámetros que indican la cantidad de datos que se tienen disponibles, esto es la fecha y hora de la primera y última adquisición de datos. A continuación se muestran estos campos de datos, en la Figura N°3.18.

La información que retorna el servidor del intervalo de tiempo del cual se tienen datos se utiliza para manejar la visualización de los mismos en la aplicación cliente.

Figura 3.18 Campos de datos para directivas a)PASSWORD_OK y b)PASSWORD

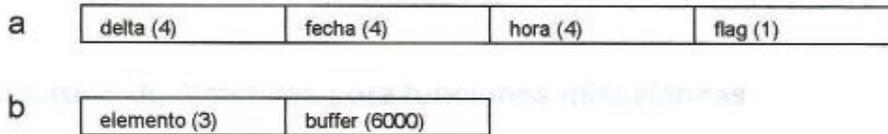


3.4.4.2 Grupo de directivas para controlar la transferencia de datos

Los datos son transferidos mediante estas directivas, cada mensaje contiene la información para actualizar el buffer de una variable. Para actualizar el buffer completo se deben enviar 14 mensajes, esta información está espaciada desde la fecha de solicitud en intervalos que están dados por el campo delta, conteniendo 1500 datos, el campo flag es una información que indica si el cliente debe actualizar los gráficos o no.

El cliente envía un mensaje de solicitud de datos (SOLICITUD_DATO), en el cual va la fecha y hora de inicio del buffer junto el intervalo que se solicita, el servidor responde con un mensaje para cada variable (ENVIO_DATO), con los datos e intervalos adecuados, además lleva la fecha y hora del inicio del buffer, para que el cliente ajuste las variables que identifican el estado del buffer. La Figura N°3.19 muestra estas tramas.

Figura 3.19 Campos de datos para directivas a)SOLICITUD_DATO y b)ENVIO_DATO



3.4.4.3 Grupo de directivas para controlar la transferencia de estados

Para poder obtener la información en líneas desde el servidor se utilizan estas directivas, solicitan la información que el servidor recolecta en el momento desde la Unidad Remota, la utilización de este grupo de directivas implica la conexión remota establecida, para poder actualizar los datos.

El funcionamiento es muy simple, el cliente envía un mensaje con la solicitud de los datos (SOLICITUD_ESTADO), y el servidor responde con otro mensaje (ENVIO_ESTADO) que en su campo de datos lleva los estados del proceso.

3.4.4.4 Grupo de directivas para el control del Enlace Remoto

Con este grupo de directivas el usuario, desde su software cliente puede controlar y revisar su estado. Es posible entonces solicitar el establecimiento del enlace, confirmar o rechazar el establecimiento del enlace, también existe una directiva que indica que el enlace ha sido cancelado desde el servidor.

Para establecer un enlace el cliente debe enviar una solicitud para establecer la conexión remota (CONEXIÓN_REMOTA), el servidor recibe este mensaje y si el enlace no está establecido, inicia la conexión remota. Si el enlace es establecido exitosamente envía un mensaje informando esta situación (OK_CONECCION). Si por alguna razón el servidor no puede iniciar el establecimiento del enlace envía un mensaje al cliente (ENLACE_RECHAZADO) indicando que no puede iniciar la conexión. Si por alguna razón, estando conectado, el enlace es cancelado el servidor envía una notificación al cliente (ENLACE_CANCELADO). Ninguna de estas directivas tiene campo de datos.

3.4.4.5 Grupo de directivas para funciones misceláneas

Estas funciones son muy simples, son utilizadas en cualquier momento para realizar variadas tareas como fijar un nuevo estado en el controlador o enviar al cliente un mensaje.

Para cambiar los parámetros, el cliente envía un mensaje con los nuevos datos al servidor (FIJAR_ESTADO), este se encarga de cambiar de protocolo para enviarlos a la Unidad Remota. La utilización de esta directiva implica necesariamente que el enlace esta establecido entre el servidor y la unidad remota, de otra manera la función queda sin efecto. El campo de datos lleva los datos de todos los parámetros.

La función para enviar mensaje (MENSAJE_SERVIDOR) es muy simple, en su campo de datos lleva el texto del mensaje que el servidor desea poner en la pantalla del cliente para que éste pueda verlo.

CAPITULO 4: EVALUACIONES

4.1. INTRODUCCION.

El sistema fue probado básicamente simulando condiciones de funcionamiento, con este fin se evaluaron, por parte, las distintas secciones del sistema. Luego. se evaluó el comportamiento del sistema completo.

Para realizar las evaluaciones se instaló en el laboratorio el controlador con un actuador y un sensor los cuales permitieron visualizar la efectividad de la conexión en línea del sistema. También se colocó una variable simulada con una fuente durante un mes para comprobar la adquisición de datos durante tiempo extendido. De esta forma, se probó el sistema en su conjunto, pensando en la estrategia de supervisión.

A las pruebas antes realizadas se les agregaron las que tienen relación con el enlace de comunicaciones. En este caso se utilizaron dos medios de comunicación, los equipos MOBIDEM de la red de transmisión de datos MOBITEX y los teléfonos celulares, utilizando la estrategia descrita en los capítulos anteriores.

Básicamente los resultados no se pueden evaluar en forma global, sino discreta, especificando si este sistema y el software son capaces de realizar .a tarea de supervisión, falta evaluar el sistema en condiciones reales.

4.2. UNIDAD REMOTA SIMULADA.

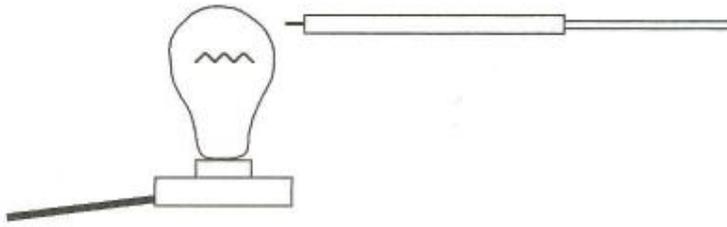
Como se dijo en la sección anterior para poder probar el sistema se simularon algunas variables, considerando que la Unidad Remota no se encontró instalada al momento de escribir esta memoria.

Las variables simuladas fueron un actuador y un sensor. La idea es poder manejar el actuador, en forma remota, y con esto lograr alguna variación en la variable medida por el sensor. Los elementos escogidos fueron una ampollita para el actuador y una termocupla para el sensor.

En la figura N°4.1 se muestra la disposición de estos elementos. Al actuar sobre la ampollita, se logra manejar el encendido y apagado de ésta. Al estar encendida aumenta la temperatura entorno a ella, este incremento de temperatura es detectado por la termocupla la cual retorna su lectura a la Unidad Maestra. Estas variables en la realidad corresponderán a las bombas y válvulas; y sensores de temperatura, de flujo y de nivel dispuestos tanto en la celda de basura como en la planta.

Para el diseño del circuito de adaptación de señal para la termocupla, éste se implementó utilizando un circuito integrado para compensa el efecto de la junta fría, este circuito ~integrado es el LT1025. Con este componente y utilizando un amplificador de alta impedancia de entrada con el OP07, colocando luego un amplificador de voltaje, se logra amplificar la señal en un rango de 0 a 10 V para un rango de 0 a 100°C que es el rango utilizable para este caso. Por otro lado se protegió el circuito envolviéndolo en papel metálico y conectando éste a tierra, de esta forma se evitó que el efecto inductivo del relay y el ruido inducido por el teléfono cuando se encuentra transmitiendo tuvieran un efecto significativo. Sin embargo, esta solución es parcial, la situación definitiva pasa por colocar el circuito en una placa impresa, mejorar el blindaje colocando este circuito en una caja metálica y realizando una mejor conexión de las tierras.

Figura 4.1 Actuador y sensor para pruebas.



La ampolleta se maneja a través de un contactor, el cual es actuado desde el controlador y maneja la alimentación de 220 VAC de la ampolleta. Con esto se tiene aislación de las tierras.

4.3. PRUEBA DEL SISTEMA DE SUPERVISION

Para evaluar el proyecto se realizaron básicamente 2 tipos de pruebas, la que tiene relación con el enlace en línea y la que tiene que ver con la adquisición de los buffer.

Con respecto a la adquisición de los buffer, ésta se realiza una vez iniciado el día, en ese momento se realiza una conexión y se rescatan todos los datos del día anterior, liberando el buffer para uso posterior. Los resultados de estas pruebas fueron satisfactorios, el sistema se tiene funcionando desde el 5 de noviembre y desde esta fecha, hasta el 10 de diciembre se tiene información de lo que ha sucedido con las variables, se realizó esta prueba en el laboratorio de Automatización. Durante algunos días se simuló una variable la cual fue registrada y es posible verla en la interfaz de usuario. Esta prueba se efectuó utilizando tanto los equipos MOBITEX, como el teléfono celular no teniendo problemas con ninguno de los dos sistemas.

El segundo tipo de pruebas, la conexión en línea con el proceso, se realizó colocando el controlador en distintos lugares, en laboratorio, en una casa en Viña del Mar como en el mismo vertedero. En todos los lugares donde se colocó el

controlador fue posible manejarlo, encender la ampollita antes descrita y observar el aumento de la temperatura. Sin embargo, cabe hacer mención que es muy probable que el enlace se desconecte, debido a que los módem no son los apropiados, considerando también que las líneas no son siempre de buena calidad, es decir depende de la conexión que realice la planta telefónica y además hay que considerar el hecho que las líneas celulares sean más susceptibles a ruido, considerando el enlace radioeléctrico que es necesario establecer.

Las pruebas a realizar en un futuro son la puesta en marcha del sistema en calidad de marcha blanca, con esto se logra probar el sistema en forma completa y con condiciones reales de funcionamiento.

Al evaluar los medios de transmisión se escogió los equipos celulares debido a que con ellos se puede conectar fácilmente la Unidad Remota con la Maestra. Sin embargo con los equipos MOBITEX, es necesario realizar algunas mejoras de antenas para lograr cobertura, la cual con los equipos en su configuración más sencilla no se logra. Por otro lado, estos equipos proporcionan una mejor calidad de transmisión de datos entre la Unidad Remota y la Unidad Maestra.

CONCLUSIONES

Al plantear el objetivo del proyecto se propuso desarrollar un sistema de supervisión que permitiera interactuar con el vertedero, a la vez de proporcionar la información necesaria para los estudios y análisis que allí se realizan.

Se desarrolló y simuló un sistema que permite conocer la información del momento del proceso, además de interactuar con el sistema en forma inmediata, con lo cual se logra tener una adecuada operación del vertedero piloto.

El sistema permite tener información histórica desde la fecha y hora que se inicia la adquisición, con la cual se puede realizar análisis y estudios que al usuario le interesen.

Por otro lado, se logró establecer un enlace de comunicación entre los dos lugares, el que permite la transmisión de datos. Sin embargo, este enlace está pensado para las condiciones de operación de este sistema, es decir para un enlace intermitente (se establece solo cuando se necesita) y de pocos minutos por conexión, en este sentido no se permite mantener una línea dedicada para la transmisión de datos. El enlace fue soportado por tecnología celular, sin ser la única posibilidad, con resultados satisfactorios. Sin embargo, existen problemas como situaciones de ruido que pueden ocasionar la interrupción del enlace, esta situación puede ser compensada con la utilización de módem adecuados, con protocolo celular, los cuales permiten conectar dos lugares a través de teléfonos celulares, en el proyecto por razones de disponibilidad se utilizaron módem estándar.

El estudio de las distintas alternativas arrojó una gran cantidad de información en cuanto a posibilidades de equipos y medios de comunicación la cual abre un espectro de oportunidades para el diseño de los sistemas de supervisión, debiéndose escoger la opción más adecuada según sea el caso, tomando en cuenta aspectos tanto técnicos como económicos, y así escoger la mejor

alternativa tecnológica que asegure un funcionamiento eficaz y eficiente, al menor costo.

El desarrollo de un sistema de este tipo exige el manejo de variadas áreas, es necesario tener conocimientos sobre comunicaciones, control, sistemas digitales, etc. Lo cual lleva a que estos sistemas deben ser desarrollados por un equipo de trabajo que contemple capacidades en todas las áreas mencionadas.

Como resultados anexos se obtienen los comportamientos del sistema utilizando una red de comunicación, con protocolo TCP/IP, pudiéndose realizar programas en esta plataforma, para ésta u otras aplicaciones.

El desarrollo de protocolos es un área en la cual se puede seguir trabajando, es posible realizar protocolos orientados a la transmisión de información de este tipo, con los cuales se facilite el desarrollo de los sistemas. Estos protocolos debieran incluir sistemas de retransmisión, y detección y corrección de errores, logren aumentar la eficiencia de los enlaces de comunicación.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Escuela de Ingeniería Bioquímica. 'Informe de Avance N^o 1, Aumento de la producción de biogas y de la vida útil de los rellenos sanitarios mediante estabilización acelerada. UCV, 1997.
- [2] Szklanny y Behrendes, Sistemas digitales de Control de Procesos 2~ edición, Argentina: Control, 1994.
- [3] Computers Science Facilities Group, Introduction to the Internet Protocols The State University of New Jersey, 1997.
- [4] J. LeVan, Calculating the XMODEM CRC, [http //wAwcubic.org/source /archive/hardware/modem/xmodemcrc.txt](http://wAwcubic.org/source/archive/hardware/modem/xmodemcrc.txt).
- [5] Tannenbaum Andrew 5. Redes de ordenadores Mexico: Prentice Hall Hispanoamérica S.A., 1998.
- [6] National Instruments Labwindows CVI Programer Reference Manual USA, Enero 1998.

- [7] National Instruments, Labwindows CVI User Manual, USA, Enero 1998.
- [8] Fred Hasll, Comunicación de datos, redes de computadores y sistemas abiertos. EE.UU.: Addison-Wesley Iberoamérica 1998.
- [9] A. K. Salkintzis, C Chamzas, Mobile packet Data Technology: An Insight into Mobitex Architecture, Democritus University of Tharce, Greece.
- [10] Z-world, User's Manual PK2200 Series, USA, Julio 1997.
- [11] Z-world, User's Manual XP8500 and Exp-AID12, USA, Junio 1998.
- [12] Z-world, Dynamic C 5.x Technical Reference, USA, Agosto 1998.
- [13] Z-world, Dynamic C 5.x Function Reference, USA, Agosto 1998.
- [14] Z-world, Dynamic C 5.x Application Frameworks. USA, Agosto 1998.
- [15] <http://www.gci-net.com/support/DB/BasicHayesModemCommands.html>.

APENDICES

APENDICE A: MANUAL DE OPERACION DEL SISTEMA DE SUPERVISION

1.0 INTRODUCCION

En este apéndice se describe la operación de los elementos del sistema de supervisión. Para esto se dividirá este manual en las siguientes partes: Operación del Cliente, Operación del Servidor, Operación del Controlador.

Cada elemento tiene sus propias características, lo cual hace que tengan diferencias, incluso se programan con distintas estrategias y programas de aplicación.

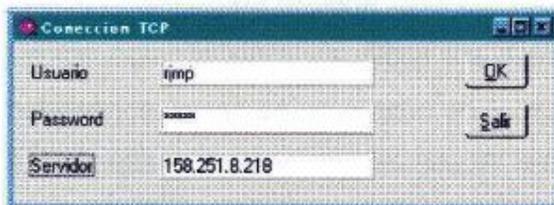
2.0 OPERACION DEL CLIENTE

Esta sección se refiere a la utilización del programa aplicación desarrollado para el operador, en el cual se puede manejar el proceso y observar su funcionamiento actual, como anterior.

Al ingresar a esta aplicación el usuario primeramente debe identificarse, con su nombre y contraseña (password), junto a esto debe indicar el nombre o número

IP del servidor (PC en el cual se encuentra la aplicación Servidor), para indicar con quién debe conectarse. Con toda esta información el programa inicia una conexión con el servidor, enviando la información de identificación y esperando una respuesta para poder continuar con la sesión. Se realizan tres intentos, considerando que puede haber algún error en esta parte. Si al cabo de los intentos no es posible ingresar al sistema, la aplicación finaliza su ejecución inmediatamente. La Fig. A-1 muestra la pantalla que se visualiza en este caso, se aprecia el espacio para el nombre de usuario, para la contraseña y para el servidor. El botón OK inicia la identificación con el servidor, en cambio el botón CERRAR cancela la ejecución del programa.

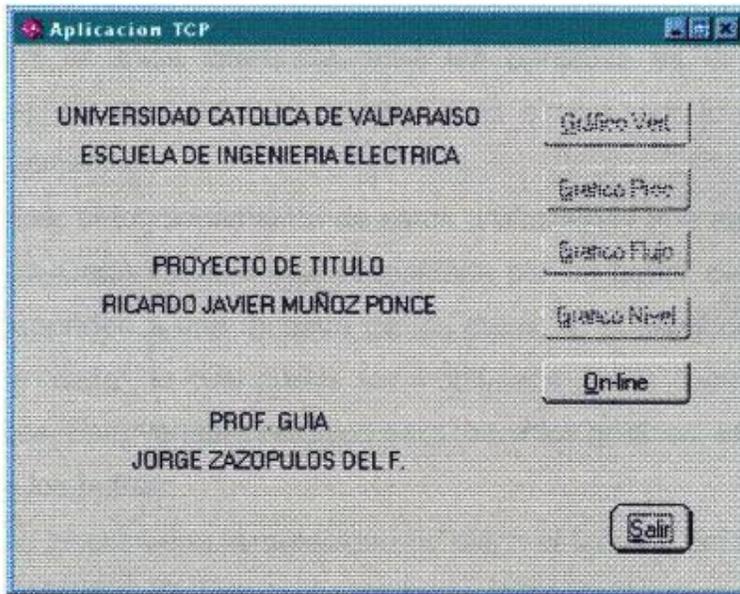
Figura A-1 Inicio Aplicación Cliente.



Existen dos posibilidades, al intentar identificarse, que sea autorizado el ingreso al sistema o que éste sea rechazado. En el último caso, puede ocurrir que se vuelva a la pantalla mostrada en la Fig. A-1 o que finalice la aplicación. Si se autoriza el ingreso a la aplicación, entonces aparecerá una nueva pantalla, la cual muestra la Fig. A-2. Esta es la pantalla principal! desde ella se puede acceder a los datos históricos del sistema o realizar una conexión con la planta la cual se realiza en el momento.

Al ingresar al sistema el cliente inicia una actualización de los buffer, la cual puede demorar algún tiempo, mientras los datos no hayan sido traspasados, no se permite visualizar los datos históricos, pero si es posible realizar una

Figura A-2 Pantalla Principal



conexión en línea (Se recomienda esperar que los datos estén en el cliente). Por esta razón es que los botones para visualizar los datos históricos (Gráfico...) se encuentran deshabilitados, estos se colocarán en forma normal cuando los datos estén completos. Por último esté el botón SALIR, el cual da la posibilidad de finalizar la conexión y la aplicación.

2.1 Operación de pantalla para datos históricos

Existen cuatro pantallas para la visualización de los datos históricos, las cuales agrupan los datos según su similitud. La primera pantalla muestra las nueve variables de temperatura que controlan el vertedero. La siguiente gráfica agrupa las variables de temperatura que indican el valor de este parámetro en cada uno de los dos reactores, así mismo la tercera pantalla muestra los flujos de alimentación que corresponden a cada reactor. Por último, la última representación grafica el nivel de la piscina de lixiviado.

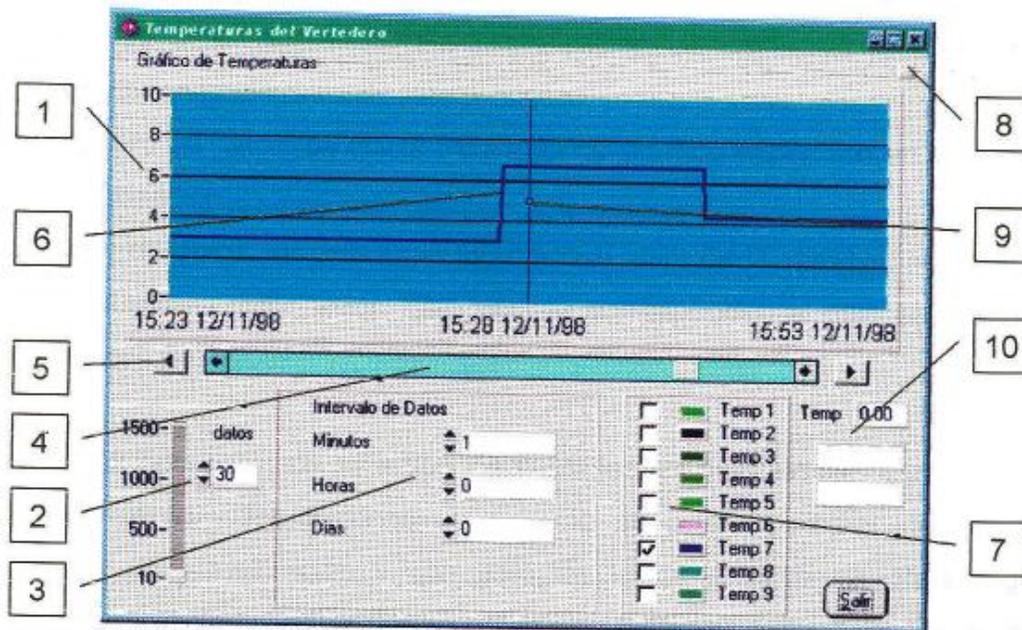
A estas pantallas se puede acceder mediante los botones que se encuentran en la parte superior derecha de la pantalla principal de operación, y están identificados con las siguientes etiquetas: Gráfico Vert.; Gráfico Proc.; Gráfico Flujo; Gráfico Nivel.

En general la única diferencia entre las pantallas es la cantidad de variables que representan, pero su operación es similar, por lo cual solo se explicará una solamente.

Para explicar el funcionamiento de estos gráficos hay que entender como están contruidos. Cada variable está respaldada por un buffer de 1500 datos, los cuales corresponden a una muestra de los datos en el servidor espaciados según la variable ‘delta’, la cual puede ser modificada desde cualquier pantalla de datos históricos. Esta variable es única para todos los gráficos. es decir afecta por igual a todos los buffer.

Además se proporciona la capacidad de elegir el tamaño del buffer que se desee ver en la pantalla, de esta forma se logra obtener un zoom de los datos. La Fig. A-3 muestra la pantalla de visualización de variables de temperatura.

Figura A-3 Pantalla de Datos Históricos



1 Eje de temperatura.

2 Indicador de datos pantalla, se utiliza para especificar la cantidad de datos que se verán del buffer.

3 Intervalo de datos, especifica el intervalo "delta" que tendrán los datos en el buffer, cada vez que se cambia se genera una actualización, debiéndose esperar algún tiempo.

4 Barra de deslizamiento, se utiliza para cambiar de posición la ventana de visualización, si se coloca la ventana fuera del buffer, se inicia una actualización de datos desde el servidor.

5 Botón de cambio, este botón se utiliza para producir un corrimiento de un día en la ventana de visualización.

6 Gráfico de la variable de temperatura, este se coloca en todo el espacio de la ventana de visualización.

7 Indicador de variable, este espacio se utiliza para indicar las variables que se desea visualizar, cada uno indica si se coloca la línea de cada variable en la ventana de visualización.

8 Indicador de actualización, mientras está encendido este indicador, señala que se está realizando una actualización de datos, es recomendable no realizar cambios durante este proceso.

9 Puntero de datos, se utiliza para apuntar un dato específico en la ventana de visualización.

10 Visor de datos, en este lugar se indica el valor de la variable, la fecha y hora en que tuvo dicho valor. Estos valores corresponden al dato señalado por el puntero de datos.

La operación de este tipo de pantallas es muy simple. Con la Barra de Deslizamiento y los Botones de Cambio se puede cambiar de posición la ventana de visualización y con esto los datos a observar. Para lograr un acercamiento de los datos dentro del mismo buffer se debe disminuir la cantidad de datos en pantalla con el indicador correspondiente.

Los indicadores de variables dan la posibilidad de ver algunas variables solamente, lo que posibilita un mejor estudio de esa variable en particular.

El intervalo de datos es una variable interesante, permite indicar a las actualizaciones cada cuanto se desea que los datos se almacenen en el buffer. Esto permite que el buffer abarque una mayor cantidad de tiempo, con lo cual se tiene mayor rapidez en la búsqueda de algún fenómeno en particular, considerando que cada actualización pudiera tomar un tiempo considerable en algunos casos.

Por último, el puntero de datos permite indicar alguna situación en particular, la cual puede ser obtenida en forma precisa en el visor de datos, en él se obtendrá el valor de esta variable, y la fecha y hora del lugar marcado.

Para manejar estas pantallas hay que recordar algunas cosas, las actualizaciones pueden tomar algún tiempo, por lo cual se recomienda hacer una búsqueda de las situaciones de interés en forma jerarquizada, de mayor a menor. También es recomendable no realizar más de una operación de actualización a la vez, ya que pudiera producir mayor lentitud en el sistema.

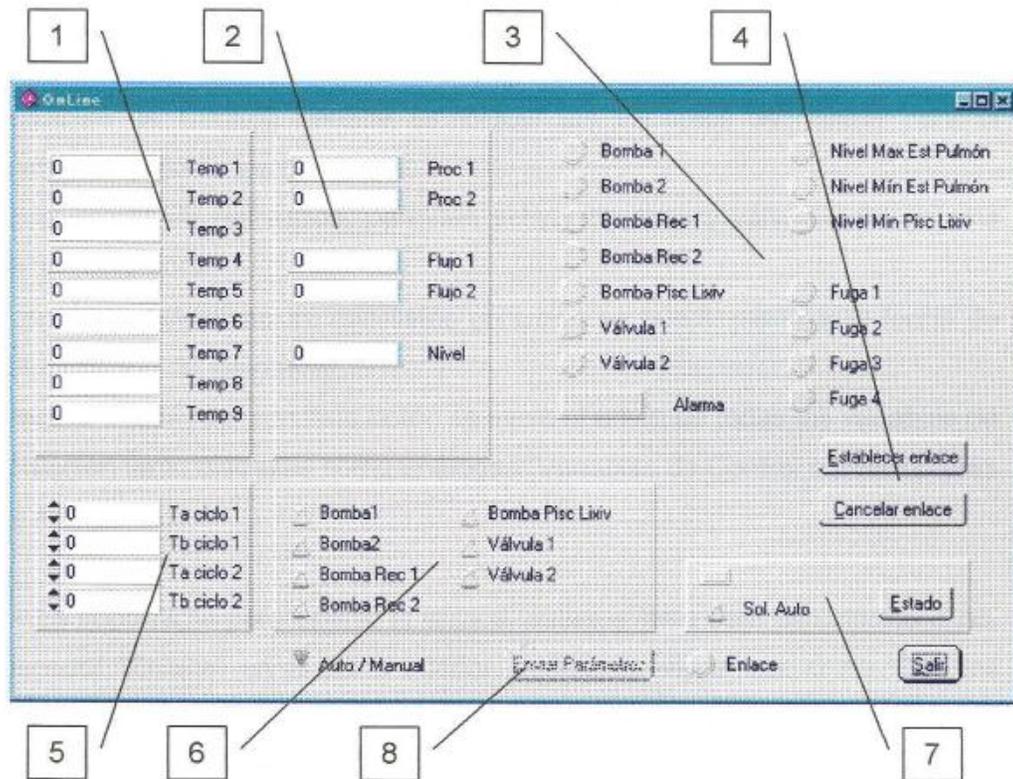
En la práctica la única diferencia entre las cuatro pantallas se aprecia en la cantidad de variables que se pueden visualizar, es decir en el Indicador de Variables la cantidad de ellas varía

2.2 Operación de pantalla para datos en línea

Este panel de operación permite realizar una conexión directa con el proceso, permitiendo observar los valores físicos de las variables supervisadas por el sistema.

Este panel tiene directa relación con la realización de la conexión telefónica. En este sentido el panel solo aparecerá si no existe otro cliente conectado al sistema, es decir el servidor no permitirá dos conexiones al proceso. Esta pantalla se presenta en la Fig. A-4.

Figura A-4 Pantalla para conexión en línea



Cuando se desee realizar la visualización de los datos en el momento se debe solicitar mediante el botón identificado como “On-line”. En este momento la aplicación cliente realiza la solicitud al servidor para realizar la conexión, éste verifica si puede realizarla, si es así el servidor la realiza y una vez efectuada envía un mensaje al cliente para que presente la pantalla de conexión.

1 Variables Análogas, se visualizan las variables de temperatura correspondientes a las termocuplas instaladas en el vertedero.

2 Variables Análogas, muestra las variables de temperatura, flujo y nivel del vertedero.

3 Indicador de Estados, muestra todas las variables discretas instaladas, la luz encendida indica activada las variables.

4 Controles para establecer y cancelar el enlace telefónico. El indicador identificado como “Enlace”, en el sector inferior derecho, señala si éste se encuentra establecido o no.

5 Variables de Control, permite establecer las variables de control para el control del flujo de las bombas.

6 Interruptores de Activación, permiten activar bombas y válvulas del sistema en forma remota.

7 Control de Actualización, con estos controles se puede manejar la forma de actualización de los datos.

8 Enviar Parámetros, con este botón se inicia el envío de todas las variables de actuación tanto discretas como análogas (Variables de Control e Interruptores de Activación).

Es importante para operar el enlace, saber si éste está establecido o no, el Indicador Enlace en la parte inferior, señala si hay enlace o no. Con los botones para establecer o cancelar este se puede manejar. Además sólo un cliente puede manejar el enlace a la vez. Si se sale de esta pantalla, se inicia automáticamente la cancelación del enlace.

Para observar los datos se debe realizar una actualización de ellos, al establecer el enlace se realiza inmediatamente, sin embargo las actualizaciones posteriores se deben realizar manualmente con el botón “Estado” o dejar que se realice automáticamente activando el interruptor “Sol. Auto”; el indicador sobre este interruptor indica si está llevando a cabo una actualización. Una vez terminada la solicitud de datos, todos los indicadores de variables se actualizarán con sus nuevos valores.

Esta pantalla permite también actualizar variables de control, junto con activar válvulas y bombas, esto se logra mediante el botón “Enviar Parámetro”. Lo

primero que se debe realizar es configurar una imagen deseada de las variables que se desean actualizar en el controlador, luego se envían los parámetros para que el controlador actualice estas variables. Para confirmar que el cambio de parámetros se realizó, es recomendable realizar una actualización de datos y así, verificar la correcta realización de esta operación.

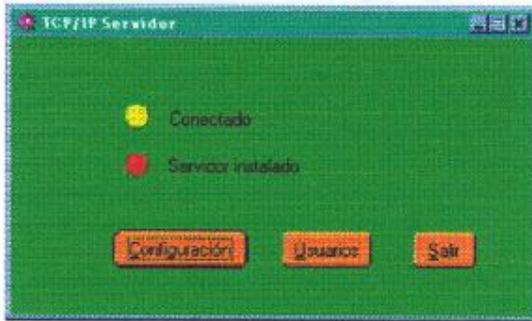
Por último, algunas recomendaciones importantes, el sistema después de algún rato sin uso automáticamente realiza una cancelación del enlace (aproximadamente 1 minuto), para evitar que por descuido quede el enlace establecido. Sin embargo, si se deja en actualización automática este procedimiento no se realizará, por lo cual es recomendable prestar atención a esta situación. Por otro lado, debido a cambios en las condiciones del enlace es posible que éste sea cancelado por razones imprevistas, para lo cual se debe restablecer en forma manual.

3.0 OPERACION DEL SERVIDOR

La operación del servidor está destinada a ser de forma automática, por lo cual no requiere mucha intervención. Tiene las tareas de servir de almacenamiento para los datos históricos del sistema, realizar la actualización de los datos y proporcionar el enlace con el proceso a los clientes. Todas estas tareas se realizan sin la presencia de ninguna persona. Sin embargo hay funciones de configuración de manejo de cuentas que las debe realizar el servidor, con la ayuda de una persona.

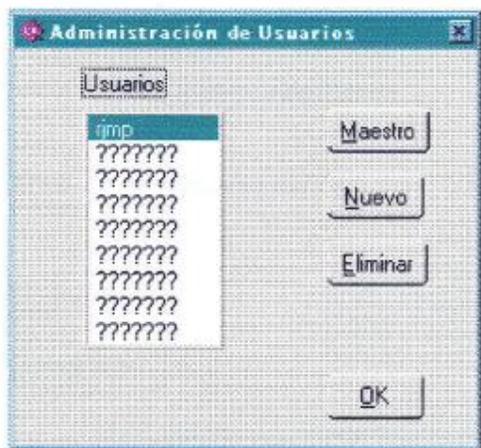
Al activar el servidor este presenta una pantalla, que tiene dos indicadores los cuales señalan si el servidor se instaló correctamente y el otro que indica si existe algún cliente conectado. Además posee tres botones, uno para salir, otro para acceder a la configuración de cuentas y un último para configurar el sistema. La Fig. A-5 muestra esta pantalla.

Figura A-5 Pantalla principal Servidor.



La configuración de las cuentas sólo puede ser hecha por un usuario autorizado, para lo cual existe una contraseña maestra. Entonces al intentar ingresar se solicita el ingreso de dicha contraseña. Una vez adentro, el servidor muestra una pantalla en la cual presenta una lista de los usuarios autorizados, junto con tres botones de opciones: Cambiar contraseña maestra (“Maestro”), agregar un nuevo usuario (“Nuevo”); y por último, eliminar un usuario (“Eliminar”). Para cambiar la contraseña maestra se debe apretar el botón correspondiente, entonces se le pedirá que ingrese la actual contraseña, para luego ingresar dos veces la nueva contraseña. Si todo es hecho correctamente, esta palabra clave será cambiada. El agregar un nuevo usuario requiere primero verificar que no haya sido llenado el cupo de 10 que está permitido; si no es así, se solicitará ingresar el nuevo nombre, para luego solicitar dos veces la contraseña para este usuario, si no hay ningún problema el nuevo usuario aparecerá en la lista. Por último, para eliminar un usuario, primero se debe seleccionar la cuenta que caduca, en ese momento se debe presionar el botón Eliminar, entonces el servidor preguntará si se desea eliminar la cuenta, para lo cual se debe responder de forma adecuada. Si no se ha hecho algo mal, el nombre del usuario desaparecerá de la lista. La Fig. A-6 muestra la pantalla para el manejo de usuarios.

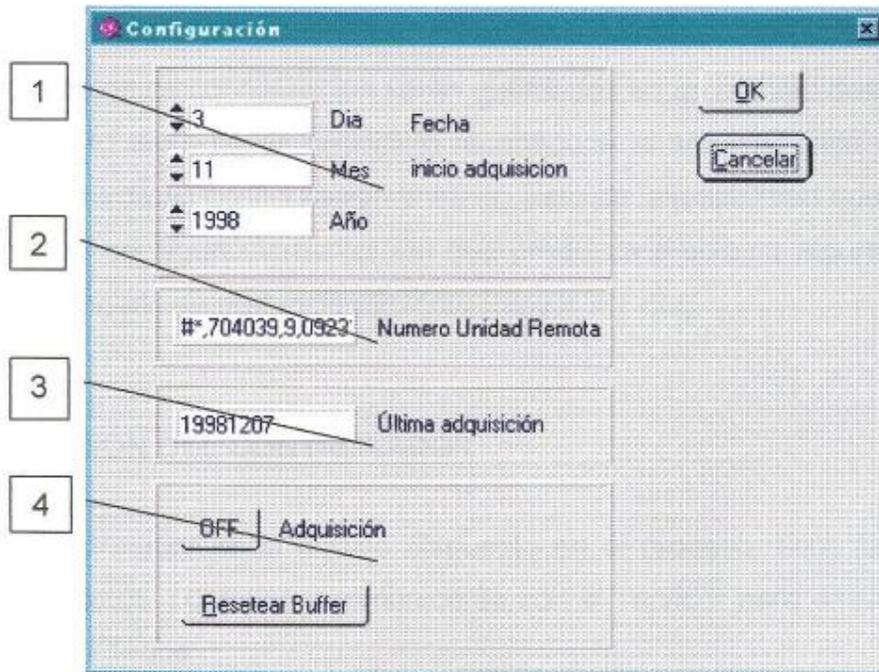
Figura A-6 Pantalla de control de cuentas.



La última capacidad de configuración, se puede ingresar mediante el botón de correspondiente, el cual pedirá la contraseña maestra. Una vez autorizado el ingreso a la pantalla de configuración se pueden realizar varias tareas, como también ver algunas informaciones importantes del sistema. La Fig A-7 muestra la pantalla de configuración con la indicación de sus áreas.

1. Fecha Inicio Adquisición, esta área indica la fecha de inicio de la adquisición de datos. Puede ser cambiada, por ejemplo para limitar el tiempo de datos históricos.
2. Número Unidad Remota, en este lugar se escribe todo el número telefónico, con los códigos de área de la Unidad Remota.
3. Ultima Adquisición, este indicador muestra la fecha de la última adquisición de datos del sistema.
4. Control de buffer, permite reiniciar los buffer del controlador y habilitar la adquisición de datos.

Figura A-7 Pantalla de Configuración.



La configuración del sistema consiste básicamente en indicar el número para comunicar el controlador con el servidor y colocar la fecha de inicio de la adquisición. Cualquier cambio en el sistema será registrado una vez que salga de esta pantalla presionando el botón “OK” si se sale con el botón “Cancelar” los cambio no serán registrados.

Es simple cambiar la fecha de inicio de adquisición, sólo se necesita cambiar la fecha que indica esta información. Todo dato antes de esta fecha no podrá ser visto por ningún cliente.

El número telefónico puede ser más largo que el espacio visible, sólo se necesita escribirlo, este se irá corriendo mientras necesite espacio. Se pueden usar todos los comandos Al establecidos por esta norma, por ejemplo “,” para producir intervalos de tiempo, necesarios para esperar tonos de marcado.

El botón “Resetear Buffer” hace que los buffer supongan que no tienen datos almacenados. Cuando se presiona este botón el servidor inicia una conexión para

enviar un mensaje al controlador del proceso. Una vez enviado este mensaje la conexión telefónica es cortada. Esta operación no dura más de un minuto.

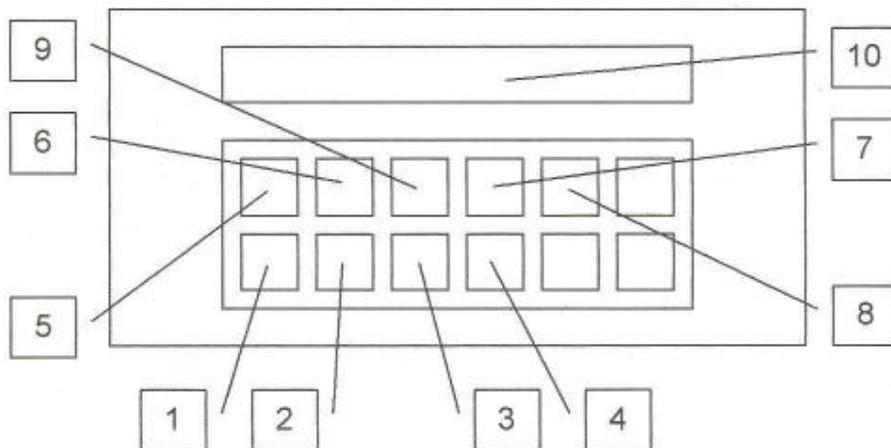
Los datos de configuración serán guardados en un archivo destinado para este fin, por lo tanto no es necesario reconfigurar el servidor cada vez que se inicia, él recuerda su configuración anterior. Esto da la posibilidad que el servidor sea apagado en algún momento, sin que produzca problema alguno, a menos que sea prologado su no-funcionamiento (mayor a 1 día).

4.0 OPERACION DEL CONTROLADOR

El controlador es el equipo dispuesto en el proceso, tiene la misión de adquirir los datos, controlar y comunicarse con el servidor para enviar los datos que sean solicitados.

El controlador tiene la posibilidad de ser operado en el mismo, mediante una pantalla y un teclado. Desde el controlador se pueden consultar todas las variables, además de cambiar los estados y variables de control. La Fig. A-8 muestra la vista frontal del controlador donde se aprecia su pantalla, y su teclado; se puede apreciar que estos son muy simples, porque es un equipo orientado a la aplicación.

Figura A-8 Vista Frontal del Controlador



1 “F1” tecla de función 1, realiza un barrido por todas las temperaturas del vertedero (9 variables).

2 “F2” tecla de función 2, inicia un barrido por las variables de proceso, temperatura de los reactores, flujos de alimentación y nivel de la piscina de lixiviado.

3 “F3” tecla de función 3, realiza un barrido por los estados del proceso, muestra en forma secuencial las variables discretas del sistema.

4 “F4” tecla de función 4, sin uso.

5 “MENU”, permite cambiar entre los diferentes menús, estos permiten actuar sobre los elementos físicos, tales como bombas, válvulas y modificar las variables de control.

6 “ITEM”, permite cambiar entre las pantallas de cada menú, cada una se relaciona con una variable.

7 “UP” se utiliza para colocar una variable discreta en “ON” o para aumentar un dígito de una variable análoga.

8 “DOWN”, permite fijar una variable discreta en “OFF” o para disminuir un dígito de una variable análoga.

9 “FIELD”, esta tecla se utiliza para cambiar el cursor de dígito cuando se edita una variable análoga.

10 Pantalla, este es un dispositivo de caracteres, el cual permite visualizar 2 líneas de 20 caracteres cada una.

El controlador permite visualizar las variables del sistema en forma de barrido, es decir al presionar una tecla, éste comienza a mostrar las variables una a una secuencialmente. Para esto existen 3 grupos, los cuales se activan con las teclas F1, F2 y F3. Este sistema disminuye el uso de recursos del controlador.

El controlador también permite actuar sobre el proceso, esto se realiza con la tecla “MENU”, con ella se pueden acceder cuatro menús distintos. Se presiona repetidamente hasta encontrar el menú deseado. Estos permiten actuar sobre la fecha y hora; sobre las variables discretas; sobre las variables de control de flujo del primer reactor y sobre las variables de control de flujo del segundo reactor, siendo cada grupo un menú.

La edición se debe realizar según el tipo de variable que se trate, para variables discretas (permite activar bombas y válvulas), se debe situar en el menú “ACTUACION” (con la tecla “MENU”). Luego, con la tecla “ITEM”, seleccionar la variable deseada, por último utilizar “UP” y “DOWN” para colocar el nuevo valor. Para que la variable sea realmente actualizada, se debe presionar la tecla “ITEM”. En el caso de las variables análogas, éstas se ubican en dos menús, seleccionando el correspondiente con la tecla “MENU” y con “ITEM” la variable deseada, se utiliza la tecla “FIELD” para escoger el dígito a cambiar y con “UP” y “DOWN” se modifica, así sucesivamente con todos los dígitos del número representativo de la variable. Para el caso del menú de fecha y hora, el sistema es muy similar al caso anterior.

El equipo, luego de un rato de no-operación retorna a un estado de espera, en el cual realiza todas sus tareas, descritas en el capítulo 3. La pantalla queda mostrando la fecha y hora, y un mensaje en la línea inferior que ayuda a la utilización del equipo.

APENDICE B: ANALISIS ECONOMICO

1.0 INTRODUCCION

En este apéndice se exponen las consideraciones económicas del proyecto. Se expondrán las cotizaciones de equipos, para luego calcular el costo de realización del proyecto.

Todos los valores considerados, tienen una característica temporal, es decir, pasado algún tiempo dejan de ser válidos los cálculos expuestos aquí. Sin embargo, todo este desarrollo sirve de referencia para nuevos proyectos.

2.0 COTIZACIONES

En esta sección se muestran algunas cotizaciones de equipos. Principalmente se muestra el costo para los sistemas de control y comunicación, los cuales son, con respecto a hardware, los principales equipos.

2.1 Cotización de equipos de control

En este tipo de equipos se cotizaron PLC y controladores, los cuales estén destinados a ser base de la Unidad Remota. Deben tener capacidad de comunicación, adquisición y almacenamiento. Uno de los datos importantes es la cantidad de variables que necesitan manejar junto con la capacidad de memoria.

Se cotizaron 4 marcas de equipos, que tienen representación en Chile y las cuales respondieron a las solicitudes de precios. Estas marcas se muestran en la tabla B-1. Cabe hacer notar que estas no son las únicas marcas de PLC que existen en el mercado, otras marcas son Telemecanique, FAPUC GE, Koyo, ABB, etc.

Tabla B-1 Marcas y representantes

Marca PLC	Representante
ALLEN BRADLEY	ABMATIC
SIEMENS	SIEMENS CHILE
MITSUBISHI	RHONA
Z-WORLD	CONECTA

ALLEN BRADLEY:

Esta es una de las marcas más importantes de PLC en el mundo, la cual se encuentra en nuestro país a través de su representante ABMATIC automatización y control, cuya dirección es la siguiente:

Av. Miguel Claro 1399

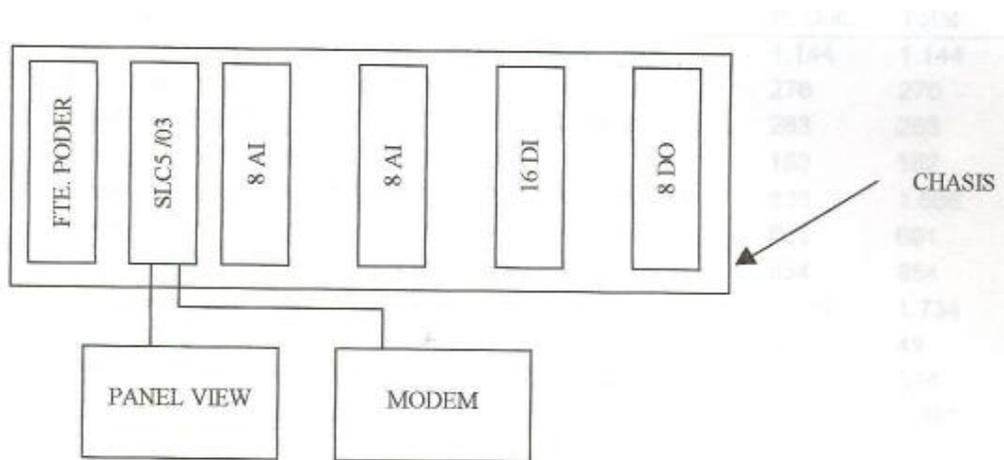
Fono: 2044665

Fax 2048364

Providencia-Santiago.

La propuesta entregada por esta empresa se comenzará a analizar a continuación. Esquemáticamente se observa la Fig B-1:

Figura B-1 Configuración ALLEN BRADLEY



Este PLC es del tipo mediano, el cual no tiene sus entradas incorporadas en un solo equipo, sino que se adicionan mediante módulos. Esta solución está basada en el PLC SLC5 de la empresa ya mencionada, el cual incorpora dos puertos de comunicación que permiten conectar elementos como un panel de operador (PANEL VIEW) y un módem, como se aprecia en el esquema anterior. De esta forma se logra solucionar los dos requerimientos básicos del proyecto, que son la operación local y la comunicación remota. Entre las características ventajosas está su capacidad de expansión, que mediante módulos y la adición de rack permite una gran capacidad. Cabe hacer notar que este es uno de los PLC más pequeños de ALLEN BRADLEY.

Entre las características importantes de la CPU, la cual determina la capacidad del PLC, podemos decir que permite un máximo de 960 E/S y 16 K instrucciones, lo cual satisface sobradamente las necesidades para este proyecto, además la gama de módulos de entrada y salida, dan la flexibilidad suficiente para supervisar y actuar sobre la lista anteriormente mostrada.

Un último aspecto sobre esta solución, pero quizás tan importante como lo expuesto hasta ahora, se refiere al tema económico, para lo cual se muestra a continuación la cotización de este producto:

Tabla B-2 Cotización Allen Bradley

Item	Cant.	Descripción	P. Unit.	Total
1	1	1747 - L532 SLC5/03, 16K instruc. , 960 E/S	1.144	1.144
2	1	1746 - A7 CHASIS 7 RANURAS	276	276
3	1	1746 - IM16 MOD. 16 E, REF. COMUN, 220 VCA	263	263
4	1	1746 - OW8 MOD 8S. R. 5 - 265 VCA, 5 - 125 VCC	182	182
5	2	1746 - NI8 MOD 8 ENTRADAS ANALOGAS +- 20 mA.	833	1.666
6	1	1746 - P4 FTE. ALIMENT. 110/220 VCA, 50/60 HZ	601	601
7	1	1746 - NO4I 4 SALIDAS ANALOGAS CORRIENTE	854	854
8	1	2711 - K5A2 P. VIEW 550, TERM. OP. , COM. DH-485	1.734	1.734
9	1	1747 - C10 CABLE DE ENLACE DH-485	49	49
10	1	2711 - ND3 SW DE CONFIG. PANELVIEW 900/550	574	574
11	1	9324 - RL0300END SOFTWARE PROGRAM. SLC.-500	1.397	1.397
Total Neto			US\$ 8740 + IVA	

Como se observa la gran desventaja de esta solución radica en este último punto, donde el precio es extraordinariamente alto, sin embargo las siguientes soluciones son más baratas.

SIEMENS:

Los productos Siemens se encuentran representados en Chile por Siemens Chile, la cual se encuentra ubicada en:

Holanda 64

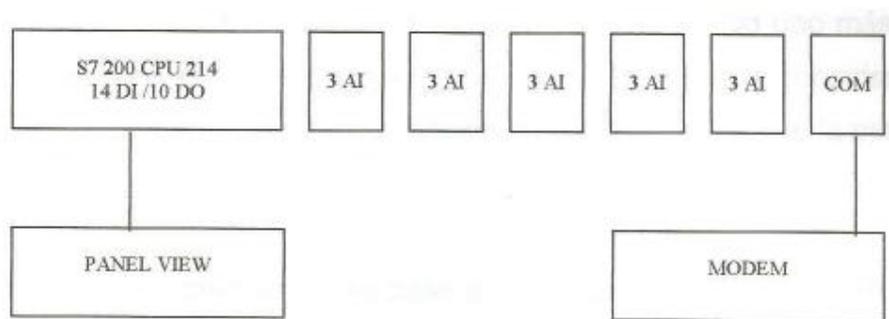
Fono: 2310000-3614242

Fax: 2326688

Santiago

Estos productos son bien conocidos en la Universidad, debido a que en la Escuela se posee 5 equipos de esta marca. Por esta razón se siguió la misma línea de productos para cotizar este proyecto, es decir los S7-200. Cabe hacer mención que estos PLC se acercan a la característica de microplc, los cuales se identifican por tener parte de sus entradas y salidas (principalmente digitales) junto con la CPU en un mismo equipo. Entonces, al analizar las alternativas de esta marca se cotizó la siguiente configuración que se muestra a continuación esquemáticamente, en la Fig. B-2. En ella se representan los módulos de expansión, la unidad principal y el panel de operación.

Figura B-2 Configuración Siemens



Las razones que determinaron esta configuración radican en la capacidad de expansión del S7-200 CPU 214, el cual permite 7 módulos de expansión, además que la CPU (unidad principal del PLC) posee 14 DI y 10 DO, con lo que satisface los requerimientos de entrada y salida digitales. Dentro de las desventajas, se puede mencionar su baja capacidad de memoria de programa, 4 K byte, lo que pudiera eventualmente dificultar la programación, por otro lado también tiene memoria limitada para la operación (RAM), 1 K byte. Como principal ventaja se destaca el conocimiento de los PLC Siemens que se posee

Con esta configuración se procedió a cotizar los equipos con lo cual se obtienen los siguientes resultados:

Tabla B-3 Cotización Siemens

Item	Cant.	Descripción	P. Unit.	P. total
1	1	S7-200 CPU 214, 4KB, 120~230Vac 14DI/10DO	256347	256347
2	1	MODULO PROCESADOR DE COMUNICACIONES	213617	213617
3	5	MODULO ANALOGO 3 CANALES, VARIOS RANGOS	137333	686665
4	1	CABLE CONVERSOR RS232C/RS485 5M	64064	64064
5	1	MANUAL CP 242-2 (MOD. COM.)	30514	30514
6	1	PANEL OP17 4x20, 8x40 CARACTERES	780377	780377

TOTAL NETO \$ 2031584 + IVA

Esta alternativa considera la existencia en la Escuela del software de programación, además gran parte del costo de esta solución está en el panel de operación el cual pudiera disminuirse en precio, escogiendo uno más barato. Si bien esta alternativa continúa teniendo un precio alto, ya es considerablemente más barata que la anterior, siendo aproximadamente menos que la mitad.

MITSUBISHI:

Esta tercera alternativa, se basa en los productos MITSUBISHI, los cuales se encuentran representados en Chile por RHONA, la que se encuentra ubicada en:

Agua Santa 4211

Casilla 30-D

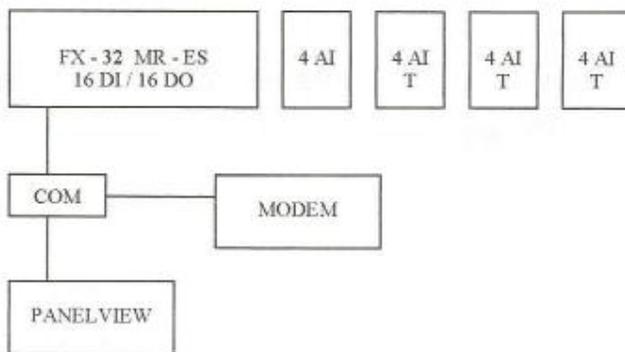
Fono: 610896

Fax: 611294

Viña del Mar

Esta solución, como la anterior, también se fundamenta en PLC de las características de microplc. Para este caso podemos observar la línea de productos FX. Esta familia de productos se caracteriza por tener una amplia disponibilidad de entradas y salidas digitales en un mismo aparato. Este equipo se caracteriza por tener módulos adaptados para termocuplas, lo cual lo hace bastante atractivo, por el hecho que reduce el trabajo externo. Sin embargo, pose una baja capacidad de memoria 2K byte de RAM. Por último, un aspecto importante es que el representante se encuentra en la zona. Considerando lo anterior se cotizó el siguiente esquema, Fig. B-3:

Figura B-3 Configuración Mitsubishi



Como se aprecia, esta solución requiere un módulo especial para las comunicaciones, el cual maneja la comunicación entre el módem y el panel de operación. Sin embargo por las características del proyecto, es necesario adicionar un módulo de entradas análogas no especializado en temperatura, el cual incorpora entradas que no son utilizadas, lo cual aumenta el costo.

Observando lo anterior la cotización es la siguiente:

Tabla B-4 Cotización Mitsubishi

Item	Cant.	Descripción	P. Unit.	P. Total
1	1	PLC FX-32 MR - ES 16 DI / 16 DO	307616	307616
2	1	BLOCK ANALOGO FX-4AD 4 ENT.	285755	285755
3	3	BLOCK ANALOGO TERMOCUPLA 4ENT.	274824	824472
4	1	MODULO INTERFACE FX-2PIF	233444	233444
5	1	PANEL VIEW FX-30DU	361487	361487
6	3	CABLE COMUNICACIÓN	5364	16092

TOTAL NETO \$ 2028866 + IVA

En este caso el costo más alto está en las variables análogas abarcando aproximadamente el 55% del valor total, sin embargo no se pueden excluir, ya que son una parte fundamental de la solución. Por otro lado esta cotización contempla un descuento por ser Universidad, además no considera los programas de configuración, los cuales serían facilitados.

Z-WORLD:

Esta es quizás la cotización más atractiva que se pudo encontrar, estos productos se encuentran representados en Chile por CONECTA, la que se encuentra ubicada en:

General Salvo 331 Piso 2

Fono: 2641990

Fax: 2641991

<http://www.conecta-ltda.com>

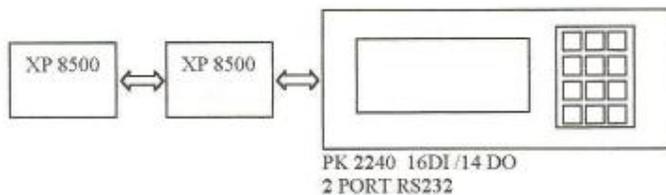
Providencia-Santiago

Estos productos se caracterizan por ser sencillos y de una fabricación con elementos estándar, con lo cual se reduce el costo. Si bien no se definen directamente como PLC, sino que como controladores, cumplen básicamente las mismas funciones. Se diferencian en su aspecto externo, no todos poseen una caja protectora, y en su software de programación, el lenguaje utilizado para desarrollar las aplicaciones es C.

La característica principal es que son tarjetas basadas en un microcontrolador (z180 de Zilog principalmente), pero no se programan como un PLC, las expansiones de entradas también son tarjetas. Algunas de ellas vienen con una carcasa para protegerlas, incluso algunos traen un visor de operador incorporado. A pesar de todo lo dicho anteriormente poseen una gran capacidad, lo que no desmerece su rendimiento.

Con un catálogo en mano, se observó varias soluciones y una vez comparada con los precios, se llegó a que la mejor configuración es la mostrada en la Fig. 8-4:

Figura B-4 Configuración 7-World



Como ya se dijo anteriormente no se definen (por la empresa) estos equipos como PLC, pero sí se pueden denominar controladores. Este equipo PK2240 tiene la característica de incorporar un panel de operador con una pantalla gráfica de 128 x 64 pixeles junto con un teclado de 3x4, además de proporcionar 16 entradas discretas y 14 salidas discretas. Los módulos de expansión dan soporte a las entradas análogas, teniendo capacidad para 11 canales por tarjeta de expansión. Por último este equipo da soporte a dos puertos de comunicación RS

232, siendo uno configurable como RS232 o RS485. Como se aprecia, esta configuración da soporte al proyecto con solo 3 elementos. La gran desventaja radica en que las entradas análogas no se encuentran adaptadas, lo que hace necesario un trabajo externo, por otro lado el sistema de programación no es tan intuitivo como en un PLC descrito anteriormente. Sin embargo, estas desventajas no son tan relevantes.

Desde esta perspectiva se realizó la siguiente cotización:

Tabla B-5 Cotización Z-World

Item	Cant.	Descripción	P. Unit.	P. Total
1	1	PK 2240 16DI / 14DO	623	623
2	2	XP 8500 11 Entradas Análogas	128	256
3	1	KIT DE PROGRAMACION PK	174	174
4	1	SOFTWARE DE PROGRAMACION	535	535
TOTAL NETO			US\$ 1588 + IVA	

Como se aprecia esta alternativa ofrece un bajo costo además de todas las bondades descritas en los párrafos anteriores. Sin embargo, esta solución incluye los programas de aplicación de estos dispositivos, lo cual es una parte considerable del costo (aproximadamente un 34%), aún así es la propuesta más barata de todas las analizadas.

2.2 Cotización de equipos telefónicos

En el mercado no existen muchos equipos telefónicos que puedan soportar las características impuestas por este sistema, debido a que se tiene que conectar con un módem estándar, para transmitir datos y no voz. Sin embargo, existen equipos Motorola que permiten hacer esta conexión. La tabla B-6 muestra el costo de los

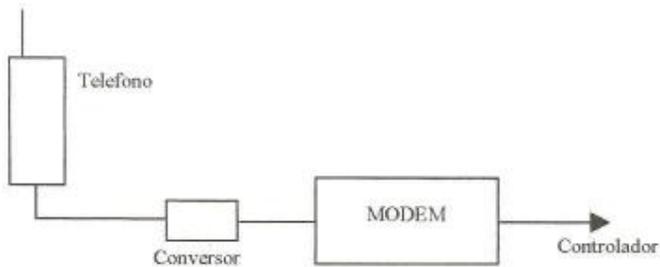
equipos telefónicos. A estos costos hay que agregar el servicio celular. El costo del servicio celular depende de la empresa y del plan que se escoja, sin embargo se estima en alrededor de \$20000 mensuales el costo del servicio.

Tabla B-6 Cotización equipos telefónicos

Item	Costo
Teléfono celular	180000
Interfaz celular	50000
Módem remoto	65137
Módem	65137
	405674

La configuración cotizada se muestra en Fig. B-5, en ella se aprecia el teléfono con el conversador, junto con el módem. Existen equipos con el conversador incorporado y otras modelos que no lo incorporan, el sistema cotizado considera un teléfono que no tiene este conversador incorporado, por esta razón es una compra aparte.

Figura B-5 Configuración equipos telefónicos.



3.0 PROYECTO ECONOMICO

Al considerar todos los aspectos económicos del proyecto se tiene la tabla B-7, donde se resumen todos los valores.

Item	Costo
Controlador PK2240 2 módulos análogos	890074
Equipos de comunicaciones	405674
Gabinete	55000
Instrumentación	300000
Computador	650000
Ingeniería	500000
Instalación	80000
Gastos de operación	40000
Materiales varios	30000
	2950748

A este costo de instalación se debe agregar el costo mensual por el uso del servicio telefónico, el cual asciende, como se dijo anteriormente a \$20000.