

RESUMEN

El presente trabajo está estructurado en 4 capítulos que corresponde al estudio de factibilidad y las bases de diseño del sistema de telemetría y telecontrol para la red de agua potable de la ciudad de Loja, aquí se aborda primero una fase introductoria de los principios teóricos para luego realizar el diagnostico del estado actual de la red para conformar las bases del diseño de la solución. Se desarrolla las fases de diseño de acuerdo a la secuencia de los niveles inferior a superior en forma de la pirámide del modelo de referencia de automatización de sistemas CIM, en cada nivel se deja constancia de la tecnología de especificaciones de comunicación, instrumentación y automatización necesarias esto acompañado de las especificaciones técnicas de los equipos en cada caso. En el ultimo capitulo se realiza el análisis económico en cuanto a las ventajas cuantitativas que traería la implantación del presente proyecto.

INDICE DEL CONTENIDO

CAPÍTULO 1: Estado del Arte	Pág.9
Antecedentes.	Pág. 10
Determinación de las Necesidades a ser satisfechas	Pág.17
Justificación del proyecto de tesis	Pág.17
Objetivos de la tesis de grado	Pág.18
Alcance del proyecto	Pág.19
MARCO TEORICO	Pág.20
CAPÍTULO 2: Diagnostico de estado actual	Pág.64
CAPITULO 3: Diseño del Sistema de Telemetría y Telecontrol (Scada)	Pág.82
CAPÍTULO 4: Análisis Económico	Pág.243
CONCLUSIONES	Pág.273
RECOMENDACIONES	Pág.277
BIBLIOGRAFIA	Pág.279
GLOSARIO	Pág.282
ANEXOS	Pág.283

OBSERVACION

El contenido desarrollado dentro de este trabajo de tesis son propiedad intelectual y responsabilidad exclusiva del autor.

.....
Ing. Leonel Francisco Aleaga Loaiza.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a toda la planta docente nacional y extranjera que estuvo cargo del desarrollo de la Maestría en Telemática edición Loja, pues se evidencio su alto grado de conocimiento y experiencia en su campo, en especial al Dr. Diego Ponce por su apoyo incondicional en la realización de este proyecto. De igual forma a los directivos de la Unidad de Agua Potable y Alcantarillado de Loja (UMAPAL) por su apertura para que realice mi trabajo de tesis en solucionar una problemática que beneficie a la comunidad donde nací.

También agradezco a mi esposa Dania por apoyarme a que emprenda en la participación de esta maestría, pues ha significado un gran esfuerzo no solo para mi persona, sino a grandes sacrificios personales en mi hogar.

Agradezco a mis hijos Daniel y Michelle que son la base de mi existencia, por darme la felicidad que me mueve a emprender en nuevos proyectos de superación.

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a Dios por darme la fuerza, a mi madre por darme la vida, a mi esposa por amarme y a mis hijos por inspirarme.

INTRODUCCIÓN

Las tecnologías electrónicas son una herramienta que se ha tornado indispensable en la administración y gestión de procesos, donde se hace uso de las TICs para mejorar la situación de las estructuras de gestión y administración, desarrollando varios canales de información y de comunicación, disminuyendo, además, los costos operacionales. Existen diversas aplicaciones de herramientas telemáticas en el mundo, tal es el caso de Empresas Eléctricas, Sistemas de Gas y Petróleo, Oleoductos, Plantas Industriales y Empresas de Tratamiento y Distribución de Agua Potable.

Por otra parte el costo de los recursos cada vez va en aumento, el agua es el recurso más indispensable para la vida y con el aumento del calentamiento global cada vez se va escaseando, además a esto podemos añadir el costo de tratamiento, transporte y distribución de agua potable. Es por eso que las empresas públicas y privadas cada vez se ven en la necesidad de optimizar sus procesos de mejor manera para cuidar este recurso y brindar a la comunidad un servicio de calidad a bajo costo. Por esto es imprescindible que la gestión eficiente de su distribución en las ciudades se considere una parte de la calidad del servicio a la población esto utilizando herramientas adecuadas y pertinentes de monitoreo, vigilancia

y control. La correcta gestión del recurso es una prioridad en cualquier empresa distribuidora del mismo, mas aun cuando la cantidad de agua que se obtiene de las plantas de captación no es suficiente alcanza para mantener servicio las 24 horas al día a toda la población.

Es por eso que en algunos casos se tenga que realizar cortes programados por zonas, y algunos casos por días cuando ocurren daños a las redes de distribución y a las líneas de transmisión desde las bocatomas.

Es por eso que a medida que se obtiene un acelerado crecimiento demográfico en una ciudad es necesario modernizar los procesos y la automatización es el único método que nos ayuda a mejorar la labor de gestión, y para controlar los parámetros de calidad y continuidad en el servicio.

La Telemetría, Telecontrol, al igual que la automatización e instrumentación del proceso son una necesidad que influye de una forma positiva en la eficiencia, calidad y confiabilidad en las operaciones y mantenimiento de todos los dispositivos que intervienen en los sistemas de distribución de agua potable en ciudades grandes.

Los adelantos científicos técnicos logrados en estas ramas muy importantes de la ingeniería permitido obtener sistemas

modernos altamente confiables y con excelentes prestaciones técnicas, económicas y operativas.

El presente trabajo de investigación comprende el diseño del sistema de Telemetría y Telecontrol de la red de agua potable de la ciudad de Loja, aquí se abordan los aspectos de diseño y especificaciones de los equipos e instalaciones que conformaran cada uno de los niveles del sistema de instrumentación, control y la supervisión y control del sistema esto bajo criterios técnicos acorde a la temática apegados a los estándares vigentes internacionales.

Francisco Aleaga Loaiza.

Capítulo 1 | Estado del Arte

En este capítulo se analizarán algunos ejemplos de proyectos ya implantados a nivel internacional, nacional y local de sistemas de Telemedición y Telecontrol. Además se expondrá las bases teóricas introductorias al funcionamiento de estas soluciones.

1. Estado del arte.

1.1 Antecedentes.

1.1.1 Realidad mundial

El consumo de agua por consecuencia del aumento en la población tiende a incrementarse, pero su obtención y distribución se hace cada vez más difícil. En algunos casos en las redes de distribución de agua potable se pierde entre el 20 y el 60% del volumen suministrado debido a fugas. Aquí intervienen el mal estado de las tuberías, la falta de infraestructura en sistemas de monitoreo y control de presiones en la red. Con respecto a esto, existen sistemas de telecontrol y monitoreo SCADA para mejorar la gestión sobre este recurso tan valioso que en unas décadas más será restringido a más países (en especial los subdesarrollados) por motivo del calentamiento global.

Por lo ya explicado, existen algunos países desarrollados y latinoamericanos que tienen en sus redes de distribución y tratamiento de agua potable un sistema de control y supervisión SCADA para su gestión y administración.

En EE.UU son muchos los proyectos ejecutados, podemos mencionar uno de ellos en la ciudad de Corpus Christi, donde se cuenta con el Control de Supervisión y Sistemas de Adquisición de Datos SCADA en las seis plantas tratadoras de aguas residuales existentes en este lugar y las más de 100

estaciones de bombeo de agua potable las cuales se monitorean previamente usando un sistema de comunicación UHF de 456 MHz.

En Latinoamérica existen muchos proyectos implantados que han ayudado al desarrollo de las ciudades en el ámbito de distribución de agua potable y su y tratamiento. En México en la Ciudad de León, Guanajuato, se implantó un Módulo de Registro de Datos y Control Supervisorio, este sistema realiza el monitoreo y control de las fuentes de abastecimiento del sistema de agua potable para obtener en tiempo real el estado de operación de los pozos, tanques y estaciones de bombeo, controla además desde una base las estaciones más lejanas, teniendo de esta manera información de la producción, eficiencia y costo de operación y el acceso a todo esto se realiza a través del Intranet.

En este mismo país, la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali del Estado de Baja California a implantado el sistema de telemetría que cubre las áreas de Potabilización y de Aguas Residuales, el mismo está conformado por tecnología de comunicación por radiofrecuencia, redes de uso industrial y de banda ancha que transmiten datos entre los múltiples puntos y sus centrales de operación. Este sistema les permite monitorear instantáneamente cualquier problema que se presente durante la operación de los equipos de

bombeo, logrando atender en forma rápida y eficiente cualquier falla que se detecte y asegurar la continuidad de los servicios de desalojo de las Aguas Residuales sin afloramientos contaminantes en calles y domicilios.

En Brasil, se tiene un sistema de control y gestión del abastecimiento de agua por sistema SCADA en el área metropolitana de Belo Horizonte.

Chile desde 1986 viene encaminando algunos proyectos de este tipo, los dos últimos fueron ejecutados en el 2005, uno tiene que ver con el Suministro e Instalación de un sistema de Telemetría de producción de agua potable en la Región Metropolitana y el otro es un sistema de telemetría por radio modem VHF, UHF y Ethernet inalámbrica para un SCADA en la VII Región.

En Perú existe el SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima), aquí se ejecutó un proyecto de la planta que consistía en automatizar el tratamiento que se realizaba en la depuración del agua, mediante PLCs, y realizar la Telemetría y Telecontrol a través de un software SCADA en distintos puestos de operación a lo largo de toda la planta.

1.1.2 Situación en el Ecuador

En el Ecuador pocos son los pasos que se han dado en base a utilizar tecnologías telemáticas para la gestión de la trasmisión,

potabilización y distribución del agua potable hacia las ciudades más importantes.

Se Implantó una Planta de Tratamiento de Agua Potable para la ciudad de Loja ubicada en el Barrio Carigán, este cuenta con un sistema para el monitoreo de variables de la planta y control de PLC de los diferentes procesos automatizados para los filtros, decantadores, mezcladores etc, a través de un software SCADA.

La EMAP-Q de la ciudad de Quito tiene implantado en varias plantas de tratamiento de agua potable, sistemas SCADA en sus instalaciones para el control de los elementos de procesos.

1.1.3 Problemática.

Debido a que la demanda de agua potable en la ciudad de Loja cada vez va en aumento es necesario incorporar una tecnología de punta que ayude a gestionar este recurso, y los adelantos tecnológicos en sistema de telemetría, telecontrol y sistemas automáticos de control son la solución idónea.

La forma de gestionar el sistema de distribución de agua potable en la ciudad de Loja con los actuales recursos ha generado molestias en el personal de operación, mantenimiento y de administración de la Unidad de Agua Potable y Alcantarillado de Loja (UMAPAL), al no poder darle un uso eficiente al personal encargado, por no contar con los

elementos tecnológicos que puedan dar soluciones viables para una gestión productiva.

Esto provoca un aumento notable en los costos de operación por la contratación de personal muchas de las veces innecesario, así como la presencia de pérdidas del recurso por no tener un monitoreo continuo (en tiempo real) del estado de los dispositivos y los parámetros de funcionamiento que nos permita verificar en línea las anomalías que puedan suscitarse y así ejecutar acciones de control de forma inmediata y confiable.

Para poder controlar la *Red de Distribución de Agua Potable (RDAP)*, se necesita capturar en tiempo real todos los datos de las variables de funcionamiento de la misma e ingresarlos en un sistema de control que compararía estos datos con rangos permitidos y cuando suceda algún evento fuera de lo normal se deberá ejecutar acciones de control de manera automática o generar acciones de corrección por el operador de turno.

En la actualidad no se tiene una idea clara al momento de suscitarse una anomalía en la RDAP, por esta razón es necesario trasladarse al lugar y percatarse de la situación, pues no se cuenta con un registro inmediato de todos los componentes de la red en el momento del problema, lo ideal sería que se tenga una captura de parámetros de funcionamiento (histogramas), que nos sirva para sacar

conclusiones anticipadas antes de trasladarnos al lugar del hecho, o programar una respuesta automática por los controladores electrónicos de campo.

La ausencia de un sistema de captura de datos computarizado continuo de los parámetros de la RDAP hace muy complicada su operación. Los eventos que se producen, como son el estado de los tanques de reservas, las presiones en las tuberías, como se encuentran las centrales de bombeo, entre otras, no se pueden abarcar en su totalidad al mismo tiempo pues son numerosos los parámetros y no se obtienen de forma inmediata.

La tarea de tener una operación eficiente, se torna sumamente difícil de alcanzar con los actuales recursos como la radio o teléfono celular. Se debería contar con planes de operación programada, en tiempo real, y post operativo con el fin de coordinar al personal para ejecutar acciones efectivas que faciliten la labor de operación eficiente y eficaz de la RDAP.

Atendiendo a lo anterior podemos resumir que solo con el empleo del personal de la UMAPAL haciendo uso de sus radios y celulares no es posible gestionar de buena manera la RDAP y es motivo para la obtención de un muy bajo nivel de información en caso de averías, lo que en gran medida depende exclusivamente del personal y su experiencia para dar respuestas adecuadas en caso de necesitarse.

Existen muchas pérdidas del recurso en la actualidad debido a fugas, reboses, usos clandestinos, desperdicios, consumos operacionales, consumos especiales, errores de medición/estimación; en su mayoría no se pueden detectar para ejecutar acciones y reducirlos al mínimo. No se tiene una contabilización real de estas pérdidas al no contar con los instrumentos de medición y los registros de lectura de niveles de tanques de reserva realizada por el personal no ofrecen una buena confiabilidad. Vale la pena acotar que el índice de agua no contabilizada para el año 2009 bordeó el 59%, lo que conlleva a concluir que solo el 41% de lo que se produce, genera ingresos económicos.

La eficiencia en la operación de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Loja en la actualidad no es la mejor, pues no cuenta con un sistema de Telemetría que pueda acceder a los parámetros básicos de funcionamiento de la red de distribución de agua potable de forma remota y evitar demoras por traslado al lugar. Así mismo es imposible utilizar de mejor manera el personal técnico que actualmente está a cargo de la operación de la red en tareas más importantes que contribuyan a mejorar el servicio.

El tiempo de respuesta del personal de mantenimiento de la red de agua potable en caso de averías depende mucho de los

reclamos de la comunidad y muchas de las veces el tiempo se prolonga por varias horas y a veces hasta días.

1.2 *Determinación de las Necesidades a ser satisfechas*

Se requiere tener un sistema de accionamiento automático programado y también a distancia de las válvulas, bombas y demás equipos de control de flujo, además del telecontrol y monitoreo de los elementos medulares de la red de agua potable de la ciudad de Loja. Con esto se pretende proporcionar las herramientas para realizar una intervención inmediata y de forma coordinada sobre el mismo en caso de averías o situaciones transitorias, además de contar con un registro histórico de las variables de proceso de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Loja para realizar diagnósticos oportunos.

1.3 *Justificación del proyecto de tesis*

El presente tema de tesis está orientado al “Gobierno Electrónico” utilizando las TICs, por ende tiene correspondencia con temáticas de especialidad Telemática, en donde se analizan diversos componentes de la solución como; Software SCADA, protocolos industriales de comunicación, medios de transmisión de información, equipos controladores, sensores y transductores, válvulas automáticas, servidores, técnicas de seguridad, base de datos, etc. Por tal motivo este

tema se justifica ya que la Unidad Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Loja UMAPAL se verá muy beneficiada con la ejecución real del presente proyecto, pues este proyecto deja sentadas las bases de diseño de la solución a la problemática que está atravesando actualmente, en donde se tiene un promedio anual de agua no contabilizada del 59% y con este se brinda las soluciones tecnológicas para reducir este problema, además que sirve para determinar las especificaciones de equipos e instalaciones así como los recursos materiales y humanos que se deberán gestionar para su ejecución.

1.4 Objetivos de la tesis de grado.

1.4.1 Objetivo general.

Diseñar un sistema de Telemetría y Telecontrol (SCADA) para la Red de distribución de agua potable de la ciudad de Loja.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar los puntos críticos de la red a ser monitorizados y/o controlados a distancia.
- Recomendar los equipos electromecánicos y electrónicos para el control automático y telecontrol de estos puntos.
- Recomendar el medio físico y el protocolo más adecuados para la transmisión de los datos.

- Recomendar el protocolo de seguridad más adecuado para esta aplicación.
- Recomendar el equipamiento de comunicación entre los puntos y el centro de control de la red.
- Recomendar el software SCADA para ser utilizado en el centro de Control de la Red de Distribución de agua potable.
- Plantear el diseño de la red de datos del sistema SCADA.

1.5 Alcance del proyecto.

Se pretende mejorar la operación de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Loja, por medio de la Telemetría y Telecontrol de la red de distribución de agua utilizando tecnología que controle el flujo de agua con elementos sofisticados de control y adquisición de datos en los puntos modulares de la red de agua potable. Para esto se selecciono el medio de comunicación más adecuado para la transmisión de los datos, así como los equipos de control de campo, unidades terminales remotas (RTU) para recoger los datos de campo y actuar sobre los elementos de control. Estos datos serán trasladados vía radio hacia un software de Control SCADA para tener la supervisión y el control total de la red desde un Centro de Control y ejecutar acciones telemáticas en caso de averías o gestión del recurso, se aclara que también podría utilizarse la información generada para la determinación de fugas o robo del recurso hídrico vital.

Este proyecto tiene como meta realizar el monitoreo y telecontrol de la red de distribución de agua potable, para lo cual se pretende analizar los puntos más importantes y críticos de la red como son 52 tanques de almacenamiento, , 22 estaciones de bombeo y 4 plantas de tratamiento de agua

Se seleccionaron los equipos y las instalaciones que irán en los tanques de reserva y estaciones de bombeo tales como dispositivos de control programable, electroválvulas, medidores de nivel, válvulas de control, sistemas de control de bombas, etc. Toda esta información de monitoreo y control va a ser transmitida hacia el Centro de control ubicada en las oficinas de la Planta de tratamiento Pucara.

Para la gestión del sistema, se tuvo en cuenta la selección del equipamiento, instalaciones y software necesario para el Centro de Control.

1.6 Marco Teórico de Introducción a los Sistemas de Telemetría y Telecontrol.

1.6.1 Introducción.

Las industrias y empresas cada vez tienden a ejecutar la automatización de una serie de procesos en su entorno, con la finalidad de mejorar su productividad, aumentar la calidad del servicio (además del producto final) y mejorar la seguridad en el trabajo. Para conseguir estos objetivos la mejor alternativa en los actuales momentos es utilizar medidores, transductores,

equipos controladores electrónicos, red de comunicaciones, ordenadores, y un software especializado en supervisión, control y adquisición de datos (SCADA). Desde hace algunas décadas atrás, ha ocurrido un crecimiento acelerado en la aplicación de las técnicas de telemetría y telecontrol de procesos. Este progreso alcanzado ha estado determinado por el acelerado crecimiento del progreso científico-técnico en todas las ramas industriales.

De forma tradicional un sistema SCADA no trabaja de forma automática ya que se aplica el concepto de “control supervisorio” donde implica que; una persona tome las decisiones sobre la operación de los equipos en la red según los datos obtenidos por los sensores de campo y actuar sobre los elementos de control del sistema.

1.6.2 Software empleados para desarrollar Sistemas de Telemetría y Telecontrol.

La definición de sistema SCADA es Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos). En esencia es un software que permite diseñar y desarrollar interfaces de comunicación entre el operario y el sistema o proceso a controlarse.

Los Sistemas de Telemetría y Telecontrol permiten conocer en todo momento el estado de una instalación, centralizando toda

la información de las estaciones remotas en uno o varios Centros de Control. Los equipos de control situados en las estaciones remotas analizan los parámetros más importantes y los recogen de los diferentes tipos de sensores. Cuando se identifica una situación de alerta, estos equipos realizan la actuación automática, inmediata y confiable (previamente programada) y advienen por medio de un sistema de comunicaciones hacia el Centro de Control, en este se procesa la información y se genera de forma automática el procedimiento de actuación pertinente al caso, desde este mismo centro se puede obtener, en tiempo real, cualquier información relativa a las estaciones remotas.

El software SCADA además de gestionar alarmas y de capturar datos, permite generar planes de mantenimiento y eficaces procedimientos de actuación para el personal de guardia. Dichos planes facilitan el trabajo del personal de mantenimiento permitiendo automatizar procesos hasta niveles que antes era imposible realizarse.

Para comunicar las estaciones remotas con los Puestos de Control se utilizan las redes de comunicaciones, que pueden basar sus comunicaciones en red única o si amerita el caso deberán permitir una comunicación redundante que garantice la transmisión de datos en caso de problemas en la red principal.

1.6.3 El flujo de la información en los SCADA.

Primero el fenómeno físico lo constituye la variable que deseamos medir, dependiendo del proceso, la naturaleza del fenómeno es muy diversa: presión, temperatura, flujo, potencia, intensidad de corriente, voltaje, pH, densidad, etc. Este fenómeno debe traducirse a una variable que sea perceptible para los instrumentos electrónicos de control y comunicaciones del SCADA, es decir, en una variable eléctrica. Para ello, se utilizan los sensores y transductores.

Los sensores y transductores convierten las variaciones del fenómeno físico en variaciones proporcionales de una variable eléctrica. Sin embargo, esta variedad de tipos de señales eléctricas debe ser procesada (linealizada, amplificada, etc) para ser entendida por el procesador del computador digital. Para ello se utilizan acondicionadores de señal cuya función es la de referenciar estos cambios eléctricos a una misma escala de corriente o voltaje. Además, provee aislamiento eléctrico y filtraje de la señal con el objeto de proteger el sistema de los procesos transitorios y ruidos originados en el campo.

Una vez acondicionada la señal, la misma se convierte en un valor digital equivalente en el bloque de conversión de datos que generalmente, cuando es de medición es llevada a cabo por un circuito de conversión analógico/digital. El computador almacena esta información, la cual es utilizada para su análisis

y toma de decisiones. Simultáneamente, se muestra la información al usuario del sistema en las consolas de operación en tiempo real (Real Time).

Basado en la información, el operador puede tomar la decisión de realizar una acción de control sobre el proceso y cuando esto ocurre se comanda al computador a realizarla, y de nuevo debe convertirse la información digital a una señal eléctrica (convertidor digital/analógico).

Esta señal eléctrica es procesada por una salida de control, el cual funciona como un acondicionador de señal, la cual la adapta para manejar un dispositivo dado: bobina de un relé, setpoint de un controlador, etc. Dentro de las funciones básicas realizadas por un sistema SCADA están las siguientes:

- a) Recabar, almacenar y mostrar información, en forma continua y confiable, correspondiente a la señalización de campo: estados de dispositivos, mediciones, alarmas, etc.
- b) Ejecutar acciones de control iniciadas por el operador, tales como: abrir o cerrar válvulas, arrancar o parar bombas, etc.
- c) Alertar al operador de cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) como cambios que se produzcan en la operación diaria

de la planta (eventos). Estos cambios son almacenados en el sistema para su posterior análisis.

- d) Aplicaciones en general, basadas en la información obtenida por el sistema, tales como: reportes, gráficos de tendencia, historia de variables, cálculos, predicciones, detección de fugas, etc.

En la figura 1.1 podemos observar un esquema que nos muestra el flujo de información de un sistema Scada típico.

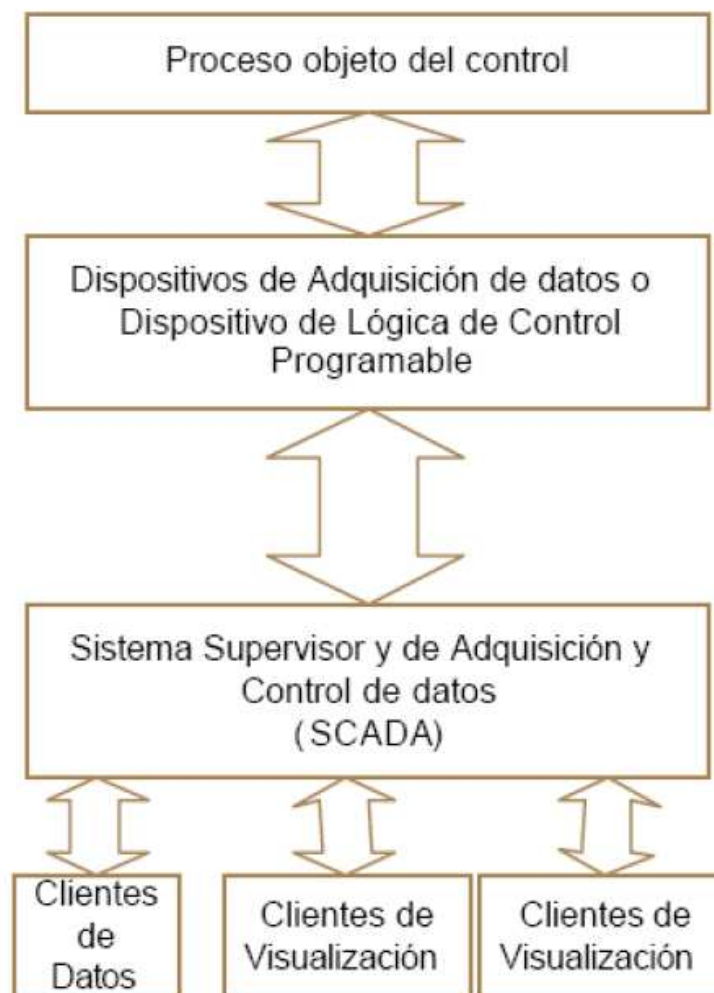


Figura. 1.1 Flujo de información de un sistema Scada.

1.6.4 Tiempo real.

El trabajar en tiempo real (Real Time) se refiere a la capacidad del ordenador para gestionar los programas de procesamiento de datos para que siempre esté listo para proporcionar los resultados dentro de un tiempo especificado. En este contexto "estrictamente en tiempo real" significa que un sistema reacciona a los eventos externos dentro de un tiempo especificado en un 100% de los casos.

1.6.5 Hardware en sistemas de supervisión y control: RTU, PLC, PAC y PC.

Dependiendo del proceso y los requerimientos del sistema, es necesario analizar los siguientes equipos de automatización y control, pues cada uno de ellos tiene singulares características que es necesario conocerlas antes de elegir alguna solución.

1.6.5.1 RTU.

Las definimos como "Unidades Terminales Remotas", y son equipos ubicados en los lugares alejados al Centro de Control, aquellas nos proporcionan las interfaces para las señales de entrada/salida tanto digitales como analógicas para las conexiones de los instrumentos de medición y también a los actuadores en el nivel de campo. El sistema de comunicación colaborara en este caso que el Centro de Control para que se comuniquen con estas estaciones remotas a través de las RTU.

Estas consisten en una pequeña y robusta computadora que almacena datos y los transmite a la terminal maestra para que esta controle los instrumentos, es una unidad stand-alone (independiente) de adquisición y control de datos cuya función es controlar el equipamiento de proceso en el sitio remoto, adquirir datos del mismo, y transferirlos al sistema central SCADA. La gama de Unidades Terminales Remotas ofrece una solución universal para el control de instalaciones técnicas de todo tipo.

Hay dos tipos básicos de RTU- "single boards" (de un solo módulo), compactos, que contienen todas las entradas de datos en una sola tarjeta, y las "modulares" que tienen un modulo de CPU separado, que pueden tener otros módulos agregados, normalmente enchufándolos en una placa común (similar a una PC con una placa madre donde se montan procesador y periféricos).

Una RTU "single board" tiene normalmente E/S fijas, por ejemplo, 16 entradas de información digitales, 8 salidas digitales, 8 entradas de información analógicas, y 4 salidas analógicas. No es normalmente posible ampliar su capacidad. Un RTU modular se diseña para ser ampliado agregando módulos adicionales. Los módulos típicos pueden ser un módulo de 8 entradas análogas, un módulo de 8 salidas digitales. En la actualidad gracias a la modularidad funcional y

material, las unidades remotas pueden ser utilizadas tanto para satisfacer necesidades de transmisión de alarmas como para la supervisión completa de una compleja instalación de telegestión, en forma autónoma o acoplada a módulos de expansión.

El mercado propone varios modelos para responder de la manera más óptima posible a los diferentes casos de aplicación, desde un punto de vista técnico y económico. La mayoría de terminales incluyen un software incorporado que integra potentes recursos de comunicación y supervisión, sin necesidad de programación específica, claro que se tiene que tomar en cuenta que este software es específico de cada compañía y no son compatibles entre otras marcas entre sí es, por eso que para minimizar el problema de compatibilidad las compañías están realizando sus programas bajo estándares para poder vender sus productos con mayor facilidad.

La mayor parte de las RTU tienen como características principales:

- Comunicaciones a través de la red telefónica fija y móvil, radio enlaces, líneas dedicadas, bus de campo.
- Adquisición y mando (señales digitales y analógicas, conteos).
- Capacidad: entre 280 y 700 variables (según las aplicaciones).

- Procesamientos y automatismos parametrizables.
- Almacenamiento de datos a largo plazo (alarmas, medidas, conteos, informes).
- Alerta hacia estaciones maestras y teléfonos móviles.
- Módulos especializados (automatización y gestión de las estaciones).
- Enlaces entre instalaciones (entre remota y remota, entre remotas y módulos).
- Compatibilidad con otros productos (PLC, PAC, analizadores, controladores, medidores, ordenadores de supervisión, etc.)

1.6.5.2 PLC.

Las tareas automatizadas de control, visualización y computación en tiempo real pueden ser efectuadas por los autómatas programables o **PLCs** denominados por ser un “Control Lógico Programable” , mejor que con sistemas exclusivos de control basados en Computadoras personales PC, el hecho es que una computadora aunque es de alto desempeño computacional no es “confiable” para trabajar en tiempos determinísticos (Real Time), puesto que trabaja en una filosofía de sistemas operativos multitarea y por eso no se le puede confiar una labor de control efectivo ya que estaría ocupado en varias tareas a la vez que produce una saturación el procesador en tareas como la gestión y visualización de

datos, accesos a periféricos, bases de datos, etc. (ejemplo antivirus, gráficos, sonido etc.) .

Los controladores lógicos programables, en la mayoría de los casos, están diseñados específicamente para ser empleados en ambientes industriales exigentes y han sido continuamente desarrollados de forma que sus sistemas operativos en tiempo real representan su mayor virtud. Ellos son y seguirán siendo, no obstante, la primera elección para todo control de tareas críticas o extremas por su rendimiento y simpleza.

Contiene entradas de información y salidas similares a las de una RTU y un programa que ejecutaba un bucle, explorando las entradas de información y tomando las acciones basadas en estas entradas de información. El PLC no tenía originalmente ninguna capacidad de comunicaciones, pero actualmente no tienen nada que envidiar a las RTU, es así que existen módulos de comunicaciones para los PLC utilizando Ethernet para el uso en DCS, y bajo este el protocolo de comunicaciones Modbus para el uso sobre conexiones dedicadas. Con el correr del tiempo los PLC soportaron protocolos de comunicación más sofisticados.

Las RTU se han utilizado siempre en situaciones donde son más difíciles las comunicaciones, y la potencia de estas residía en su capacidad de manejar comunicaciones difíciles. Las RTU tenían originalmente opciones de programación pobre en

comparación con los PLC pero con el tiempo, las opciones de programación de las RTU han ido aumentando a tal punto que en la actualidad no existe gran rivalidad entre los PLC y las RTU ya que se han convertido en el complemento, pues la RTU se ha convertido en la conexión entre el PLC y el control central y ambas por lo menos se apegan a un estándar de programación a través de lenguajes acorde a la norma IEC1131-3.

1.6.5.3 PAC.

Los **PAC** “Controlador Autónomo Programable”, nacen con la necesidad de tener un desempeño confiable de tiempo de procesamiento que tienen los PLC y el desempeño en realizar tareas complejas de cálculos y tareas especializadas con los PC. Para esto se realiza una función entre las bondades del PLC y del PC para crear el PAC. Es claro que esto superan mucho el costo de un proyecto de automatización ya que son computadores industriales que realizan tareas complejas (PID, resoluciones de ecuaciones diferenciales, cálculo integral, estadístico etc.) en ambientes hostiles y a la velocidad de los PLC, es por eso que se deberá inclinar en la elección de estos equipos en base a un análisis costo/beneficio según la complejidad y cantidad de variables del proceso donde se lo aplicará.

1.6.6 La estructura abierta.

Aún no se ha establecido un estándar para poseer extensiones compatibles en tiempo real de sistemas operativos, (aunque se ha avanzado mucho en los últimos años por ejemplo el multiprotocolo OPC), y de una forma estrictamente determinante, los sistemas estándares actuales deben ser modificados de forma general, así que la principal ventaja de un sistema basado en PC - su estructura abierta – puede llegar a ser un inconveniente.

No obstante, la estructura abierta, permite a la empresa o al desarrollador, más libertad en la elección de la herramienta adecuada para el análisis, diseño y programación del sistema SCADA.

1.7 Estructura de los sistemas de TELEMETRÍA Y TELECONTROL.

Su esencia recae en el conocimiento de sus dos partes estructurales que son, el sistema supervisor y los aparatos de procesamiento en donde se emplean mayoritariamente la configuración maestro esclavo, siendo el elemento maestro el sistema supervisor y el esclavo los aparatos de campo. En los últimos años se han desarrollado un considerable número de sistemas supervisores, todas las cuales responden fielmente

con la estructura antes mencionada. Los requerimientos que se presentan en esta estructura son:

- Sistemas altamente confiables y seguros.
- Alta disponibilidad del equipamiento de la red.
- Control y direccionamiento del sistema de energía.
- Protección de los elementos (incluyendo al personal).
- La estructura de un proceso continuo.

1.8 Pirámide de Automatización de Sistemas (CIM).

Para describir la funciones que cumplen los distintos elementos que conforman la estructura de un sistema de telemetría y telecontrol vamos a hacer uso del modelo de referencia de la Pirámide de Automatización de Sistemas denominada “CIM” (Computer Integrated Manufacturing) o “Fabricación Integrada por Computadora”, que nos permitirá comprender de mejor manera la estructura jerárquica y funcional de los diferentes niveles que conforman los sistemas de supervisión y control.

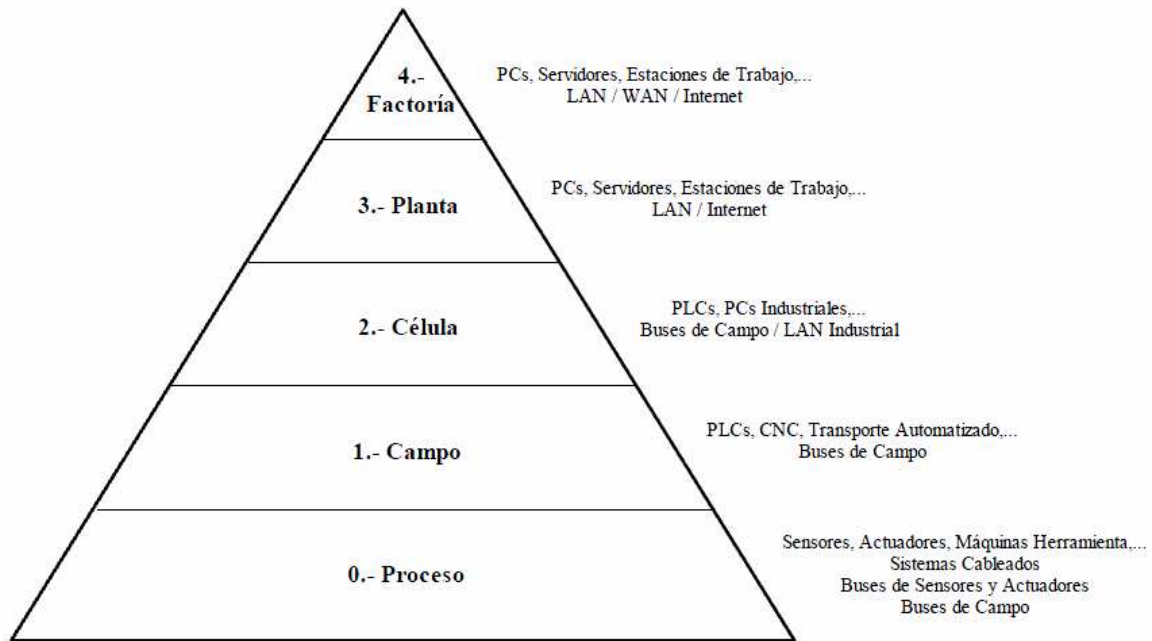


Figura. 1.2 Pirámide CIM de Automatización de sistemas

1.8.1 El Nivel 0.

También denominado “de Proceso” en donde lo conforman todos los aparatos que se encuentran en contacto directo con el sistema a controlar. Aquí se ejecuta el control directo de las máquinas y sistemas de producción tales como; sensores, actuadores, instrumentos de medida, máquinas herramientas de control numérico, etc., así como también se encuentra el cableado tradicional de los Buses de Sensores y Actuadores o también denominados Buses de Campo.

1.8.2 El Nivel 1.

También denominado “*de Campo*” que lo conforman los equipos electrónicos de control industrial individual sobre cada

sistema que conforma el proceso. Aquí pueden coexistir los PLCs y RTUs de gama baja y media, sistemas de control numérico (CNC), transporte automatizado etc. Cabe recalcar que aquí es donde llegan las medidas proporcionadas por el nivel 0 y para ser utilizadas para dar las consignas a los actuadores y máquinas de dicho nivel. La disponibilidad de estos aparatos de campo por su facilidad de acoplamiento, permiten desarrollar estructuras óptimas de control/protección, las que dan un mayor incremento y funcionalidad del sistema. La ubicación física de diferentes aparatos en una misma red nos permite adquirir toda la información del sistema con un mínimo de tiempo y cableado. El creciente desarrollo y perfeccionamiento de los aparatos de campo ha hecho que se conformen como un todo único en unidades de mediciones / control y protección, ya que con estos las redes alcanzan un nivel funcional muy alto. En este caso el aparato de procesamiento constituye una unidad de protección para el proceso eléctrico frente a la desviación de un parámetro o presencia de una falla. Inmediatamente se generan las acciones de control sobre el resto del equipamiento eléctrico instalado y es generada la información asociada con esta condición de trabajo.

1.8.3 El nivel 2.

También denominado “*de Célula*”, *que* es donde se encuentran los equipos de alto desempeño de control del sistema. Aquí se encuentran sistemas que controlan la secuencia de fabricación y/o producción, estos son quienes darán las consignas a los equipos del nivel de campo. Normalmente se emplean PLCs de gama media y alta, PCs Industriales, PACs. Estos equipos de alto desempeño muchas de las veces van combinados con RTUs para comunicaciones a largas distancias pero debido a que cada vez más los equipos de control de gama baja y alta van adquiriendo la funciones de comunicación de RTUs estas últimas están quedando rezagadas en los proyectos actuales.

1.8.4 El nivel 3.

También denominado “*de Planta*”, lo conforma el equipamiento que realiza el diseño, gestión y supervisión del proceso en donde se estudian las órdenes que seguirán los niveles inferiores. Se emplean PCs y software especializados (SCADA), estaciones de trabajo (HMI), servidores de bases de datos, backups etc. Aquí se permite a los operadores del sistema la visualización, operación, monitoreo, registro y evaluación de la información recolectada y enviada por los aparatos de campo. Y está integrado por tres partes fundamentales que son:

1. El software.
2. El hardware.
3. Las comunicaciones.

El **software** es el programa de aplicación que nos permite interactuar con el sistema, establece la comunicación en los dos sentidos; necesidades del usuario introducidas al sistema de supervisión (comunicación usuario – programa) y la muestra de la información recolectada y enviada por las RTU y/o PLCs y procesadas por el programa (comunicación programa – usuario). Estas informaciones pueden ser mostradas como valores de mediciones de alarmas, eventos, registros históricos, etc.

El **hardware** está referido fundamentalmente a las características propias de las computadoras personales (PCs) que se requieren para la instalación y explotación del software de supervisión (SCADA). Se tienen programas que por el nivel de información que tratan y procesan requieren de PCs con determinadas características técnicas. Otros elementos dentro del hardware son las interfaces de comunicaciones, estas pueden ser: Tarjetas de comunicación serie especializadas, de alta velocidad, propias para slots de PCs, convertidores RS-232/RS-485 externos, concentradores de protocolo, repetidores, etc.

Las **Comunicaciones** se establecen para permitir el tráfico de información a través del sistema de telemetría y telecontrol SCADA, para esto se deberá utilizar una estrategia de comunicación que dependerá de los requerimientos particulares y en base al análisis de costo beneficio que sea más conveniente para el caso.

En si las comunicaciones son el medio que establece el intercambio de información entre el supervisor y los aparatos de campo y viceversa. Existe otra forma de intercambio de datos con el supervisor y es la que se efectúa entre este y otro supervisor de otra área u otro sistema de supervisión similar. En este caso estamos frente a una red local; la comunicación se establecerá sólo si ambos disponen de sus respectivos elementos de hardware.

1.8.5 El nivel 4.

También denominado “de Factoría”, es donde se encuentra la infraestructura empresarial, en la mayoría de las estaciones de trabajo estarán a cargo de herramienta de gestión de la empresa haciendo uso de software ofimáticos y de base de datos para su administración. Aquí es donde se gestiona la producción completa de la empresa, comunicando las distintas plantas de la empresa que pueden estar a distantes distancias manteniendo las relaciones con los proveedores y clientes. Además parte del equipo de personas que aquí laboran son

quienes proporcionan las consignas básicas para el diseño y la producción de la empresa. Se emplean PCs de gama mediana, estaciones de trabajo y servidores de distinta índole.

1.8.6 Flujo de Información Vertical CIM:

a. Flujo Descendente.

En este tipo de flujo de información las ordenes son enviadas por el nivel superior al inferior es decir por ejemplo la cantidad de producto a elaborarse en base a los requerimientos de algún cliente es enviada desde el nivel de Factoría hasta los niveles inferiores para su producción. Además después de eso se puede realizar peticiones del nivel superior la inferior para verificar el estado de la producción.

b. Flujo Ascendente.

Aquí se pueden generar informes sobre la ejecución de las órdenes recibidas y se realiza a través de elementos de interconexión de redes aunque en algunos casos la comunicación puede ser directa utilizando el mismo bus o con uno de los elementos activos del bus haciendo las veces de pasarela (Gateway) de comunicación.

1.8.7 Flujo de Información Horizontal CIM.

En este tipo de flujo el intercambio de información es exclusivamente entre entidades del mismo nivel, y se realiza a través de las redes específicas de cada nivel.

1.9 Comunicaciones entre las redes.

Además de integrar completamente el proceso productivo desde el operador hasta los administradores y clientes, estas provocan reducciones de tiempo de puesta en marcha, y reduce costes por reconfiguración del sistema en caso de cambios en el proceso.

El hecho de incorporar las comunicaciones al proceso productivo provoca una transformación de la gestión integrando los distintos procesos del sistema en un sistema único. La figura engloba las distintas opciones de comunicación en un proceso productivo.

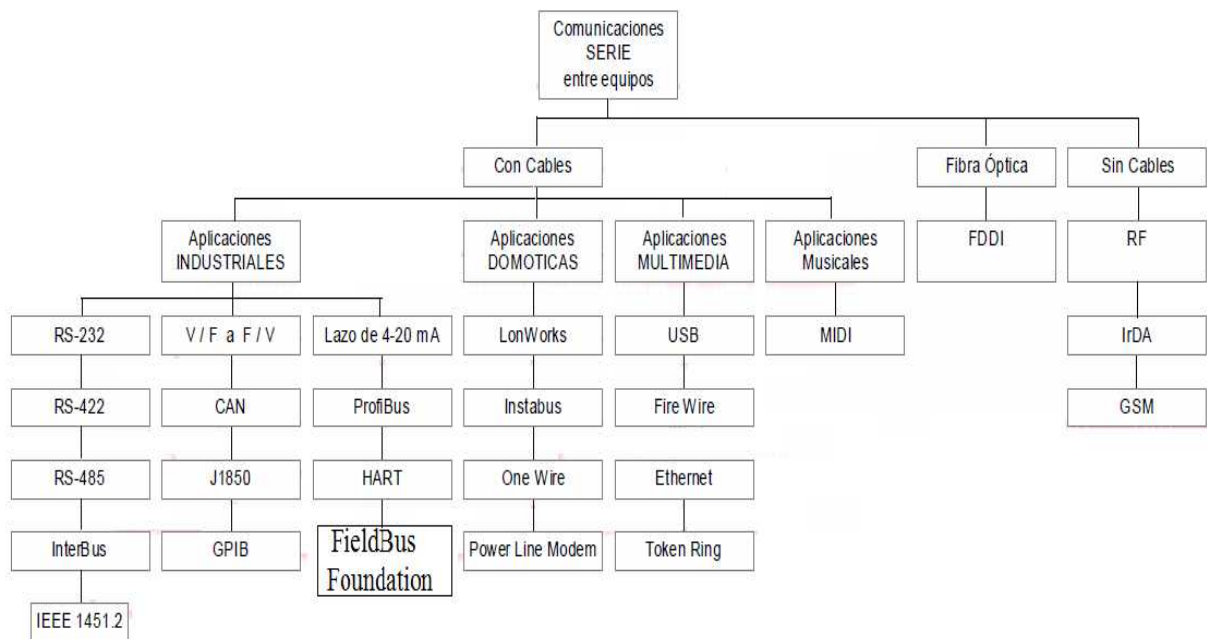


Figura. 1.3 Distintos tipos de comunicaciones serie disponibles.

Un sistema de Telemetría y Telecontrol debe ser confiable y es por esto que los sistemas de comunicación para esta aplicación deben asegurar en condiciones óptimas las órdenes y flujos de información donde está implicado el control que podría ser desastroso si estas fallaran. Los sistemas SCADA hacen uso típicamente de las técnicas tradicionales de la paridad, del chequeo de sumas polinómicas, códigos de Hamming y demás. Sin embargo no confían simplemente en estas técnicas. La operatoria normal para un sistema SCADA es esperar siempre que cada transmisión sea reconocida. El sistema de interrogación que emplea tiene seguridad incorporada, en la que cada estación externa está controlada y debe

periódicamente responder. Si no responde, entonces un número predeterminado de re-comprobaciones será la clave.

Las fallas eventualmente repetidas harán que la RTU en cuestión sea marcada como "fuera de servicio". La exactitud de la transmisión de un SCADA se ha mirado tradicionalmente como tan importante que la aplicación SCADA toma directamente la responsabilidad sobre ella. Esto se produce en contraste con protocolos de comunicación más generales donde la responsabilidad de transmitir datos confiablemente se deja a los mismos protocolos.

Los sistemas SCADA tienden a utilizar la mayoría de estas redes de comunicación, pero los sistemas SCADA basados en transmisión radial son probablemente los más comunes, estos evolucionaron con el tiempo, y lo más básico es el uso de modulación FSK "frequency shift keying" (codificación por conmutación de frecuencia) sobre canales de radio analógicos. Velocidades de hasta 1200 baudios son posibles. Una consideración especial necesita ser dada al retardo de RTS "request to send" (petición de enviar) que normalmente se presenta y se produce porque una radio se tomará algún tiempo después de ser encendida para que la señal alcance niveles aceptables, y por lo tanto el sistema SCADA debe poder configurar estos retardos.

1.9.1 Características de las distintas opciones de comunicación en los distintos niveles de la pirámide CIM.

Para tener interconexión vertical y horizontal entre los distintos niveles CIM se deberá analizar las ventajas y desventajas de las técnicas más populares existentes en los estándares de comunicación que se pueden encontrar en el mercado. Aquí expondremos algunos de ellos de acuerdo a su posible integración en los distintos niveles de sistema CIM. Estos son:

1.9.1.1 Utilizando Cableado Tradicional en Nivel 0:

Si utilizamos un sistema tradicional de cableado, cada elemento se cablea independientemente (2, 3 o más hilos), generando un sistema de cableado complejo para los dispositivos inteligentes pues estos contienen varias E/S digitales y analógicas, complicando mucho al momento de aumentar el número de elementos. Este método se considera menos protegido contra ruidos del entorno industrial, sobre todo las señales analógicas generado por equipos activos tales como (motores, líneas de energía, radioemisiones, etc). Los elementos sólo pueden ser gestionados y monitorizados desde el equipo al que están conectado tales como PLC, RTU, PAC. La información digital o analógica se transmite en función de la variación de señales eléctricas, algunas de esta pueden ser:

- Señales de voltaje: 0-10Vcc, 0-5Vcc, +/-10Vcc
- Señales de corriente: 0-20 mA, 4-20 mA.
- Resistencia: 0-100 Ohm (PT-100). Etc

Los sensores para las entradas de medición de los equipos de adquisición de datos (RTU, PLC, PAC etc.) que aquí se utilizaran, tendrán que utilizar un sistema electrónico de procesamiento, amplificación y tratamiento de la señal física esto equivale a tener un “transmisor electrónico” que realizara todas las funciones, luego en el equipo se realizara los ajustes de rango y calibración del sensor. Ejemplos:

- Transmisores de temperatura: Para termopar tipo J, K, S R; para RTD tipo PT-100.
- Transmisores de presión: Diferencial, absoluta, manométrica.
- Transmisores de nivel: Ultrasónicos, de Radar, de Resistencia, Capacitivos, potenciométricos, etc.

1.9.1.2 **Utilizando un Bus de Sensores y Actuadores en Nivel 0:**

De esta forma podemos tener un sistema de comunicaciones en Tiempo Real a un Bajo Coste, donde la alimentación está incorporada al mismo bus de comunicaciones, por lo que al utilizar un bus se reducción el cableado del sistema de

comunicaciones al utilizar 1 solo cable para los diferentes nodos de este nivel.

Además una ventaja es que la Conexión / desconexión se la puede realizar en caliente, esto acompañado de una detección y reconocimiento de elementos (Plug & Play). En algunos buses de campo la conexión está preparada para soportar dispositivos inteligentes tales como Variadores de velocidad, PIDs, CNC, Relés Multifunción, IEDs, etc. En este tipo de comunicación la modificación y ampliación del sistema se la hace de forma muy rápida. En el mercado industrial existen diversos tipos de comunicaciones industriales a nivel 0 estos los más populares son:

- **HART (Highway Addressable Remote Transducer):** De los de fines de 1980, fue desarrollado por Rosemount Inc. que proporciona una señal digital que se superpone a la señal analógica de medición en 4-20 mA. Permite conectar varios dispositivos sobre un mismo cable o bus (Multidrop), alimentación de los dispositivos, mensajes de diagnósticos y acceso remoto de los datos del dispositivo, sin afectar la señal analógica de medición. La mayor limitación es su velocidad (1200 baudios), normalmente se pueden obtener 2 respuestas por segundo. La alimentación se suministra por el mismo cable y puede soportar hasta 15 dispositivos. Actualmente existe la

versión Wireless HART en que los dispositivos están conectados en una red en malla que soportan una comunicación bidireccional.

- **AS-i (Actuador Sensor-interfase):** Es un bus de sensores y actuadores binario y puede conectarse a distintos tipos de controladores lógico Programable (PLC), controladores numéricos o computadores (PC). El sistema de comunicación es bidireccional entre un maestro y nodos esclavos. Está limitado hasta 100 metros (300 metros con un repetidor) y pueden conectarse de 1 a 31 esclavos por segmentos. El maestro AS-i interroga un esclavo por vez y para el máximo número tarda en total 5 ms. Es un protocolo abierto y hay varios proveedores que suministran todos los elementos para la instalación. Constituye un bus de muy bajo costo para reemplazar el tradicional árbol de cables en paralelo

1.9.1.3 Utilizando un Bus de Campo para los Niveles 0, 1 y 2:

Se tiene un control en Tiempo Real, en realidad son muy parecidos a la mayoría de las características de los buses de sensores y actuadores, pero su diferencia está en que estas pueden manejar mayores cantidades de información, debido a que manejan tramas pequeñas y los datos se envían de forma cíclica, con restricciones temporales. Los mensajes se envían sólo cuando son necesarios. En algunos buses de campo existen algunos métodos de Comunicación estos son:

- a. **Strobe:** Los maestros realizan peticiones a los esclavos y estos las sirven. Es muy eficiente para una red de sensores y actuadores.
- b. **Polling:** El maestro envía las salidas a cada esclavo y estos responden con las entradas.
- c. **Cambio de Estado:** Se transmite información cuando cambia el estado.
- d. **Cíclico:** El dispositivo envía la información con un intervalo de tiempo prefijado.

Además estos buses incorporan servicios de configuración, programación y test del bus. Aquí algunos ejemplos:

- **DEVICENET:** Es un mejoramiento del Bus CAN, resulta adecuado para conectar dispositivos simples como sensores fotoeléctricos, sensores magnéticos, pulsadores, etc. Provee información adicional sobre el estado de la red para las interfaces del usuario.
- **MODBUS:** Es un protocolo utilizado en comunicaciones vía módem-radio, para cubrir grandes distancia a los dispositivos de medición y control, como el caso de pozos de petróleo, gas y agua. Velocidad a 1200 baudios por radio y mayores por cable. El método de dialogo se lo hace con la configuración maestro esclavo, donde los nodos de la red pueden ser dispositivos inteligentes y de campo. Es muy difundido en la utilización de estaciones

de tratamiento de aguas, gas, redes de gas o instalaciones petroleras.

- **PROFIBUS DP:** Esta desarrollada a partir del modelo de comunicaciones de siete niveles IS/OSI (International Standard /Open System Interconnet). Es una solución para comunicación entre comunicaciones tipo maestro/esclavo para la automatización de procesos. Es diseñado para el intercambio de datos de alta velocidad en el nivel de campo donde se encuentran los autómatas programables, variadores de velocidad, válvulas y demás elementos de entrara/salida. Aquí el intercambio de datos es de tipo cíclico apto para ambientes determinísticos donde se utiliza aplicaciones de tiempo real con la utilización de paso de testigo (token ring).
- **FIELD BUS FOUNDATION (FF):** Esta desarrollada a partir del modelo de comunicaciones de siete niveles IS/OSI (International Standards /Open System Interconnet) Es un protocolo totalmente digital para redes industriales, específicamente para aplicaciones de control distribuido puede comunicar grandes volúmenes de información, ideal para aplicaciones con varios lazos complejos de control de procesos y automatización de la fabricación, provee bloques de función: IA, ID, OA, OD, PID, que pueden intercambiarse entre la estación maestra (Host) y los dispositivos de campo. La longitud

máxima por mensaje es de 256 bytes, lo que permite transferir funciones de control con el concepto de objetos

1.9.1.4 Utilizando Redes de Célula en el Nivel 2.

En muchas ocasiones no se diferencian de los buses de campo por la extensión de estos, pero estos permiten un mayor flujo de información y la posibilidad de transmitir mensajes prioritarios. Se pueden configurar los dispositivos a través del bus y permiten mayores distancias de operación a tiempos no muy críticos.

Ejemplos:

- Profibus-FMS,
- Compobus-S

1.9.1.5 Utilizando Redes Locales Industriales en los Niveles 2 y 3:

Son redes de comunicación que permiten el funcionamiento de la comunicación en un entorno hostil (vibraciones, ruido, ambiente agresivo), que permiten integrar dispositivos conectados muy variados, permitiendo volúmenes de datos importante y de cualquier tamaño, para cubrir áreas extensas. Principalmente se los utiliza para supervisión y control del proceso. No permiten integrar la Internet como herramienta de trabajo del personal.

Ejemplos:

- **ETHERNET INDUSTRIAL:** La aceptación mundial de Ethernet en los entornos industriales y de oficina ha generado el deseo de expandir su aplicación a la planta. Es posible que con los avances de Ethernet y la emergente tecnología Fast Ethernet se pueda aplicar también al manejo de aplicaciones críticas de control, actualmente implementadas con otras redes específicamente industriales existentes, como las que aquí se mencionan.
- **PROFINET:** El estándar Industrial Ethernet abierto y no propietario para aplicaciones de automatización. Permite una comunicación fluida del nivel de gestión de la empresa hasta el nivel de campo. La gama incluye una amplia gama de productos de componentes activos y pasivos de red, controladores, dispositivos periféricos descentralizados así como componentes para Industrial Wireless LAN y Industrial Security.

1.9.1.6 Utilizando Redes Empresariales en el Nivel 4:

Son redes LAN clásicas para el entorno Ofimático, donde pueden estar presentes conexiones WAN e Internet. La Cantidad de información en estas redes es muy alta (transferencia de ficheros, bases de datos, backups), donde los tiempos de respuesta no son críticos y la extensión puede ser incluso a nivel mundial. Ejemplos:

- **Ethernet:** Es el estándar para redes de computadoras de área local con acceso al medio por contienda CSMA/CD (Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones"), es una técnica usada en redes Ethernet para mejorar sus prestaciones. En este se define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

La Ethernet se tomó como base para la redacción del estándar internacional IEEE 802.3. Ambas se diferencian en uno de los campos de la trama de datos. Las tramas Ethernet e IEEE 802.3 pueden coexistir en la misma red.

- **WIFI:** Es un sistema de comunicación sin hilos WLAN (Wireless Local Area Network) estandarizado como 802.11, que se utiliza para redes de PC y periféricos. La iniciaron un consorcio de diferentes compañías en 1990. La transmisión de datos trabaja en modo bidireccional con un protocolo CSMA/CD, que evita colisiones monitorizando el nivel de señal en la red, con las siguientes características:

- IEEE802.11a: hasta 54 Mbps (megabits por segundo) de ancho de banda disponible, trabajando en la frecuencia de 5GHz.

- IEEE802.11b: hasta 11 Mbps. Este es el más usual y el más utilizado, y sobre el que trabajaremos en nuestras pruebas trabajando en la frecuencia de 2,4GHz.
- IEEE802.11g: hasta 54 Mbps, trabajando en la frecuencia de 2,4 GHz como 802.11a.
- IEEE802.11n: Actual estándar hasta 600 Mbps, trabajando en las frecuencias de 2,4 GHz y 5 GHz. Se basa en MIMO (Multiple Input Multiple Output), utilizar varias frecuencias y con varias antenas a la vez para aumentar el alcance y el ancho de banda.
- **WIMAX:** Es el equivalente al competidor en Europa HIPERMAN. WiMAX no entra en conflicto con WiFi, sino que es complementaria. WiMAX es una tecnología inalámbrica MAN (Metropolitan Area Network) y proporciona una extensión inalámbrica al cable, proporcionando hasta 50 km de rango de área lineal de servicio y permite usar conectividad sin una línea directa de vista a la estación base. La tecnología proporciona velocidades de transmisión de hasta 300 Mbit/s. Esta es una ventaja en que se reduce la latencia y los costosos requerimientos que requieren los accesos a satélite. Tiene el potencial para habilitar incluso millones de accesos a Internet de forma económica y fácil.
- **FDDI:** (Fiber Distributed Data Interface) es un conjunto de estándares ISO y ANSI para la transmisión de datos en

redes de computadoras de área extendida o local (LAN) mediante cable de fibra óptica. Se basa en la arquitectura token ring y permite una comunicación tipo Full Duplex. Dado que puede abastecer a miles de usuarios, una LAN FDDI suele ser empleada como backbone para una red de área amplia (WAN). También existe una implementación de FDDI en cables de hilo de cobre conocida como CDDI. La tecnología de Ethernet a 100 Mbps (100BASE-FX y 100BASE-TX) está basada en FDDI.

Una red FDDI utiliza dos arquitecturas token ring, una de ellas como apoyo en caso de que la principal falle. En cada anillo, el tráfico de datos se produce en dirección opuesta a la del otro.¹ Empleando uno solo de esos anillos la velocidad es de 100 Mbps y el alcance de 200 km, con los dos la velocidad sube a 200 Mbps pero el alcance baja a 100 km. La forma de operar de FDDI es muy similar a la de token ring, sin embargo, el mayor tamaño de sus anillos conduce a que su latencia sea superior y más de una trama puede estar circulando por un mismo anillo a la vez.

- **Líneas Dedicadas:** Cada vez es más importante para las empresas el disponer de un acceso de alta calidad con Internet y con sus delegaciones. Una línea arrendada

(leased line), también llamada comúnmente línea privada o dedicada, se obtiene de una compañía de comunicaciones para proveer un medio de comunicación entre dos instalaciones que pueden estar en edificios separados en una misma ciudad o en ciudades distantes. Las líneas de acceso en modo dedicado permiten alta calidad y disponibilidad, basadas en contratos SLA (Service Level Agreement) que garantizan una calidad determinada de disponibilidad. Posibilitan la transmisión de datos a velocidades medias y altas (de 64Kbps a 140 Mbps) a través de conexiones de punto a punto o multipunto. Además, en caso de caídas de líneas, el tiempo de respuesta también está detallado en el SLA, lo que una vez más garantiza el servicio de atención y respuesta. Adicionalmente, las líneas dedicadas son el único medio que permite garantizar caudal entre delegaciones y IP Tránsito con Internet.

En Europa, existen cinco tipos de líneas que se distinguen según sus velocidades:

- E0 (64 Kbps)
- E1 = 32 líneas E0 (2.048 Mbps)
- E2 = 128 líneas E1 (8.45 Mbps)
- E3 = 16 líneas E2 (34 Mbps)
- E4 = 64 líneas E3 (144 Mbps)

En Estados Unidos, el concepto es el siguiente:

- T1 (1,544 Mbps)
- T2 = 4 líneas T1 (6 Mbps)
- T3 = 28 líneas T1 (45 Mbps)
- T4 = 168 líneas T1 (275 Mbps)

1.9.1.7 Configuración de las comunicaciones de las redes de campo.

Independientemente del tipo de programa, se logran diferentes configuraciones topológicas en las redes locales:

a. Conexión *punto a punto* (P2P) con un aparato de procesamiento.

Es la comunicación más simple que se hace, se efectúa directamente con un aparato de procesamiento mediante un cable de comunicaciones serie RS-232, para ello se usa uno de los puertos estándar COM-1 o COM-2 de la computadora dedicada (PC).

Esta configuración se emplea fundamentalmente cuando se quiere hacer un ajuste o revisar un parámetro en un aparato de procesamiento en el campo o en una estación remota para mantenimiento.

b. Conexión directa con varios aparatos de procesamiento (multipunto).

Cuando se conectan varios aparatos de procesamiento a su sistema supervisor es imprescindible que esta posea instalada una tarjeta de comunicaciones serie de alta velocidad, ya que las tarjetas estándar no están diseñadas para la comunicación con varios aparatos a alta velocidad evitando desperfectos y demoras en el proceso de comunicaciones.

Normalmente se emplean tarjetas de alta velocidad que poseen 4, 8 y 16 puertos para que puedan ser conectados en forma directa. Conexión con varios aparatos, números de aparatos a comunicar depende sólo de las características de la computadora personal (PC) para admitir los diferentes tipos de tarjetas de alta velocidad. Como normas de comunicaciones se usan las RS-422, RS-485, RS-232, GPIB, FieldBus Foundation, Profibus, etc.

En muchos casos, principalmente, cuando los aparatos de campo son PLC, RTU o PAC se instala una tarjeta interface propietaria en la PC. Esta tarjeta interface es suministrada por el propio constructor y desde ella se puede comunicar con los controladores o RTU a través de una conexión directa o una red. Usualmente los cables y accesorios de interconexión son suministrados por el propio constructor.

1.9.1.8 Configuraciones de las comunicaciones de las redes locales.

Cuando se está frente a grandes aplicaciones (varios supervisores servidores) o varios nodos para otros clientes de la red se emplea la red LAN para compartir la información y recursos necesarios para el buen desempeño del sistema a controlar. Para que esto suceda, deberán los nodos estar conectados a algunos medios de transmisión utilizando un método de conexión que deberá ser planteada en la forma de una topología de red.

(LAN, *local área network*): Es la red de comunicación que abarca una única localización, es decir es una red en la cual los computadores se encuentran a corta distancia.

Consta de una colección de computadores, servidores de archivos, terminales, estaciones de trabajo, periféricos inteligentes, en este la red LAN permite el acceso compartido por varios usuarios. En una LAN los usuarios pueden compartir datos, software de aplicaciones, opciones de comunicación, bases de datos, tableros de expansión y otros recursos. El tipo de red LAN que mas es utilizado en la actualidad es Ethernet por su simplicidad y bajo costo, además en la actualidad algunos protocolos industriales tienen su versión para correr por este tipo de conexión con es el caso de Ethernet Industrial bajo el protocolo Modbus.

Las comunicaciones locales le permiten comunicar varios sistemas supervisores al mismo tiempo, no requiriéndose una reconfiguración del proyecto. Cuando se emplea una red LAN se añade mayor flexibilidad al sistema, ya que se pueden coordinar aplicaciones diversas en diferentes áreas o plantas haciéndose un acceso fácil a las informaciones más comunes. Se pueden monitorear y controlar áreas o plantas de manera autónoma.

La conexión LAN del sistema SCADA permite que cualquier persona dentro de la empresa con el software adecuado y permiso pueda acceder al sistema. Esta facilidad de acceso también puede constituir una amenaza para personas inescrupulosas (hackers, terroristas) puedan tener un camino para realizar atentados, por esto además se debe determinar una estrategia de seguridad informática acorde a los niveles de riesgo del sistema.



1.10 Modelo de referencia OSI.

El modelo de referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI) lanzado en 1984 fue el modelo de red descriptivo creado por ISO. Proporcionó a los fabricantes un conjunto de estándares que aseguraron una mayor compatibilidad e

interoperabilidad entre los distintos tipos de tecnología de red producidos por las empresas a nivel mundial. El modelo de referencia OSI se ha convertido en el modelo principal para las comunicaciones por red. Se considera la mejor herramienta disponible para enseñar cómo enviar y recibir datos a través de una red pues divide la comunicación de red en partes más pequeñas y fáciles de manejar además que normaliza los componentes de red para permitir el desarrollo y el soporte de los productos por diferentes fabricantes. También permite a los distintos tipos de hardware y software de red comunicarse entre sí y evita que los cambios en una capa afecten las otras capas.

1.10.1.1 Protocolos de comunicaciones.

Es el conjunto de reglas establecidas para regir el intercambio de datos que permiten que las entidades que se están comunicando puedan comprenderse. Entre los protocolos hay códigos predeterminados para algunos mensajes, y se definen en *capas según el modelo de referencia OSI*, la primera de las cuales es la capa física; ésta define la manera en que los nodos de una red se conectan entre sí. Las capas subsecuentes, que varían en cantidad entre protocolos, describen cómo se empacan los mensajes para su transmisión, cómo se encaminan los mensajes a través de la red, los

procedimientos de seguridad y la forma en que se proyectan en pantalla los mensajes.

Un protocolo sirve para desarrollar tareas tales como:

- obtener la atención de otro dispositivo;
- identificar cada uno de los dispositivos de la comunicación;
- verificar la correcta transmisión de los mensajes;
- recuperar los datos cuando ocurran errores

Una vez definida la conexión física para poder transferir información entre los dispositivos o sistemas debe existir un formato para los datos y una estrategia de sincronización de como se envía y hacen la recepción de los mensajes, incluyendo la detección y corrección de los errores. En un enlace de datos se presentan bloques que cumplen diferentes funciones.

DTE: Equipo Terminal de Datos

DCE: Equipo de Comunicación de Datos

La transferencia ordenada de información en un enlace de comunicación se logra por medio de:

- Protocolo de comunicación
- Servicio de comunicación

La estandarización de protocolos en la industria es un tema en permanente discusión, donde intervienen problemas técnicos y comerciales. Cada protocolo está optimizado para diferentes niveles de automatización y en consecuencia responden al interés de diferentes proveedores. Por ejemplo FieldBus Foundation, Profibus y Hart, están diseñados para instrumentación de control de procesos. En cambio DeviceNet y SDC están optimizados para los mercados de los dispositivos discretos (on-off) de detectores, actuadores e interruptores, donde el tiempo de respuesta y repetibilidad son factores críticos.

Cada protocolo tiene un rango de aplicación, fuera del mismo disminuye el rendimiento y aumenta la relación costo / prestación. En muchos casos no se trata de protocolos que compitan entre sí, sino que se complementan, cuando se trata de una arquitectura de un sistema de comunicación de varios niveles.

Los progresos recientes han considerado la aparición de un número apreciable de protocolos "abiertos" para sistemas SCADA; Modbus, IEC870/5, DNP3, MMS son algunos de éstos. Los mejores de estos protocolos son los multicapa completamente "encapsulados", y los sistemas SCADA que utilizan éstos pueden confiar en ellos para garantizar la salida de un mensaje y el arribo a destino. Un número de compañías

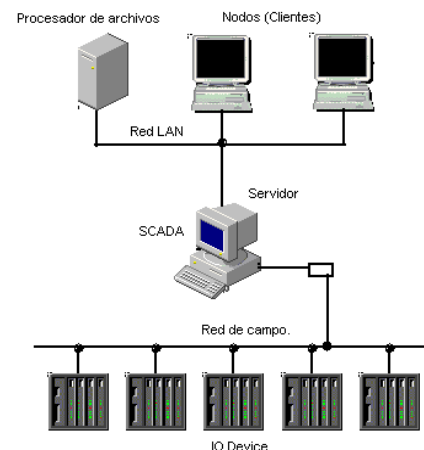
ofrece los códigos fuente de estos protocolos, y otras ofrecen conjuntos de datos de prueba para comprobar la implementación del mismo. Por medio de estos progresos está llegando a ser factible, por lo menos a este nivel, considerar la interoperabilidad del equipamiento de diversos fabricantes.

1.11 Tipos de Redes.

A la hora de implantar un sistema de supervisión y control en una industria debemos elegir la configuración de las redes de control. Entre estos tenemos:

1.11.1.1 Red de procesamiento distribuido.

En una de estas computadoras (Nodo de visualización) se pueden configurar servidores o clientes. En los servidores se pueden: reconocer las alarmas, los reportes, el análisis de los registradores de tendencia.

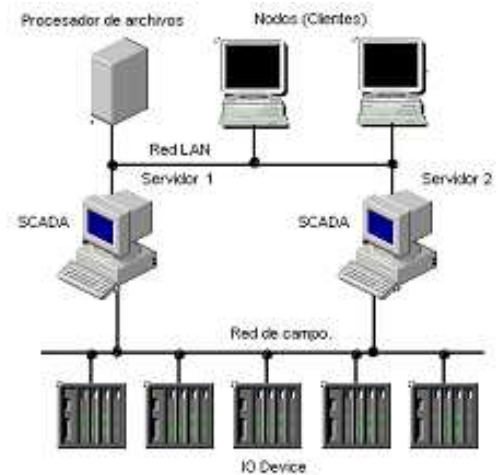


1.11.1.2 Red de sistemas redundantes.

La redundancia de las redes locales se puede hacer de dos formas:

- Utilizando servidores redundantes.
- Utilizando redes redundantes.

Los sistemas con servidores redundantes, cuando están en operación, ambos servidores mantienen igual información: configurándose uno como sistema primario y el otro como secundario. Si el primero presenta algún desperfecto, el segundo asume toda la responsabilidad sin que se interrumpa. Para aplicaciones mucho más grandes y complejas fundamentalmente aquellas de una alta seguridad y precisión en el flujo de información se emplean sistemas redundantes que utilizan combinaciones entre las redes.



Conclusión: En este capítulo se ha hecho la descripción del sistema del estado del arte de la temática de sistemas de supervisión. En el capítulo siguiente tiene como misión describir el diagnóstico del estado actual de sistema de agua potable de la ciudad de Loja.

Capítulo 2 | Diagnóstico de Estado Actual

En este capítulo se describe del diagnóstico del estado actual que servirán como bases para el diseño que permitirá desarrollar la selección del equipamiento de los nodos de la red de agua potable a ser monitorizados y controlados a distancia.

2. Diagnostico de estado actual.

2.1 Introducción.

Para esta etapa se realizó inspecciones muy tediosas de campo sobre los elementos más importantes de la red de agua potable de la ciudad y así poder determinar el levantamiento de infraestructura e instalaciones para su posterior análisis.

2.2 Antecedentes.

La provincia de Loja está situada al sur del país, entre las provincias del Azuay, por el norte; Zamora, por el este; El Oro por el oeste; y, la República del Perú, por el sur. Geográficamente se sitúa entre los 3°19'56" y 4°44' 36" de latitud sur, y los 79°4'28" y 80°29'03" de longitud oeste. Su extensión actual es de 11,600 kilómetros cuadrados, aproximadamente.

La ciudad de Loja dispone actualmente de un sistema de abastecimiento de agua potable, construido en varias etapas, bajo distintas condiciones, parámetros y proyecciones. En la actualidad operan 3 sistemas incorporados:

El primero planificado y construido por el Servicio Cooperativo Interamericano de Salud Pública (SCISP) a partir del año de 1951, conformado por la captación "Los Pizarros", conducción de agua cruda hasta la denominada Planta Baja de

Tratamiento que consta de dos torres de aereadores de bandejas, de dos sedimentadores simples, tres filtros lentos convencionales y un sistema de hipo cloración y cloración a gas con su propio edificio de químicos.

El segundo sistema, planificado por SCISP y construido por el IEOS a partir del año de 1969, parte con la captación de dos afluentes del río Zamora, luego dos conducciones que se unen en un punto común, y una sola conducción hasta llegar a la Planta de Tratamiento “El Pucara” de tipo convencional que incluye los principales procesos básicos. El sistema también contempla nuevas reservas y ampliación de redes y que aporta con 337 l/seg para servir a una población de 71.000 habitantes.

A partir de 1982 se mejoro el sistema existente, el mismo que contemplo una nueva captación y conducción en el río Jipiro, mejoras en la conducción “Los Pizarros”, adaptaciones a la Planta Alta de Tratamiento, complemento de las reservas y ampliación de las redes de distribución existentes, que se lo denomino Plan Emergente, iniciándose su ejecución en el año de 1982 y fue planificado para suplir las necesidades hasta el año 1992.

La planta de tratamiento del primer sistema a finales de 1992 se lo sacó fuera de servicio por problemas detectados en los lechos filtrantes. En la actualidad la planta baja forma parte del Parque Colinar “El Pucara” estando funcionando únicamente la

Planta Alta, constituyéndose en una de las partes vitales del sistema de agua potable de la ciudad, tanto por sus caudales como por sus procesos efectuados en sus unidades. En esta planta se trata el caudal captado por los dos sistemas anteriormente señalados (El Carmen y San Simón = 350 lit/seg, Los Pizarros = 113.10 lit/seg.) , así como el caudal proveniente de una tercera captación construida en el río Jipiro (Jipiro I = 89.20 lit/seg, Jipiro II = 105.60 lit/seg.), que representan un total de aproximadamente 658 lit/seg., valor totalmente superior a la capacidad máxima de potabilización actual de la Planta que es de 395 lit/seg.

Por otro lado debido al asentamiento de numerosas urbanizaciones, en las estribaciones aledañas a la ciudad y ubicadas sobre la cota de distribución a gravedad, la UMAPAL procedió a completar las redes de distribución e implementación de sistemas de bombeo, reservas y redes de distribución individuales para suplir las necesidades de cada caso.

En el año de 1973 se terminan los trabajos de construcción del Sistema de Agua potable Curitroje-Chontacruz, mismo que aporta con 48 lit/seg para abastecer a los barrios localizados en el sector sur-occidental alto de la ciudad de Loja, este sistema capta las aguas de la quebrada Curitroje y las transporta hasta la planta de potabilización de tipo convencional localizada en el sector de Chontacruz, el sistema se complementa con dos

líneas de transmisión, dos reservas de 500 m³ de capacidad y redes de distribución.

Finalmente se señala que en la actualidad se encuentra operando el proyecto macro del Plan Maestro de Agua Potable para la ciudad de Loja, mismo dota a la ciudad de Loja de 500 lit/seg, con la que se suple el déficit de agua que sufría y ampliar el servicio hacia los barrios que en la actualidad no disponían del mismo.

2.3 Estado actual.

En cuanto a redes de distribución de agua se trata, los elementos que se considera medulares son: el proceso de extracción de agua (pozos o bocatomas), con equipo de bombeo, tratamiento para la potabilización, algún tipo de línea de conducción y unidades de almacenamiento.

En la actualidad en nuestro país, la automatización de las redes de distribución es un concepto no muy común desconocido y poco aplicado, pues casi siempre se han maniobrado a la red de forma manual con personal técnico y jornales que se trasladan personalmente a los lugares de control donde se realiza labores de apertura o cierre de válvulas, lectura de niveles, caudales y presiones de medidores (en donde se existan). Hemos podido observar en la ciudad de Loja el uso muy intensificado de válvulas reguladoras y

sostenedoras de presión y caudal, estas se gobiernan por un elemento hidráulico llamado “piloto” que son ajustados (de forma manual) según los requerimientos del sistema en donde se instala.

2.4 Estaciones Remotas

Se considera estación remota a un punto o nodo medular de la red que tiene cierta función elemental, las más comunes son:

- Tanques de Reserva.
- Estaciones de Bombeo.
- Plantas de Tratamiento.
- Líneas de Transmisión y Distribución.

En la siguiente figura se indica la ubicación de las estaciones remotas dentro de la ciudad de Loja.

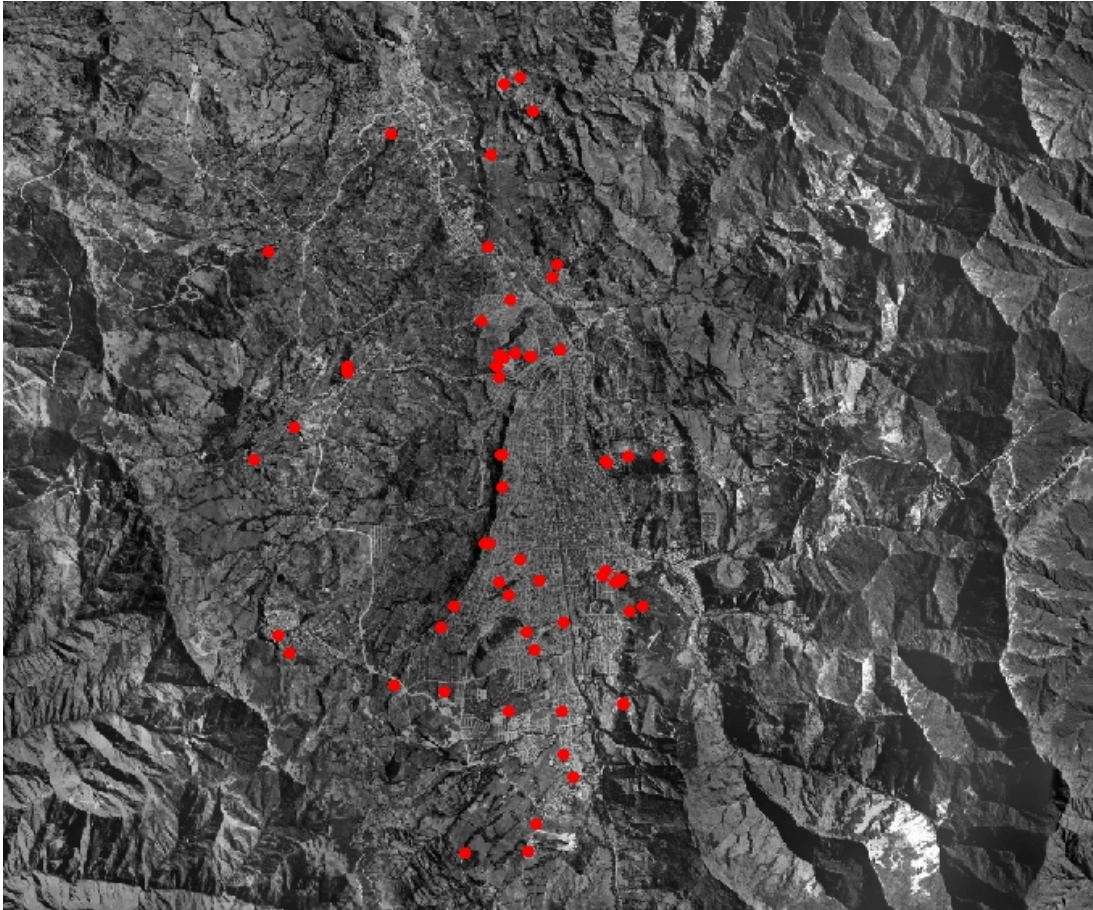


Figura 2.1 Ubicación de las estaciones remotas en la ciudad.

2.4.1 Estaciones de Bombeo.

Es aquella que distribuye y permite transportar el agua potable a través de bombas centrifugas multi-etapas, a lugares altos donde existen tanques de reserva y muchas de las veces no llegan por gravedad el liquido, y en algunas veces se operan cuando hay falla de la línea que se alimenta por gravedad.

Estas también son abastecidas por la red de distribución principal o algunas veces otro tanque ubicado en las plantas de tratamiento. Estas poseen igualmente ductos de desagüe y desborde con válvulas de operación manual para casos de

emergencia cuando hay desborde o para evacuar el agua para realizar mantenimiento y aseo. Para asegurar un mínimo de reserva de agua para funcionar las bombas contienen una cámara denominada “húmeda” que tiene una válvula de control por flotador que controla su nivel para evitar desbordes y de forma automática.

En todas las estaciones de bombeo de la ciudad no percato la ausencia en la tubería de impulsión un macro-medidor de caudal para vigilar el flujo bombeado hacia los tanques de reserva.

Para accionar las bombas se encuentran tableros de control por cada bomba donde existen protecciones y arrancadores de motores tipo estrella-triángulo utilizando tecnología electromecánica con relés de potencia gobernados por botoneras manuales y un temporizador para hacer el cambio de configuración de las bobinas del motor asíncrono, además aquí existen instalados medidores, de corriente y voltaje analógicos de tipo convencional por fase.

Hemos tomados los datos de ubicación geográfica por GPS de todas las estaciones de bombeo que se tienen operando en la red:

NUM.	NOMBRE DE LA ESTACION	LATITUD GEOGRAFICA	LONGITUD GEOGRAFICA	ALTURA (msnm)
1	ESTACION DE BOMBEO CONSACOLA – BOLACACHI – SIGSICHACA	S03°58,059	W079°12,629	2036
2	ESTACION DE BOMBEO LAS PITAS “CHOFERES”	S03°58’10	W079°12’40	2055

3	ESTACION DE BOMBEO "ESTANCIA NORTE"	S03°58'02	W079°12'20	2074
4	ESTACION DE BOMBEO CLODOVEO JARAMILLO ALVARADO # 1	S03°58'34	W079°12'16	2060
5	ESTACIÓN DE BOMBEO # 2 CLODOVEO JARAMILLO ALVARADO	S03°58'36	W079°12'45	2064
6	ESTACION DE BOMBEO DE BORJA BELEN	S03°58'47	W079°12'45	2130
7	ESTACION DE BOMBEO A PLATEADO	-	-	2246
8	ESTACION DE BOMBEO "NOR – OCCIDENTAL"			2080
9	ESTACION DE BOMBEO "SANTA ROSA"			2123
10	ESTACION DE BOMBEO "OCCIDENTAL" (LAS PEÑAS)	S04°00'15	W079°12'35	2135
11	ESTACION DE BOMBEO LA PRADERA	S04°00,824	W079°12,053	2164
12	ESTACION DE BOMBEO EL ROSAL			2162
13	ESTACION DE BOMBEO EPOCA #1	S04°00'25	W079°12'26	2114
14	ESTACION DE BOMBEO EPOCA # 2	S04°00'32	W079°12'40	2200
15	ESTACION DE BOMBEO DE UNION LOJANA	S04°01'49	W079°12'14	2100
16	ESTACION DE BOMBEO DE YAHUARCUNA	S04°00,824	W079°12,053	2132
17	ESTACION DE BOMBEO HEROES DEL CENEPA	S04°01'28	W079°12'40	2135
18	ESTACION DE BOMBEO TIERRAS COLORADAS (CURITROJE)			2437
19	ESTACION DE BOMBEO PLANTA CURITROJE "LAVADO DE FILTROS"			2437
20	REDONDEL DE LA UNL	S04°00'15	W079°12'35	2140
21	AVENIDA HEROES DEL CENEPA			
22	ESTACIÓN DE BOMBEO LA TEBAIDA			

Tabla. 2.1 Resumen de estaciones del sistema de agua potable actuales.

En la figura 2.2 se muestra de manera general el esquema de una estación de bombeo, aquí podemos ver la existencia de válvulas de compuerta e hidráulicas para el control de caudales de entrada y salida, además de los grupos motor-bomba que se encargan de elevar el agua hasta las cotas de nivel máximo de los tanques de reserva que abastecen.

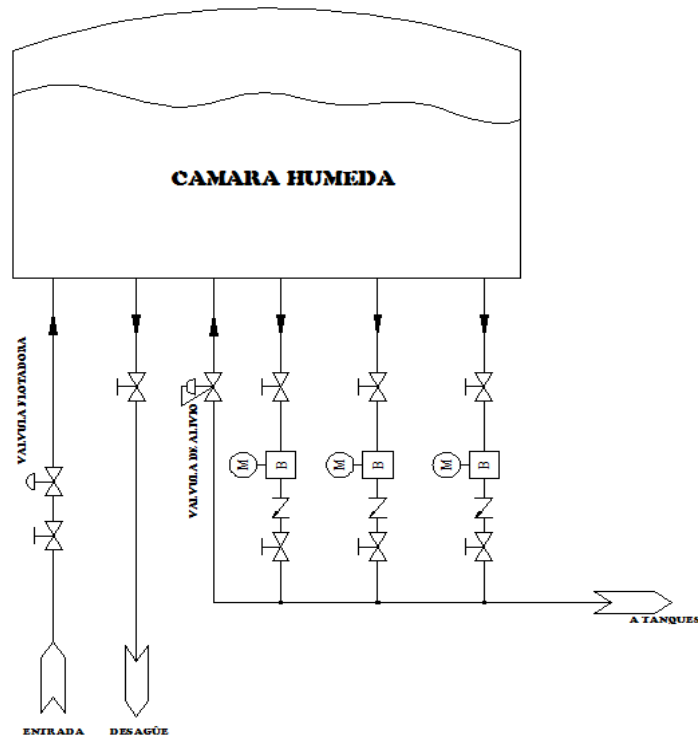


Figura 2.2 Diagrama General de una Estación de Bombeo Típica.

2.4.2 Tanques de Reserva.

Son empleados generalmente como elementos de última milla para el almacenamiento de agua potable y abastecer a la red domiciliaria de una zona específica, la reserva total de la ciudad la conforma los distintos conjuntos de tanques distribuidos y emplazados para servir a distintos puntos de la ciudad, estos son abastecidos mediante conducciones desde la Planta de Tratamiento y/o desde las redes principales, cuya función primordial es la de por un lado equilibrar las diferencias existentes entre caudales de entrada desde la Planta que son constantes y los caudales de consumo que son generalmente

variables más un volumen adicional para emergencias tales como incendios.

Se realizó la inspección de campo y hemos tomado los datos generales de todos los tanques de reserva incluido el posicionamiento con GPS y resumimos que en la actualidad la UMAPAL tienen operando en la red los siguientes tanques de reserva:

NUM.	NOMBRE DE LA ESTACION	LATITUD GEOGRAFICA	LONGITUD GEOGRAFICA	ALTURA (msnm)	CAPACIDAD (m ³)
1	TANQUE ZONA B 2 N° 35 SAUCES NORTE	S03°56,3 84'	W079°13,5 85'	2041	300
2	TANQUE ZONA B 2 N° 34 SAUCES NORTE	S03°56,4 26'	W079°13,7 23'	2056	500
3	TANQUE MOTUPE ALTO	S03°56,9 98'	W079°14,0 85'	2200	1000
4	CARIGAN	S03°57,7 75'	W079°14,5 96'	2287	1000
5	TANQUE AMABLE MARÍA	S03°56,6 48'	W079°12,4 91'	2051	1000
6	CARIGAN	S03°56,8 33'	W079°13,6 27'	2097	1000
7	CARIGAN	S03°56,8 33'	W079°13,6 27'	2097	1000
8	ESTANCIA NORTE	S03°57,8 75'	W079°12,2 86'	2109	50
9	TANQUE ZONA 1 SAMANA	S03°58,6 18'	W079°11,4 93'	2219	200
10	TANQUE ZONA 2 SAMANA	S03°58,6 13'	W079°11,5 03'	2225	200
11	TANQUE ZONA 3 SAMANA	S03°58,6 13'	W079°11,5 03'	2225	200
12	SAMANA ALTO	S03°58,6 15'	W079°11,4 96'	2245	
13	ZAMANA OTRA LÍNEA	S03°58,6 27'	W079°11,7 16'	2178	200
14	SAN CAYETANO BAJO	S03°59,6 60'	W079°11,7 21'	2164	
15	ENTRADA JULIO ORDÓÑEZ	S04°02'2 2	W079°12'2 7	2205	
16	TANQUE ZONA 1 N° 13 LA ARGELIA	S04°02'3 5	W079°12'3 1	2239	
17	TANQUE ZONA 1 N° 14 ESTEBAN GODOY	S04°01'4 9	W079°12'3 7	2204	1000
18	UNIÓN LOJANA	S04°00'5	W079°12'2	2160	

		8	8		
19	TANQUE ZONA 3 N° 15 PUNZARA	S04°01'1 9	W079°13'1 1	2250	1000
20	TANQUE ZONA 3 N° 16 CURITROGE1	S04°01'1 6	W079°13'3 5	2335	500
21	TIERRAS COLORADAS	S04°01'0 0	W079°14'2 6	2470	500
22	TIERRAS COLORADAS	S04°00'5 2	W079°14'3 1	2444	25
23	TANQUE ZONA 3 N° 17 CURITROGE2	S04°00'4 7	W079°13'1 2	2285	500
24	TANQUE ZONA 2 N° 19 SAN PEDRO	S04°00'3 8	W079°13'0 7	2274	200
25	TANQUE ZONA 2 N° 21 CAPULÍ	S04°00'0 8	W079°12'5 1	2270	400
26	TANQUE ZONA 2 N° 22 CAPULÍ	S04°00'0 9	W079°12'4 9	2261	400
27	TANQUE ZONA 2 N° 20 SAN PEDRO	S04°00'2 6	W079°12'4 5	2215	50
28	TANQUE ZE 6 N° 11 EL ROSAL	S04°01'2 4	W079°11'4 5	2235	400
29	TANQUE ZE 6 N° 12 EL ROSAL	S04°01'2 4	W079°11'4 6	2235	400
30	TANQUE ZE 6 N° 8 PRADERA	S04°00'4 0	W079°11'4 3	2190	200
31	TANQUE ZE 6 N° 9 PRADERA	S04°00'4 0	W079°11'4 3	2190	200
32	TANQUE VÍA AL TELEFÉRICO	S04°00'4 0	W079°11'4 3	2190	200
33	TANQUE ZCA N° 3 PUCARÁ	S04°00'2 5	W079°11'4 9	2167	1000
34	TANQUE ZCA N° 4 PUCARÁ	S04°00'2 5	W079°11'4 9	2167	1000
35	TANQUE ZCA N° 5 PUCARÁ	S04°00'2 5	W079°11'4 9	2167	1000
36	TANQUE RPP PUCARÁ	S04°00'2 7	W079°11'4 6	2175	200
37	TANQUE ZCM N° 4 PUCARÁ	S04°00'1 9	W079°11'5 5	2140	1000
38	TANQUE ZCM N° 7 PUCARÁ	S04°00'2 2	W079°11'5 6	2140	1000
39	TANQUE ZC N° 38 SAN CAYETANO	S03°59'2 8	W079°11'5 3	2120	800
40	TANQUE ZC N° 39 SAN CAYETANO	S03°59'2 8	W079°11'5 4	2119	800
41	TANQUE ZC N° 40 SAN CAYETANO	S03°59'2 8	W079°11'5 4	2118	800
42	TANQUE ZE N° 37 SANTA ROSA	S03°59'2 5	W079°11'4 3	2155	50
43	TANQUE ZE N° 41 SAN CAYETANO ALTO	S03°59'2 6	W079°11'3 4	2175	100
44	TANQUE Z B N° 32 CLODOVEO JARAMILLO	S03°58'4 2	W079°12'4 6	2165	100
45	TANQUE Z B N° 31 CLODOVEO JARAMILLO	S03°58'4 2	W079°12'4 7	2165	100
46	TANQUE Z B N° 30 CLODOVEO JARAMILLO	S03°58'4 7	W079°12'4 5	2130	100
47	TANQUE Z B N° 33 LAS PITAS	S03°58'2 0	W079°12'5 4	2108	200

48	TANQUE Z B N° 29 BELÉN	S03°58'4 5	W079°13'5 8	2240	1500
-	TANQUE Z B N° 28 BELÉN	S03°58'4 4	W079°13'5 8	2245	1500
49	TANQUE Z B N° 27 BELÉN	S03°58'4 2	W079°13'5 8	2245	25
50	TANQUE Z4 N° 27 PLATEADO	S03°59'1 1	W079°14'2 3	2310	50
51	TANQUE Z3 N° 24 SAN VICENTE	S03°59'2 7	W079°12'4 3	2160	200
-	TANQUE Z3 N° 25 SAN VICENTE	S03°59'2 4	W079°12'4 4	2175	400
52	TANQUE Z3 N° 26 SAN VICENTE	S03°59'2 4	W079°12'4 5	2175	400
53	TANQUE Z2 N° 21 ÉPOCA	S04°00'3 2	W079°12'4 0	2180	400

Tabla. 2.2 Resumen de estaciones del sistema de agua potable actuales.

En el sistema de agua potable de la UMAPAL se designa a un operador que se encarga de la gestión de dos o tres estaciones, en donde se dedica a la labor diaria de registrar en papel las lecturas de nivel de los tanques de reserva y caudales de salida. Para evitar desborde de tanques de reserva se realiza las maniobras sobre válvulas de compuerta operadas manualmente o con válvulas flotadoras hidráulicas automáticas, la verificación de los niveles de cloro residual muchas de las veces no se lo hace y si se lo hace es de forma visual con la toma de una muestra de agua y se le agrega reactivos.

La mayoría de tanques de distribución consisten en una celda o dos cerradas de fabricación de hormigón armado las que tienen una configuración de tuberías de entrada/salida y cada una de éstas posee una válvula de control manual por manivela.

En los tanques de reserva existen ductos de desagüe y desborde con válvulas de operación manual para casos de emergencia cuando hay desborde o para evacuar el agua para realizar mantenimiento y aseo. El tanque también tiene una válvula de control por flotador que controla el nivel del tanque para evitar desbordes, estas son automáticas y funcionan de forma hidráulica para los niveles mínimo y máximo. En la tubería de salida se encuentra está instalado un macro-medidor de caudal con lectura analógica y para valores instantáneos y un totalizador para indicación numérica de total de flujo entregado a la red. En la figura 2.3 se muestra de manera general el esquema de un tanque de reserva de distribución.

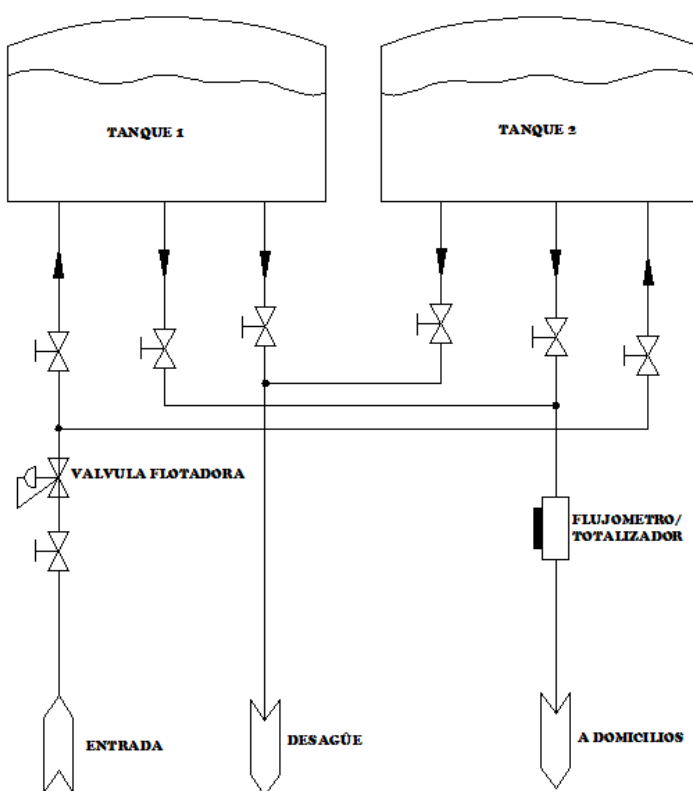


Figura 2.3 Diagrama General de un Tanque de Reserva
Típico.

Las estaciones de reserva no cuentan con paneles metálicos para medidores/indicadores sensores de flujo, medidores de nivel de agua, ni tampoco existen registradores gráficos para las variaciones del caudal y nivel en función del tiempo, tampoco existe suministro de energía eléctrica para instalación de algunos equipos electrónicos.

2.4.3 Plantas de Tratamiento.

Las plantas son instalaciones civiles y electromecánicas que se las emplea en funciones de potabilización del agua “cruda” (sin procesar) donde requieren piscinas, tanques, y máquinas que cumplen diferentes etapas como: filtrado, sedimentado, bombeo.

En las plantas de tratamiento, el agua procesada es conducida por los sistemas de transmisión hacia los tanques de distribución y almacenamiento, además de las estaciones de bombeo para su posterior conducción a las redes de distribución. Las plantas de tratamiento emplean 2 sistemas de tratamiento de aguas crudas:

- Floculación, clarificación, filtración y desinfección.
- Floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

2.4.4 Líneas de Distribución.

Las líneas de distribución primaria son tuberías de corto diámetro de diferente material como acero y PVC. El diámetro puede ser de 1 a 44 pulgadas. Las líneas de distribución

secundaria son tuberías que complementan a las primarias y su papel es llevar el agua potable hacia destinos finales para diferentes usos como son el doméstico, comercial, empresarial, industrial u otros. La forma y estructura de esta red se ajusta al trazado urbano de la red vial de los distintos barrios de la Ciudad.

2.4.5 Instalaciones y equipos existentes.

Se han identificado los equipos existentes para la medición de caudal, nivel, presión, bombas y motores, tableros de control y arranque. Para todo esto se han definido la marca, el estado y capacidades. También se ha identificado las instalaciones eléctricas y la disponibilidad de servicio eléctrico, el tipo de servicio, el voltaje, el número de fases. Por último se han identificado las obras hidráulicas por medio de los diámetros de tuberías, de válvulas y tipo de actuación. Los detalles del estado actual de estas instalaciones y equipos actualmente trabajando se muestran en el Anexo 1.

2.5 Resumen del diagnóstico de estado actual.

La Red de Distribución de la ciudad de Loja administrada por la UMAPAL, no posee un sistema de automatización y supervisión, a excepción de la nueva planta potabilizadora de Carigán. La mayoría de tanques de reserva no dispone de servicio eléctrico, y sus instalaciones físicas tienen un

deficiente estado donde se requiere un inmediato mantenimiento.

Los tanques de reserva por estar en lugares alejados y altos de la ciudad, están propensos al vandalismo y delincuencia, lo que puede provocar pérdida de equipos por robo, la seguridad de las instalaciones es insuficiente y debe instalarse algún medio de supervisión de accesos y alarmas en sus instalaciones.

Existen problemas con los sistemas de control de las válvulas flotadoras en tanques de reserva aun cuando son automáticas, debido a que existen muchas pérdidas por desbordes periódicos de líquido en los tanques. La medición de niveles en tanque se la realiza de manera visual introduciendo una vara o segmento de tubería para estimar su altitud. Los reportes de caudales y de concentración de cloro se los realiza en el sitio de manera escrita.

Se ha percatado la inexistencia de instrumentos de medición de presión, caudal, y más parámetros de calidad y funcionamiento en estaciones de bombeo y en algunos casos no están trabajando operativamente algunos grupos motor-bomba por falta de mantenimiento o daño, para lo cual se requiere realizar el mantenimiento respectivo o la compra de equipos nuevos para el bombeo en caso de ser conveniente.

Conclusión: En el presente capítulo se ha realizado el diagnóstico del estado actual del sistema de agua potable de la ciudad de Loja en el capítulo siguiente realizaremos el proceso secuencial de diseño del sistema de Telemetría y Telecontrol del mismo, siguiendo como base la lógica de estructura de la pirámide CIM, esto con el fin de obtener un mejor detalle de los distintos componentes del sistema y además tener una mejor comprensión del sistema por niveles.

Capítulo 3

Diseño del Sistema de Telemetría y Telecontrol (Scada)

En este capítulo se realizara el diseño del sistema de Telemedición y Telecontrol basándonos en las necesidades que tiene el actual sistema de red agua potable de la ciudad de Loja.

3. Diseño del Sistema de Telemetría y Telecontrol (Scada).

3.1 Introducción.

Para elaborar eficientemente las fases de diseño del sistema, se ha seguido como modelo de referencia la pirámide de CIM de automatización de sistemas a fin de tener un avance organizado y secuencial en el diseño, apegándonos a estándares que nos puedan llevar a la determinación de las especificaciones de los equipos e instalaciones que servirán para la elaboración de los pliegos de licitación necesarios para la ejecución de este proyecto en el futuro.

3.2 Bases de Diseño.

El sistema de distribución de agua potable de la ciudad de Loja está actualmente en un proceso de modernización del equipamiento mecánico, hidráulico, equipos tecnológicos, la parte de automatización de proceso, equipamiento eléctrico, así como civil y para ello ha puesto su personal en función de desarrollar las tareas técnicas en cada frente, ejemplo de ello es la nueva planta de tratamiento de agua potable de Carigán totalmente automatizada y supervisada por elementos electrónicos de control y computador. Además se está realizando las gestiones del Proyecto “Regenerar” que uno de sus objetivos es el cambio completo de la tubería de agua

potable y elementos de control del Centro Histórico de la ciudad.

Para mejorar los procesos de gestión del recurso, es conveniente una correcta supervisión del recurso y esto implica el uso eficaz de los siguientes componentes del sistema de la red de agua potable:

- Control de elementos remotos.
- Monitorización.
- Tele-medición.
- Análisis de datos.
- Protección.

Con el sistema actual es casi imposible realizar estas funciones debido a la gran cantidad de dispositivos electromecánicos que existen y la ausencia de procesamiento de la información, lo cual limita cualquier intento de optimización del sistema de agua potable.

Para obtener la información deseada en el proceso de diagnóstico, se dividió el trabajo en las siguientes partes:

- Realización del proceso de entrevistas y encuestas con el personal involucrado en las operaciones y mantenimiento del sistema.
- Revisión de la documentación existente del sistema de distribución de agua potable.
- Análisis de Esquemas Hidráulicos.
- Análisis de Esquemas eléctricos de fuerza y control actuales.

- Digitalización de Planos de diseño de los aparatos en los tanques de reserva y estaciones de bombeo.
- Inspección y actualización del estado actual de los aparatos en los tanques de reserva y estaciones de bombeo.

3.3 Proceso de entrevistas.

A través de este proyecto se logró hacer una recopilación de información; tanto desde el punto de vista del personal de operación, como de mantenimiento. Donde cada uno emitió su opinión acerca de la operatividad actual y la necesidad de tener una determinada información y la posibilidad de maniobrar de forma más rápida y eficiente el sistema, estableciendo de esta manera sus necesidades de monitoreo y supervisión.

En base a esto se determino que se necesita información y control de forma rápida y segura de:

- Equipos de operación y control de la red de agua.
- Estados del equipamiento en general.
- Determinados parámetros eléctricos como corriente, potencia activa, potencia reactiva, energía consumida.
- Monitoreo y control de válvulas en los tanques de reserva y estaciones de bombeo.
- Control de bombas en estaciones de bombeo.
- Nivel de agua en cámaras húmeda y tanques de reserva.
- Caudal de salida en tanques de reserva y estaciones de bombeo.
- Presión hidráulica de salida de estaciones de bombeo.

- Disponer de información sobre las diferentes manipulaciones realizadas con el equipamiento.
- Contar con históricos de variables de funcionamiento.
- Reportes instantáneos de principales parámetros.
- Contar con el número de disparos de interruptores.
- Realización de un adecuado control sobre el equipamiento, de manera que se tomen en el menor tiempo las medidas correctas ante cualquier situación.
- Contar con el histórico de las fallas y de las causas que las provocaron.
- Disponer de gráficos para el análisis del comportamiento en el tiempo de determinados parámetros.

En vista de lo anteriormente expuesto se ha establecido que las estaciones que se deberán tomar en cuenta para la automatización y telemetría son los siguientes:

- Tanques de Reserva.
- Estaciones de Bombeo.

3.4 Diseño del Sistema de Tele-medición y Tele-control de acuerdo a la Pirámide CIM de automatización de sistemas.

Con el fin de tener una eficiente secuencia de diseño de los diferentes elementos del sistema de Telemetría y Telecontrol de la red de agua potable, hemos adoptado como modelo de referencia la pirámide CIM de automatización de cualquier sistema o proceso (Fig 1.2), para esto siempre empezaremos por abordar el análisis de las comunicaciones que sirven de

interfaces entre cada nivel y luego el equipamiento de medición y/o control que corresponda al nivel en cuestión.

3.5 Diseño del sistema en el Nivel 0 (Proceso).

El nivel 0 corresponde al nivel sensor/actuador o de proceso, es donde se recoge las señales de funcionamiento del sistema necesarios para ser trasladados hacia los elementos de adquisición de datos, control y sistema SCADA en el Centro de Control, este es el nivel más bajo de la pirámide CIM.

3.5.1 Comunicaciones en Nivel 0.

En este apartado se analizarán las comunicaciones de campo que conforman los sensores/actuadores a cargo de brindar la interfaz con el proceso a supervisar y controlar.

a. Sistema de transporte de la señal.

Debido a que las distancias entre los elementos sensores/actuadores es pequeña (menor a 50 metros), es económicamente conveniente utilizar un sistema de transporte de señales por cable eléctrico, debido a su bajo costo e inmunidad al ruido electromagnético si se utiliza un par trenzado de cobre con enchaquetamiento conectado a tierra.

b. Sistemas de transmisión de la señal.

Se lo realizará con un par de cables (2 hilos) por cada uno de los sensor/actuador con una longitud real máxima de 50 metros, con cable trenzado número 16 AWG con recubrimiento

metálico de la chaqueta que hará la labor de un apantallado electromagnético para evitar distorsiones de la señal por ruido del entorno.

c. Protocolos de comunicación.

Por su simplicidad, bajo costo y confiabilidad se ha escogido el protocolo a nivel físico de niveles de tensión 0-24 Vcc para las señales de E/S digitales y en niveles de corriente 4-20 mA para las señales de E/S analógicas.

Las señales digitales de salida se utilizarán para alimentación de relés de control, bobinas de fuerza etc., y se lo realizará con tensión de 24 Vcc, de igual forma para las señales de entrada en cuanto al monitoreo de estado de dispositivos.

Para las señales entrada/salida analógicas estará en el rango de corriente 4-20 mA que vendrá de los medidores analógicos instalados en las estaciones. Se adoptó esta configuración de transmisión de señales porque es una tecnología muy difundida, de bajo costo y no tiene problemas en la distorsión producto del ruido electromagnético del entorno si se utiliza el cable con recubrimiento de protección adecuado.

d. Topología.

En este nivel la topología de comunicación es únicamente posible a través de la configuración **estrella**, ya que cada par

de cables tiene que salir de los módulos de E/S de los PLC, variadores etc.

e. Modo de diálogo.

Entre el sensor/actuador y el elemento activo de control se tiene una forma de comunicación *simplex*.

Tiempo real. El tiempo de respuesta entre sensor/actuador y sistema de control/adquisición de datos en este nivel no sobrepasara los 15 ms.

3.5.2 Equipos de Medición de variables físicas en el Nivel 0.

Para realizar el control automático de un proceso se debe primero realizar la medición de la variables que intervienen en el mismo, para esto empezaremos por determinarlas y en base a ello seleccionar el método más adecuado para esta aplicación. Para la selección de los sensores/trasmisores de señal en este nivel, se tomara en cuenta que el grado de protección de las envolventes (carcasas) de estos instrumentos de campo esté aprobado bajo norma de IEC 60529:2001 (código IP). En la selección del medidores se procedió a analizar las diferentes soluciones que ofrecen fabricantes en el mundo y para esto se escogieron las más reconocidas en cada caso, teniendo muy en cuenta que el fabricante debe ser una compañía con certificación ISO 9000.

3.5.3 Variables de entrada en las estaciones de bombeo:

En base a las inspecciones de campo realizadas en todas las estaciones de bombeo de la red de distribución de agua potable se pudo determinar que todas funcionan en similares condiciones, siendo deducida la necesidad de adquirir las siguientes variables de proceso:

Nro.	DESCRIPCION	TIPO DE VARIABLE
1	Nivel de agua en cámara húmeda.	Analógica
2	Presión en tubería de impulsión.	Analógica
3	Caudal de salida en tubería de impulsión.	Analógica
4	Nivel de Turbidez.	Analógica
5	Nivel de Ph.	Analógica
6	Nivel de Cloro residual.	Analógica
7	Estado de apertura de válvula de entrada.	Analógica
8	Intruso en Gabinetes de Control de equipos.	Digital
9	Intruso en puerta de Caseta.	Digital
10	Sensor de presencia dentro de caseta.	Digital

Tabla 3.1 Variables de entrada de las estaciones de bombeo.

Se analizo los rangos de funcionamiento de cada variable de acuerdo al sistema y se procedió a determinar el medidor más adecuado para el caso.

3.5.3.1 Variables de entrada analógicas.

a) Medición de nivel de agua en cámara húmeda.

La altura máxima encontrada en las cámaras húmedas con valores netos y de desborde en la mayoría de estaciones de bombeo de la red de agua potable de la ciudad de Loja son las siguientes:

- Altura neta máxima: 3.18 m
- Altura neta mínima: 1.60 m.
- Altura de desborde máxima: 3.00 m
- Altura de desborde mínima: 1.30 m

Se toma en cuenta el rango altura de desborde de 3.00 metros para el medidor de nivel.

En medidor deberá cumplir los siguientes requerimientos:

- Apto para ambientes de humedad alta.
- Protección contra líquidos (agua).
- Medición no invasiva.
- Salida de señal en corriente eléctrica 4-20 mA.

En el mercado existen varios métodos de medición de nivel, los más adecuados para nuestro caso son:

- Transmisores de nivel por medición de presión estática del fluido.
- Transmisores de nivel por radar de superficie.
- Transmisores de nivel por capacitancia del fluido.
- Transmisores de nivel por flotador en la superficie del fluido

- Transmisores de nivel por ultrasonido de la superficie del fluido.

De todos ellos los que cumplen con el requisito de no ser invasivos son los medidores de nivel ultrasónico y de radar, así se asegurará una vida útil del sensor mayor, pero de los dos, el medidor de radar no es aconsejable para rangos de 0 a 5 metros pues su intervalo de medida (rango) supera las decenas de metros, es por eso que la tecnología adecuada para este caso sería la ultrasónica en el rango de 0 a 3.0 metros.

Para la determinación de especificaciones de este tipo de instrumento de medición, se ha investigado en el mercado una gran cantidad de catálogos de productos de las principales empresas fabricantes de estos equipos, se analizó las soluciones de cada empresa y se dedujo las especificaciones más importantes para nuestro caso. Estas son:

Especificaciones de los Medidores de Nivel Ultrasónicos en cámaras húmedas.

- Rango: 10 cm a 3 m (4" - 9.8') (+/- 20%)
- Exactitud: 3 mm (0.125")
- Banda muerta: 10 cm (4")
- Voltaje de alimentación: 12 a 28 Vdc
- Resistencia: 600 Ω máx. (24 Vdc)
- Señal de salida: 4 a 20 mA, 2-hilos
- Temperatura ambiente: 60°C
- Compensación de temperatura: Automático
- Tipo de protección: NEMA 6 (IP67).

- Acoplamiento conduit para cables: $\frac{1}{2}$ -NPT
- Montaje: 1- NPT

b) Medición de presión manométrica en tubería de impulsión.

Para supervisar la salida efectiva de presión en la tubería de impulsión de las estaciones de bombeo se instalará un medidor de presión manométrico que brinde opciones de indicación en campo y señal de salida en corriente eléctrica normalizada de 4-20 mA.

Para esto es necesario conocer las alturas geodésicas máximas y mínimas existentes en la mayoría de estaciones de bombeo con el fin de determinar el rango de presión nominal al que estarán expuestos, la altura geodésica corresponde a la diferencia entre la cota de la estación de bombeo y la cota de ubicación de tanques de reserva.

Con un altímetro se realizan las mediciones de cotas de cada estación y su respectivo tanque de reserva al que alimenta y se determino la diferencia de alturas que tiene entre estos, los valores máximos y mínimos encontrados los exponemos a continuación:

- Diferencia de Altura máxima encontrada entre una estación de bombeo y su tanque de reserva: 120 m.
- Diferencia de Altura mínima encontrada entre una estación de bombeo y su tanque de reserva: 42 m.

En vista de aquello se acepta como valor un rango altura de 120 metros de columna de agua para el cálculo del rango de presiones del medidor en tubería de impulsión de las estaciones de bombeo, añadiremos un 20% de rango adicional para que cubra las sobrepresiones que puedan producirse en la línea.

Rango del Medidor de presión = $120 \text{ mca} \times 1.20 = 144 \text{ mca}$.
(Metros de columna de agua)

Esto es aproximadamente 204 PSI.

Entonces tomando un valor entero de funcionamiento, el manómetro deberá cumplir los siguientes requerimientos:

- Rango: 10- 200 PSI (+/- 10%).
- Protección del equipo electrónico contra líquidos (agua).
- Tipo de Medición invasiva.
- Salida de señal en corriente eléctrica 4-20 mA.

De igual forma se investigo en el mercado las distintas soluciones que ofrecen las empresas constructoras reconocidas de estos instrumentos y se consulto los catálogos de productos de aquellas con el fin de abstraer las especificaciones mínimas que deben cumplir para nuestro caso, estas son:

Especificaciones de los Manómetros Electrónicos en tubería de impulsión.

- Rango de presión: 0-200 PSI. (+/- 5%)
- Alimentación: 9 a 30 Vcc.

- Señal de salida: 4 a 20 mA Vcd. (a 2 hilos)
- Exactitud: 0,5% como mínimo (incluye linealidad, histéresis y repetitividad)
- Banda de error total: 1% (incluye efectos de la temperatura dentro del rango de compensación de temperatura)
- Temperatura de funcionamiento: 0 a 60 °C
- Compensación de Temperatura automática: 0 a 75 ° C (-13 a 167 °F)
- Humedad del ambiente sin condensación: hasta 95%
- Vibración al que puede estar sometida: hasta 10 g.
- Conexión de proceso: 1/8 NPT macho.
- Conexión eléctrica: cable 24 AWG
- Protección RFI / EMI
- Sobrepresión máxima: hasta 4 veces la presión máxima nominal.
- Tiempo de respuesta: 15 ms máximo.
- Indicación en campo de forma alfanumérica.
- Grado de Protección mínima: IP 65
- Cuerpo del sensor: Acero inoxidable 316L

c) Medición de Caudales de salida en tuberías de impulsión.

Se realizo pruebas de campo para determinar los caudales de entrega reales en cada bomba, esto se lo realizo midiendo el volumen de descarga en un tiempo determinado, y con esto se pudo establecer los caudales de salida máximos y mínimos en general registrados en cada una de las bombas de las estaciones de bombeo, estos fueron:

- Caudal de salida neto máximo entregado por una bomba: 21.11 lit/seg
- Caudal de salida neto mínimo entregado por una bomba: 1.17 lit/seg

El número máximo de grupos de motor/bomba registrados en la estaciones de bombeo del sistema de agua potable de la ciudad de Loja es de 3 grupos conectados en paralelo, para lo cual el caudal total máximo que se puede entregar es el de tres bombas funcionando al mismo tiempo, esto es:

$$Q_{\max}=21.11 \text{ lit/seg} \times 3= 63.33 \text{ lit/seg. (1005.23 GMP)}$$

Por lo que se deberá tener en cuenta un rango de medición de caudal igual a 1000 GPM (galones por minuto) para la selección del medidor de caudal de salida.

El diámetro en tuberías de impulsión existentes en las estaciones de bombeo son de 4", 6" y 8".

Por lo tanto el medidor de caudal o flujo de agua deberá cumplir los siguientes requerimientos:

- Apto para ambientes de humedad alta.
- Protección contra líquidos (agua).
- Medición no invasiva.
- Salida de señal en corriente eléctrica 4-20 mA o protocolo de comunicación de campo.

En la técnica existen varios métodos de medición de caudal:

- Transmisores de caudal por vórtices.
- Transmisores de caudal por turbinas.

- Transmisores de caudal electromagnéticos.
- Transmisores de caudal por ultrasonidos.
- Transmisores de caudal por diferencial de presiones (plato de orificio).
- Transmisores de caudal por tubo de Annubar.

De todos ellos los que no utilizan un método de medición invasivo son los electromagnéticos y ultrasonidos. De estos dos el más aconsejable para nuestro caso es el medidor de **caudal electromagnético** por cuanto no está en contacto directo con el líquido a medir y tendrá una vida útil mayor. Las ventajas de este tipo de medidor es que no posee filtros instalados, tampoco piezas móviles que se atasquen o desgasten, además de asegurar un mínimo de pérdidas de presión en la línea. Debido a su simplicidad, su montaje es simple con solo un acople con bridas lo que simplifica el costo de mano de obra.

En el mercado mundial existen diferentes constructores de estos equipos de medición, pero se concluyo que las especificaciones generales para este medidor son:

ESPECIFICACIONES DE MEDIDORES DE CAUDAL:

- Protección de inserción (IP 66)
- Diámetro: De acuerdo a cada estación de bombeo.
- Especificación de funcionamiento: 0-1000 GPM
- Rango de velocidades: 0,3 m/s a 12 m/s.
- Precisión: menor al 0,5%.
- Repetitibilidad: menor al 0,25%
- Salida: 4-20 mA, pulsos, Switch de estado.
- Material del liner: Poliuretano.

- Electrodo intercambiables.
- Material de los electrodos: Hastelloy C4.
- Conexión: Bridada, ANSI 150 Lbs.
- Con certificado de calibración de al menos 3 puntos.
- Display: LCD cuatro líneas, 16 caracteres por línea

d) Medición de niveles Turbidez (turbidímetro) en estaciones de bombeo.

El equipo analizador deberá estar basado en microprocesador. Deberá contar con una salida 4-20mA (dos hilos) proporcional a la turbidez del líquido medido sobre el rango especificado.

ESPECIFICACIONES DE LOS MEDIDORES DE TURBIDEZ:

- Rango de medición: 0 – 1000 NTU
- Rango de Presión: atmosférica.
- Tensión de alimentación: 100 – 230 Vac 60 Hz 0 24 Vdc
- Señal de Salida: 4 – 20 mA Vdc.
- Tipo: para medición en línea
- Método de medida: sistema de dos fuentes de luz y dos foto-detectors para compensación automática de los errores de medición causados por variación en la intensidad lumínica de las fuentes de luz.
- Temperatura ambiente: -2° C a 60 °C.
- Protección mínima de la electrónica: IP65
- Exactitud: + 2%.
- Sensibilidad: 0,01 NTU
- Estabilidad: 0,1% sobre el rango seleccionado.
- Repetibilidad: mejor que 0,1%
- Tipo de Sensor: para inmersión en tanques, auto-limpiantes, contruidos en acero inoxidable.

e) Medición de pH en estaciones de bombeo.

El equipo analizador deberá estar basado en microprocesador. Deberá contar con una salida 4-20mA proporcional al pH del líquido medido. Deberá poseer compensación automática de temperatura. El fabricante de estos equipos será una compañía con certificación ISO 9000.

ESPECIFICACIONES DE LOS MEDIDORES DE PH:

- Salida: 4-20 mA
- Rango: 0-14 pH
- Precisión: 2%.
- Presión máxima: 40 psi
- Voltaje: 10-30 VDC
- Temperatura: -5 a +55°C.

f) Medición de Cloro residual.

El equipo analizador deberá estar basado en microprocesador, con teclado frontal y display de LCD para indicación, monitoreo y configuración total del sistema. Deberá contar con una salida 4-20 mA DC proporcional al cloro residual medido en el líquido. El analizador poseerá compensación automática de temperatura además de su software de configuración y un juego de cables y/o adaptadores necesarios para conectarlo a una PC a través del puerto serial RS-232. El fabricante de estos equipos será una compañía con certificación ISO 9000

ESPECIFICACIONES DE LOS MEDIDORES DE CLORO RESIDUAL:

- Rango de medición: 0-10 ppm (partes por millón).
- Señal de Salida: 4 – 20 mA Vdc.
- Comunicaciones: RS-485/Profibus DP.
- Rango de Presión: atmosférica.
- Velocidad de flujo: según especificaciones técnicas generales.
- Temperatura ambiente: -2° C a 60 °C.
- Protección mínima de la electrónica: IP65
- Exactitud: + 0,25%.
- Sensibilidad: 0,001 ppm.
- Estabilidad: + 0,1% por mes.
- Repetitibilidad: 0,004 ppm.

g) Medición de estado de apertura de válvula de entrada.

Para la medición de posición de apertura de la válvula de entrada de agua en cámaras húmedas se deberá incorporar la instalación de un transmisor de posición con salida 4-20 mA de forma que pueda servir como el elemento sensor del lazo cerrado para controlar el nivel y evitar reboses y por ello perdidas del recurso. En este caso las especificaciones del transmisor no se la va a considerar pues las válvulas de control electrónico tienen incorporado este transmisor, en este caso se dejara la opción de utilizar cualquier tecnología que el fabricante de la válvula crea conveniente, lo único es que la

señal de salida del transmisor de posición entregue en niveles de señal de salida de corriente 4-20 mA.

3.5.3.2 Variables de entrada digitales.

Para todas las entradas digitales estipuladas en esta sección se ha previsto realizarlas con los niveles de tensión de 24 Vcc. Los elementos sensores estarán conformados por un relé que realizara la opción de cierre o apertura del circuito que alimentara la entrada de sistema de adquisición de datos.

a) Intruso en puerta de Caseta.

Para el monitoreo de la seguridad en el acceso hacia el cuarto de máquinas de las estaciones de bombeo se implantara un sensor de contactos tipo relé magnético para detectar la intrusión de alguna persona dentro de la caseta e informar inmediatamente al Centro de Control.

b) Intruso en Gabinetes de Control de equipos.

Para el monitoreo de la seguridad en el acceso hacia los tableros de control y/o comunicación que se encuentran a cargo del equipamiento del cuarto de maquinas de las estaciones de bombeo se implantara un sensor de contactos tipo relé magnético para detectar la intrusión de alguna persona no autorizada e informar al Centro de Control una alarma de seguridad física.

c) Sensor de presencia dentro de caseta.

Para detectar el movimiento dentro de la caseta que hace de cuarto de maquinas se instalara un sensor de movimiento para posibles intrusos mediante un sistema de medición por infrarrojo PIR.

Especificaciones:

- Alimentación: 4 pilas tipo AAA.
- Alcance del IR: 12 m. a 0°; 5 m a 45°, Selector sensibilidad 2 posiciones.
- Transmisión Señal: 433,92 MHz. Codificación RF 16 bit (65536 Códigos diferentes).
- Potencia de salida: 5.833 $\mu\text{V./m}$. Alcance en campo abierto 30 m.
- Temperatura ambiente:
- De operación - 10 °C. a +30 °C.
- De almacenaje - 20 °C. a +70 °C .
- Acorde a Normas: Radio I-ETS 300220
- Homologación: Marca CE

3.5.4 Variables de salida en las estaciones de bombeo.

Las variables de salida corresponden al control sobre el actuador del proceso, en este caso tenemos las siguientes.

Nro.	DESCRIPCION	TIPO DE VARIABLE
1	Apertura/Cierre de Válvulas de control en salida de impulsión.	Digital de dos vías.
2	Encendido/apagado de bombas	Digital.
3	Alarma luminosa de cámara húmeda vacía.	Digital
4	Control de nivel en cámara húmeda por medio de válvula de entrada.	Digital de dos vías.

Tabla 3.2 Variables de salida de estaciones de bombeo.

a) Apertura/Cierre de válvulas de control en salida de impulsión.

En el mercado actual existen una gran gama de opciones de equipo de control de paso en tuberías de agua, entre ellas las válvulas de control y actuadores de válvulas. Para esto hay que tener muy en cuenta que lo principal a la hora de la selección del sistema es la confiabilidad de los dispositivos de control hidráulico. Es necesario puntualizar que las válvulas que están en salida de impulsión de estaciones de bombeo deberán funcionar aun con escasa o nula energía eléctrica, es por eso que lo más aconsejable es utilizar válvulas operadas por solenoides a 24 Vcc, para que permitan la activación de apertura/cierre (on/off) y así ahorrar las infraestructuras

involucradas en la aplicación de válvulas motorizadas o de posicionamiento neumático.

La señal eléctrica que activa al solenoide puede ser emitida directamente de un sistema de control por PLC, RTU etc, en función de la presión, el nivel, el caudal y otras consideraciones de la gestión del sistema, las señales sirven para el respectivo control remoto de válvulas ya sean automáticas o de otro tipo. El control de apertura se realizará a través de un actuador eléctrico, mediante un lazo de control, para lo cual se implementará un control PID programado en el controlador electrónico a cargo de la estación el cual controlará el porcentaje de apertura de la válvula de entrada con objeto de mantener el setpoint de nivel del tanque de reserva al que envía el agua, esto en el momento de producirse una falla de la línea de alimentación por gravedad del tanque de reserva.

Para este caso las válvulas mas aconsejadas son las de accionamiento hidráulico por tipo diafragma móvil, en donde se utiliza la misma presión en la línea aguas arriba o aguas abajo para ejercer la presión sobre el diafragma que ejecuta el movimiento del actuador de cerrado/apertura de la válvula.

ESPECIFICACIONES DE VALVULAS DE CONTROL.

- Diámetro: de acuerdo a estación.
- Activada por diafragma controlada por piloto.
- Cuerpo oblicuo (Tipo Y) o angular.

- Cuerpo y cubierta de hierro fundido ASTM A - 126 Clase B.
- Asiento de bronce.
- Superficies externas e internas con revestimientos por fusión (EPOXI).
- Conexiones de acuerdo a normas ANSI, ISO, DIN.
- Solenoides activados a 24 Vcc de dos vías normalmente cerrados con sistema de manual en caso de cortes de energía.
- Transductor de posición de la válvula salida 4-20 mA.

b) Encendido/apagado de bombas.

Para sustituir el arranque y paro del motor de las bombas por contactores-temporizadores electromecánicos tipo estrella-triángulo, se ha pensado incorporar un variador de velocidad con el fin de programar las rampas de tiempo de activación/desactivación que nos darán una suavidad en el proceso de maniobra y que permitan realizar este proceso de forma remota o automáticamente desde el controlador que se encuentre a cargo de la estación.

c) Alarma luminosa de cámara húmeda vacía.

En caso de que la cámara húmeda se encuentre vacía o en niveles mínimos se encenderá una bombilla de alarma en el cuarto de maquinas y también al Centro de Control, se lo realizara con una salida digital 24 Vcc emitida desde el tablero de control por el controlador electrónico que estarán a cargo de

la estación el mismo que energizará un relé de control que encienda el circuito de alimentación de la bombilla.

d) Control de nivel en cámara húmeda por medio de válvula de entrada.

Se controlara el nivel de agua en cámaras húmedas por medio la válvula hidráulica de entrada tipo diafragma, de manera que active consecuentemente los dos solenoides de las dos válvulas de control de posición y con la interacción entre ellos se establecerá la posición de apertura requerida de manera que se conserven los valores predeterminados (set - point) y así se podrá controlar los niveles y caudales de entrada.

ESPECIFICACIONES DE VALVULAS DE CONTROL DE ENTRADA.

- Diámetro: de acuerdo a estación.
- Activada por diafragma controlada por piloto.
- Cuerpo oblicuo (Tipo Y) o angular.
- Cuerpo y cubierta de hierro fundido ASTM A - 126 Clase B.
- Asiento de bronce.
- Superficies externas e internas con revestimientos por fusión (EPOXI).
- Conexiones de acuerdo a normas ANSI, ISO o DIN.
- Solenoides activados a 24 Vcc de dos vías normalmente cerrados con sistema de manual en caso de cortes de energía.
- Transductor de posición de la válvula salida 4-20 mA.

3.5.5 Esquema de instrumentación en nivel 0 de estaciones de bombeo.

A continuación resumimos en un esquema general de los sensores y actuadores que serán incorporados al nuevo sistema en estaciones de bombeo. Para ello haremos uso de la simbología según la norma de instrumentación de medición y control ISA – S5.1 de la ANSI/ISA.

SIMBOLOGÍA					
	Válvula de compuerta bridada		Bomba de caudal		Sensor de nivel continuo
	Válvula de control de nivel		Arrancador de Motor		Medidor de PH
	Válvula controlada por solenoides		Sensor de Presión		Medidor de cloro residual
	Válvula con Regulador de Presión		Control ON-OFF		Medidor de turbidez
	Válvula Check		Totalizador de Flujo		Linea electrica
	Sensor de Movimiento		Medidor de flujo Electromagnético		Comunicacion 24Vcc
	Sensor en puerta		Sensor en Gabinete		Comunicación 4-20mA

Tabla 3.3 Simbología de instrumentación según ISA – S5.1 de la ANSI/ISA.

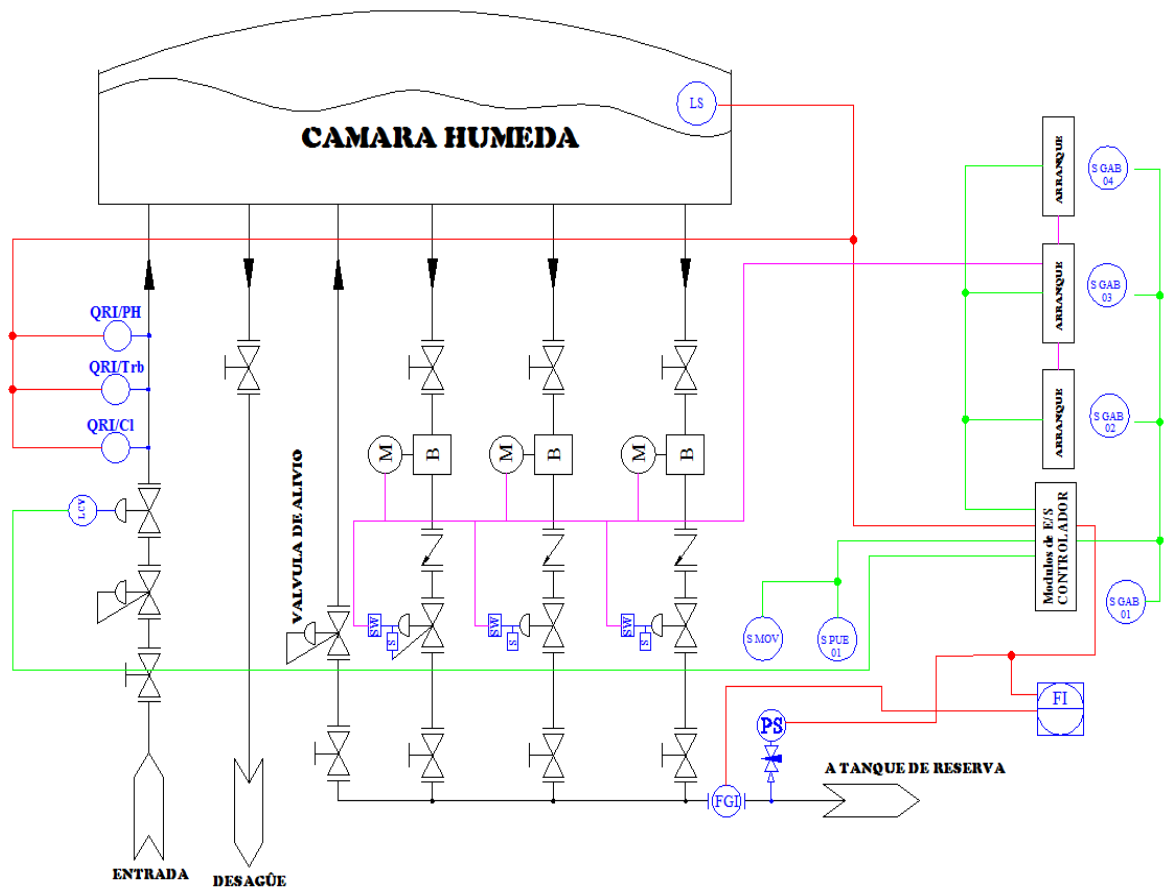


Figura 3.1 Esquema de Instrumentación de proceso (nivel 0) de las estaciones de bombeo.

3.5.6 Variables de entrada en tanques de reserva.

En base a las inspecciones de campo realizadas en todos los tanques de reserva de la red de distribución de agua potable se pudo determinar que todas funcionan en similares condiciones, siendo deducidas las siguientes variables de funcionamiento:

Nro.	DESCRIPCION	TIPO DE VARIABLE
1	Nivel de agua.	Analógica
2	Caudales de salida.	Analógica
3	Nivel de Turbidez.	Analógica
4	Nivel de PH	Analógica
5	Nivel de Cloro residual.	Analógica
6	Estado de apertura de válvulas de entrada.	Analógica
8	Intruso en puerta de Caseta.	Digital
9	Intruso en Gabinete de Control.	Digital
10	Sensor de presencia dentro de caseta.	Digital

Tabla 3.4 Variables de entrada de tanques de reserva.

3.5.6.1 Variables de entrada analógica.

a) Medición de nivel de agua en tanques de reserva.

La altura máxima encontrada en los tanques de reserva con valores netos y de desborde en la mayoría de estaciones de bombeo de la red de agua potable de la ciudad de Loja son las siguientes:

- Altura neta máxima: 4.60 m
- Altura neta mínima: 1.90 m.
- Altura de desborde máxima: 4.50 m
- Altura de desborde mínima: 1.85 m

Se toma en cuenta el rango altura de desborde de 5 metros para el medidor de nivel.

En medidor deberá cumplir los siguientes requerimientos:

- Apto para ambientes de humedad alta.
- Protección contra líquidos (agua).
- Medición no invasiva.
- Salida de señal en corriente eléctrica 4-20 mA.

En el mercado existen varios métodos de medición de nivel, los más adecuados para nuestro caso son:

- Transmisores de nivel por medición de presión estática del fluido.
- Transmisores de nivel por radar de superficie.
- Transmisores de nivel por capacitancia del fluido.
- Transmisores de nivel por flotador en la superficie del fluido
- Transmisores de nivel por ultrasonido de la superficie del fluido.

De todos ellos los que cumplen con el requisito de no ser invasivos son los medidores de nivel *ultrasónico* y *de radar*, y así se asegurará una vida útil mayor del sensor.

De los dos métodos descrito anteriormente, el medidos de radar no es aconsejable para rangos de 0 a 5 metros pues la mayoría tienen rangos de decenas de metros, por cuanto la tecnología adecuada para este caso sería la *ultrasónica* en el rango de 0 a 5.0 metros.

Para la determinación de especificaciones de este tipo de instrumento de medición, se ha investigado en el mercado una gran cantidad de catálogos de productos de las principales empresas fabricantes de estos equipos, se analizó las

soluciones de cada empresa y se dedujo las especificaciones más importantes para nuestro caso. Estas son:

Especificaciones de los Medidores de Nivel Ultrasónicos en cámaras húmedas.

- Rango: 10 cm a 5 m (4" a 16.4') (+/- 20%)
- Exactitud: 3 mm (0.125")
- Banda muerta: 10 cm (4")
- Voltaje de alimentación: 12 a 28 Vdc
- Resistencia: 600 Ω máx. (24 Vdc)
- Señal de salida: 4 a 20 mA, 2-hilos
- Temperatura ambiente: 60°C
- Compensación de temperatura: Automático
- Tipo de protección: NEMA 6 (IP67).
- Conexión de montaje: 2 NPT or 2" G
- Acoplamiento conduit para cables: ½-NPT

b) Medición de Caudales de salida en tanques de reserva.

El medidor de caudal o flujo de agua deberá cumplir los siguientes requerimientos:

- Apto para ambientes de humedad alta.
- Protección contra líquidos (agua).
- Medición no invasiva.
- Salida de señal en corriente eléctrica 4-20 mA o protocolo de comunicación de campo.

En la técnica existen varios métodos de medición de caudal:

- Transmisores de caudal por vórtices.
- Transmisores de caudal por turbinas.
- Transmisores de caudal electromagnéticos.

- Transmisores de caudal por ultrasonidos.
- Transmisores de caudal por diferencial de presiones (plato de orificio).
- Transmisores de caudal por tubo de Annubar.

Los que no utilizan un método de medición invasivo son los electromagnéticos y ultrasonidos. De estos dos el más aconsejable para nuestro caso es el medidor de caudal electromagnético por cuanto no está en contacto directo con el líquido a medir y tendrá una vida útil mayor.

En el mercado mundial existen diferentes constructores de estos equipos de medición, para esto se concluyo que las especificaciones generales para este medidor son:

Especificaciones:

- Protección de inserción (IP 66)
- Diámetro: de acuerdo a tanque de reserva.
- Especificación de funcionamiento: 0-1250 GPM
- Rango de velocidades: 0,3 m/s a 12 m/s.
- Precisión: menor al 0,5%.
- Repetitibilidad: menor al 0,25%
- Salida: 4-20 mA, pulsos, Switch de estado.
- Material del linner: Poliuretano.
- Electrodo intercambiables.
- Material de los electrodos: Hastelloy C4.
- Conexión: Bridada, ANSI 150 Lbs.
- Con certificado de calibración de al menos 3 puntos.
-

c) Medición de niveles Turbidez (turbidímetro) en tanques de reserva.

El equipo analizador deberá estar basado en microprocesador, con teclado frontal y display de LCD para indicación, monitoreo y configuración total del sistema. Deberá contar con una salida 4-20 mA (dos hilos) proporcional a la turbidez del líquido medido sobre el rango especificado. Deberá poseer compensación automática de temperatura, software de configuración correspondiente y cables y/o adaptadores necesarios para conectarlo a una PC a través del puerto serial RS-232.

Especificaciones:

- Rango de medición: 0 – 4000 NTU
- Visualización: Display LCD multilingual
- Rango de Presión: atmosférica.
- Tensión de alimentación: 100 – 230 Vac 60 Hz 0 24 Vdc
- N° de entradas de sensores: 2 o más
- Señal de Salida: 4 – 20 mA Vdc.
- Comunicaciones: RS 485/Profibus DP.
- Tipo: para medición en línea
- Velocidad de flujo: según especificaciones técnicas generales.
- Método de medida: sistema de dos fuentes de luz y dos foto-detectores para compensación automática de los errores de medición causados por variación en la intensidad lumínica de las fuentes de luz.
- Temperatura ambiente: -2° C a 60 °C.
- Protección mínima de la electrónica: IP65

- Exactitud: + 2%.
- Sensibilidad: 0,01 NTU
- Estabilidad: 0,1% sobre el rango seleccionado.
- Repetitibilidad: mejor que 0,1%
- Tipo de Sensor: para inmersión en tanques, auto-limpiantes, construidos en acero inoxidable.

d) Medición de pH en tanques de reserva.

El equipo analizador deberá estar basado en microprocesador. Deberá contar con una salida 4-20 mA proporcional al pH del líquido medido. Deberá poseer compensación automática de temperatura. El fabricante de estos equipos será una compañía con certificación ISO 9000

Especificaciones:

- Salida: 4-20 mA
 - Rango: 0-14 pH
 - Precisión: 2%.
 - Presión máxima: 40 psi
 - Voltaje: 10-30 VDC
 - Temperatura: -5 a +55°C
- Tamaño del sensor: 30 mm dia. x 250 mm long máximo.

e) Medición de Cloro residual en tanques de reserva.

El equipo analizador deberá estar basado en microprocesador, con teclado frontal y display de LCD para indicación, monitoreo y configuración total del sistema. Deberá contar con una salida 4-20 mA DC proporcional al cloro residual medido en el líquido. El analizador poseerá compensación automática de

temperatura además de su software de configuración y un juego de cables y/o adaptadores necesarios para conectarlo a una PC a través del puerto serial RS-232. El fabricante de estos equipos será una compañía con certificación ISO 9000

Especificaciones:

- Rango de medición: 0-10 ppm (partes por millón).
- Señal de salida: 4-20Ma.
- Comunicaciones: RS-485/Profibus DP.
- Rango de Presión: atmosférica.
- Velocidad de flujo: según especificaciones técnicas generales.
- Temperatura ambiente: -2° C a 60 °C.
- Protección mínima de la electrónica: IP65
- Exactitud: + 0,25%.
- Sensibilidad: 0,001 ppm.
- Estabilidad: + 0,1% por mes.
- Repetitibilidad: 0,004 ppm.

f) Medición de Estado de apertura de válvulas.

Para monitorear el estado real de una válvula de control en el cuarto de maquinas se utilizara un transmisor de posición con salida 4-20 mA conectado a la válvula, este nos dará la posición de apertura del elemento móvil de cerrado con el fin de supervisar el estado de apertura de la misma. En este caso las especificaciones del transmisor no se la va a considerar pues las válvulas de control electrónico tienen incorporado este transmisor, en este caso se dejara la opción de utilizar cualquier tecnología que el fabricante de la válvula crea conveniente, lo

único es que la señal de salida del transmisor de posición entregue en niveles de señal de salida en corriente 4-20 mA.

3.5.6.2 Variables de entrada digitales.

Para todas las entradas digitales estipuladas en esta sección se ha previsto realizarlas con los niveles de tensión de 24 Vcc. Los elementos sensores estarán conformados por un relé que realizara la opción de cierre o apertura del circuito que alimentara la entrada de sistema de adquisición de datos.

a) Intruso en puerta de Caseta.

Para el monitoreo de la seguridad en el acceso hacia el cuarto de maquinas de los tanques de reserva se implantara un sensor de contactos tipo relé magnético para detectar la intrusión de alguna persona e informar al Centro de Control una alarma de seguridad física al operador.

b) Intruso en Gabinetes de Control de equipos.

Para el monitoreo de la seguridad en el acceso hacia el tableros de control y/o comunicación que se encontrara en el cuarto de maquinas de los tanques de reserva se implantara un sensor de contactos tipo relé magnético para detectar la intrusión de alguna persona no autorizada e informar al Centro de Control una alarma de seguridad física al operador.

c) Sensor de presencia dentro de caseta.

Para detectar el movimiento dentro de la caseta que hace de cuarto de maquinas se instalara un sensor de movimiento para posibles intrusos mediante un sistema de medición por infrarrojo PIR.

Especificaciones:

- Alimentación: 4 pilas tipo AAA.
- Alcance del IR: 12 m. a 0°; 5 m a 45°, Selector sensibilidad 2 posiciones.
- Transmisión Señal: 433,92 MHz. Codificación RF 16 bit (65536 Códigos diferentes).
- Potencia de salida: 5.833 μ V/m. Alcance en campo abierto 30 m.
- Temperatura ambiente:
- De operación - 10 °C. a +30 °C.
- De almacenaje - 20 °C. a +70 °C .
- Acorde a Normas: Radio I-ETS 300220
- Homologación: Marca CE

3.5.6.3 Variables de salida en los tanques de reserva.

Las variables de salida corresponden al control sobre el actuador del proceso, en este caso tenemos las siguientes:

Nro.	DESCRIPCION	TIPO DE VARIABLE
1	Apertura/Cierre de Válvulas de control.	Digital 2 vías
2	Alarma luminosa de tanque vacio.	Digital

Tabla 3.5 Variables de salida de los tanques de reserva.

a) Apertura/Cierre de válvulas de control.

En el mercado actual existen una gran gama de opciones de equipo de control de paso en tuberías de agua, entre ellas las válvulas de control y actuadores de válvulas. Para esto hay que tener muy en cuenta que lo principal a la hora de la selección del sistema es la confiabilidad de los dispositivos de control hidráulico. Es necesario puntualizar que las válvulas que están en los tanques de reserva deberán funcionar con escasa o nula energía eléctrica, es por eso que lo más aconsejable es que deben ser las válvulas operadas por solenoides de control hidráulico para que permitan la activación de apertura/cierre (on/off) de la válvula hidráulica y así ahorrar las infraestructuras involucradas en la aplicación de válvulas motorizadas o por posicionamiento neumático.

La señal eléctrica que activa al solenoide puede ser emitida directamente desde el sistema de control por PLC, RTU etc. en función de la presión, el nivel, el caudal y otras consideraciones de la gestión del sistema, las señales sirven para el respectivo

control remoto de válvulas ya sean automáticas o de otro tipo. El control de apertura se realizará a través de un actuador eléctrico, mediante un lazo de control para lo cual se implementará un control PID programado en el controlador electrónico quién controlará el porcentaje de apertura de la válvula de entrada. Esta a su vez controla el acceso del agua por gravedad con objeto de mantener el set-point de nivel en el mismo.

Para este caso las válvulas mas aconsejadas son las de accionamiento hidráulico tipo diafragma, en donde se utiliza la misma presión en la línea aguas arriba o aguas abajo para ejercer la presión sobre un diafragma que ejerce el movimiento del elemento de cerrado/apertura de la válvula.

b) Alarma luminosa de tanque vacio.

En caso que el tanque se encuentre vacio o en niveles mínimos se encenderá una bombilla de alarma en el cuarto de maquinas y se avisara al Centro de Control, en el cuarto de maquinas se lo realizara con una salida digital 24 Vcc para energizar un relé de control que encienda el circuito de alimentación de la bombilla.

3.5.7 Esquema de instrumentación en nivel 0 de tanques de reserva.

A continuación resumimos en un esquema general de los sensores y actuadores que serán incorporados al nuevo

sistema en estaciones de bombeo. Para ello haremos uso de la simbología según norma de instrumentación de medición y control ISA – S5.1 de la ANSI/ISA.

SIMBOLOGÍA					
	Válvula de compuerta bridada		Bomba de caudal		Sensor de nivel continuo
	Válvula de control de nivel		Arrancador de Motor		Medidor de PH
	Válvula controlada por solenoides		Sensor de Presión		Medidor de cloro residual
	Válvula con Regulador de Presión		Control ON-OFF		Medidor de turbidez
	Válvula Check		Totalizador de Flujo		Línea eléctrica
	Sensor de Movimiento		Medidor de flujo Electromagnético		Comunicación 24Vcc
	Sensor en puerta		Sensor en Gabinete		Comunicación 4-20mA

Tabla 3.6 Simbología de instrumentación según ISA – S5.1 de la ANSI/ISA.

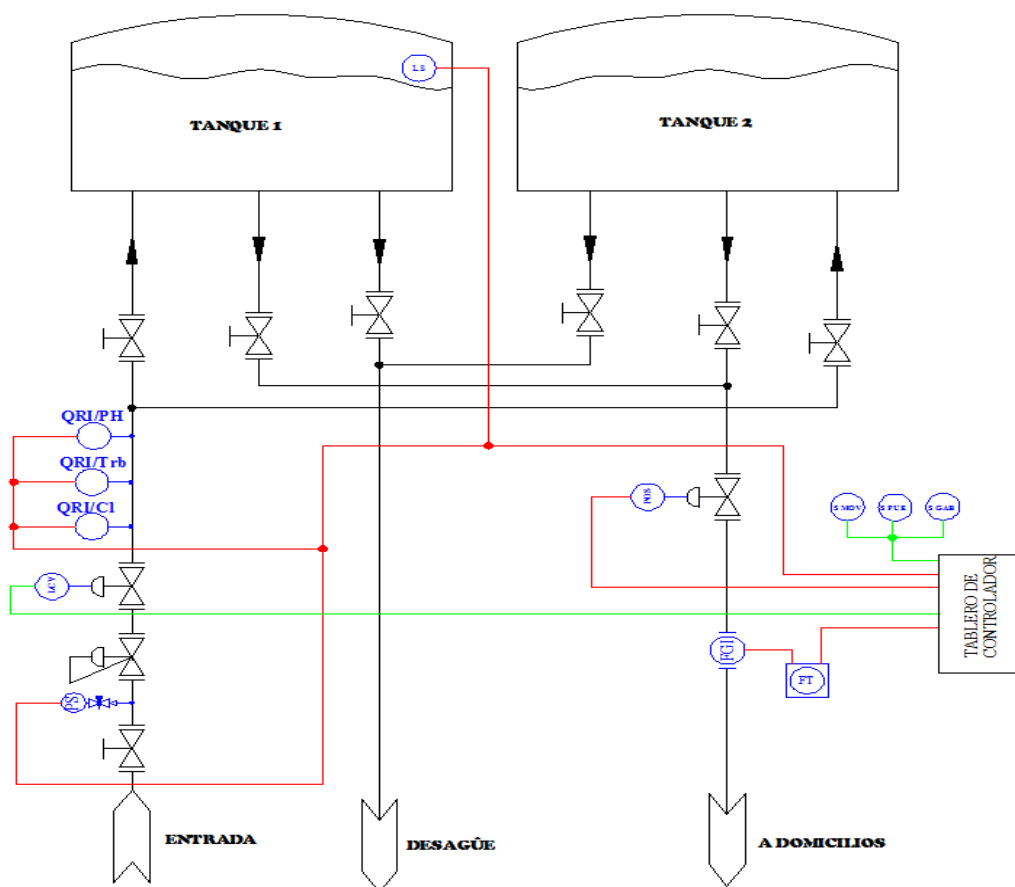


Figura 3.2 Esquema de instrumentación en nivel 0 (Proceso) de tanques de reserva.

3.6 Diseño del sistema en el Nivel 1 (Campo).

3.6.1 Comunicaciones en el Nivel 1.

a) Sistema de transporte de la señal.

Al igual que el nivel 0, las distancias entre los elementos sensores/actuadores existente es menor a 20 metros y la mejor opción del sistema de transporte de la señal es por cable eléctrico debido a su bajo costo en instalación y tecnología.

b) Sistema de transmisión de la señal.

Aquí se propone la implantación de una comunicación serie en el estándar TIA / EIA RS-485 debido a que soporta hasta 32 dispositivos conectados simultáneamente, además de ser muy frecuentemente utilizado en la mayoría de industrias lo que garantiza la interoperabilidad entre fabricantes y proporciona una velocidad de hasta 10000 kbps suficientes para el intercambio de datos en este nivel, aquí se utilizara el tipo de conector DB de 9 pines.

c) Protocolo de comunicación.

Los protocolos de comunicación escogidos en este nivel serán de tipo abierto (o no propietario) aptos para sistemas de control distribuido. Debe trabajar bajo tiempos determinísticos para el control de procesos en tiempo real, y de todos ellos los que trabajan bajo el sistema de transmisión RS-485 es Can, Profibus y DeviceNet. De aquellos el más aconsejable para el control de procesos por cuestión de coste, tiempo de

respuesta, y confiabilidad es el protocolo abierto **Profibus DP** en la norma EN 50170 e IEC 61158 apto para aplicaciones en el nivel 1 que permite la comunicación entre controladores pues este trabaja en las 3 capas OSI (1,2 y 7).

d) Topología.

En este nivel la topología de comunicación será en configuración de **BUS**, ya que cada nodo se conecta por medio de un conector al tramo del cable. Este tipo de conexión se lo ha previsto para comunicación dentro de los cuartos de maquinas entre elementos activos de control y adquisición de datos como PLC, variadores de velocidad, etc.

e) Relaciones entre estaciones. Las estaciones se configuraran como maestras y/o esclavos.

f) Modo de diálogo. Entre maestras por paso de testigo y Maestra-esclava por sondeo “polling”.

g) Tiempo real. El máximo tiempo de respuesta en este nivel será de 5 ms.

3.6.2 Equipos de Adquisición de datos, Protección y Control de proceso en el Nivel 1.

En esta sección se realizara la selección de los equipos activos que se encontraran a cargo de la adquisición de datos provenientes de los sensores, de la protección de equipamiento electromecánico y control sobre los actuadores de proceso. Las unidades de control de procesos consisten en módulos controladores de procesos, módulos de comunicación,

procesadores de E/S, fuentes de alimentación, terminaciones, cableado, y otros componentes de hardware. Los equipos serán de forma que puedan ser montados dentro de los tableros estandarizados. Se prefiere la técnica de montaje en riel DIN.

Los controladores de proceso del sistema deberán ser capaces de efectuar un control continuo, secuencial y avanzado. Todas estas funciones deberán ser provistas por un solo tipo de controlador. Así mismo en el caso de los controladores de proceso deberán soportar aplicaciones escritas en los siguientes lenguajes de programación de la norma internacional IEC 1131-3, la misma que permite las siguientes opciones de programación:

- Diagrama de Bloques Funcionales.
- Grafico Secuencial Funcional.
- Diagrama de Contactos (Escaleras).
- Texto Estructurado.
- Lista de Instrucciones.

3.6.3 Equipamiento de control automático en estaciones de bombeo en Nivel 1.

Para determinar el equipamiento de control en cada estación del sistema de agua, se debe analizar el total de las variables que se va a medir y controlar, para saber el número y tipo de entradas/salidas y en función de esto seleccionar el controlador según los requerimientos de control e interfaces externas.

Primero haremos un resumen de las entradas/salidas en las estaciones de bombeo, tanques de reserva y luego se escogerá el tipo de controlador electrónico adecuado para las funciones de protección y control que deben desempeñar.

3.6.3.1 Resumen de Variables de entrada/salida en estaciones de bombeo.

Nro.	DESCRIPCION	TIPO DE VARIABLE	Configuración.
1	Nivel de agua en cámara húmeda.	Entrada Analógica	4-20 mA
2	Presión en tubería de impulsión.	Entrada Analógica	4-20 mA
3	Caudal de salida en tubería de impulsión.	Entrada Analógica	4-20 mA
4	Nivel de Turbidez.	Entrada Analógica	4-20 mA
5	Nivel de Ph.	Entrada Analógica	4-20 mA
6	Nivel de Cloro residual.	Entrada Analógica	4-20 mA
7	Estado de apertura de válvula de entrada.	Entrada Analógica	4-20 mA
8	Intruso en Gabinetes de Control de equipos.	Entrada Digital	24 Vcc
9	Intruso en puerta de Caseta.	Entrada Digital	24 Vcc
10	Sensor de presencia dentro de caseta.	Entrada Digital	24 Vcc
11	Apertura/Cierre de Válvulas de control en	Salida Digital 2	Salidas Transistor

	salida de impulsión.	vías	
12	Encendido/apagado de bombas	Salida Digital	Salida Transistor
13	Alarma luminosa de cámara húmeda vacía.	Salida Digital	Salida Transistor
14	Control de nivel en cámara húmeda por medio de válvula de entrada.	Salida Digital 2 vías.	Salidas Transistor

Tabla 3.7 Resumen de variables E/S de estaciones de bombeo.

3.6.3.2 Resumen de Variables de entrada/salida en tanques de reserva.

Nro.	DESCRIPCION	TIPO DE VARIABLE	Configuración.
1	Nivel de agua.	Entrada Analógica	4-20 mA
2	Caudales de salida.	Entrada Analógica	4-20 mA
3	Nivel de Turbidez.	Entrada Analógica	4-20 mA
4	Nivel de PH	Entrada Analógica	4-20 mA
5	Nivel de Cloro residual.	Entrada Analógica	4-20 mA
6	Estado de apertura de válvulas de entrada.	Entrada Analógica	4-20 mA
8	Intruso en puerta de Caseta.	Entrada Digital	24 Vcc
9	Intruso en Gabinete de Control.	Entrada Digital	24 Vcc
10	Sensor de presencia	Entrada	24 Vcc

	dentro de caseta.	Digital	
11	Apertura/Cierre de Válvulas de control.	Salida Digital 2 vías	Salidas Transistor
12	Alarma luminosa de tanque vacio.	Salida Digital	Salida Transistor

Tabla 3.8 Resumen de variables E/S de tanques de reserva.

3.6.3.3 Protección de equipos en las estaciones de bombeo.

Las protecciones son muy importantes para salvaguardar a los equipos contra defectos de carácter eléctrico para evitar su desperfecto y así alargar la vida útil. Los equipos que están en mayor riesgo por maniobras son los motores de bombas, es por eso que se necesita tener las siguientes funciones de protección incorporadas:

- Sobrecarga en motores de bombas.
- Cortocircuito en el lado de salida del motor en bombas.
- Defecto a tierra en la salida motor en bombas.
- Protección térmica del motor en bombas.
- Protección por bloqueo de motor en bombas.

3.6.3.4 Control automático de las estaciones de bombeo.

Al control automático se lo denomina a las maniobras que se realizan sobre el equipamiento de proceso sin necesidad de intervención humana. Como en este proyecto se pretende eliminar a cero la intervención del operador en el cuarto de

máquina, las acciones de mano se las realizara desde el panel HMI en el Centro de Control y en algunas ocasiones automáticamente desde el controlador maestro de todo el sistema en el cuarto de control dependiendo de la ocasión. Las acciones que se deben realizar en el cuarto de maquinas por los equipos inteligentes a cargo del control son:

- Control automático de encendido/apagado de bombas.
- Control de velocidad en arranque/parada y nominal de bombas.
- Control de ahorro de energía.
- Control de golpes de ariete.
- Supervisión de arranque/parada de bombas por medio de Bus de campo industrial en conexión RS-485 y protocolo PROFIBUS DP.

3.6.3.5 Equipos de control electrónico para las Estaciones de Bombeo.

Para este el caso puntual del control de motores de bombas hemos considerado pertinente la implantación de un **variador de velocidad** por el método de conversión de frecuencia con funciones de comunicación y rampa de tiempo de activación/desactivación para el arranque de bombas, este se hará cargo de las funciones de:

- Control de velocidad en arranque parada de bombas.
- Control de ahorro de energía.
- Control de golpes de ariete por medio de un control PID incorporado en el equipo y que este en función de un

setpoint de presión nominal que actuara como un controlador de presión a salida de impulsión de las bombas.

La recolección de las variables de E/S de estas estaciones y su control automático en especial el gobierno de los variadores estará a cargo de un **Autómata Programable PLC** por medio de salidas digitales que comandaran sobre las entradas del variador debidamente configuradas, con opciones de comunicación de campo para poder recolectar los parámetros de funcionamiento de los variadores de velocidad a través del protocolo PROFIBUS DP. Las funciones del PLC son las de:

- Control automático de encendido/apagado de bombas por medio del variador.
- Supervisión de arranque/parada de bombas por medio de puerto de comunicaciones de campo RS-485 en protocolo PROFIBUS.
- Recolección de los datos de funcionamiento de los variadores de velocidad por medio de bus de campo.
- Adquisición de datos de las entradas de los sensores.
- Control de salida de los actuadores de campo.

a. Caracterización de los variadores de Velocidad.

Se ha consultado los catálogos de productos de las principales empresas fabricantes de equipos de control industriales en especial de variadores de velocidad y tales como ABB, Siemens, Danfoss, Schneider y se ha analizado las soluciones

de cada empresa, y se dedujo las especificaciones más importantes para nuestro caso.

Es por eso que para el proyecto en cuestión es necesario que al momento de instalarse los equipos se suministren e instalen convertidores de frecuencia para cada unidad, destinados a accionar los motores de las bombas permitiendo el llenado de tanques de reserva en caso de emergencias por rotura de tuberías de abastecimiento por gravedad.

Los variadores deberán ser de marca reconocida y poseer antecedentes de suministro en el país de equipos similares de potencia igual o mayor.

Cada equipo contara de un gabinete metálico con grado de protección IP 54.

En sus circuitos de potencia empleará semiconductores IGBT con refrigeración por circulación de aire forzada.

i. Funciones de Comando.

Para el manejo y la visualización así como para la puesta en marcha contará con un panel digital incorporado en el propio gabinete. Dicho panel dispondrá de un display alfanumérico multilenguaje donde se exhibirán los distintos parámetros de funcionamiento así como los mensajes de eventos y diagnósticos de falla. Contará con un sistema de seguridad que permita el bloqueo del teclado impidiendo el manejo no

autorizado del accionamiento desde el panel, quedando activada en él únicamente la función de visualización.

Se deberán registrar y exhibir como mínimo:

Frecuencia de salida, Intensidad de corriente entregada, Potencia entregada, Tensión de salida, Tensión de circuitos intermedios, Registro de horas de funcionamiento, Energía consumida, Temperatura interna del convertidor.

El variador admitirá regulación PID capaz de configurarse para controlar velocidad, caudal, presión u otras variables que pudieran resultar de interés.

La comunicación del variador con el sistema de control superior se hará mediante interface PROFIBUS DP incorporada en el convertidor.

ii. Protecciones

El variador deberá contar como mínimo con las siguientes funciones de protección:

Sobre-intensidad, Sobretensión y sub-tensión en la salida de la etapa de rectificación, Temperatura del convertidor, Cortocircuito en el lado de salida, Falta de fase de entrada

Defecto a tierra en la salida, Función de protección térmica del motor, Función de protección de bobinados por termistor,

Función de protección por bloqueo de motor, Protección por reducción brusca de carga del equipo accionado.

iii. Accesorios

Filtro EMC para aplicación en el segundo entorno, categoría C3 según IEC 61800-3.

Filtro du/dt

Filtro de red de bajo contenido de armónicos ($I_{thd} < 5\%$)

Pulsador de parada de emergencia

Slot para futura ampliación de I/O y conexiones con bus de comunicaciones.

Relé de protección del motor por termistor provisto para alarma y disparo.

Resumen de las Especificaciones de los variadores de velocidad:

Niveles de Voltaje de Entrada: 200-240 VAC +/- 10%

Frecuencia de entrada : 60 Hz

Max Temperatura Ambiente: 50 Grados Centígrados.

Humedad sin condensación: 90% mínimo.

Factor de Potencia: 0.96 mínimo.

Rampa de aceleración/desaceleración: 1-1800/1-1800 segundos mínimo.

Potencia del motor: 40 HP (37.3 kW) (+/- 7%)

Protección en sobre y bajo voltaje

Protección de sobre-intensidad de salida

Protección contra bloqueo

Cortocircuito de salida

Puerto de comunicaciones: 1 puerto RS-485

Protocolo de comunicaciones: PROFIBUS DP
Grado de protección: IP54 o superior
Entradas digitales: Mínimo 4 , 0-24 Vcc
Salidas digitales: Mínimo 2 , 0-24 Vcc
Entradas analógicas: Mínimo 2, 4-20 mA
Modo de suspensión
Modo de reposo
Regulador PID
Panel con botones básicos de configuración y Pantalla LCD
Rango de Frecuencias de salida: 0-200 Hz mínimo

b. Especificaciones de los Automatas Programables PLC.

Para las estaciones de bombeo se ha considerado pertinente la implantación de un PLC (CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE) encargados del desarrollo de las tareas de automatización y control de variadores de velocidad y la adquisición de datos de las variables de proceso.

Se ha consultado los catálogos de productos de las principales empresas fabricantes de equipos de control industriales en especial de variadores de velocidad y tales como Allen Bradley, Siemens, Schneider, Moeller, SMAR, se ha analizado las soluciones de cada empresa, y así se dedujo las especificaciones más importantes para nuestro caso.

Se prevé que cada PLC debe ser una unidad modular inteligente, capaz de realizar la adquisición de datos, y del

procesado local de los mismos. Debe ser capaz de monitorizar y controlar equipos locales de modo independiente y también adicionalmente actuar como un nodo inteligente en un sistema de procesamiento distribuido. Debe estar basado en microprocesadores de 32 bits, su reconfiguración y optimización se realizará solamente por software (sin puentes o conmutadores). Los módulos de entradas/salidas deben conectarse al módulo procesador básico, simplemente enchufando dichos módulos en un rack con una tarjeta de interconexión (bus de datos) trasera, de modo que los futuros cambios y expansiones sean fácilmente realizables.

Cualquier ordenador personal debe poder ser utilizado para el desarrollo del programa de aplicación y programación de características. El ordenador podrá conectarse directamente o remotamente a través del mismo medio de comunicaciones, para permitir la carga local y remota de características y programa.

Las ampliaciones futuras deberán poder realizarse simplemente enchufando módulos de E/S adicionales.

Cada unidad remota deberá suministrarse con la siguiente configuración mínima:

- Módulo CPU y procesador.
- Fuente de alimentación.
- Batería de respaldo de alimentación.

- Módulos E/S necesarios.
- Interfaz de comunicaciones.
- Gabinete metálico.

i. Módulos Procesador Básico (CPU)

La unidad de proceso central (CPU) del módulo, trabajará a alta velocidad (reloj a velocidad mínima de 16 MHz), y trabajará con circuitos microprocesadores 32 bits. La CPU incluirá una memoria de sistema mínima de 64 Kbytes en la misma tarjeta. La misma deberá incluir una memoria tipo PROM para el resguardo del programa.

ii. Comunicaciones

Debe ser un equipo que pueda trabajar en multipunto, y ser capaz de comunicar con jerarquías superiores (centrales múltiples), con jerarquías paralelas a su nivel (remota a remota), con jerarquías inferiores (remota maestra a remota esclava).

La CPU incluirá un mínimo de 3 puertos de comunicaciones con las características siguientes:

- 1 Puerto: RS-485 con protocolo Profibus DP maestro para la comunicación con variadores de velocidad en bombas.
- 1 Puerto: RS-232 para mantenimiento.
- 1 Puerto: Ethernet industrial.

iii. Módulos de Entradas/Salidas (E/S)

De acuerdo a la tabla 3.7 de resumen variables de entradas/salidas de las estaciones de bombeo, cada PLC o unidad terminal remota debe poder incluir la cantidad variables de E/S aquí planteadas mediante la expansión de módulos adicionales y con resolución mínima de 12 bits.

Todos los módulos de E/S deberán incluir auto-diagnósticos en el propio módulo. Las fallas detectadas deberán ser reportadas al personal de la planta a través de los LEDs de estado de cada módulo, y de las alarmas y eventos del sistema.

Cada módulo comunicará con la CPU vía un bus de datos de alta velocidad y todos los módulos, independientemente del tipo que sean deben compartir las especificaciones siguientes:

- 8 entradas digitales 0-24Vcc.
- 6 salidas digitales tipo transistor.
- 8 entradas analógicas 4-20mA.

Para el caso de las entradas analógicas el sistema de módulos de E/S deberá ser capaz de proveer la alimentación de 24 VDC para los transmisores de 4 - 20 mA de 2 hilos. La elección de usar alimentación de campo o desde el sistema deberá ser seleccionable por el usuario en cada punto.

Para las Salidas Analógicas, la Resistencia de lazo del sistema deberá ser capaz de manejar como estándar una resistencia

total de lazo en 4 a 20 mA DC de 500 ohm, y poder alcanzar una resistencia por extensiones de cable de hasta 850 ohm.

Para las Entradas Digitales la Tensión de alimentación nominal será de 24V DC. El sistema deberá soportar contactos normalmente cerrados así como normalmente abiertos.

Para filtrar el ruido en las señales, las Entradas Digitales deberán incluir un filtro que evite la respuesta a señales de duración menor a 20 milisegundos. Adicionalmente, para proteger la circuitería del módulo, deberá incluirse aislación eléctrico-óptica para protección contra picos de tensión externos.

En las Salidas Digitales se emplearan relés de estado sólido y con una capacidad de salida de al menos 0.5 A.

iv. Software de Programación.

Debe contar con un software de Programación y Configuración correspondiente. El paquete de programación de las unidades remotas será un conjunto de programas que funcione en PC compatible desktop o portátiles sobre Windows.

El software deberá tener las posibilidades siguientes:

- Programación de la remota, incluyendo definición de la configuración y aplicación (base de datos y proceso).
- Monitorización en tiempo real de las operaciones y funcionamiento de la remota.

- Realizar diagnósticos de software.
- Deberá permitir al técnico verificar el funcionamiento correcto de todos los módulos de E/S.
- Realizar la depuración del programa de aplicación del PLC.

v. Fabricación.

Se utilizarán mayoritariamente circuiterías con integración a gran escala CMOS. No existirán puentes, ni conmutadores, ni dip switches, la configuración debe ser exclusivamente por software. El PLC deberá permitir el acceso frontal a todos los controles, indicadores, batería de la RAM, conexiones externas al medio de comunicaciones y conexiones de los módulos de E/S y deberá funcionar en un margen de temperatura ambiente desde -2 a +60°C con humedad relativa de hasta 95%.

vi. Funciones de Control.

El Controlador de Procesos deberá incluir una biblioteca de funciones de control que resulte suficiente para llevar a cabo todas las aplicaciones de control que permitan controlar las estaciones de bombeo. Esta biblioteca deberá incluir:

Funciones de adquisición de datos como linealización de señales, cálculo de la raíz cuadrada, termopares ISA e IEC y señales RTD, filtrado de E/S basado en el tiempo, y conversión de pulsos de entrada (totalización).

Funciones matemáticas como suma, resta, multiplicación, división, polinomio exponencial, raíz cuadrada, logaritmos, polinomio de quinto orden, exponenciales (entero o fraccionario), adelanto-atraso, compensación de flujo (temperatura y presión), compensación de tiempo muerto, selección de mediana, generación de rampa, promedio temporal, y totalización.

Funciones lógicas como AND, OR, NOT, EXCLUSIVE OR, Selección de alto/bajo, llave selectora de señal, FLIP-FLOP, retrasos ON y OFF, Timer, Contador, y Generador de pulsos.

Funciones de control como control Proporcional (P), Proporcional Integral (PI), Proporcional Derivativo (PD), Proporcional Integral Derivativo (PID). Estas funciones de control deberán incluir las siguientes características: Auto-ajuste (Auto-tuning), Reset externo, reset automático del integrador interno, seguimiento del set point, Manual/Auto con control de error, Control de Proporción, Ganancia adaptativa.

Funciones definidas por el usuario para aplicaciones específicas del proceso/proyecto.

vii. Fuente de alimentación/cargador.

La fuente de alimentación deberá proveer un cargador de baterías y un sistema ininterrumpido de potencia a la unidad

remota y el equipo de comunicaciones según las siguientes especificaciones:

- Tensión de entrada: 190-250 Vac 50/60 Hz
- Tensión de salida: acorde al equipamiento.
- Distorsión de onda senoidal no mayor al 3%
- Protección de sobretensiones
- Corriente de salida: según requerimiento del equipamiento del PLC y el equipo de comunicaciones.
- Regulación de voltaje mínimo al 1% en todo el rango de corriente.
- Dispositivo de desconexión de carga por baja tensión de baterías.
- Baterías para una hora de autonomía, selladas, libres de mantenimiento, aptas para trabajo en ambientes cerrados.

viii. Bus de campo.

El bus de campo será en todos los casos de clase PROFIBUS DP y sus módulos de comunicación deberán ser capaces de soportar un segmento Profibus DP de hasta 32 dispositivos Profibus sin el uso de repetidores, con LEDs indicadores de alimentación y estado. El módulo Profibus deberá soportar comunicación cíclica Profibus DP-V0 y acíclica Profibus DP-V1.

El sistema deberá soportar la configuración, asignación, puesta en marcha y lectura de diagnósticos de los dispositivos Profibus, desde el ambiente de ingeniería integrado al sistema.

ix. Gabinetes.

Se deberá proveer para cada una de los PLC un gabinete estanco cerrado hermético en cuyo interior se montará además del PLC, el equipo de comunicaciones y los medidores electrónicos de variables eléctricas correspondientes. El volumen ocupado por estos dispositivos no podrá ser superior al 60% del volumen total de gabinete. Los gabinetes deberán ser NEMA 4X.

3.6.4 Esquema de instrumentación de campo (nivel 1) de estaciones de bombeo.

Aquí se resume en un esquema general de las comunicaciones industriales en este nivel y los controladores a cargo de la automatización y control automático de las estaciones de bombeo y que serán implementados al nuevo sistema.

SIMBOLOGÍA					
	Válvula de compuerta bridada		Automata Programable PLC		Sensor de nivel continuo
	Válvula de control de nivel		Variador de velocidad		Medidor de PH
	Válvula controlada por solenoide		Sensor de Presión		Medidor de cloro residual
	Válvula con Regulador de Presión		Control ON-OFF		Comunicacion Profibus DP
	Válvula Check		Medidor de turbidez		Linea electrica
	Sensor de Movimiento		Medidor de flujo Electromagnético		Comunicacion 24Vcc
	Sensor en puerta		Sensor en Gabinete		Comunicación 4-20mA

Tabla 3.9 Simbología de instrumentación según ISA – S5.1 de la ANSI/ISA.

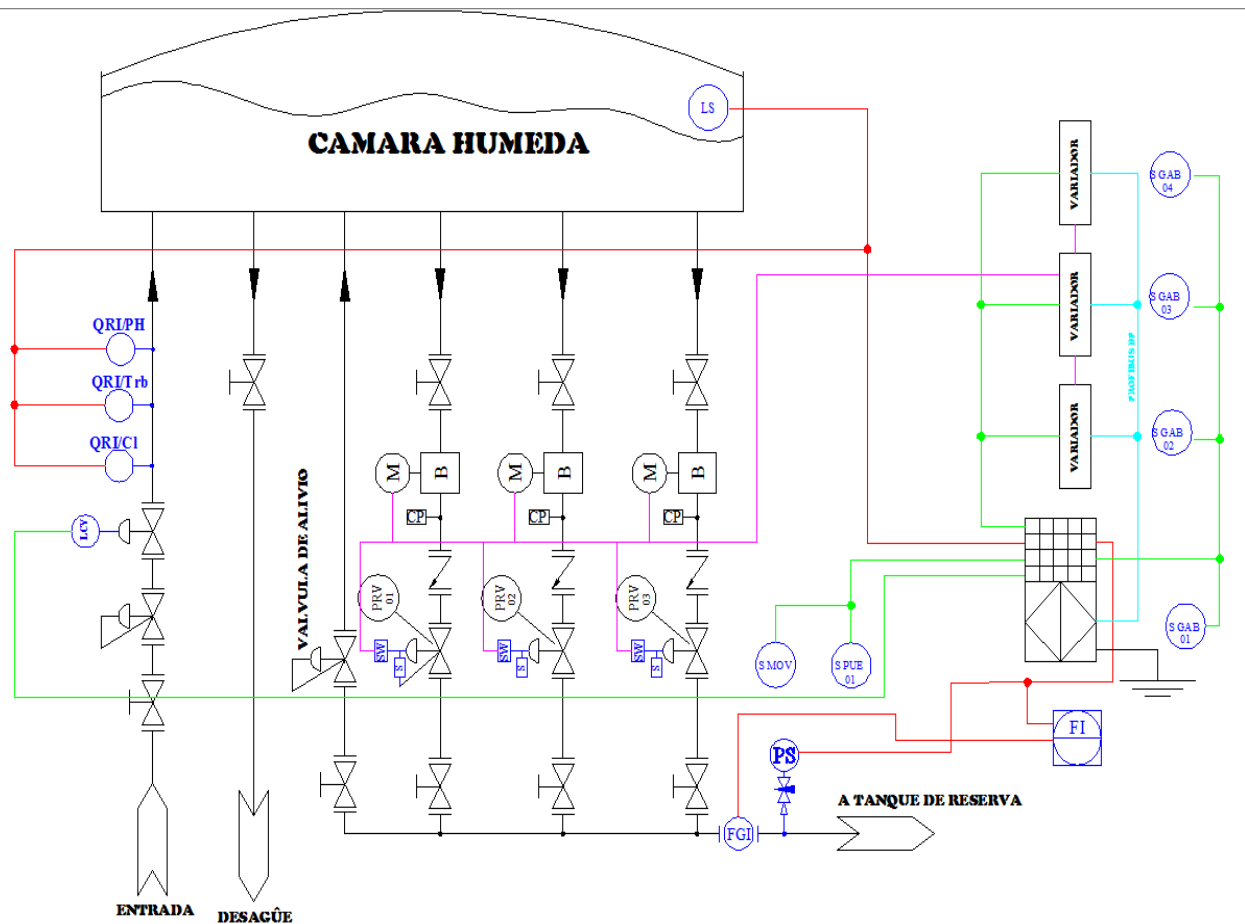


Figura 3.3 Esquema de instrumentación de campo (nivel 1) de las estaciones de bombeo.

3.1.1.1 Control automático de los tanques de reserva.

De igual forma en este proyecto se pretende eliminar a cero la intervención del operador en el cuarto de máquina de los tanques de reserva para las maniobras respectivas sobre los elementos de control hidráulico, las acciones de mando se las realizara desde el las consolas HMI del centro de control del sistema SCADA y en algunas ocasiones automáticamente desde el controlador PLC. Las acciones que se deben realizar

en el cuarto de maquinas por los equipos inteligentes a cargo del control son:

- Adquisición de datos de los sensores y medidores.
- Control de nivel en tanques de reserva.
- Control automático de apertura/cerrado de válvulas de control hidráulico.

3.1.1.2 Equipos de control electrónico para los tanques de Reserva.

Para este el caso de los tanques de reserva toda la adquisición de datos de las entrada y las funciones de control sobre elementos actuadores se lo realizara con un único equipo en la característica de autómata programable PLC con similares características al de las estaciones de bombeo, lo único que cambiaria es la capacidad de sus módulos de entrada/salida y que están en función del resumen de las entradas/salidas de los tanques de reserva según la tabla 3.8, y estarán configurados de la siguiente manera.

- 4 entradas digitales 0-24Vcc.
- 4 salidas digitales tipo transistor.
- 8 entradas analógicas 4-20mA.

3.6.5 Esquema de instrumentación de campo (nivel 1) de tanques de reserva.

Aquí se resume en un esquema general el controlador PLC a cargo de la automatización y control automático de los tanques de reserva y que será implementado al nuevo sistema.

SIMBOLOGÍA					
	Válvula de compuerta bridada		Automata Programable PLC		Sensor de nivel continuo
	Válvula de control de nivel		Variador de velocidad		Medidor de PH
	Válvula controlada por solenoide		Sensor de Presión		Medidor de cloro residual
	Válvula con Regulador de Presión		Control ON-OFF		Comunicacion Profibus DP
	Válvula Check		Medidor de turbidez		Línea electrica
	Sensor de Movimiento		Medidor de flujo Electromagnético		Comunicacion 24Vcc
	Sensor en puerta		Sensor en Gabinete		Comunicación 4-20mA

Tabla 3.9 Simbología de instrumentación según ISA – S5.1 de la ANSI/ISA.

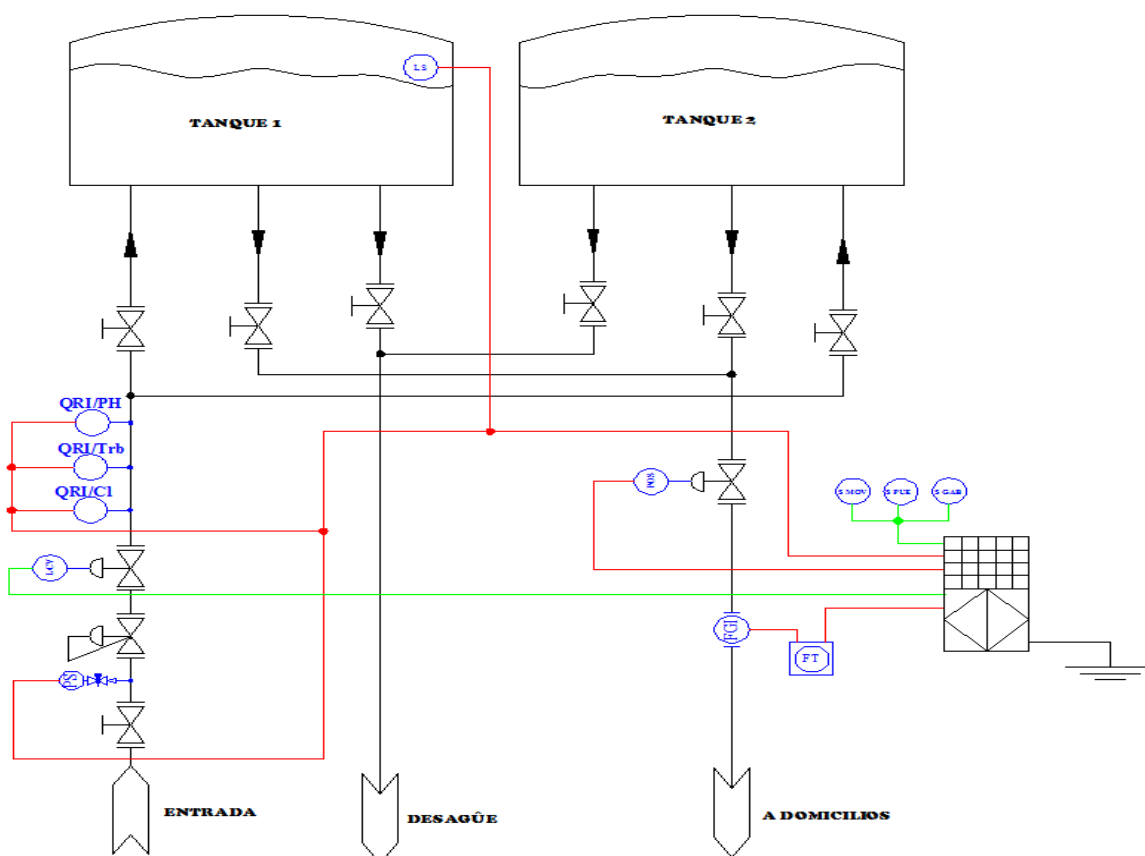


Figura 3.4 Esquema de instrumentación de campo (nivel 1) de tanques de reserva.

3.7 Diseño de sistema en el NIVEL 2 (Célula).

3.7.1 Comunicaciones Nivel 2.

Es necesario aclarar que se implantara un Centro de Control del sistema de red de agua potable que comprende en un cuarto de computadores debidamente adecuado en donde se encontraran los operadores del sistema que serán personas capacitadas para el caso, este centro de control dispondrá del equipamiento necesario para controlar, recibir y administrar los datos enviados de los PLCs a intervalos de tiempo pre-configurados y también poder ejecutar acciones de control a distancia. El centro de control por medio de su computadora industrial central (server), interrogará a cada estación remota según una única dirección conocida.

a. Ubicación del Centro de Control.

Gracias a la ayuda brindada por el centro de geomática de la Universidad Nacional de Loja CINFA se puedo descubrir desde sus bases de datos en los sistemas GIS (Sistemas de Información Geográfica) con el software ArcGIS, la mejor ubicación con la que cuenta el municipio de Loja para el Centro de Control y es las instalaciones de la planta de tratamiento de agua potable de Pucara, ya que tiene una ubicación baricéntrica de la ciudad y de mayor altura. Por otro lado la ubicación de la antena multipunto será en la instalación del

alcázar mayor del proyecto teleférico a medio kilómetro del Centro de Control.

En el cuarto del Centro de Control se instalará todo el equipamiento activo de cómputo, comunicación y control supervisorio, además se tendrá previsto una ampliación en las instalaciones administrativas de la UMAPAL para instalarse varias estaciones de monitoreo y supervisión que permitan realizar acciones de monitoreo del sistema desde estos puntos.

b. Sistema de transporte de la señal.

En vista de que el flujo de información son relativamente bajos cuando se trata de control industrial y que las estaciones remotas están ubicadas a grandes distancias de hasta 8 kilómetros con respecto a la antena multipunto que será ubicada en el alcázar mayor del proyecto Teleférico (cerca del Centro de Control en Pucara), se recomienda realizar los enlaces de forma inalámbrica con equipos de radiocomunicación utilizando el aire como medio de transmisión, pues al tener distancias considerables no es rentable utilizar cable o fibra como medio, ya que encarecería altamente el proyecto. En este proyecto se ha tenido en cuenta que la confiabilidad y seguridad de la tecnología en la transmisión de los datos debe ser un parámetro muy importante de selección de los equipos transceptores de radioenlace.

En cuanto a la máxima distancia en línea recta de punto de vista entre estación remota y Centro de Control encontrada en el sistema de agua potable de la ciudad de Loja es de 8 kilómetros y esta base de distancia se tomara para los cálculos de alcance de propagación radial máximo que se necesitara en la red.

c. Ancho de banda para transmisión de datos entre estaciones y centro de control.

En este caso se tomaron valores típicos de anchos de banda por nodo de acuerdo al servicio de transferencia de archivos y se determino un valor de 19.2 kbps que será suficiente para los diálogos entre estaciones remotas y centro de control. En caso de requerirse algún tipo de vigilancia posterior por videocámara de algunas estaciones se ha convenido incrementar el ancho de banda a 1Mbps para satisfacer el tráfico de video y voz que pueda ser generado en este caso.

d. Selección de la Tecnología de comunicación de los enlaces inalámbricos.

Se ha seleccionado 7 tecnologías de trasmisión inalámbrica de datos muy difundidas en aplicaciones industriales, de las cuales vamos a caracterizarlas de forma general a cada una de ellas y de esta forma seleccionar la más adecuada para nuestra aplicación.

En la Tabla 3.10 podemos observar los parámetros de evaluación de las potencialidades requeridos para aplicaciones industriales esto diferenciándolos en 5 niveles de estado, muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo, de forma que podamos tener un criterio de selección objetivo que sea lo más acercado a la realidad.

Tecnología	Costo de Instalación	Costo de operación	Cobertura	Velocidad	Seguridad	Confiabilidad
Wimax	Alto	medio	Alta	alta	Alta	Muy alta
WI-FI.	Bajo	Bajo	Muy baja	Media	Baja	Muy baja
CDMA 450.	Medio	medio	Alta	Media	Media	Alta
VHF.	Medio	medio	Alta	Baja	Media	Muy Alta
UHF.	Medio	medio	Media	Baja	Media	Alta
GPRS.	Medio	Alto	Alta	Baja	Alta	Alta
Microondas.	Muy alto	Muy alto	Muy alta	Muy alta	Alta	Muy alta

Tabla 3.10 Comparación de potencialidades de tecnologías inalámbricas

Se ha realizado entrevistas con los directivos de la UMAPAL e investigaciones de proyectos ya implantados en otras ciudades con el fin de abstraer recomendaciones que puedan guiar la selección de la tecnología de enlace por radio más adecuada para la comunicación entre las estaciones remotas y el Centro de Control, y hemos concluido que los requerimientos de esta para nuestro caso son:

- Costos de instalación alto-medio por nodo.
- Costos de operación bajo-medio.
- Cobertura alta - media.
- Velocidad baja - media.

- Seguridad alta.
- Confiabilidad alta - muy alta.

De estas quienes cumplen los requerimientos para nuestro caso son las siguientes:

Tecnología	Costo de Instalación	Costo de operación	Cobertura	Velocidad	Seguridad	Confiabilidad
Wimax	x	x	x		x	
WI-FI.		x		x		
CDMA 450.	x	x	x	x		x
VHF.	x	x	x	x		x
UHF.	x	x	x	x		x
GPRS.	x		x	x	x	
Microondas					x	x

Tabla 3.11 Tecnologías que cumplen los requerimientos para esta aplicación.

Como podemos ver aun no se tiene claro sobre cual tecnología inalámbrica es la más adecuada, para ello haremos uso de porcentajes de ponderación de cada potencialidad y de esta forma acercar el análisis más a la realidad, a continuación hemos creído conveniente adjudicar los siguientes porcentajes de ponderación en los parámetros de evaluación de acuerdo a los requerimientos de la empresa, teniendo los más altos porcentajes los parámetros más imprescindibles y sensibles según nuestro criterio:

Tecnología	Ponderación (%)
Costo de instalación	15
Costos de operación	15
Cobertura	20
Velocidad	10
Seguridad	20
Confiabilidad	20
Total	100 %

Tabla 3.11 Ponderación de los parámetros de comunicaciones inalámbricas.

Ahora suplantaremos estos valores en la tabla 3.11 en los casilleros que cumplían con los requerimientos y sumaremos al final un puntaje total.

Tecnología	Costo de Instalación	Costo de operación	Cobertura	Velocidad	Seguridad	Confiabilidad	Total (%)
Wimax	15	15	20		20		70
WI-FI.		15		10			25
CDMA 450	15	15	20	10		20	80
VHF	15	15	20	10		20	80
UHF	15	15	20	10		20	80
GPRS	15		20	10	20		65
Microondas					20	20	40

Tabla 3.12 Puntaje acumulado para cada una de las tecnologías inalámbricas.

Aquí podemos ver que las tecnologías CDMA450, VHF y UHF están en primera instancia liderando el puntaje de ponderación, pero entre estas escogeremos solo una.

Primeramente tomaremos en cuenta la desventaja al utilizar CDMA 450, pues la transmisión se realiza por amplios canales de RF en DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), que son susceptibles a saturación e interferencia lo que crea un problema a la hora de darle una aplicación de comunicación para el control industrial dentro de una ciudad contaminada con señales de radio.

Por otro lado el espectro de frecuencia VHF ofrece muy pobres anchos de bandas para aplicaciones de transmisión de datos, por lo que su aplicación se utiliza muy poco en ambientes industriales de gran número de variables y por esto no es muy recomendable en nuestro caso.

Es por eso que hemos concluido que la más adecuada tecnología de transmisión de datos por radio para esta aplicación es en la banda de UHF, pero vale la pena aclarar que es necesario adicionalmente adoptar métodos de modulación que ayuden a ser inmune a interferencias y saturación de forma que garantice el 99.99% de confiabilidad. Se debe comentar que al utilizar este tipo de tecnología, no se tiene un costo por tráfico generado (como es el caso de GPRS) más bien solo se necesita la concesión de frecuencias al

territorio por los organismos pertinentes, en nuestro caso la SUPERTEL.

Hemos recogido varias experiencias en otras ciudades del mundo de sistemas Scada trabajando bajo radio, y hemos visto que la mayoría concluye que las bandas de UHF representan una de las mejores soluciones de equipos de Radio-MODEM que trabajen en ambientes Industriales lo cual nos da un precedente que alienta su aplicación a este proyecto.

e. Frecuencia portadora y modulación.

La elección de la frecuencia de los equipos de radio es un parámetro muy delicado de analizar, y en nuestro caso se necesita en un enlace de control en donde lo importante es mantener la comunicación sin desconexiones y libre de intrusiones externas, por eso la longitud de onda tiene mucho que influir en los resultados finales.

Dentro de la banda UHF tenemos dos opciones, la banda angosta (400-500 Mhz) y la banda de espectro disperso (900 Mhz, 2.4 Ghz, y superiores a 5Ghz).

Para el caso de la **banda angosta** se requiere de una licencia para su uso y son utilizadas para largas distancias pues no requieren de línea de vista para su propagación, sin embargo el ancho del canal de RF en la banda angosta permite tener un

ancho de banda de máximo 19.2 Kbps para la transmisión de datos en equipos de radio industriales.

La Banda de ***Espectro Disperso*** por el contrario son bandas libres que no requieren de una licencia para su uso y su aplicación es para comunicaciones de corto, mediano y largo alcance y generalmente se requiere de línea de vista, en donde se puede obtener anchos de banda mediano-altos. Es inmune a interferencia lo cual es muy importante para un enlace inalámbrico de control. Aquí se tiene dos métodos de modulación “Direct Sequence Spread Spectrum” (DSSS) y “Frequency Hopping Spread Spectrum” (FHSS).

El primero DSSS se realiza por amplios canales de RF, sin embargo es susceptible a saturación e interferencia, aquí se pueden tener anchos de banda de hasta 54 Mbps, con una baja latencia y es muy compatible con arquitecturas 802.11 para corto y mediano alcance, ya que la arquitectura 802.11 es abierta y permite compatibilidad con hardware de diferentes fabricantes, sin embargo su nivel de seguridad WEP da mucho que desear.

Al contrario FHSS utiliza diferentes canales de RF para la transmisión de datos, y cambia de canal de transmisión varias veces por segundo (saltos de frecuencia en el espectro disperso). Aquí se tienen anchos de banda desde 100 Kbps a 1Mbps, su cobertura es de largo alcance (hasta 40 Km) y

cuenta con una excelente inmunidad a la interferencia. FHSS cuenta con un tipo de modulación y encriptación de la información propietario que le da un grado de seguridad mucho mayor, prácticamente es imposible interceptar la señal de RF, eso por eso que este tipo de tecnología se recomienda para aplicaciones de control industrial, donde un enlace debe ser inmune a interferencias y los datos deben ser cuidados de intrusiones externas.

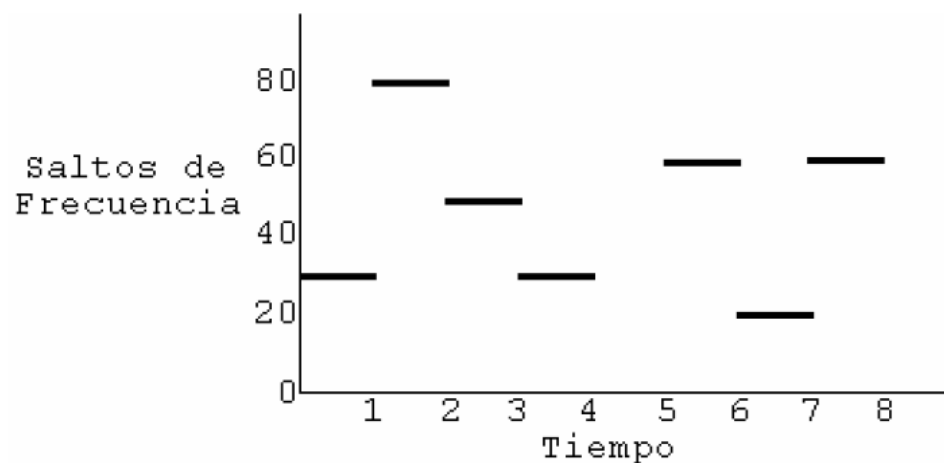


Figura 3.5 Técnica FHSS

Podemos concluir que la tecnología más adecuada de transmisión de los datos de forma inalámbrica para comunicación entre Centro de Control y estaciones remotas es la que utilice equipos de radio de **espectro disperso** debido a que tienen un alcance de cobertura amplio y velocidades que son acorde para los diálogos entre MTU y RTUs del sistema de telemetría y telecontrol.

La técnica de modulación se la realizara por FHSS (Salto de Frecuencia en el Espectro Disperso) ya que es una tecnología que divide el ancho de banda en decenas de canales de frecuencia y cambia el canal de frecuencia de transmisión en una forma pseudo-aleatoria (códigos) varias veces por segundo y esto evita las afectaciones por interferencia eléctrica y electromagnética.

En cuanto a la seguridad de los datos transmitidos esta forma de modulación utiliza algoritmos que evitan que una señal sea robada, interferida o decodificada por un tercero, además que el FHSS permite que varios sistemas operen en la misma zona sin interferirse entre ellos.

En el espectro disperso tenemos varias frecuencias de operación que son disponibles y vamos a elegir aquellas que no necesitan licencia de operación con el fin de evitar retrasos administrativos por asignación de frecuencias, estas son:

- 900 Mhz.
- 2.4 Ghz.
- 5 Ghz.

Dentro de los equipos FHSS lo recomendable sería trabajar con aquellos que lo hacen en la banda de los 900 MHz ya que los equipos que trabajan en la banda de 2.4 GHz y 5 GHz también pudieran funcionar pero la longitud de onda de 900 MHz es más grande y por ende su inmunidad a objetos físicos

es mayor, es por eso que su uso es recomendado en largas distancias y lugares con mayor interferencia física como el caso de las edificaciones en la ciudades.

Para asegurar el completo traslado de datos entre las estaciones y Centro de Control, el radiomodem de comunicaciones deberá transmitir a una velocidad no menor a 1Mbps.

Los Transceptores para esta aplicación deberán ser homologados por la SUPERTEL, se debe aclarar que al utilizar equipos de radio en la banda de 900 MHz, no se deberá realizar las tramitaciones complejas y tediosas para la asignación de frecuencias ante la SUPERTEL.

f. Topología.

En este nivel la topología de comunicación será en configuración de punto-multipunto (PMP) entre estaciones remotas y Torre Multipunto.

g. Protocolo de comunicación entre estaciones remotas y Centro de Control.

Se ha escogido un protocolos de comunicación que sea de tipo abierto (o no propietario) que sea apto para aplicaciones de supervisión y control utilizando sistemas SCADA en especial para transmisiones por radio, este protocolo deben trabajar bajo tiempos determinísticos para la supervisión de procesos.

De todos los protocolos existentes en los estándares internacionales los más difundidos son Modbus y DNP3, de los cuales el más recomendado para la supervisión de procesos industriales con aplicaciones similares a nuestro proyecto es el ***protocolo Modbus RTU***.

h. Sistema de transmisión de la señal entre PLC y modem de comunicación en estaciones remotas.

Aquí se propone la implantación de una comunicación serie en el estándar de las TIA / EIA RS-485 entre el PLC de la estaciones y su equipo transceptor de radio. Para esto se deberá tener entre el PLC y el equipo de radio un ***GATEWAY*** (o pasarela de comunicaciones) que interconecte la red de Campo bajo protocolo Profibus DP de los equipos del nivel de campo (PLC, variadores, medidores, etc.) y la red SCADA por radio bajo la administración del protocolo Modbus RTU.

i. Tiempos de respuesta

Asumiendo un escenario de peor caso, el tiempo de respuesta del sistema no deberá exceder los 2000 ms. El tiempo de respuesta del sistema se define como el tiempo transcurrido o bien entre el envío de un comando de parte del usuario y la posterior respuesta del equipo, o bien como la ocurrencia de un evento y su posterior notificación.

j. Relaciones entre estaciones.

Las estaciones remotas se configuraran como esclavas y en el Centro de Control se configurara como maestra al servidor central Scada.

k. Modo de diálogo.

Entre maestras por paso de testigo y Maestra-esclava por sondeo “polling”. Aquí el maestro tiene el control total del sistema de comunicaciones y hace circular las solicitudes y transferencia de datos desde y hacia cada uno de los esclavos y por otro lado los esclavos no inician la operación sino que se obedecen a las llamadas del maestro.

l. Operación del diálogo.

Aquí el tipo de comunicaciones maestro-esclavo se ejecuta en forma half-duplex, donde el esclavo sólo responde a una solicitud del maestro y si un esclavo no responde en un tiempo determinado el maestro vuelve a intentar seguidamente (hasta 3 veces), si no responde lo marca como fuera de servicio y sigue con el siguiente en su lista. En el próximo ciclo de llamadas del maestro se vuelve a llamar a este esclavo fuera de servicio en el próximo ciclo de votación.

3.7.2 Zonas de Fresnel.

Es una zona de libre de obstrucción adicional que se debe tener en cuenta en un radioenlace además de tener visibilidad directa (LOS) entre las dos antenas.

Se denominan zonas de Fresnel a las coronas circulares concéntricas determinadas por los rayos difractados que se suman en fase y en contrafase en forma alternada. Dentro del elipsoide de revolución la primera zona de Fresnel se caracteriza por el radio r_{F1} a una determinada distancia de la antena. Esto produce reflexiones y cambios de fase de la señal al pasar sobre un obstáculo provocando un aumento o disminución en el nivel de intensidad de la señal recibida.

Es por eso que es necesario estimar la geometría para las consideraciones de difracción de la señal en los filos de cuchillo (que pueden existir en el trayecto de la señal) por medio de las zonas de Fresnel en la zona de propagación, es decir se requiere estimar cual será el libramiento de la señal sobre los obstáculos que encontrará en el camino para evitar anulación de la señal en el punto de recepción debido a señales con desfases que fueron producto de la difracción en los picos de estos obstáculos. Por ello se obtiene el libramiento del obstáculo más elevado denominado primera zona de Fresnel.

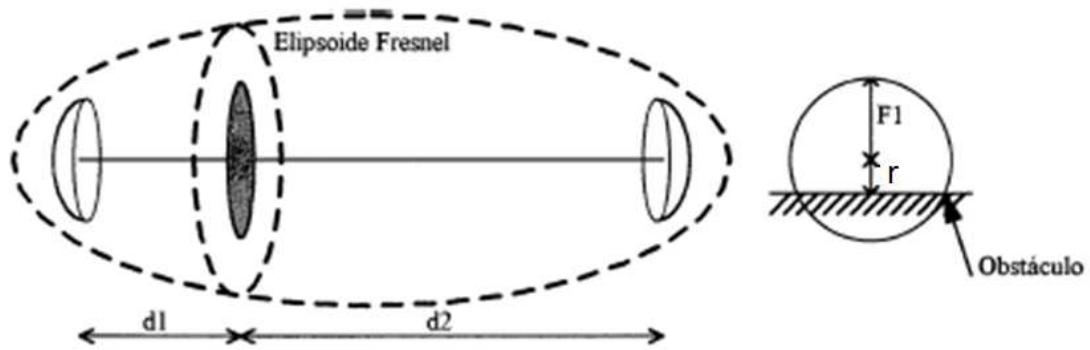


Figura 3.6 Representación del efecto Fresnel.

Teniendo como punto de partida el principio de Huygens, podemos calcular la primera zona de Fresnel, el espacio alrededor del eje que contribuye a la transferencia de potencia desde la fuente hacia el receptor. Lo aconsejable es que la primera zona de Fresnel no esté obstruida, pero se aconseja despejar por lo menos un 60% del radio de la primera zona de Fresnel para tener un radioenlace con éxito.

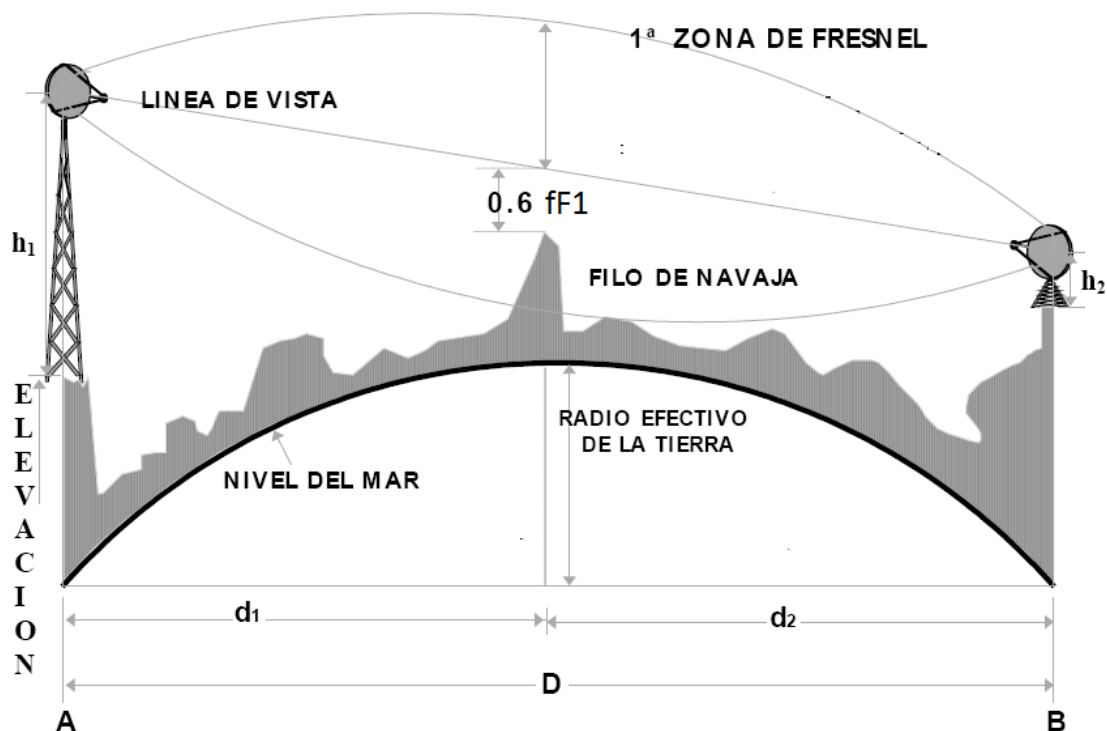


Figura 3.7 Representación geométrica del Radio de libramiento de Fresnel.

Para el cálculo de la primera Zona de Fresnel se utiliza la siguiente expresión:

$$r_{F1} = 547.723 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{f d}}$$

Donde

r_{f1} = Radio de la primera zona de Fresnel en m.

F = frecuencia de operación del radioenlace en MHz.

d_1 = distancia de separación de extremo del radioenlace al obstáculo más elevado en Km.

d_2 = distancia de separación de otro extremo del radioenlace al obstáculo más elevado en Km.

D = distancia de separación entre ambos extremos del radioenlace en Km.

Conociendo la ubicación exacta (coordenadas geográficas) de cada estación, se calcula con el GIS la distancia de separación en Km entre las antenas de las estaciones remotas y la torre multipunto. Empleamos las curvas de niveles de la ciudad de Loja proporcionadas por el Municipio y las subimos a un sistema de información geográfica (ArcGIS), cada una de ellas fue acotada previamente en altura utilizando la aplicación EasyTracer 4.0 para luego digitalizar espacialmente en 3D la

superficie del terreno de la ciudad de Loja y determinar el modelo de elevación (figura 3.8) y de esta forma poder determinar cada uno de los perfiles de elevación del terreno que existen entre cada estación remota y la torre multipunto.

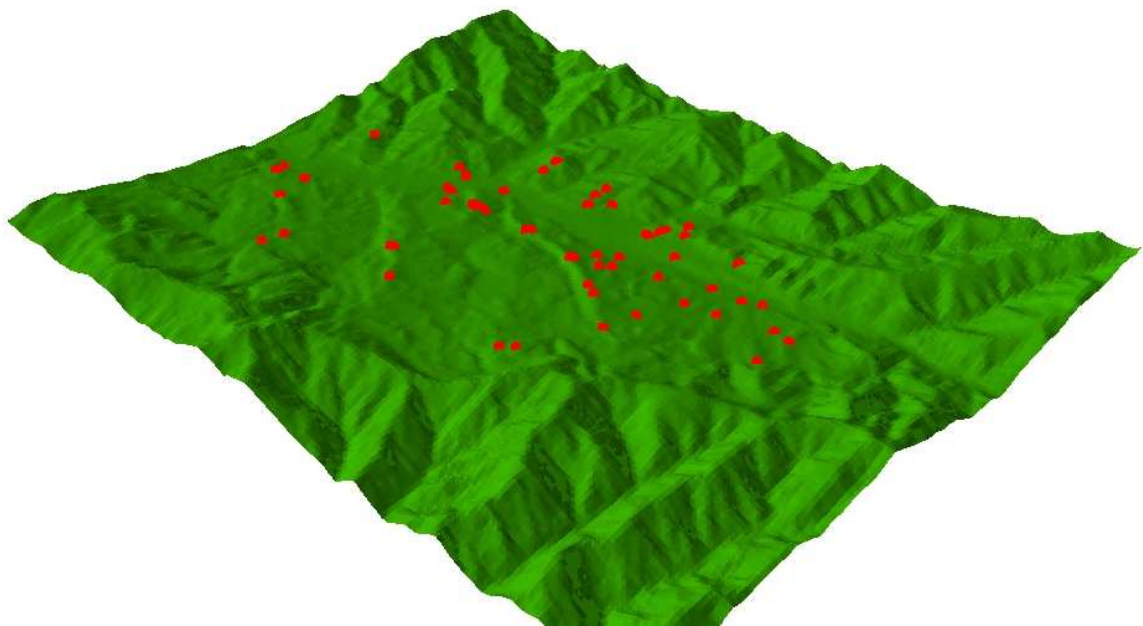


Figura 3.8 Modelo de elevación (3D) del terreno de la ciudad de Loja.

Estos perfiles fueron exportados a formato WMF para ser reconocidos por el software CAD denominado Autocad (Anexo 2), aquí se pudo identificar las salientes más preponderantes que se acercan a la línea de vista entre los enlaces radiales y medimos las distancias correspondientes para el cálculo de libramiento respectivo.

A continuación se procedió al cálculo en cada caso del radio de la primera Zona de Fresnel para cada enlace, teniendo como base las alturas de las antenas de las estaciones remotas y de

la torre multipunto. Estos valores se los comparara con los perfiles de elevación y se verifica si está acorde a las recomendaciones de libramiento del 60%. En una hoja de cálculo Excel se aplico las formulas respectivas y los resultados los mostramos en el Anexo 3 de este documento.

Con todos los cálculos de cada enlace de comunicaciones por radio que podemos verificar que todos los enlaces UHF tienen un libramiento de los obstáculos de terreno de la ciudad muy por encima del 60% del radio de la primera zona de Fresnel para la frecuencia de 900 MHz.

Es preciso acotar que para asegurar de forma definitiva los enlaces de radio es necesario realizar pruebas de campo con equipos reales para determinar las condiciones “in situ” de la señal entregada a cada estación.

3.7.3 Cálculos de propagación de los radioenlaces entre estaciones remotas y torre Multipunto UHF.

A continuación realizaremos el presupuesto de potencia de propagación para los enlaces entre las estaciones remotas y la torre multipunto, aquí se describirá las ganancias/pérdidas generadas en el transmisor/receptor, cables, conectores y espacio libre, esto es necesario para la estimación del valor de potencia entregada al final en los diferentes radioenlaces y así determinar el mejor diseño y equipamiento adecuado.

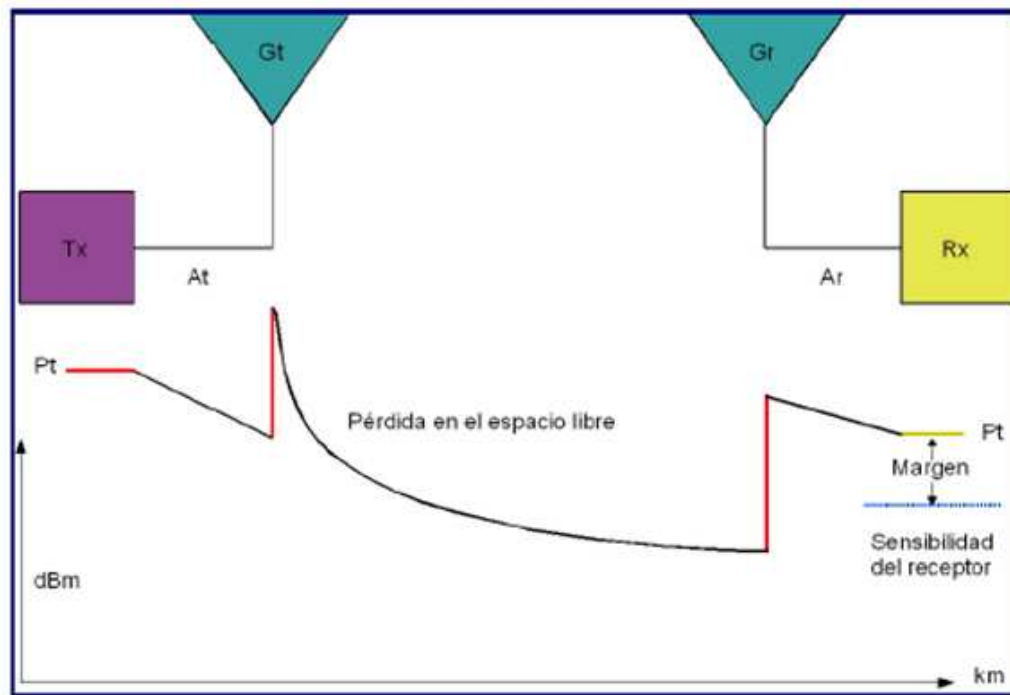


Figura 3.9 Esquema del presupuesto de potencia de un enlace por radio.

En la figura 3.7 podemos ver como existen ganancias y pérdidas en el trayecto de la señal desde que sale del equipo transmisor hasta que llega a el equipo receptor. El margen de potencia recibida que obtengamos a la entrada del equipo receptor con referencia a su sensibilidad de recepción, nos garantizara la confiabilidad del enlace.

a. La potencia de transmisión P_t .

Es la potencia efectiva de salida del radio trasmisor que se utilizará y tiene un límite máximo según las regulaciones en nuestro país. Dentro de la frecuencia de los 900 MHz la potencia de transmisión típica aprobada para los equipos de

radio industriales en 900 MHz en nuestro territorio es máximo 1 W (30dBm).

b. Las pérdidas en el cable.

Son aquellas que se producen en los cables que conectan el transmisor/receptor a los elementos radiantes (antenas), dependen del tipo de cable y frecuencia de operación, normalmente se miden en dB/m y la pérdida típica en los cables está entre 0,1 dB/m a 1 dB/m.

c. Las Pérdidas en los conectores.

Se pueden estimar en 0,4 dB para cada conector en el cableado desde el transmisor/receptor hasta la antena (este valor dependerá mucho del constructor), nuestro caso existen 4 conectores:

- 1 en el radio.
- 1 en la antena.
- 2 en cada lado del pigtail.
- Pérdida en el pigtail de 0.5 dB.
- Esto nos da como resultado de perdidas en los conectores de 2.1 dB.

d. Ganancia de las antenas.

La ganancia de la antena omnidireccional para la torre multipunto será mínimo 8 dBi y en las estaciones remotas se ha tomado en cuenta instalar antenas yagi de mínimo 15 dBi.

e. Pérdidas en el espacio libre.

Utilizando el Modelo de propagación en espacio libre podemos obtener las pérdidas PL (path loss) por propagación en espacio libre presente en cada uno de los enlaces a realizar y cuando el receptor está a una distancia “d” del transmisor.

Las pérdidas que aquí se presentan son la mayor parte de la potencia de la señal de radio que se perderá en el aire, mide la potencia que se pierde en el mismo sin ninguna clase de obstáculo y es proporcional al cuadrado de la distancia y también proporcional al cuadrado de la frecuencia.

Según la fórmula de Friis, para antenas en espacio libre, la densidad de potencia incidente en la antena receptora está relacionado por la siguiente ecuación:

$$S = \frac{P_T G_T}{4\pi r^2}$$

Donde P_T es la potencia aplicada a la antena transmisora y G_T es la ganancia máxima de la misma.

La potencia en el receptor se relaciona por la apertura efectiva de la antena receptora y la densidad de potencia (magnitud del vector de Poynting considerando sólo el tiempo promedio del flujo de potencia sobre un periodo) por:

$$P_R = A_e S$$

La máxima ganancia de la antena receptora para ésta apertura efectiva se expresa como:

$$G_R = \frac{4\pi}{\lambda^2} A_e$$

Utilizando las anteriores ecuaciones y asumiendo que las antenas están alineadas en la dirección de máxima ganancia, además de tener polarizaciones similares y una separación r que permita considerar los campos lejanos, se puede expresar la relación de potencias de recepción y transmisión como:

$$\frac{P_R}{P_T} = G_T G_R \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2$$

Las pérdidas por trayectoria, en este caso pérdidas por espacio libre, se dan por:

$$L_0 = \frac{P_R G_T G_R}{P_T} = \left(\frac{4\pi r}{\lambda} \right)^2 = \left(\frac{4\pi r f}{c} \right)^2$$

Si esta ecuación se expresa en decibeles se obtendrá la forma usualmente aplicada en los modelos de propagación para

realizar las consideraciones de espacio libre en casos donde hay línea de vista (casos comúnmente denominados LOS):

$$L_0[dB] = 32.4 + 20 \log r + 20 \log f$$

Donde r se expresa en kilómetros y f en MHz.

f. La Sensibilidad del receptor.

Otra característica muy importante que se debe tomar en cuenta es la sensibilidad del receptor, ya que esta identifica el valor mínimo de potencia que necesita para poder decodificar/extraer “bits lógicos” y alcanzar una cierta tasa de bits. Cuanto más baja sea la sensibilidad, mejor será la recepción del radio. Un valor típico en radios industriales es de -82 dBm en un enlace de 11 Mbps y -92 dBm para uno de 1 Mbps, en nuestro caso asumiremos un valor de sensibilidad de -92 dBm.

g. Cálculos de potencia de recepción.

Como método de síntesis hemos decidido realizar el cálculo entre la estación remota más distante a la torre multipunto, de esa forma asegurando este enlace se concluirá por demás la confiabilidad en los otros que están más cercanos. La distancia más alejada según los levantamientos cartográficos en el sistema del Centro Integrado de Geomática (CINFA) de la Universidad Nacional de Loja, la estación remota más distante es el tanque de reserva de la ciudadela MOTUPE, y su

distancia es de 8 kilómetros, para mayor seguridad tomaremos como base los 10 kilómetros. Los datos para el cálculo son:

- La potencia del transmisor: 1 W = 30 dBm
- pérdidas en los conectores por punto: 2.1 dB.
- Ganancia de la antena TX: 8 dBi
- Ganancia de la antena RX: 15 dBi
- Confiabilidad: 99.99%

En la torre multipunto y en las estaciones se estimará una distancia máxima del cable total desde la antena al radiomodem es de 2m, por cuanto las pérdidas en los cables por punto son:

- Pérdidas en cables: 2m x 1db/m= 2 dB.

Entonces las pérdidas en el espacio abierto son:

$$L_0[dB] = 32.4 + 20 \log r + 20 \log f$$

$$L_0 = 32.4 + 20 \log (10 \text{ Km}) + 20 \log (900 \text{ MHz.})$$

$$L_0 = 111.5 \text{ dB}$$

La sensibilidad normalizada en los radios industriales en la banda de 900 MHz es de -92 dBm para un máximo de ancho de banda de 1 Mbps con un BER de 10⁻⁶. Por ende la potencia de recepción P_{RX} es la diferencia entre la potencia del transmisor, las ganancias de las antenas y las atenuaciones o pérdidas en el trayecto:

$$P_{RX} = 30 \text{ dBm} - 2 \text{ dB (TX)} - 2.1 \text{ dB (TX)} + 8 \text{ dBi (TX)} - 111.5 \text{ dB} \\ + 15 \text{ dBi (RX)} - 2 \text{ dB (RX)} - 2.1 \text{ dB (TX)} \\ P_{RX} = -66.7 \text{ dBm.}$$

h. La potencia umbral PU.

Es el valor de potencia que se ha recibido por el receptor y que asegura una tasa de error por bit, en el caso de los radios de 900 MHz con aplicaciones industriales es muy típico una potencia umbral de -97 dBm para un ancho de banda de 512 Kbps con un BER de 10^{-6} y a -92 dBm para un ancho de banda de 1 Mbps con un BER de 10^{-6} .

Es necesario determinar el margen respecto al umbral que es el valor obtenido de la diferencia entre la potencia de recepción y la potencia umbral del receptor, en nuestro caso aseguraremos un ancho de banda de 1 Mbps ($P_u = -92 \text{ dBm}$), entonces el margen umbral es:

$$M_u [\text{dB}] = P_{RX} [\text{dBm}] - P_u [\text{dBm}]$$

$$M_u = -66.7 - (-92)$$

$$M_u = 25.3 \text{ dB}$$

i. Margen de desvanecimiento.

Al propagarse una onda electromagnética por la atmosfera terrestre la señal puede tener perdidas intermitentes de intensidad, además de la perdida normal en la trayectoria. Esas

pérdidas se pueden atribuir a diversos fenómenos que incluyen efectos de corto y largo plazo. Esta variación en la pérdida de la señal se llama desvanecimiento y se puede atribuir a perturbaciones meteorológicas como lluvia, nieve, granizo, etc.; a trayectorias múltiples de transmisión y a una superficie terrestre irregular. Para tener en cuenta el desvanecimiento temporal, se agrega una pérdida adicional de transmisión a la pérdida en trayectoria normal, a esta pérdida se le llama margen de desvanecimiento. El margen de desvanecimiento es un factor espurio que se incluye en la ecuación de ganancia del sistema para considerar las características no ideales y menos predecibles de la propagación de las ondas de radio. El margen de desvanecimiento también tiene en cuenta los objetivos de confiabilidad del sistema que se requiere. Desarrollando las ecuaciones de confiabilidad de Barnett - Vigniant se obtiene la siguiente ecuación para el margen de desvanecimiento (FM).

$$FM = 30 \log d + 10 \log (6 A B f) - 10 \log (1-R) - 70$$

Donde:

d = Distancia del trayecto (Km).

f = Frecuencia del enlace (GHz).

R = Confiabilidad en tanto por uno (99.99% = 0.9999 de confiabilidad)

1 - R = Objetivo de confiabilidad.

A = Factor de rugosidad del terreno.

Se tiene los siguientes factores:

- 4 sobre agua o sobre un terreno muy liso.
- 1 sobre un terreno promedio con alguna rugosidad.
- $\frac{1}{4}$ sobre un terreno muy rugoso y montañoso.

B = Factor para convertir la peor probabilidad mensual en una anual.

Se tiene los siguientes factores:

- 1 para pasar una disponibilidad anual a la peor base mensual.
- $\frac{1}{2}$ para áreas calientes y húmedas.
- $\frac{1}{4}$ para áreas continentales promedio.
- $\frac{1}{8}$ para áreas muy secas o montañosas.

Para la ciudad de Loja se adoptaron los siguientes valores:

d= 10 km

f=0.9 Ghz (900 Mhz)

R= 0.99

A=1

B= $\frac{1}{4}$

Reemplazando nos da:

$FM = 30 \log (10) + 10 \log (6 \cdot 1 \cdot \frac{1}{4} \cdot 0.9) - 10 \log (1-0.9999) - 70$

FM= 1.30 (dB)

El objetivo de calidad se define como la confiabilidad del sistema y es el porcentaje de tiempo que un enlace no se interrumpe por consecuencia del desvanecimiento. Para que el

sistema diseñado cumpla el objetivo de calidad, se requiere que cumpla con la siguiente condición:

$$\mu > FM$$

En nuestro caso reemplazando los valores calculados vemos que:

$$29.5 \text{ dB} > 1.30$$

Y así se verifica que el enlace entre la estación remota más alejada (Motupe) y la torre multipunto cumple con la condición de calidad, es decir, todos los enlaces del sistema de radio UHF del sistema de red de agua potable para la ciudad de Loja están garantizados para transmitir las señales con una confiabilidad mínima del 99,99%.

3.7.4 Cálculos de radioenlace entre torre multipunto y centro de control WIMAX.

Aquí analizaremos el enlace punto a punto entre la torre multipunto y el centro de control, se procederá con la misma metodología descrita anteriormente.

a. La potencia de transmisión Pt.

Los radios industriales con tecnología WIMAX que se utilizara en este proyecto según la norma nacional no sobrepasarán los 200 mW y su frecuencia estará dentro del rango de los 5 GHz esto con el fin de no necesitar contratar licencias de frecuencias de operación.

b. Sensibilidad.

La mejor sensibilidad del receptor en estos equipos es -95 dBm en un enlace de 9 Mbps.

La distancia entre estos dos puntos según los levantamientos cartográficos en el sistema de geomática CINFA de la Universidad Nacional de Loja, es de 0.87 kilómetros, para mayor seguridad tomaremos como base 1 kilómetro.

- La potencia del transmisor: 200 mW = 23 dBm
- pérdidas en los conectores por punto: 2.1 dB.
- Ganancia de la antena TX: no menor de 12 dBi
- Ganancia de la antena RX: no menor de 12 dBi
- Pérdidas en los cables por punto: 2 dB.
- Pérdidas en los conectores por punto: 2.1 dB.
- Confiabilidad: 99.99%

c. La pérdida en el espacio:

Reemplazando los datos nos da:

$$L_o = 32.4 + 20 \log (1 \text{ Km}) + 20 \log (5000 \text{ MHz}) = 106.4 \text{ dB}$$

d. La potencia de recepción P_{RX} .

$$P_{RX} = 23 \text{ dBm} - 2 \text{ dB (TX)} - 2.1 \text{ dB} + 12 \text{ dBi (TX)} - 106.4 \text{ dB} + 12 \text{ dBi (RX)} - 2 \text{ dB (RX)} - 2.1 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -67.6 \text{ dBm.}$$

e. La potencia umbral P_U .

Es igual a la sensibilidad típica en estos equipos industriales que es igual a -95 dBm para un ancho de banda de 9 Mbps.

El margen umbral:

$$M_u [\text{dB}] = P_{RX} [\text{dBm}] - P_u [\text{dBm}]$$

$$M_u = -67.6 - (-95)$$

$$M_u = 27.4 \text{ dB}$$

f. Margen de desvanecimiento.

$$FM = 30 \log(1 \text{ Km}) + 10 \log(6 \times 10^4 \times 5 \text{ GHz}) - 10 \log(1 - 0.9999) - 70 = -21.25 \text{ (dB)}$$

El Factor de calidad se evalúa:

$$27.4 \text{ dB} > -21.25$$

Se verifica que el enlace entre torre multipunto y centro de control cumple con la condición de calidad para funcionar con una confiabilidad de mínimo 99,99%.

3.7.5 Cálculos de radioenlace entre Torre Multipunto y oficinas UMAPAL WIMAX.

Se ha propuesto tener interfaces de comunicación con las oficinas de la UMAPAL, para esto es necesario un enlace entre el Centro de Control y estas oficinas ubicadas en el centro de la ciudad en las calles, J.A. Eguiburen y Bolívar (esq.), el equipo transmisor estará ubicado de igual forma en la torre multipunto, y

el receptor en una de las torres de comunicaciones existentes en la edificación del Municipio de Loja.

a. La potencia de transmisión Pt.

En los radios industriales con tecnología WIMAX que se utilizara en este enlace no sobrepasarán los 200 mW (23 dBm) y su frecuencia estará dentro del rango de los 5 GHz.

b. Sensibilidad.

La mejor sensibilidad del receptor en estos equipos es -95 dBm en un enlace de 9 Mbps.

La distancia entre los dos puntos según los levantamientos cartográficos en el sistema de geomática CINFA de la Universidad Nacional de Loja, es de 2.2 kilómetros, para mayor seguridad tomaremos como base los 3 kilómetros.

- La potencia del transmisor: 200 mW = 23 dBm
- perdidas en los conectores por punto: 2.1 dB.
- Ganancia de la antena TX: no menor de 12 dBi
- Ganancia de la antena RX: no menor 12 dBi
- Perdidas en los cables por punto: 2 dB.
- Perdidas en los conectores por punto: 2.1 dB.
- Frecuencia 5Ghz (5000 MHz)
- Confiabilidad: 99.99%

c. Potencia de recepción.

Las perdidas en el espacio libre son:

$$L_o = 32.4 + 20 \log (3\text{Km}) + 20 \log (5000 \text{ MHz}) = 115.9 \text{ dB}$$

La potencia de recepción P_{RX} es:

$$P_{RX} = 23 \text{ dBm} - 2 \text{ dB (TX)} - 2.1 \text{ dB} + 12 \text{ dBi (TX)} - 115.9 \text{ dB} + 12 \text{ dBi (RX)} - 2 \text{ dB (RX)} - 2.1 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -77.1 \text{ dBm.}$$

d. La potencia umbral P_u

Que es igual a la sensibilidad típica en estos equipos industriales igual a -95 dBm para un ancho de banda de 9 Mbps

El margen umbral:

$$M_u [\text{dB}] = P_{RX} [\text{dBm}] - P_u [\text{dBm}]$$

$$M_u = -77.1 - (-95)$$

$$M_u = 17.9 \text{ dB}$$

e. Margen de Desvanecimiento:

$$F_M = 30 \log (3 \text{ Km}) + 10 \log (6 \times 10^4 \times 5 \text{ GHz}) - 10 \log (1 - 0.9999) - 70 = -6.93 \text{ (dB)}$$

Factor de calidad:

$$17.9 \text{ dB} > -6.93 \text{ dB}$$

Aquí también, se verifica que el enlace entre torre multipunto y oficinas de la UMAPAL cumple con la condición de calidad, para la confiabilidad del 99,99%.

3.7.6 Cálculos de radioenlace entre Torre Multipunto y oficina plantas de tratamiento de agua potable.

Se necesita tener comunicación en línea con las plantas de agua potable existentes actualmente, por eso ha propuesto tener acceso al servidor Scada instalado en cada planta con el fin de corregir los procesos de potabilización en caso de sobredosis de cloro, niveles de turbidez, PH, etc, así como algunas alarmas que se puedan producir en las estación y que son datos de primordial importancia que las plantas deberían tener en tiempo real.

Existen tres plantas actualmente funcionando:

- Planta Chontacruz (a 5 kilómetros de la torre multipunto con punto de vista).
- Planta Carigán (a 7.3 kilómetros de la torre multipunto con punto de vista).
- Planta Zamora Huayco (a 900 metros de la torre multipunto con punto de vista).
- Planta Pucará. (a 600 metros de la torre multipunto con punto de vista)

Todas tienen punto de vista con la torre multipunto y según el ítem de los cálculos de zonas de Fresnel (3.7.2), todas sobrepasan el radio de la primera zona de Fresnel, por lo que vamos a resumir los análisis eligiendo la planta de tratamiento

de agua potable que está ubicada a mayor distancia, en este caso es la nueva Planta Carigán.

Esta Planta corresponde al elemento más importante del Plan Maestro de Agua Potable, ubicada en la afueras de la ciudad en el Km 5 de la carretera vía a la Toma.

En su centro de control se tiene instalado un servidor con un sistema Scada que supervisa y controla el proceso a través de su arquitectura conformada por PLCs Alan Bradley para medición y control automático del proceso y un software Scada RS-View32 a cargo de la supervisión de la planta. Hemos percatado que este software tiene una base de datos de comunicaciones compatible con el protocolo Modbus por lo cual es apto para el intercambio de información entre el sistema Scada de la red en nuestro diseño. Debemos dar a conocer que solo esta planta de tratamiento (Carigán) tiene incorporado actualmente un sistema Scada para control del proceso, por lo que recomendamos modernizar a las demás con el fin poderlas integrar al sistema Scada de la red de este proyecto.

a. La potencia de transmisión Pt.

En los radios industriales con tecnología WIMAX que se utilizara en este enlace no sobrepasarán los 200 mW (23 dBm) de potencia y su frecuencia estará dentro del rango de los 5 GHz.

b. Sensibilidad.

La mejor sensibilidad del receptor en estos equipos es -95 dBm en un enlace de 9 Mbps.

La distancia entre los dos puntos según los levantamientos cartográficos en el sistema de geomática CINFA de la Universidad Nacional de Loja, es de 7.3 kilómetros, para mayor seguridad tomaremos como base los 8 kilómetros.

c. Potencia de recepción.

Los parámetros de ganancia y pérdidas en los elementos del sistema de comunicación en este punto son:

- La potencia del transmisor: 200 mW = 23 dBm
- pérdidas en los conectores por punto: 2.1 dB.
- Ganancia de la antena TX: no menor de 12 dBi
- Ganancia de la antena RX: no menor 12 dBi
- Pérdidas en los cables por punto: 2 dB.
- Pérdidas en los conectores por punto: 2.1 dB.
- Frecuencia 5Ghz (5000 MHz)
- Confiabilidad: 99.99%

Las pérdidas en el espacio abierto son:

$$L_o = 32.4 + 20 \log (8 \text{ Km}) + 20 \log (5000 \text{ MHz}) = 124.4 \text{ dB}$$

La potencia de recepción P_{RX} es:

$$P_{RX} = 23 \text{ dBm} - 2 \text{ dB (TX)} - 2.1 \text{ dB} + 12 \text{ dBi (TX)} - 124.4 \text{ dB} + 12 \text{ dBi (RX)} - 2 \text{ dB (RX)} - 2.1 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -85.6 \text{ dBm.}$$

d. La potencia umbral P_U .

Es igual a la sensibilidad típica de estos equipos industriales igual a -95 dBm para un ancho de banda de 9 Mbps

El margen umbral:

$$Mu \text{ [dB]} = P_{RX} \text{ [dBm]} - P_U \text{ [dBm]}$$

$$Mu = -85.6 - (-95)$$

$$Mu = 9.4 \text{ dB}$$

e. Margen de desvanecimiento.

$$FM = 30 \log(8 \text{ Km}) + 10 \log(6 \cdot 1^{\frac{1}{4}} \cdot 5) - 10 \log(1 - 0.9999) - 70 = 5.8 \text{ (dB)}$$

El Factor de calidad:

$$9.4 \text{ dB} > 5.8 \text{ dB}$$

Aquí también, se verifica que el enlace entre torre multipunto y la planta Carigán cumple con la condición de calidad y de esta forma resumimos que todos los enlaces entre la torre multipunto y las plantas de tratamiento de agua de la ciudad de Loja están aseguradas para funcionar con un nivel de confiabilidad de mínimo 99,99%.

3.7.7 Seguridad en la Transmisión de los Datos de forma Inalámbrica.

La modulación FHSS que se utilizara en los radios industriales, ayuda a proteger el canal de comunicación, pues dificulta el

sondeo de frecuencias al estar en constante cambio según un código establecido entre las estaciones, pero resulta necesario proteger la transmisión de los datos también con algún mecanismo de encriptación adicional.

Entonces creemos que es necesario que las transmisiones de radio entre las estaciones remotas y Centro de Control sean con equipos radio-módems que tengan la opción de encriptación en hardware utilizando el método AES de 128 bits. Vale la pena recalcar la importancia a la hora de implementar este sistema en las políticas de seguridad que deben implementarse, una de ellas sería el tamaño de las claves y su cambio rotativo y permanente con el fin de minimizar el riesgo de un ataque por fuerza bruta para descifrar los paquetes de intercambio en el protocolo de encriptación.

3.7.8 RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS COMUNICACIONES EN NIVEL 2 (Célula).

En este nivel la Red de Comunicaciones entre el Centro de Control y estaciones remotas se considera de larga distancia y cubre la totalidad del territorio urbano de la ciudad, por lo tanto se la puede considerar como una red metropolitana (MAN).

En vista de aquello se ha pensado que lo más factible es realizar esta comunicación exclusivamente por medio de radio enlaces y se ha elegido la edificación del Alcázar Mayor del proyecto Teleférico para instalar la Torre de comunicaciones

multipunto pues ofrece un punto de vista baricéntrica de toda la ciudad y sobresale por encima de los demás gradientes de terreno.

En el Centro de Control se obtendrá las señales provenientes de las estaciones remotas desde un multipunto de acceso (PMP) conformado por un modem de radio UHF industrial, guías de onda y antena omnidireccional ubicado en una torre en lo alto de las instalaciones del Alcázar mayor del proyecto teleférico cuyas coordenadas geográficas son:

- latitud: S04°00'37
- longitud: W079°11'36.

Para llevar la señal desde el acceso PMP hasta el cuarto del Centro de control ubicado en las instalaciones administrativas de la Planta de Tratamiento de Agua Potable “Pucará” a 800 metros de distancia también en se ha previsto en esta torre la instalación de un enlace inalámbrico conformado por un conjunto de dos módems WIMAX con antenas direccionales para conformar el Backbone que hará la labor de troncal inalámbrico del sistema, se dispondrá del puerto de comunicaciones RS-232 para el puente de comunicaciones respectivo entre el acceso Multipunto y el enlace hacia el Centro de Control a fin de que este puerto sea de uso exclusivo para que trabaje el protocolo de comunicaciones industrial Modbus RTU.

El sistema de comunicaciones entre el centro de control y estaciones remotas en este nivel tendrá una configuración de la red tipo maestro/esclavo, donde el servidor central Scada ubicado en el centro de control será quien haga las funciones de maestro (MTU) y los PLCs en las estaciones y los servidores en las plantas de tratamiento serán configurados como esclavos (RTU).

Las señales una vez recolectadas en la estación MTU conformada por el servidor central Scada se desplazarán mediante interfaz Ethernet hacia el Switch Ethernet central, el cual distribuirá esta información a lo largo de la red LAN del centro de control.

En las Estaciones Remotas, la información que el PLC recolecta, viajará a través de interfaces Profibus DP y convertida en Protocolo Modbus bajo conexión RS-485 por medio de una pasarela en hardware (Gateway) que luego se enviara a la entrada de los puertos de los equipos de radio, el cual mediante cable coaxial y antena directiva llevará esta información a través del sistema de comunicaciones UHF hacia el Centro de Control. Cabe recalcar que la transmisión de datos por radio estará basada en la Técnica de modulación por FHSS (Espectro Disperso por Salto de Frecuencia), con el fin de librar interferencias que se puedan suscitar en el entorno atmosférico. En el siguiente esquema (Figura 3.8) podemos ver

los enlaces de color rojo que corresponden a comunicaciones inalámbricas por medio de enlaces Punto Multipunto UHF entre las estaciones remotas (estaciones de bombeo, tanques de reserva) en la banda de los 900 MHz, y entre la torre Multipunto y centro de control, oficinas de la UMAPAL y las plantas de tratamiento de agua se conforman con verde los enlaces con tecnología Wimax en la banda de 5Ghz.

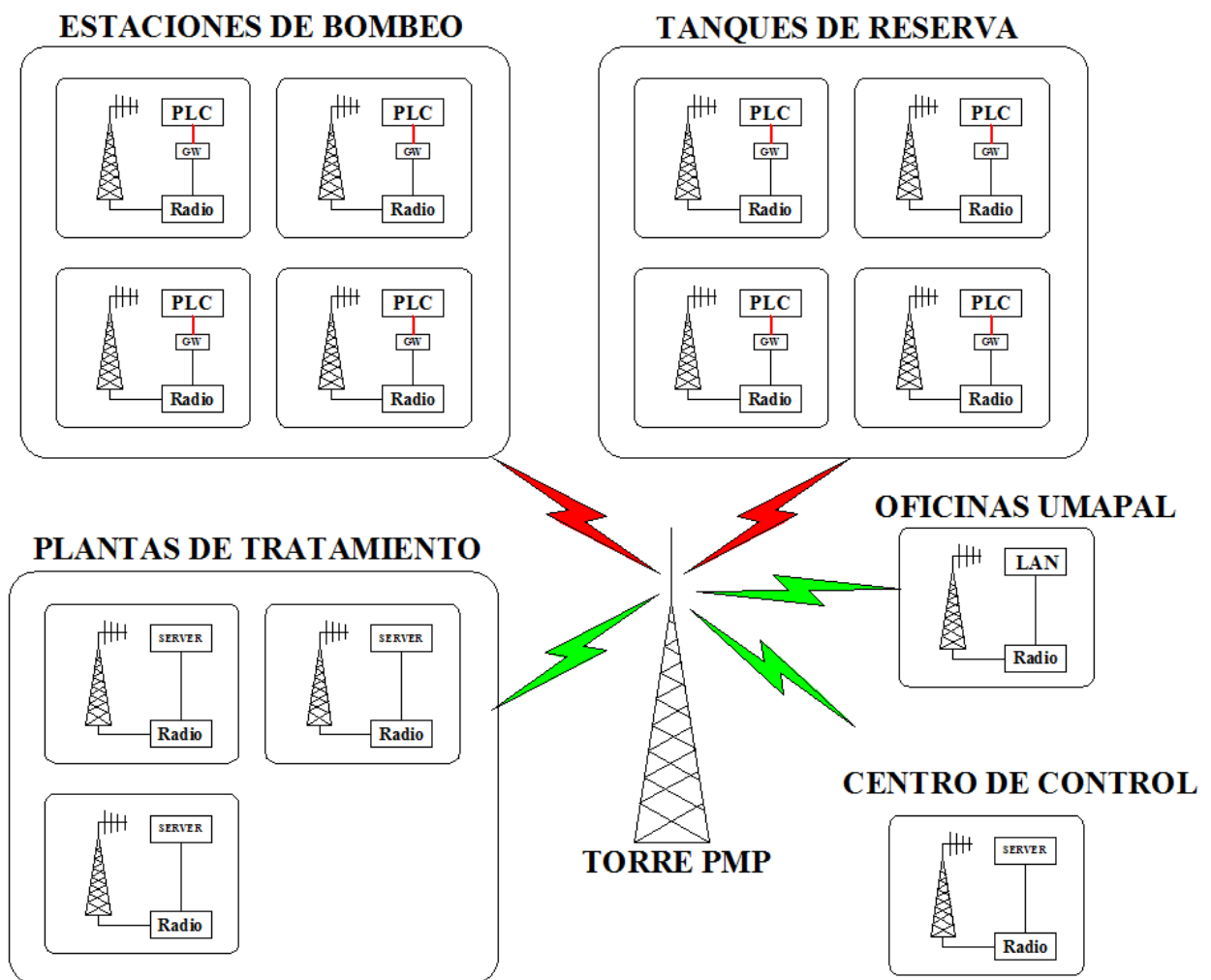


Figura 3.10 Esquema de comunicaciones MAN inalámbrica del sistema.

3.7.9Diseño de comunicaciones en torre multipunto.

Las conexiones de comunicación y alimentación se detallan en la figura 3.9 donde se encuentra muestra el esquema de montaje del tablero de comunicaciones que contendrá el equipamiento activo y cableado estructurado en la torre multipunto.

Podemos ver que entre el radiomodem de acceso multipunto (PMP) y el radiomodem que se enlaza con el centro de control (CC), existe una conexión P2P con conexión RS-232 (cable azul) donde trabajará el protocolo Modbus RTU que comunica las estaciones remotas con el Centro de Control y de esta forma utilizar un canal de comunicaciones aislado de la red LAN y tener un canal confiable en este nivel. Cabe resaltar que este ultimo radio deberá ofrecer el servicio de Gateway para los dos tipos de comunicación por un lado el protocolo Modbus RTU en la conexión serie y por el otro el protocolo Modbus TCP en la conexión Ethernet.

Las antenas direccionales de color verde pertenecen a los enlaces P2P Wimax de las plantas de tratamiento de agua y las oficinas de UMAPAL. En el centro podemos observar con un punto rojo la antena omnidireccional UHF para la comunicación con las estaciones remotas.

La red los Radiomodem necesaria para el intercambio de información del sistema SCADA se la unifica por un Switch

Capa 2 (OSI), las líneas magenta indican las conexiones, en este punto se utilizara el protocolo de comunicaciones Modbus TCP, para intercambio de información entre los servidores de los sistemas Scada de cada planta de tratamiento de agua.

Cabe mencionar que no todas la plantas cuenta con un sistema Scada local encargado de la supervisión y control de su proceso, pero no por ello dejaremos de tomarlos en cuenta en este diseño para su posterior implantación, ya que la única que cuenta con un Scada en estos momentos es la planta nueva de Carigán.

Para la alimentación de energía eléctrica para los equipos activos de comunicaciones se dispone un banco de baterías con su respectivo cargador 110 VAC /24 VCC, con una capacidad en el banco de baterías de hasta 70 A/h suficientes para respaldar hasta por 1 semana consecutiva en caso de cortes de energía en el lugar, la línea cian (celeste) indica la alimentación eléctrica, además se dispondrá al pie de la torre una malla de puesta a tierra con una impedancia no mayor a 5 ohmios.

SIMBOLOGÍA					
	Radiomodem		SWITCH		Cable ethernet
CC	Centro de Control		Antena Multipunto		Cable RS-232
UMA	Umapal		Antena Wimax		Banco de baterías
CAR	Carigan		Cable Wimax		Puesta a tierra
ZH	Zamora Huayco		Cable UHF		
CHO	Chontacruz		Cable electrico		

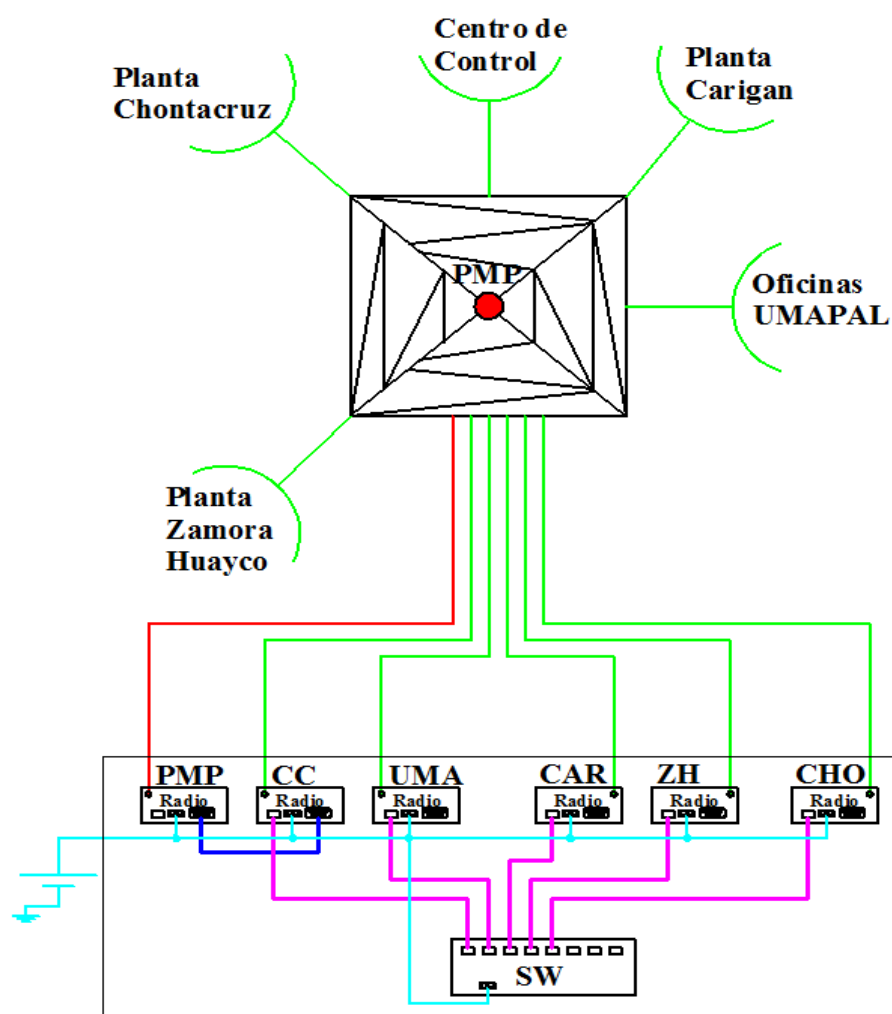


Figura 3.11 Esquema de comunicaciones en torre Punto Multipunto (PMP).

3.7.10 Diseño de las comunicaciones en estaciones remotas.

3.7.10.1 Comunicaciones en estaciones de bombeo.

El esquema de la figura 3.10, se explica la configuración del sistema de comunicaciones de los elementos controladores y de comunicación. Desde el nivel de campo (nivel 1) se puede observar el intercambio de información entre los variadores de velocidad de los motores de bombas y el PLC con configuración maestro en el bus industrial Profibus DP. Para realizar la migración hacia un protocolo de red distribuido apto para ambientes de supervisión y control en tiempo real se convierte de Profibus DP a Modbus RTU por medio de una pasarela en hardware (Gateway) para el caso, en este punto cada estación remota (RTU) estará configurada como esclavo dentro de la red inalámbrica MAN en protocolo Modbus RTU.

Por medio de la conexión estándar RS-485 se procede a enviar la señal hacia el puerto de comunicaciones serie del radiomodem para ser enviada por medio de radio-paquetes al Centro de Control.

Con el fin de suplir la alimentación en caso de cortes o caídas del suministro eléctrico de la empresa eléctrica, se dispone un UPS de mínimo 2 KVA suficientes para mantener en estado activo a los equipos de comunicación y control automático

(PLC), medidores y válvulas solenoide de las válvulas de control hidráulicas, pues estos equipos electrónicos no tiene un consumo mayor y en vista de ello pueden estar encendidos hasta por aproximadamente 1 semana. Para alimentación de los equipos que necesitan corriente continua (24 VCC) se implantara una fuente rectificadora estabilizada no menor a 6 Amperios.

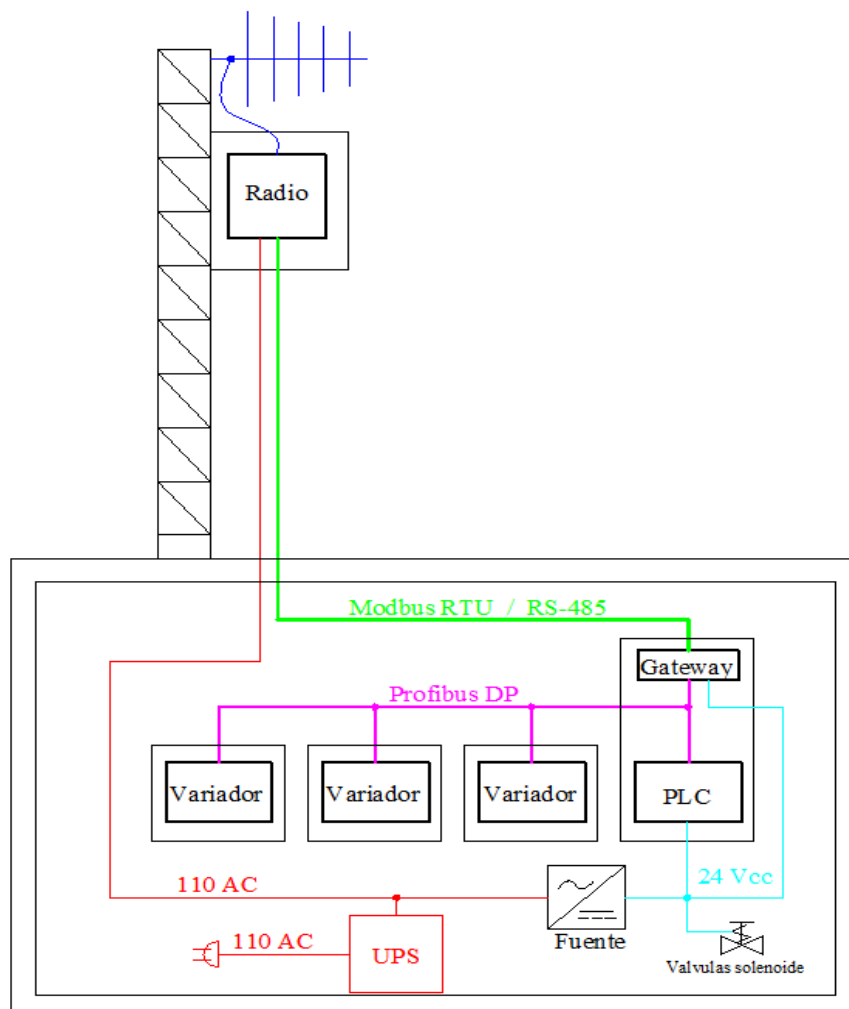


Figura 3.12 Esquema de comunicaciones en estaciones de bombeo.

3.7.10.2 Comunicaciones en tanques de reserva.

En este nivel en principio se una conexión P2P en el nivel 1 entre el PLC y el Gateway conversor Profibus/Modbus. Se deja establecido el bus de campo Profibus en caso de requerir en el futuro una migración desde 4-20 mA a este Bus para tener una configuración y adquisición de datos en línea de los equipos medidores electrónicos, tales como de Caudal, PH, Cloro, Turbidez.

El esquema de la figura 3.11 se explica la configuración del sistema de comunicaciones. Aquí también cada tanque de reserva estará configurado como esclavo dentro de la red inalámbrica MAN en el protocolo Modbus RTU.

Por medio del estándar de conexiones RS-485 se procede a enviar la señal hacia el puerto de comunicaciones serie del radiomodem para ser enviada por medio de radio-paquetes al Centro de Control.

También se dispone de un UPS de mínimo 2 KVA suficientes para mantener en estado activo a los equipos de comunicación y control automático (PLC), medidores y válvulas solenoide de las válvulas de control hidráulicas. Para alimentación de los equipos que necesitan corriente continua (24 VCC) se

implantara una fuente rectificadora estabilizada no menor a 10 Amperios.

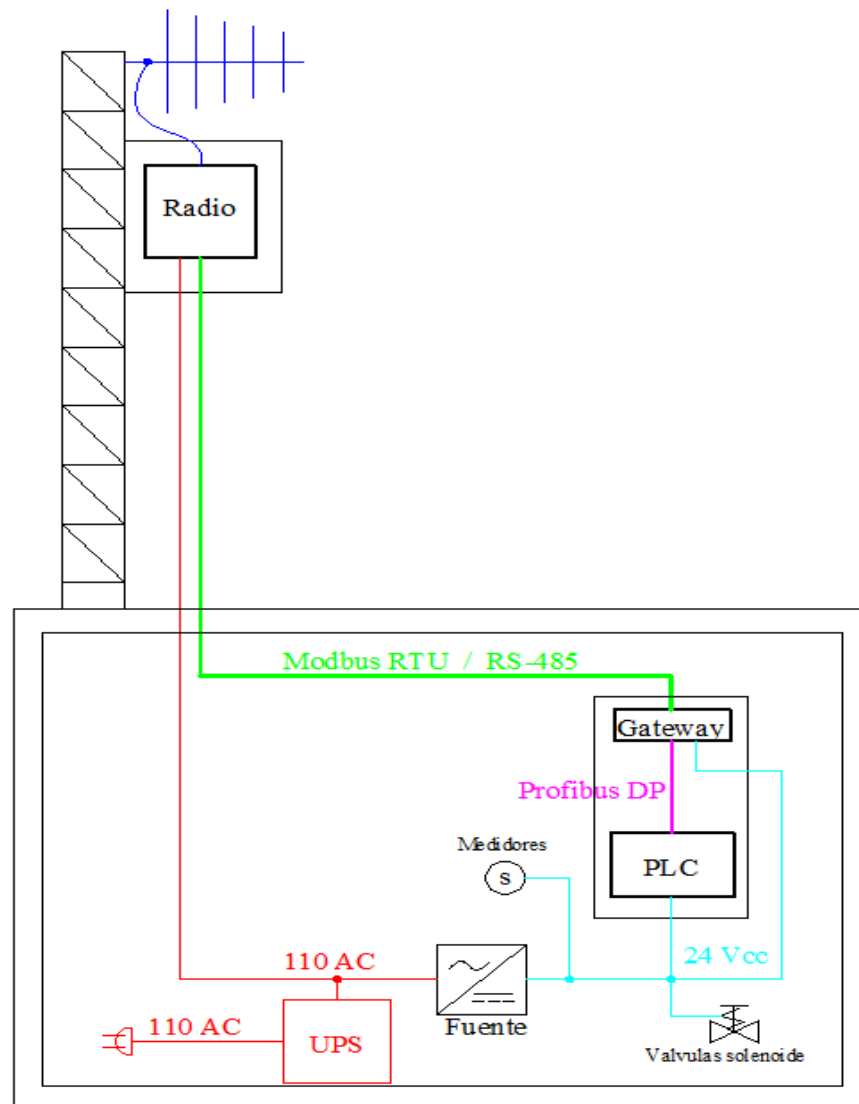


Figura 3.13 Esquema de comunicaciones en estaciones de bombeo.

3.7.10.3 Comunicaciones en Plantas de tratamiento y Oficinas de UMAPAL.

En este caso solo se necesitara de las torres de comunicación y el equipo de radio WIMAX conectado a la red LAN por medio

del Switch central de la respectiva planta o de las oficinas administrativas, esto para recoger y enviar las señales a los servidores de las plantas de tratamiento y comunicación con las consolas clientes del sistema Scada en las oficinas de la UMAPAL.

3.7.10.4 ESPECIFICACIONES DE RADIOMODEMS INDUSTRIALES UHF EN ESTACIONES REMOTAS Y MULTIPUNTO.

Los equipos de radio comunicación UHF serán utilizados para las estaciones remotas (RTU) que corresponden a estaciones de bombeo y tanques de reserva y también en el acceso Punto Multipunto (PMP) en la torre multipunto ubicada en las instalaciones del alcázar mayor del proyecto teleférico de la ciudad de Loja, y deberán cumplir las siguientes especificaciones:

Generales:

Opción de frecuencia programable. 902-928 MHz banda ISM.

Modulación: FHSS

Tasa de transferencia: hasta 1 Mbps

Rango de cobertura mínimo: 12 Kilómetros.

Rango de cobertura máximo: 24 Kilómetros.

Estabilidad de frecuencia +/- 0.5 ppm

Potencia de portadora 0.1 a 1 Watts Programable.

Precisión de potencia portadora +/- 1.5 dB

Temperatura: -5° C a 60° C

Humedad: 0 A 90% sin condensación.

Transmisor:

- Impedancia de salida: 50 ohm
- Espurias y armónicas: - 60 dBm
- Sensibilidad de modulación: 80 mV.

Receptor:

- Selectividad: >70dB
- Sensibilidad de hasta - 92 dBm a 1 Mbps con 10⁻⁶ BER

Impedancia de salida: 50 Ohms

Interfaces:

1 Puerto Serie COM1, RS-232, conector DB-9.

1 Puerto Serie COM2, RS-232, RS-485, conector DB-9.

1 Puerto Ethernet 10/100 Base T, RJ 45.

1 Conector para Antena TNC hembra.

Protocolos compatibles:

Industriales:

- Para puerto serie: Modbus RTU
- Para puerto Ethernet: Modbus TCP

Wireless: CSMA/CA

Ethernet: IEEE 802.3, TCP/IP: DHCP, ICMP, UDP, TCP, ARP, Multicast, SNTP, TFTP.

- Serial: PPP, encapsulado sobre IP (tunneling) para protocolo serial Modbus.
- Modbus/ TCP

Alimentación: 10-30 Vdc

Condiciones del ambiente.

Temperatura -40°C a +70°C (-40°F a +158°F)

Humedad 95% a 40C (104°F) sin condensación

Seguridad Informática:

Encriptación integrada bajo AES-128 con rotación de clave.

Autenticaciones: 802.1x y RADIUS.

Administración: SSL, SSH, HTTPS

Aprobaciones: FCC, CSA.

3.7.10.5 ESPECIFICACIONES DE RADIOMODEMS INDUSTRIALES WIMAX EN ENLACES P2P.

Los enlaces P2P donde se utiliza la tecnología WIMAX serán utilizados para llevar la señal desde la antena PMP ubicada en la torre en el Alcázar mayor del proyecto teleférico hasta el Centro de Control, hacia las instalaciones de la plantas de tratamiento de agua potable y a las oficinas de la UMAPAL en el sector del parque central donde se encuentra la edificación del I. Municipio de Loja. Los equipos a instalarse en cada nodo serán de las siguientes especificaciones:

GENERALES:

Tecnología soportada: 802.16 (Wimax)

Modulación: OFDM

Tasa de transferencia: hasta 9 Mbps.

Método de duplexion: TDD con sincronización por GPS

Impedancia de salida: 50 Ohms

Frecuencia de portadora: 5.00 – 5.2 GHz

Tamaño de canal: 1.75 - 3.5 MHz - 7 MHz

Potencia de portadora: 100 mW – 200m W

Rango de cobertura: hasta 20 kilómetros.

Interfaces físicas:

Ethernet: 10/100BaseT, RJ-45

Serial; 1,200 – 115,200 bps, COM1, RS-232, DB-9F

Conector de antena TX/RX tipo TNC hembra

Conector de antena GPS hembra

Alimentación: 10-30 Vdc

Protocolos soportados:

Ethernet: IEEE 802.3, Spanning Tree, VLAN, IGMP, TCP/IP, DHCP, ICMP, UDP, TCP, ARP, SNTP, TFTP

Seriales: Modbus TCP, Modbus RTU, UDP Unicast, UDP Multicast.

Seguridad:

Encriptación: AES-128 con rotación de claves.

Autenticación: 802.1x, RADIUS.

Administración: SSL, SSH, HTTPS, HTTP, TELNET.

Ambientales:

Temperatura ambiental: -30°C - 70°C (-22°F - 158°F)

Humedad: 95% at 60°C (104°F) sin condensación

Aprobaciones: FCC, CSA.

3.7.11 ESPECIFICACIONES DE PASARELAS (GATEWAY) PARA INTERFACES PROFIBUS/MODBUS EN ESTACIONES REMOTAS.

Con el fin de poder integrar los enlaces de radio bajo protocolo Modbus con el equipamiento de campo de las estaciones remotas, es necesario poner una interface pasarela de comunicaciones entre el equipo de radio y el bus industrial de campo de los controladores y así poder obtener el diálogo generalizado dentro del sistema SCADA de la red MAN.

Aquí se instalara una pasarela integrada en hardware que contenga por un lado una interface física con conector DB9 y disponibilidad de protocolo Profibus DP y por otro lado una interface serie con conector DB9 para conversión de la comunicación en protocolo Modbus que luego irá conectado a través de cable al radiomodem para su transmisión inalámbrica hacia el Centro de Control.

Las especificaciones de estos equipos son las siguientes:

Interfaces físicas:

1 puerto serie de comunicaciones COM1 RS-232/RS-485. DB9 hembra.

1 puerto Profibus DP tipo esclavo, DB9 hembra.

Protocolo soportados:

En puerto COM1: Modbus RTU maestro/ esclavo.

En puerto Profibus: Protocolo Profibus DP esclavo.

Tasa de transferencia en Profibus: hasta 187.5 Kbps

Disponibilidad de direcciones: hasta 255.

Temperatura ambiente: 0 – 60 °C

Humedad: de 10 a 90 % no condensado.

Montaje: tipo riel DIN.

Alimentación: 24 Vcc, 100 mA máximo.

3.7.11.1 Equipamiento de Control en el NIVEL 2 (Célula).

En este apartado se describe el equipamiento y software que estará a cargo del control central del sistema de Telemetría y Telecontrol de la red de agua potable.

3.7.11.2 Servidor Central SCADA.

A continuación se realizara la selección del equipo servidor central que estará a cargo del nivel de Célula del sistema de Telemetría y Telecontrol. El servidor central consiste en un computador de gran desempeño y confiabilidad, para

desarrollar la función de recolección de datos de las estaciones remotas, organizar las estrategias de interrogación dentro de la red Modbus RTU, y brindar servicios a clientes dentro del próximo nivel.

Este servidor estará configurado como Maestro (MTU) en la red de comunicaciones inalámbrica UHF bajo el protocolo distribuido Modbus RTU, aquí se ejecutarán las ordenes y consignas a las estaciones remotas para su funcionamiento automático.

En caso de producirse caída o avería de este servidor central se tendrá y servidor espejo que asumirá el control del sistema, teniendo una redundancia contra fallos, este servidor suplente tendrá similares características técnicas que el principal.

Especificaciones:

Estos servidores serán de marca reconocida donde tendrán instalado un software SCADA analizado más adelante, con procesadores de 32 bits de resolución INTEL de última generación (QUAD-CORE INTEL no menor a 2,00 GHZ cada uno), 12MB de caché, que sean aptos para funcionamiento continuo en entorno industrial.

La Memoria RAM debe ser de una capacidad mínima de 4 Gb. expandibles, con un soporte para dos discos Rígido de hasta 500 Gb.

Accesorios multimedia incorporados como Lectora de DVD doble capa, Teclado español, Mouse compatible con Microsoft con scroll, Tarjeta de sonido PCI y parlantes.

Deberá contener 1 tarjeta de red Ethernet 100 Mbps, dos adaptadores de red GIGABIT integrados con TCP/IP, una Tarjeta de video PCI a 128 MB, Monitor LCD color de 21", 2 puertos serie RS-232 y 1 puerto serie RS-485 y un puerta para gestión remota ILO 2: 1

Estos servidores deben ser tipo rack para montaje en paneles y sus periféricos (monitor, teclado, mouse, etc.) estarán incorporados en el mismo rack.

3.7.11.3 Software SCADA.

El software a cargo de la supervisión y control es uno de los elementos más fundamentales dentro de la estructura de las redes de monitoreo y control telemático, pues determina en gran medida el alcance del sistema en cuanto a las posibilidades de medición, control y protección que se puede alcanzar.

Partiendo de la información acumulada de los pasos dados en los capítulos anteriores de este trabajo y de los elementos con que contamos materialmente, realizaremos la evaluación del software que más se ajuste a nuestras necesidades, el mismo que debe ser analizado en cuanto a prestaciones en:

- Posibilidad de comunicaciones.
- Diversidad de dispositivos que pueden controlar.
- Facilidades de configuración (herramientas estructurales disponibles en el programa).
- Requerimientos del hardware empleados.
- Posibilidades de configuración de redes locales.
- Dispositivos de seguridad.

Adicional a esto es necesario que deba ser capaz de trabajar bajo sistema operativo Windows y Linux, el mismo debe ser posible su configuración para aplicaciones multi-tarea en una red de área local, y para mayor confiabilidad se deberán programar los procesadores del servidor en base una prioridad de eventos.

El software SCADA debe operar con el Sistema Operativo de las maquinas a cargo de proporcionar las interfaces humano máquina (estaciones de trabajo) del nivel 3 y debe estar constituido con los módulos funcionales siguientes:

a. Explotación de la Base de Datos en tiempo real.

Debe proporcionar una interfaz para examinar la información mediante un manejador de base de datos comercial, compatible con controladores ODBC y dirigir comandos SQL para la presentación de informes

Debe proporcionar las opciones para exportar datos a DBF, CSV, Excel, Access, SQL, ODBC.

b. Adquisición de datos en tiempo real

Se debe comunicar con el procesador de control PLC en tiempo real, para esto debe contar con una base de datos que permita una interface para establecer comunicación con equipos de fabricantes diferentes.

c. Seguridad.

Debe contar con niveles de seguridad de varios usuarios sin necesidad de programas, dando la oportunidad de que las interfaces humano máquina puedan operar como estaciones de trabajo y/o como estaciones de ingeniería solo con un cambio de modo de funcionamiento mediante niveles de privilegio.

d. Comunicaciones con Interfaces de usuario.

Debe poder integrar interfaces multimedia tales como: Teclado, Ratón, Pantallas táctiles, Gráficas de tendencia, ayudas (wizard), imágenes como objetos y mapas de bits, Número ilimitado de páginas, además de poseer una resolución mínima en las pantallas graficas de: mínimo 1280×1024 con millones de colores.

e. Alarmas

Debe poseer un modulo de gestión de alarmas de fácil manejo, y accesibles a todos los clientes HMI del sistema en el nivel 3, y deben ser mostradas en orden cronológico. Debe poseer un

modo de asignación dinámica en páginas de alarmas con colores y formatos definidos.

Conviene brindar la opción de configurar hasta cuatro puntos de disparo para cada alarma de tipo analógica, además de poder mostrar la desviación y tasa de seguimiento de las mismas.

Podrá mostrar una visualización selectiva de alarmas por categoría (hasta 256 categorías).

El módulo de gestiones de alarma debe proporcionar una interface para añadir los comentarios del Operador en turno, además estas alarmas deben ser accesibles desde cualquier lugar en la red de LAN del nivel 3.

f. Graficas de tendencia.

El software Scada debe proporcionar las graficas de tendencias para visualización de variables de estaciones basado en eventos y en tiempo real. Debe proporcionar múltiples trazados de curvas en las misma grafica y los datos de las graficas deben poder ser almacenados para su posterior análisis de históricos, para esto es necesario que además se registre el valor exacto de la variable en cuestión y la hora.

Las impresiones en papel de graficas deben ser verdaderos trazados de curvas no de capturas de pantalla.

Debe proporcionar elementos de manipulación de graficas tales como, zoom, retroceso, escalas, etc.

g. Protocolos Industriales.

Debe incluir en su base de datos todos los protocolos de comunicación industrial compatibles en especial Profibus DP, Modbus RTU y Modbus TCP.

h. Escalabilidad

El software debe ser absolutamente escalable, es decir puede crecer sin necesidad de módulos adicionales en software, debe ser limitado sólo por la arquitectura de campo.

i. Acceso a los datos

Debe ser capaz de dirigir el acceso en tiempo real a los datos por cualquier usuario cliente de la red y además poder proporcionar acceso de aplicaciones terceras a datos en tiempo real, por ejemplo, Lotus 123 y Excel etc.

j. Redes soportadas.

Debe soportar todas las redes compatibles NetBIOS como NetWare, LAN Manager, Windows para Trabajo en Grupo, Windows NT, además de brindar el soporte para que puedan trabajar los protocolos NetBEUI, IPX / SPX, TCP / IP, Industrial Ethernet, etc.

Además debe poder gestionar redes LAN duales para redundancia total en la red LAN, y su configuración debe ser transparente al usuario.

Debe proporcionar interfaces para redes WAN de alto rendimiento.

k. Licencias.

Las licencias de software debe ser basado en el número de usuarios conectados a la red mas no en el número de nodos en la red. Además de poder gestionar hasta 5000 variables de E/S del nivel de campo.

l. Redundancia y tolerancia a fallos.

Debe proporcionar una confiabilidad en cuanto a tolerancia a fallos por medio de redundancia en comunicaciones o hardware. En caso de caída de hardware primario deberá activarse el de respaldo. Debe proporcionar redundancia inteligente para configuraciones primaria y secundarias de tal forma que permita que el equipo secundario contribuya en la carga de procesamiento del primario, es decir mientras el servidor secundario no está a cargo del control puede aliviar las cargas de procesamiento del primario (procesamiento compartido de algunas tareas).

Debe permitir escribir los puntos de consignas directamente en la memoria de los PLC sin necesidad de configuración.

Debe proporcionar la opción de tener un servidor espejo de datos en línea. En caso de caída los datos deben ser replicados en otro servidor para su salvamento.

m. Cliente / servidor de procesamiento distribuido

Debe soportar las siguientes configuraciones de procesamiento:

- Un cliente, un servidor.
- Acceso de varios clientes a un mismo servidor.
- Acceso de un cliente a varios servidores.

Los cambios en el proceso deben ser actualizados de forma distribuida en toda la red.

Debe proporcionar herramientas de apoyo para mostrado de múltiples pantallas en nodos diferentes.

n. Herramientas de desarrollo de interfaces HMI.

Debe dar las opciones básicas de edición de pantallas mediante editores de configuración de tal forma que permita la configuración de todos los dispositivos, variables o parámetros que se almacenan en forma de bases de datos, su organización interna de esta base de datos debe realizarla internamente el mismo programa sin necesidad de procesos de programación para ello, para esto debe tener el software con su propia estructura organizativa.

Debe proporcionar las herramientas de diseño gráfico para construcción y/o personalización de las HMI de acuerdo al gusto del usuario y la configuración de animaciones y visualización de variables de acuerdo a las del proceso y/o internas al sistema.

o. Los reportes.

El software Scada debe contar con un módulo de configuración de reportes en caso de presentarse una alarma donde se presenta un resumen completo de las variables que están inmersas en el sub-conjunto donde se produjo la alarma de tal forma que se pueda realizar un diagnóstico acertado por parte de los operadores.

p. Programación.

Debe tener un módulo para utilización de un lenguaje de alto nivel para funciones de tratamiento de datos, cálculos, simulaciones y procesos complejos.

3.7.11.4 Esquema de instrumentación de Célula (Nivel 2).

En la figura 3.12 podemos observar de forma global la configuración del sistema Scada en el Centro de Control, donde existen dos servidores, uno que realizará la función de central y el otro de respaldo donde correrá el software Scada a cargo de la Telemedición y Telecontrol del sistema de red de

agua potable. Por medio de un radio Wimax se realizará el enlace de la torre multipunto y en esta torre existe un radio UHF (AP) que a su vez recogerá las señales de las estaciones remotas donde existen los PLC (estaciones de bombeo y tanques de reserva).

En este nivel en el Centro de Control se crea una red de comunicaciones RS-485 industriales conformada por el radio Wimax industrial y los servidores como nodos aquí trabaja el protocolo de comunicaciones industriales Modbus RTU que gestiona las estaciones de bombeo y tanques de reserva exclusivamente.

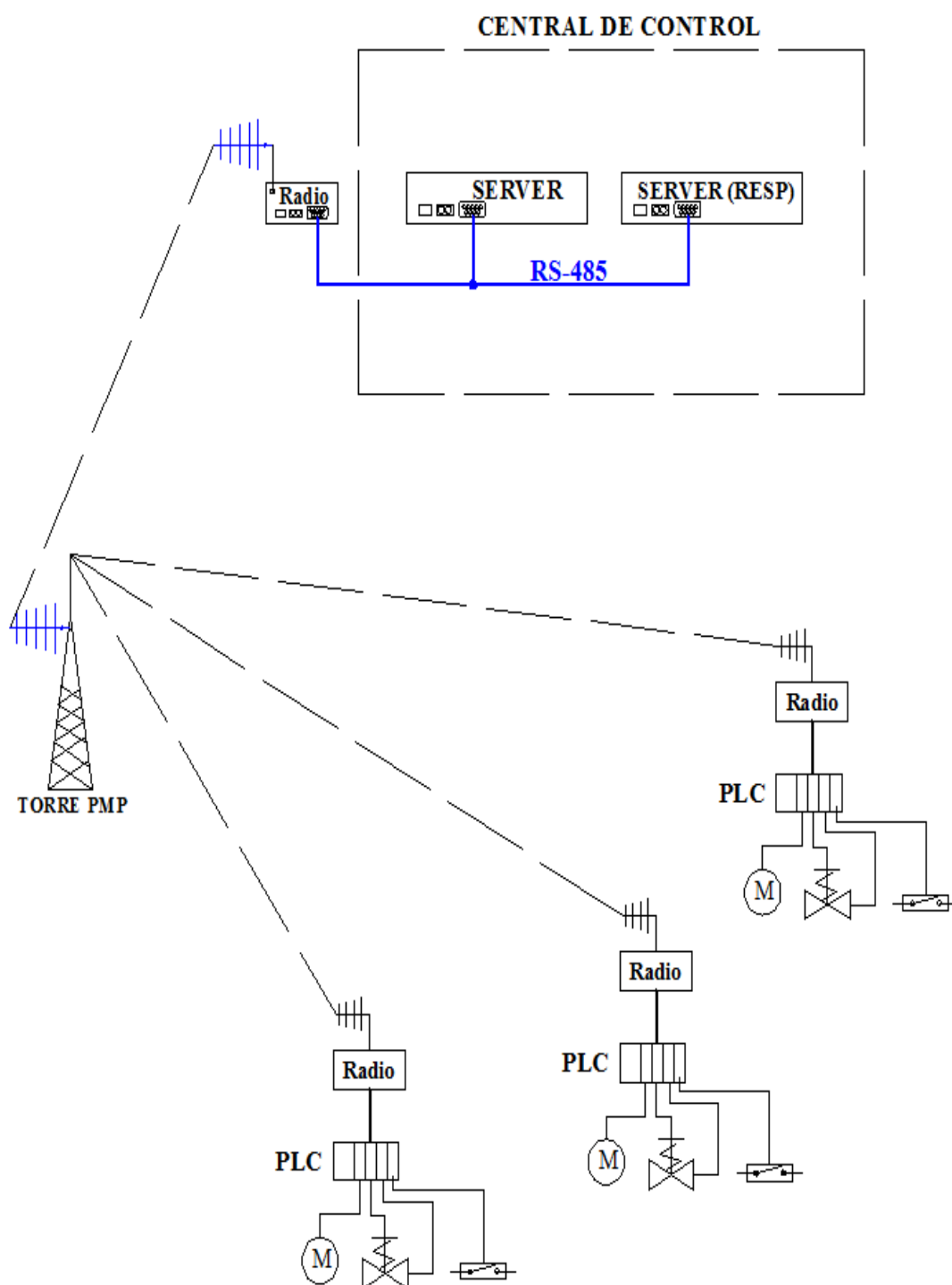


Figura 3.14 Esquema de Instrumentación en nivel 2 (Célula).

3.8 Diseño del sistema en el NIVEL 3 (Planta).

Aquí se describirá los elementos que conforman en Nivel 3 denominado de **Planta**, donde se utilizara el equipamiento que realiza el diseño, gestión y supervisión del proceso, donde se estudian las órdenes que seguirán los niveles inferiores. Primeramente realizaremos el análisis de las comunicaciones en este nivel para conexión entre las estaciones (consolas) de trabajo y el servidor central del sistema Scada.

3.8.1 Sistema de Comunicaciones de Planta (Nivel 3).

En este nivel las comunicaciones son de corto alcance (LAN) donde trabajan los protocolos correspondientes a la red de supervisión y control (SCADA) y se encuentran ubicados los servidores y consolas de operación del Centro de Control, a continuación se realiza el análisis por parámetros correspondientes.

a. Sistema de transporte de la señal.

Aquí se conforma el Centro de Control donde las extensiones entre los equipos de computo no sobre pasan los 100 metros es por eso que es conveniente utilizar un sistema de transporte de señales por cable eléctrico de par de cobre.

f. Sistemas de transmisión de la señal.

Debido a las prestaciones para transporte de señales de banda ancha se ha elegido utilizar cable de multipar trenzado STP

por su inmunidad al ruido electromagnético del entorno ya que consta de un enchaquetamiento y a su durabilidad mecánica. Se ha previsto adicionalmente un sistema de cableado estructurado bajo el estándar 802.3 con un sistema totalmente redundante tanto de los equipos activos como de cableado en sí, esto para mantener siempre activa la red en caso de fallos de cualquiera de las redes.

g. Protocolos de comunicación.

Los protocolos de comunicación que aquí se ejecutarán es Modbus TCP para la red de supervisión y TCP/IP para la gestión de archivos y base de datos del sistema Scada.

h. Topología.

Se pretende tener redundancia de red en caso de problemas en la principal, montando una réplica en cableado y equipamiento activo de comunicaciones de esta forma, si la red principal muestra problemas automáticamente (transparente al usuario) reemplazarla por la de respaldo. En este nivel la topología de comunicación es de bus lógico entre las consolas y el servidor central.

i. Modo de diálogo.

Entre los nodos de la red de comunicaciones se tiene una forma de comunicación full-dúplex.

j. Seguridad Informática.

Ya que este sistema SCADA estará conectado al sistema de comunicaciones actual de red LAN empresarial del Municipio es necesario tener las precauciones de seguridad por si algún sujeto con malas intenciones piense realizar algún ataque sobre los elementos de esta desde la empresa o desde fuera por medio de conexión por Internet.

Los clientes que están fuera del Centro de Control se les será restringido la instalación de otra tarjeta de red para acceso a internet, será de uso exclusivo para el sistema Scada ya que el instalarse una tarjeta de red adicional crea una puerta de entrada vulnerable para que pudieran adueñarse de alguna estación de trabajo y de esta forma acceder a la red SCADA sin ningún problema. Esto crea un riesgo enorme pues solo bastaría tener acceso a una computadora que esté conectada al SCADA para provocar algún tipo de ataque. Dentro de la red del nivel de Planta en el centro de control no se permitirá el acceso por medio de redes inalámbricas 802.11 ya que esto crea otra vulnerabilidad considerable en el sistema pues cualquier persona cerca del punto de acceso puede tener una puerta de entrada libre. Si en el futuro es necesario e imperante hacerlo se deberá implantar con mecanismos de seguridad como cifrado de la señal y autenticación. Se deberá implantar una política de renovación periódica y constante de

contraseñas y de longitud mínima para asegurar el sistema contra ataques de fuerza bruta.

Las redes SCADA deben tener una exposición mínima al mundo exterior y no deben estar conectadas directamente a Internet, ni a la red corporativa. Es por eso que se ha decidido separar en otra subred del Municipio de Loja, y los servidores que estarán en contacto con la red corporativa estarán resguardados por un perímetro protegido por cortafuegos (firewalls) para conformar una zona desmilitarizada DMZ para protección de las interfaces con la red corporativa como con la red de planta. Para que estén disponibles a consultas y reportes históricos, todos los servidores de almacenamiento que recopilan la información de la red SCADA serán instalados dentro de la zona desmilitarizada (DMZ) localizada entre la red corporativa y la red SCADA.

3.8.1.1 Memoria técnica de las comunicaciones en el Nivel 3 (Planta).

En este nivel se definen las comunicaciones entre el servidor Scada y las estaciones de trabajo a lo largo de la red LAN de Planta del sistema, en la figura 3.13, podemos observar una red redundante Ethernet donde se intercambia la información entre los equipos (clientes HMI) que hacen la función de consolas de trabajo que estarán ubicadas tanto en el Centro de Control como en las oficinas de la UMAPAL. Existe un radio-

modem a la entrada del Centro de Control que tiene la función de Gateway de comunicaciones seriales y TCP/IP, con el fin de mantener apartada la red de control (RS-485/Modbus RTU) de la red de planta (Modbus TCP –TCP/IP).

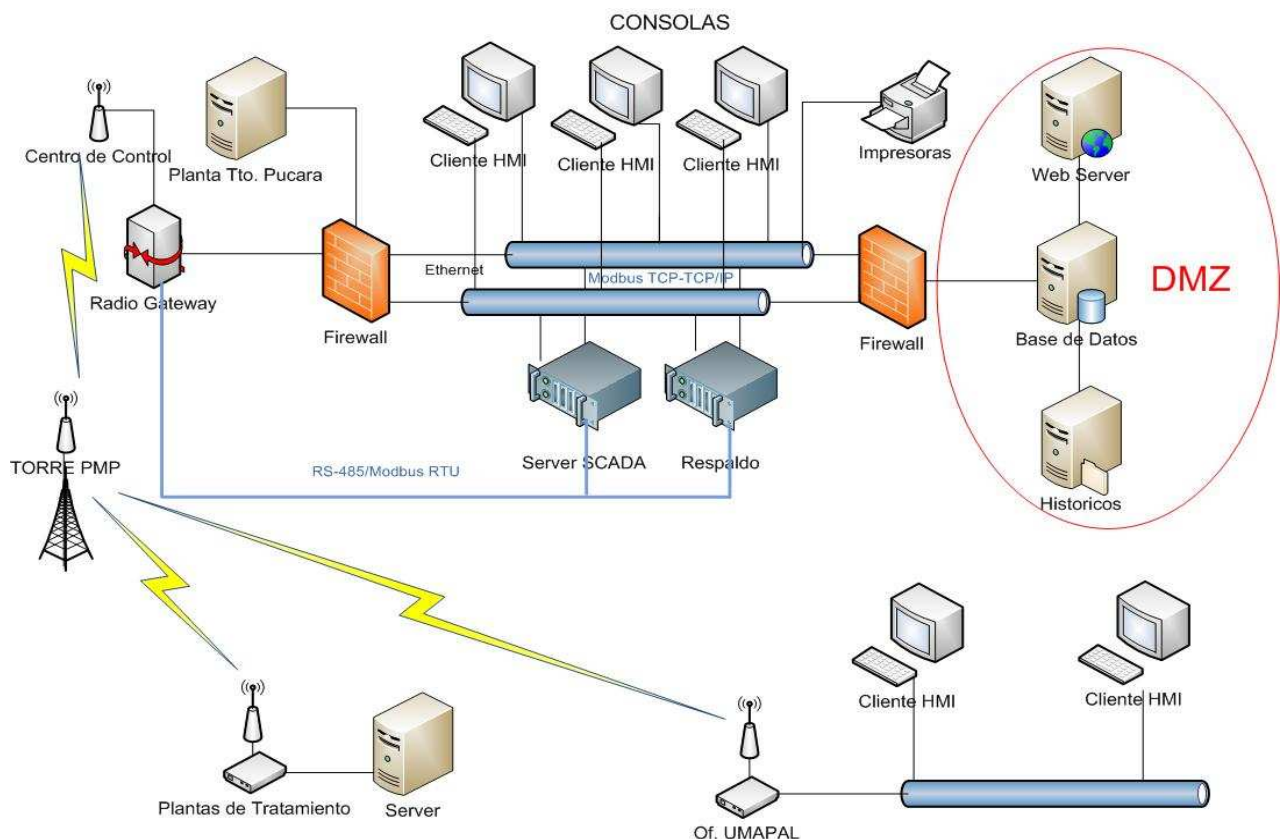


Figura 3.15 Esquema de comunicaciones en nivel 3 (Planta).

A fin de restringir los accesos no autorizados que se puedan producir desde las redes externas al Centro de Control (plantas de tratamiento, oficinas de UMAPAL), se ha dispuesto un firewall de mínimo cuatro puertos Ethernet. Podemos ver que en este equipo se conectará la interfaz del servidor que pueda existir a cargo del sistema Scada de la planta de tratamiento

Pucara en la planta baja del edificio en donde estará el Centro de Control.

En un Centro de Control es preponderante la confiabilidad del sistema de comunicaciones y para esto la redundancia de red es un parámetro importante a tomarse en cuenta, es por eso que se prevé la instalación de una otra red Ethernet trabajando paralelamente para respaldar en caso de caídas de la red principal y de esa forma asegurar la continuidad del sistema supervisor. En esta red trabajara el protocolo Modbus TCP para conformar la red de planta del sistema supervisor para comunicación entre el servidor Scada y las estaciones de trabajo del centro de control.

Existen varios enlaces por radio Wimax con las plantas de tratamiento y esto se los ha hecho con el fin de coordinar las consignas de proceso correspondientes a sus funciones directamente con el servidor Scada de la planta.

De igual forma se ha previsto un enlace de radio Wimax con las oficinas de la UMAPAL en las instalaciones del Municipio de Loja con el fin de instalar clientes del sistema Scada que funcionaran como consolas de monitoreo que pudieran brindar interfaces HMI para información del proceso en las oficinas donde se encuentran los directivos, para esto se conformará una red LAN pequeña en esta ubicación.

Para protección de ataques a los servidores de respaldo por parte de personal mal intencionado dentro de la red de planta se ha previsto la instalación de un firewall entre esta red LAN y una Zona desmilitarizada donde estarán operando los servidores de históricos, base de datos y web. Para esto se hace necesario el siguiente listado de equipamiento activo y pasivo de comunicaciones:

- 2 Rack metálico abierto formato 1U (centro de control).
- 1 Rack metálico cerrado (Oficinas de UMAPAL).
- 2 Path Panel de 24 puertos (centro de control).
- 2 firewall de 8 puertos (centro de control).
- 2 Switch administrable capa 3 de 24 puertos (Centro de control).
- 1 Switch capa 2 de 8 puertos (Oficinas de Umapal).

Especificaciones de cortafuegos (firewall).

- Usuarios soportados: hasta 50.
- Throughput: hasta 150 Mbps
- Throughput Firewall:
 - Hasta 150 Mbps con AIP-SSC-5
 - Hasta 150 Mbps con AIP-SSM-10
- Puertos de Red Integrados: Mínimo 8 Fast Ethernet Switch con 2 PoE.
- 3 puertos USB 2.0
- 1 puerto Serial RJ-45 para consola
- Montable en Rack
- Memoria de hasta 256 MB

- Temperatura: 32 a 104°F (0 a 40°C)
- Humedad Relativa: 5 a 95% sin condensación.
- Alimentación: 100 a 240 VAC
- Corriente máxima: 2 A
- Frecuencia: 60 Hz

Especificaciones de los Switch Ethernet para centro de control.

- Funciones de Routing avanzado de Capa 3 (RIP / OSPF).
- QoS de Capa 2-4 y funcionalidades de limitación de velocidades.
- Funciones de seguridad - SNMP v3, SSH, login de red.
- Opción de comunicación con plataforma de software de administración SNMP.
- 20 puertos 10/100/1000; 4 puertos Gigabit de uso dual 10/100/1000 o SFP; 1 ranura para módulo de expansión.
- Capacidad de switching de hasta 184,0 Gbps, velocidad de transmisión de hasta 136,9 Mbps.
- Ancho de banda de apilamiento de 48 Gbps (96Gbps full-dúplex).
- Funcionamiento multi-capa con rutas estáticas, funcionalidad de Capa 3 basada en RIP, OSPF, y PIM-DM y PIM-SM.
- Trabajo con listas de control de acceso (ACLs) basadas en tiempo.
- Autenticación basada en usuario y encriptación DES de 56 ó 168 bits.
- Actualizable a capacidades Power over Ethernet (PoE) con una fuente de alimentación habilitada para PoE sustituible in situ.

- Soporte integrado de funcionamiento con alimentación AC y DC.
- Fuente de alimentación redundante (RPS) DC disponible.

3.8.2 Equipamiento de cómputo de Planta (Nivel 3).

3.8.2.1 Consolas de trabajo.

En este punto definiremos las consolas de trabajo que se instalaran en el Centro de Control y las oficinas de la UMAPAL, para esto hemos llegado al acuerdo conjuntamente con los directivos y operadores de la red de agua potable de la ciudad de Loja que es necesaria la implantación de las siguientes consolas de trabajo.

- 4 consolas de operación configuradas como clientes Scada donde estarán sirviendo como las Interfaces HMI para la tele-medición y tele-control del sistema en el centro de control.
- 2 consolas de ingeniería en centro de control.
- 2 consolas de monitoreo en oficinas de UMAPAL configuradas como clientes Scada solo para realizar acciones de supervisión del proceso mas no para acciones de control.

Especificaciones de las consolas:

Procesador cuatro núcleos Intel mínimo de 2.2GHZ

Pantalla táctil de 23"

Memoria DDRII 533/667MHz megaciclo, de 4GB

Disco duro 3.5" S-ATAII 300 GB/8MB/7200rpm

Tarjeta Gráfica 128 Mb

Codificador-decodificador audio incorporado

Lector grabador de discos DVD/Blueray.

Dos tarjetas LAN 10MB/100MB incorporadas.

Puertos de la entrada-salida USB 2.0

Teclado y ratón ergonómicos tipo USB

Licencia de Windows 7 profesional incluida.

3.8.2.2 Servidores.

Para realizar el almacenamiento, publicación y compartición de los datos generados en el Scada es necesaria la implantación de varios servidores con diversas funcionalidades, la ubicación lógica de estos servidores estará en la Zona desmilitarizada (DMZ) estos son:

- 1 servidor de históricos.
- 1 servidor de base de datos.
- 1 servidor Web.

a. Especificaciones del servidor de Históricos:

Número de procesadores: 2

Núcleo de procesador disponible: Dual o Quad

Memoria máxima: 192 GB

Ranuras de memoria: 18 ranuras DIMM

Memoria: DDR3 de RDIMMs o DDR3 de UDIMMs

Ranuras de expansión: Hasta 6

Controlador de red: 2 puertos 1 GbE multifunción.

Controlador de almacenamiento: SATA con conexión en caliente

Formato de case: tipo rack 1U

Unidad de disco duro puerto doble 300GB 10.000 rpm.

b. Especificaciones del servidor de Base de Datos:

Número de procesadores: 2

Memoria máxima: 256 GB

Ranuras de memoria: 24 ranuras DIMM

Memoria: DDR3 RDIMM y UDIMM

Ranuras de expansión: Hasta 2

Controlador de red: 2 puertos 1GbE por controlador

Controlador de almacenamiento: SATA con conexión en caliente

Formato: Rack tipo 1U

Software de gestión remota incorporado.

Unidad de disco duro puerto doble 300GB 10.000 rpm.

c. Especificaciones del servidor Web:

Número de procesadores: 2

Núcleo de procesador disponible: 6 hilos

Memoria máxima: 64 GB (8 x 8 GB)

Ranuras de memoria: 8 ranuras DIMM

Memoria: Módulos DIMM

Ranuras de expansión: Hasta 3

Controlador de red: Adaptador de servidor Gigabit de doble puerto.

Tipo de fuente de alimentación: 500 vatios, auto-conmutación, alta eficacia, PFC (corrección de factor de potencia)

Software de gestión incorporado.

Características estándares: Informes estándar IPMI integrados; Acceso a registros de sucesos del sistema; Consola serie remota (redirección serie); Acceso por navegador y por Telnet; Cifrado de Secure Sockets Layer (SSL); Cifrado Secure Shell (SSH).

Controlador de almacenamiento: SATA/SAS con conexión en caliente.

Formato: rack tipo 1U

Unidad de disco duro puerto doble 300GB 10.000 rpm.

3.8.2.3 Fuente ininterrumpible de energía del Centro de Control.

El sistema incluirá una fuente ininterrumpible de energía UPS que deberá asegurar la alimentación eléctrica a todos los componentes del sistema de control en caso de interrupción de su alimentación principal.

Deberá dimensionarse para suministrar una potencia un 30% superior a la que requerirá el sistema con la totalidad de los equipos que se instalarán y para asegurar una autonomía de 8 horas.

3.8.2.3.1 Sistema eléctrico.

d. Alimentación de equipos.

El sistema de alimentación eléctrica en el Centro de Control estará compuesta por niveles de tensión de 110/220 VAC proporcionada por la acometida de red de la Empresa Eléctrica Regional de Sur, la misma que se conectara a un UPS centralizado de tal forma que si existe un fallo en el suministro de de la red la alimentación se conmute al UPS automáticamente. Existirán también fuentes de alimentación tipo DC para alimentar a los equipos de instrumentación y control, de comunicación de microondas, y demás elementos tanto en las estaciones remotas, Centro de Control como en torres de comunicación.

Para la estaciones remotas se realizara la alimentación de 110/220 VAC de la red de la Empresa eléctrica esta también estará conectada a un UPS para respaldo de energía de los equipos de control electrónico (a excepción de variadores de velocidad) e instrumentación estos estarán interconectados. También se implantaran fuentes de alimentación tipo DC para alimentar a los equipos de comunicación.

e. Sistema de protecciones y de puesta a tierra de Centro de Control y Torre Multipunto.

j. Protección interna.

Para proteger al sistema contra variaciones de voltaje se ha previsto instalar un banco de respaldo centralizado UPS con una capacidad de reserva de energía suficiente para suministrar alimentación al equipamiento del Centro de Control hasta por tiempo aproximado de media hora y deberá cumplir las siguientes características mínimas:

- Tipo: On line
- Capacidad: 1.5 KVA
- Voltaje entrada: 120 Vac/ 220 Vac
- Voltaje salida: 120/220 Vac
- Frecuencia 60 Hz
- Distorsión de corriente entrada: 4%
- Regulación de voltaje: +/- 2%
- Forma de onda: onda completa
- Eficiencia mínima: 87%
- Tiempo de transferencia: 0 seg
- Disponibilidad de leds indicadores de estado
- Puerto de comunicación: RS 232
- Temperatura de operación: 0 – 60°C
- Tiempo de reserva de baterías a plena carga, mínima: 60 min, a plena carga

k. Protección externa.

Para proteger al sistema contra descargas atmosféricas se prevé la instalación de un sistema de protección externo que será instalado en las torres de comunicaciones tanto del Centro de Control como de la Torre de Acceso Multipunto (PMP), esta se integrará por un pararrayos colocado en la cumbre de la estructura y que se prolongará bajo tierra con un sistema de cableado para evacuar las cargas. Esto nos permitirá proteger los equipos y elementos cercanos al Centro de Control y a la torre multipunto. Es así que el pararrayos deberá cumplir las siguientes especificaciones:

- Radio de cobertura: 70 metros.
- Tipo ionizante con doble dispositivo de cebado, sin partes electrónicas.
- Norma UNE 21186-96 proyectada para los niveles de protección.
- Conductor de bajante eléctrico de cobre de mínimo 50 mm².
- Grado de protección IP68.

Para la conformación del sistema de puesta a tierra se podrá utilizarse varillas copperweld o electrodos activos de manera que se asegure una impedancia máxima de 1 (uno) Ohmios.

La malla de puesta a tierra pueden ser de forma triangular de 2.5 m de lado para el pararrayo, con conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Para la protección de puesta a tierra en estaciones remotas se ha previsto la instalación de una puesta a tierra en forma cuadrangular de 2.5 m de lado para el tablero de protección y equipos electrónicos con conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Todos los empalmes de los sistemas de puesta a tierra se deberán realizar con soldadura exotérmica, conectadas a una regleta de cobre.

3.8.3Diseño del Centro de Control

Para el confort de los operadores que trabajaran en este Centro de Control por largas jornadas de trabajo, las instalaciones tienen que ser de un diseño e instalación de tal forma que garanticen su buen desempeño de los operadores y otros usuarios que puedan utilizar el sistema de manera efectiva y segura, además de garantizar el buen funcionamiento del hardware y software del sistema.

3.8.3.1 Consideraciones ambientales.

El entorno en el que está instalado el sistema debe ser adecuado para los equipos y los sistemas electrónicos

asociados al sistema. Las temperaturas recomendadas se visualizan en la siguiente tabla:

Condiciones Ambientales	Industrial	Normal
Temperatura Operativa	0 a 60 C°	0 a 50 C°
Temperatura de almacenamiento	-40 a 85 C°	-10 a 60 C°
Humedad Relativa	5 a 95%	5 a 90%

Tabla 3.13 Condiciones ambientales recomendadas en Centrales de Control.

Esto no quiere decir que el ambiente en el Centro de Control tenga que manejar estos rangos pues la gente no se sentirá cómoda con los extremos de temperatura en estos rangos pero los equipos deben estar diseñados por el fabricante para estos ambientes, mas adelante nos centraremos a la ergonomía del Centro de Control donde se analizara a fondo a los requerimientos del ambiente para el usuario.

Las instalaciones donde estarán montados los equipos deben tener un ambiente libre polvo, vibraciones mecánicas, ambiente corrosivo, es por eso que debe estar totalmente asilado del ambiente industrial en cuanto al medio ambiente con un sistema de aire acondicionado equipado con filtros para la purificación del aire.

Si existiera el riesgos de vibraciones mecánicas producto de maquinas en el entorno, se deberá montar un sistema de amortiguamiento de los racks donde estarán montados los equipos más sensibles a fallos como es el caso de servidores.

De ser posible se deberá instalar un sistema circulación forzada de aire para que no haya acumulación de calor en sectores puntuales.

3.8.3.2 Cableado estructurado.

En lo posible se deberá calcular la distancia real del cable y no estimaciones es decir, tanto el cableado horizontal como en distancias verticales, para esto se escogerá la ruta más corta posible y que este lejos de fuentes de ruido electromagnético, productos químicos y calor excesivo.

Las conducciones para el cable deben estar montadas de forma que nadie vaya a caminar por encima del cable, este doblado o que esté sometido a una tensión indebida como colgado entre dos puntos.

3.8.3.3 Conexiones de potencia

Es necesario instalar un transformador de potencia exclusivamente para el Centro de Control acompañado de un transformador de aislamiento para equipamiento sensible a fallos en el caso de que las instalaciones del Centro de Control estén cerca de fuentes de interferencia eléctrica como maquinaria industrial. Los márgenes de calidad en estas instalaciones deben estar dentro de los siguientes rangos: Voltaje: 110/220 VAC +10% -15%, frecuencia: 60 Hz $\pm$ 2%).

3.8.3.4 Requisitos ergonómicos

Es muy importante considerar los requisitos ergonómicos de las instalaciones de la sala del Centro de Control pues de eso depende mucho el confort de los operadores y por ello su buen desempeño de la funciones de monitoreo del sistema, control de ajustes, procedimiento para las alarma y emergencia, y el estar despierto la mayoría de tiempo.

Se recomienda una mesa de control con distribución en la sala tipo herradura distribución esto para que cualquier persona en el centro pueda ver todas las pantallas al mismo tiempo con solo pararse al centro de esta distribución, para esto también se debe asegurar la cantidad de espacio requerido para cada operador de tal forma que no exista congestión.

En el caso de requerirse un sistema de comunicaciones por voz (ya sea por radio o teléfono) los equipos deben estar situados lo más cerca posible de los operadores y para otras personas que permanezcan en la sala de control.

Debe instalarse exclusivamente un cuarto de impresoras, trazadores separado de la sala de control para aislar a los operadores de los ruidos que puedan producirse en estos equipos.

En caso de requerirse una sala de reuniones es mejor diseñarla por separado para evitar la distracción de los operadores del control.

3.8.3.5 Iluminación en el Centro de Control.

Son recomendables las fuentes de Tungsteno que brinda una fuente de luz halógena para un ambiente cálido.

Los niveles de iluminación general en la sala de control están en el orden de los 400 lux. También es recomendado que se tenga un nivel de reflectancia de las paredes promedio de 30 a 60%.

3.8.3.6 Sonido ambiente.

Es recomendado que los sonidos ambientales no deban exceder un nivel máximo de 54 a 59 dB de ruido.

3.8.3.7 Ventilación.

La temperatura ambiental del aire dentro de la sala debe estar entre 20 °C y 26 °C con humedad relativa del 40 a l 60%, debe existir una renovación de aire a razón de 7 litros/seg por persona.

3.8.3.8 Colores del entorno.

Los colores para las paredes y el equipo deben tener un acabado mate con el fin de evitar irritantes reflejos de las

pantallas del operador. Se recomienda en las paredes los colores cálidos.

3.8.3.9 Diseño de las pantallas del ordenador.

Las pantallas de las interfaces HMI de los operadores deben garantizar su facilidad para leer y entender el concepto del proceso de la red de agua potable, esto con el fin de reduce el proceso de decodificación en el cerebro humano a un nivel mínimo y maximizar los procesos de toma de decisiones por parte del operador, de tal forma que pueda reaccionar rápida y eficazmente sin tener que calcular dónde está el problema.

Es necesario que las pantallas de los operadores sean de tipo táctil, y los teclados deben ser de tipo ergonómico.

Es necesario implantar un panel general de sinópticos en el centro la parte frontal de la sala de control de manera que se presente todo el diagrama general del sistema de red de agua potable, esto se puede lograr con un proyector de video.

Es necesaria la implantación de tres impresoras, una para alarmas, otra para informes, y otra para reportes instantáneos.

Es necesario también implementar un sistema de sirenas o zumbadores audibles para las alarmas.

También se requerirá en la sala de impresoras una fotocopidora.

3.8.3.10 Indicadores y gráficos del operador.

La organización de la interfaces HMI se debe elaborar bajo el software Scada de una manera clara y lógica para permitir que el identifique con rapidez y eficacia la información de interés. En lo posible se tendrá un numero pantallas reducido en la interface general, para esto se tendrá una jerarquía de sub-pantallas progresiva donde se obtenga mayor grado de detalle cuando el operador necesite cierta información específica.

Se recomienda la siguiente organización de pantallas:

- Un nivel primario donde se muestre un nivel de visión del conjunto del proceso.
- Un nivel de secundario conformado por una serie de pantallas asociados con el nivel primario, que deben ser accesibles desde el nivel primario.
- El nivel terciario, que da más detalles sobre cierto nivel secundario, las pantallas.

Se deberá diseñar las pantallas de tal forma que con solo 3 clics se pueda acceder a cualquier pantalla para obtener la información detallada y de forma eficiente.

3.8.3.11 Distribución de espacios interiores del Centro de Control.

Se realizo una inspección a las instalaciones de la planta de tratamiento de agua potable Pucara donde existe un cuarto

disponible en sus instalaciones en donde se pretende instalar el Centro de Control del sistema de telemetría y telecontrol. En el Anexo 4 se puede ver las fotografías actuales del espacio disponible para este caso. En la figura 3.14 se puede observar la disposición espacial de los elementos de la sala de control en un cuarto disponible actualmente en la zona administrativa de la Planta Pucara.

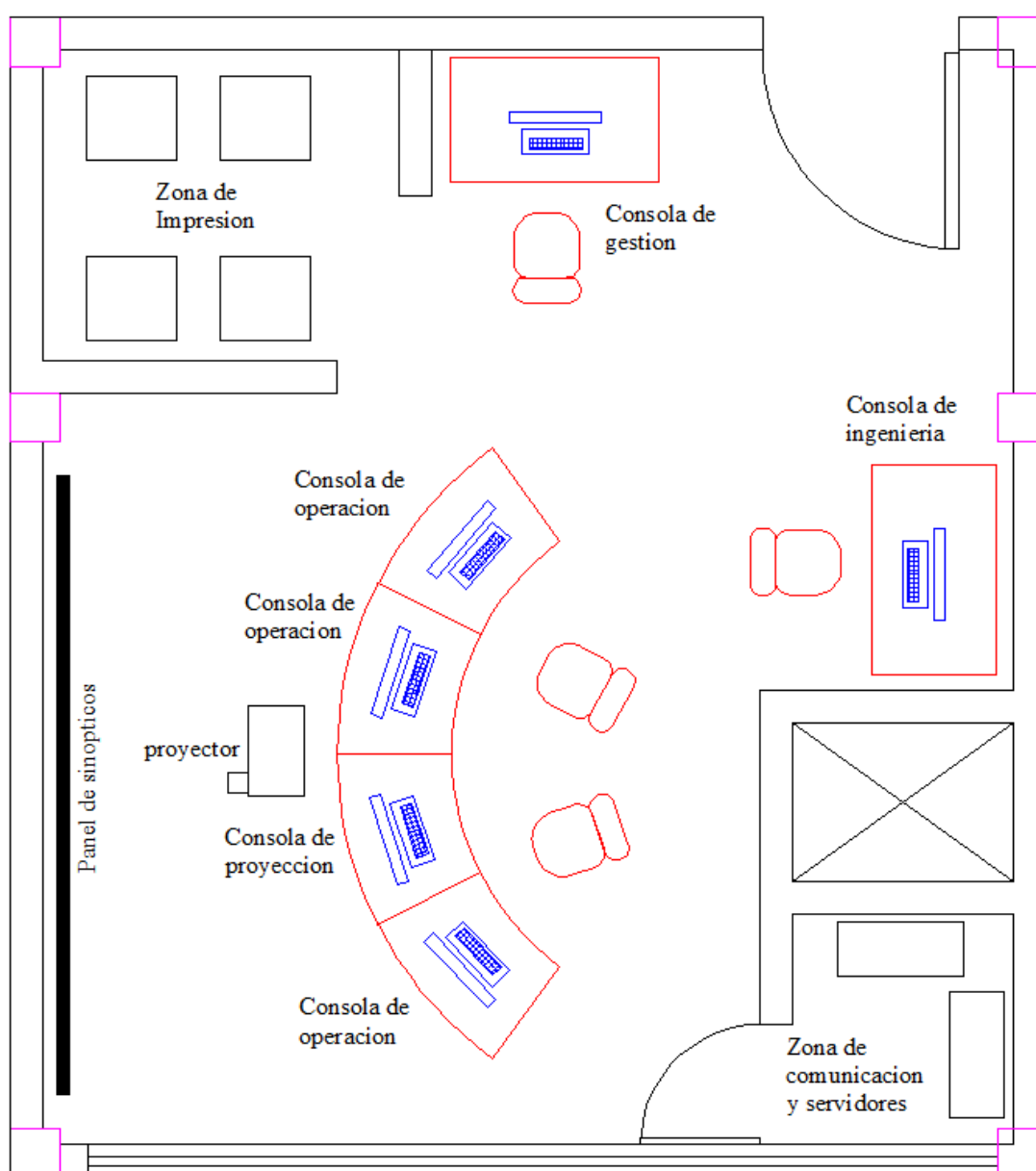


Figura 3.16 Diseño de los interiores de la Sala de control.

Podemos ver la disposición de las tres consolas de operación, mas una que estará a cargo de la proyección de las imágenes en el panel de sinópticos ubicado en la parte frontal de la sala para la proyección de los parámetros globales de la red de agua potable. Los espacios entre los muebles en esta sala están acorde a recomendaciones internacionales para centrales de control. Existe una zona de impresión donde estarán ubicadas las impresoras y copiadora necesaria para las labores de los operadores.

También se ha dispuesto una consola de ingeniería para el desarrollo o mantenimiento informático del sistema Scada, y contiguamente existe una consola de gestión para la planificación de acciones pertinentes a las maniobras que deben efectuarse bajo una planificación del recurso de la ciudad.

En la zona de servidores estarán instalados todos los equipos de activos de comunicaciones como los servidores del sistema.

Es importante aclarar que tanto el cableado estructurado como el sistema eléctrico de los equipos que están ubicados en la sala de control, se lo realizará por canaletas reglamentadas dispuestas sobre piso falso, para esto es necesario que el piso falso sea gestionado para su construcción previamente a la instalación del Centro de Control. La iluminación en esta sala actualmente goza de niveles aceptables debido a la existencia

de una gran ventana en la parte norte, las luminarias son de tipo fluorescentes aptas para las circunstancias y garantizar la comodidad, así mismo nos percatamos de la necesidad de pintar las paredes con un color más cálido pues actualmente tienen un color blanco pálido, y se percato que no existe contaminación del ambiente por polvo, químicos y ruido industrial en la cercanía de esta sala por lo que cuenta con los requerimientos para su instalación.

3.8.3.12 Configuración del Backbone.

En este apartado se describirá la distribución de conexiones de la zona comunicación y servidores que constituyen el Backbone del sistema para su posterior instalación. Desde el nivel bajo podemos ver los dos Switch de la red LAN de la sala de control que conectan todos los equipos del nivel de Planta, como del nivel de Célula. Para que puedan tener acceso a los servidores (Base de Datos, Históricos, Web) se deberá pasar primero por el Firewall en hardware de 8 puertos, el que controla los accesos a la zona desmilitarizada.

Los servidores van directamente conectados a este firewall por una de sus dos sus tarjetas de red Fast Ethernet, la otra se conectara a un Switch denominado de salida para luego esta información canalizarla a la tarjeta del servidor de autenticación/Firewall que controla a su vez, los accesos que se puedan producir por la red Corporativa (Factoría) del

Municipio de Loja. En la interface con la CNT para el enlace dedicado con un par de líneas telefónicas se ha dispuesto un Router para encaminar las llamadas desde la red corporativa para consultas de datos de los servidores del Centro de Control. Todas las conexiones del cableado estructurado se las realizara con cable STP CAT6 y conectores RJ-45 CAT 6.

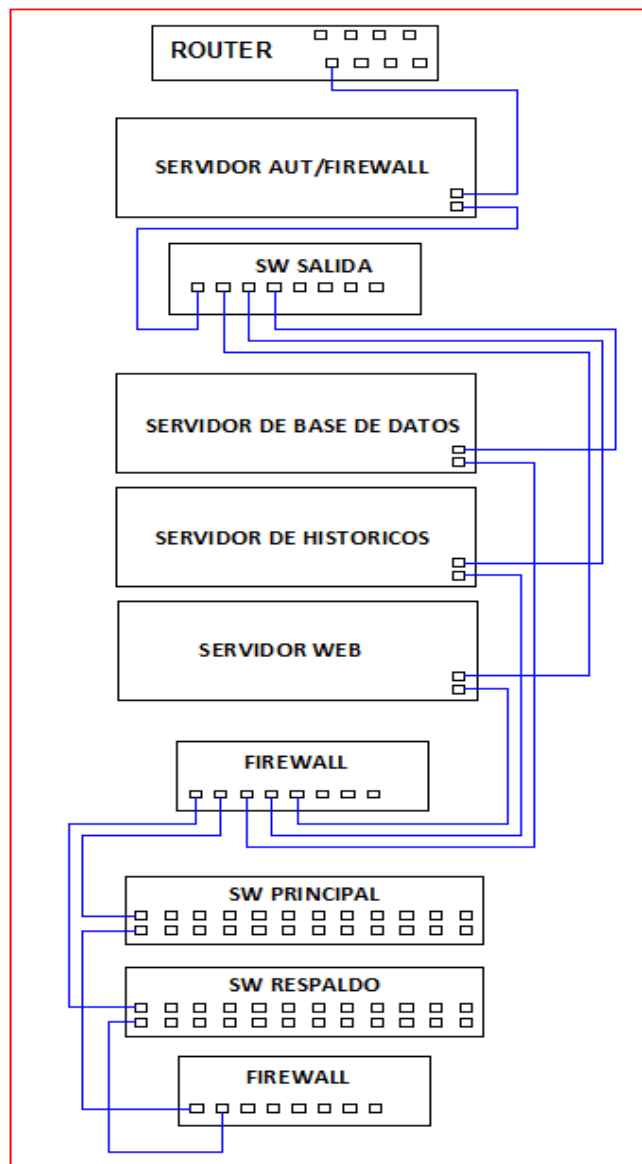


Figura 3.17 Esquema de conexiones del Backbone en la sala de servidores del Centro de Control.

3.9 Diseño del sistema en el NIVEL 4 (Factoría).

La infraestructura de Red en este nivel ya existe en la actualidad y está funcionando pues corresponde a la red LAN corporativa existente en el municipio de Loja.

Es necesario tener intercambio informático con esta red desde el Centro de Control pues existe información que se generara en el sistema SCADA y almacenada en el servidor de base de datos que puede servir a un sin número de departamentos administrativos del Municipio de Loja tal es el caso de:

- Planificación.
- Facturación.
- Dirección Ejecutiva.
- Dirección Técnica.

Y todos los demás departamento que pudieran necesitar los datos de la red de agua potable.

3.9.1Diseño de la Red.

Para el nivel de Factoría (nivel 4) se ha recomendado realizar el enlace utilizando la infraestructura de la CNT (Corporación Nacional de Telecomunicaciones), a través de la Red telefónica pública conmutada (PSTN), con la contratación de una línea dedicada de par de cobre y así obtener mayor confiabilidad y

continuidad en las transmisiones entre el centro de control y la red del Municipio de Loja.

Con fines de mejorar la seguridad en los servidores, es necesario instalar un cortafuegos (firewall) a la salida de la Zona desmilitarizada (sala de servidores) en el Centro de Control para mantener un control de acceso desde la infraestructura red de red del Municipio de Loja, además se necesitara un Router a la salida (firewall salida) del Centro de Control y a la entrada de la red LAN del municipio para realizar el ruteo de paquetes entre estas dos redes. Cabe la pena aclarar que al momento de instalar los Routers y cortafuegos en este nivel se tendrá la opción de controlar las filtraciones no amigables que puedan existir tanto de desde la red LAN del Municipio de Loja como de la red WAN desde el Internet.

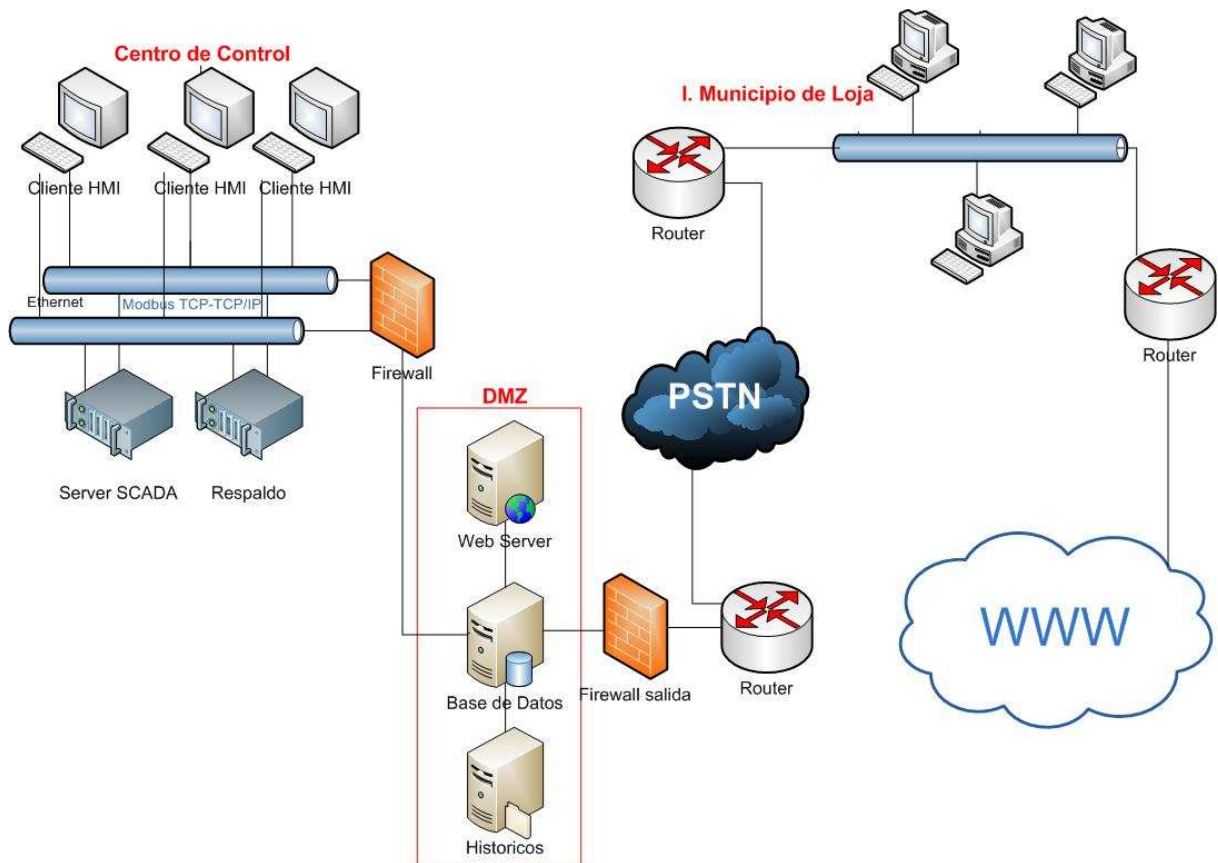


Figura 3.18 Esquema de comunicaciones en nivel 4 (factoría).

a. Especificaciones del Firewall de salida.

Una de las estrategias de seguridad recomendadas es utilizar diferentes métodos y tecnologías de control de acceso, es por eso que en este caso utilizaremos un cortafuegos (firewall) trabajando en software con un servidor dedicado para el caso.

El sistema operativo que se utilizara para que trabaje en el servidor, es la versión de **Linux Red Hat 10**, con un software para autenticación denominado **No Cat Auth**, y la función de firewall estar a cargo del modulo **Ip Tables**, el costos de la licencia de estas aplicaciones es gratuito.

El servidor a cargo de la autenticación y firewall tendrá que cumplir las siguientes especificaciones:

ESPECIFICACIONES DE SERVIDOR DE AUTENTICACION Y FIREWALL.

Número de procesadores: 1

Núcleo de procesador disponible: Dual o Quad

Memoria máxima: 192 GB

Ranuras de memoria: 6 ranuras DIMM

Memoria: DDR3 de RDIMMs o DDR3 de UDIMMs

Ranuras de expansión: Hasta 3

Controlador de red: 2 puertos 1 GbE multifunción.

Controlador de almacenamiento: SATA

Formato de case: tipo rack 1U

Unidad de disco duro puerto doble 160 GB 10.000 rpm.

Especificaciones de Routers.

1 Puerto WAN DSL.

1 puertos WAN 10/100 Mbps.

8 Puertos Switch administrables.

1 puerto de consola.

3.9.2 Direccionamiento de la Red de comunicaciones TCP/IP.

Aquí describiremos las direcciones que serán asignadas a los equipos de cómputo del Centro de Control. Para esto haremos

un listado de los equipos que necesitan direcciones IP para la comunicación de red.

a. Equipos de Radio.

- Radiomodem Wimax en Planta de Tratamiento Carigán.
- Radiomodem Wimax en Torre Multipunto para enlace con Planta de Tratamiento Carigán.
- Radiomodem Wimax en Planta de Tratamiento Chontacruz.
- Radiomodem Wimax en Torre Multipunto para enlace con Planta de Tratamiento Chontacruz.
- Radiomodem Wimax en Planta de Tratamiento Zamora Huayco.
- Radiomodem Wimax en Torre Multipunto para enlace con Planta de Tratamiento Zamora Huayco.
- Radio Modem Wimax en Oficinas UMAPAL.
- Radio Modem Wimax en Torre Multipunto para enlace con Oficinas UMAPAL.
- Radio Modem Gateway en Centro de Control.
- Radiomodem Gateway en Torre Multipunto para enlace con Centro de Control.
- Radiomodem para Punto de Acceso Punto Multipunto UHF con estaciones remotas.
- 77 Radiomodems de las estaciones remotas (tanques de reserva y estaciones de bombeo).

En total son 88 equipos de radio.

b. Servidores en Plantas de Tratamiento.

- Servidor Scada Planta Carigán.
- Servidor Scada Planta Chontacruz.
- Servidor Scada Planta Zamora Huayco.
- Servidor Scada Planta Pucara.

En total son 4 servidores en plantas de tratamiento.

c. Consolas de Trabajo.

- 3 Consolas de Operación en Centro de Control.
- 1 Consola de Proyección para Pantalla Central de Sinópticos en Sala de Control.
- 1 Consola de Desarrollo (Ingeniería) en Centro de Control.
- 1 Consola de Gestión en Centro de Control.
- 2 Consolas de Gestión en oficinas de UMAPAL.

En total son 8 consolas de trabajo.

d. Servidores Scada.

- 1 Servidor Scada maestro.
- 1 Servidor Scada de respaldo.

Aquí son 2 servidores Scada.

e. Servidores en DMZ.

- 1 Servidor de Base de Datos.
- 1 Servidor de Históricos.

- 1 Servidor Web.
- 1 Servidor de autenticación y firewall en sala de servidores.

En total son 4 servidores en Zona desmilitarizada.

f. Equipos activos de comunicaciones en Centro de Control (CC).

- 2 equipos Firewall en Centro de Control.
- 1 Router en Centro de Control.
- 1 Router en Municipio de Loja.

En total son 4 equipos activos de comunicaciones.

En la siguiente tabla se resume el total de equipos que se les debe asignar una dirección de red IP.

Ítem	Descripción	Nro. de direcciones
1	Equipos de Radio.	88
2	Servidores en Plantas de Tratamiento.	4
3	Consolas de Trabajo.	8
4	Servidores Scada.	2
5	Servidores en DMZ.	4
6	Equipos activos de comunicaciones en CC.	4
TOTAL		110

Tabla 3.14 Resumen de equipos que necesitan direccionamiento IP.

Según la tabla anteriormente descrita se necesitan 110 direcciones de red, en caso de extensiones de nodos de red en el sistema pondremos un crecimiento del 5% anual y lo proyectaremos para 10 años antes de que haya que hacer alguna reconfiguración en el direccionamiento de red, esto es un 50% más de la cantidad requerida en principio, lo que nos da un total de 165 direcciones de red, y nos lleva a sugerir una sub-red privada **Clase C**. Hemos consultado con el departamento de computación del Municipio de Loja y nos han dado la disponibilidad de utilizar la siguiente subred para el sistema de telemetría y telecontrol: 192.168. 210.0 con una submáscara 255.255.255.0 para tener una red con capacidad de 256 host.

Conclusión: Hasta aquí hemos realizado el análisis de diseño y especificaciones del sistema de telemetría y telecontrol, donde se deja en claro los requerimientos de la arquitectura del sistema. En el siguiente capítulo se realizará el análisis económico que servirá como referencial para elaboración del presupuesto para la ejecución e implantación del proyecto por parte de las autoridades pertinentes del municipio de Loja.

Capítulo 4

Análisis Económico

En este capítulo se analizará la proyección de los efectos favorables que traería la ejecución del proyecto sobre la economía de la empresa de agua potable.

4. Análisis Económico.

4.1 Introducción.

En este capítulo efectuaremos el análisis de los requerimientos de inversión, costos de operación y mantenimiento, producción, reducción de personal, ahorro por disminución de pérdidas y más, para evaluar estos parámetros con los beneficios de productividad y ahorro que ofrecería. Cabe resaltar que los precios aquí detallados son referenciales y correspondientes al año 2010, para ser utilizados como base para las licitaciones públicas deberá realizarse una actualización de estos en caso de prolongarse el tiempo de gestión de los recursos económicos.

4.2 Costos de inversión en las estaciones de bombeo y tanques de reserva.

En las tablas del anexo 5 se enumera y valora los instrumentos de medición, equipamiento de control automático electrónico, comunicaciones, y protección y mano de obra para cada una de las estaciones de bombeo y tanques de reserva de la red.

A continuación resumimos los costos correspondientes a la inversión los diferentes elementos del sistema de telemetría y telecontrol:

Ítem	Denominación	Costo
1	Compra de Equipos de instrumentación.	515,718.00
2	Contratación de Mano de obra para instalación de la instrumentación.	31,320.00
3	Compra de Equipos y materiales de control automático electrónico.	177078.00
4	Contratación de Mano de obra para Equipos y materiales de control automático electrónico.	53626.00
5	Compra de Equipos e instalaciones de comunicaciones y protección.	125200.00
6	Contratación de Mano de obra de equipos e instalaciones de comunicaciones y protección.	3300.00
Costos Totales de Inversión		906,242.00

Tabla 4.1 Resumen de Costos de inversión en la estaciones de bombeo.

Ítem	Denominación	Costo
1	Compra de Equipos de instrumentación.	1'668,385.00
2	Contratación de Mano de obra para instalación de la instrumentación.	90,140.00
3	Compra de Equipos y materiales de control automático electrónico.	272,302.10
4	Contratación de Mano de obra para Equipos y materiales de control automático electrónico.	70,199.00
5	Compra de Equipos e instalaciones de comunicaciones y protección.	314,600.00
6	Contratación de Mano de obra de equipos e instalaciones de comunicaciones y protección.	8,250.00
Costos Totales de Inversión		2'423,876.10

Tabla 4.2 Resumen de Costos de inversión en tanques de reserva.

4.3 Costos de inversión en torre punto multipunto (PMP), Centro de Control, Plantas de Tratamiento, Oficinas de Umapal y Municipio de Loja.

Así mismo en el anexo 5, se expresa en las diferentes tablas; el costo de inversión del sistema de comunicaciones, alimentación y protecciones, equipos y software de cómputo, correspondiente ha: la torre multipunto UHF, Centro de Control, plantas de tratamiento, Oficinas de la UMAPAL e I. Municipio de Loja. A continuación mostramos los resúmenes de costos de inversión respectivos.

Ítem	Denominación	Costo
1	Compra de equipamiento de comunicaciones, alimentación y protección	44,696.00
2	Contratación de Mano de obra para el equipamiento de comunicaciones, alimentación y protección	1,025.00
Costos Totales de Inversión		45,721.00

Tabla 4. 3 Resumen de Costos de inversión torre multipunto.

Ítem	Denominación	Costo
1	Compra de equipos de comunicación, alimentación eléctrica y protecciones	36455.00
2	Contratación de Mano de obra para equipos de comunicación, alimentación eléctrica y protecciones.	2330.00
	Compra de equipos y software de	44620.00

cómputo.	
Contratación de Mano de obra para equipos y software de cómputo.	23900.00
Costos Totales de Inversión	107,305.00

Tabla 4.4 Resumen de Costos de inversión en centro de control.

Ítem	Denominación	Costo
1	Compra de equipamiento y materiales de comunicaciones	21745.00
2	Contratación de Mano de obra para el equipamiento e instalaciones de comunicaciones.	745.00
	Costos Totales de Inversión	22,490.00

Tabla 4.5 Resumen de Costos de inversión en plantas de tratamiento.

Ítem	Denominación	Costo
1	Compra de equipos y materiales de comunicaciones y cómputo.	10582.00
2	Contratación de Mano de obra para el equipamiento e instalaciones de comunicaciones y cómputo.	1495.00
	Costos Totales de Inversión	12,077.00

Tabla 4.6 Resumen de Costos de inversión en oficinas de UMAPAL e I. Municipio de Loja.

4.4 Resumen de costos totales de inversión del proyecto (CAPEX).

A continuación presentamos el resumen del costo total de inversión del proyecto de telemetría y telecontrol para el sistema de agua potable de la ciudad de Loja.

Ítem	Denominación	Costo
1	ESTACIONES DE BOMBEO	906,242.00
2	TANQUES DE RESERVA	2'423,876.10
3	TORRE MULTIPUNTO	45,721.00
4	CENTRO DE CONTROL	107,305.00
5	PLANTAS DE TRATAMIENTO	22,490.00
6	OFICINAS UMAPAL e I. MUNICIPIO DE LOJA	12,077.00
	TOTAL	3'517,711.10

Tabla 4.7 Resumen de Costos de inversión Totales del proyecto.

El presupuesto de inversión (CAPEX) que se necesitara para el proyecto de telemetría y telecontrol (SCADA) para el sistema de agua potable de la ciudad de Loja esta presupuesto con un monto referencial de **USD 3'517,711.10** (TRES MILLONES QUINIENTOS DIEZ Y SIETE MIL SETECIENTOS ONCE CON DIEZ CENTAVOS DE DOLARES AMERICANOS).

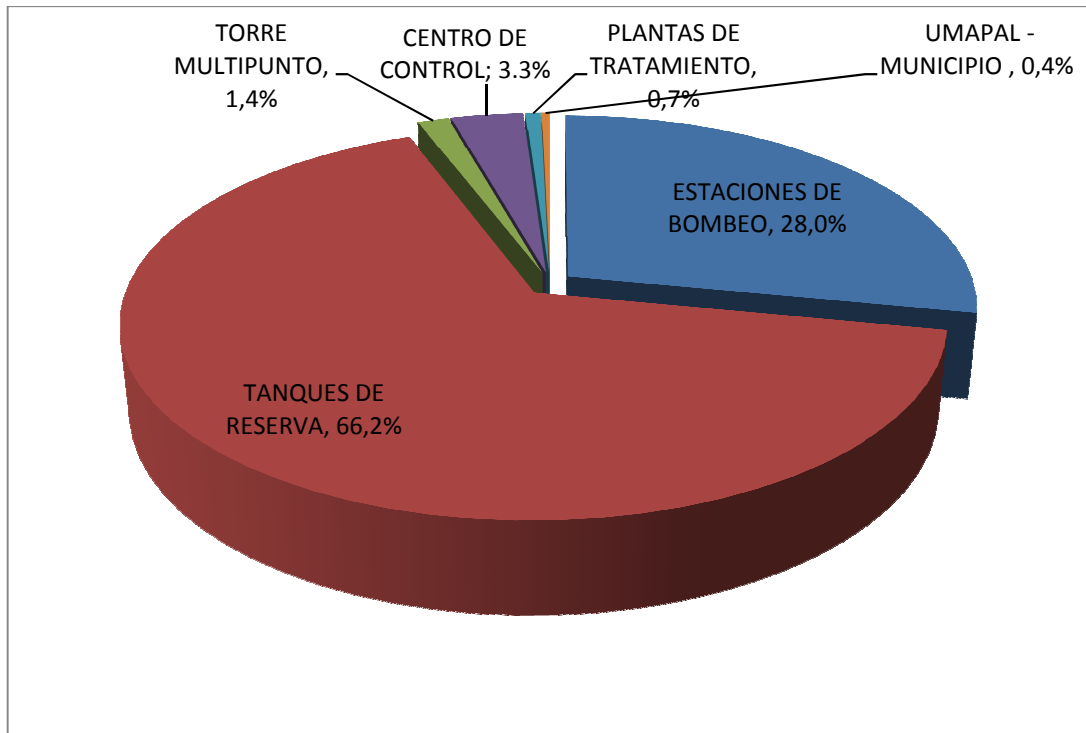


Figura 4.1 Porcentajes de los Costos de inversión del proyecto.

En la figura anterior, podemos darnos cuenta que los mayores costos están en las estaciones remotas (tanques de reserva y estaciones de bombeo).

Los costos por reinversión en este proyectado estará en función de los equipos que haya que reemplazar o ampliar en el transcurso de los años venideros, se estima un costo de reinversión de USD 10,000.00 cada dos años lo que nos da un valor anual de USD 5000.00.

4.5 Costos de operación proyectados (OPEX).

Los costos operativos proyectados al momento de implantar el proyecto esta enmarcados al costo por suministro eléctrico, mantenimiento y operadores de la central de control

a. Costo por consumo de energía eléctrica adicional en el sistema.

En este caso incluiremos la energía promedio que las estaciones remotas (estación de bombeo y tanque de reserva) consumirán al mes por consumo del equipo electrónico de comunicaciones y control automático, así mismo la torre multipunto y la central de control esto es:

- El consumo proyectado por cada estación remota es de 30 Kwh al mes equivalente a USD 2.46 de costo mensual considerando la 77 estaciones remotas nos da un total de USD 189.42 mensuales.
- En la torre multipunto se tiene proyectado un consumo de 20 Kwh al mes equivalente a USD 1.64 mensuales.
- En la central de control se tiene estimado un consumo de energía de 7000 Kwh al mes equivalente a USD 540.00 mensual.

En total se tendrá un costo de energía eléctrica consumida de:

$$E(\text{mensual}) = 189 + 1.64 + 540 = \text{USD } 730.64$$

b. Costo por remuneración de operadores.

Para este caso se tiene proyectado la contratación de 3 operadores que tengan título de ingeniería a fin, esto para trabajar en tres turnos de 8 horas y cubrir las 24 horas del

día de la vigilancia y operación del sistema desde la Central de Control por un operador siempre presente y disponible.

Además es necesario la contratación de un ingeniero para el mantenimiento del sistema a nivel de software y otro para la gestión del sistema, estos trabajarán en un periodo de 8 horas por el día. El sueldo promedio que podría ganar un técnicos para ocupar estos puestos es de USD 1000.00

En total se tendrá un costo por la contratación de los 5 técnicos a cargo de la central de control de USD 5000.00 mensuales.

Es necesario pagar el arrendamiento del enlace de par de cobre dedicado (PSTN) entre la Central de Control y Municipio de Loja a través de la infraestructura de la CNT, este tiene un costo de 30.00 dólares mensuales.

En total el costo de operación (OPEX) proyectado para el sistema al momento de su implantación es de:

OPEX = (730.64+5000.00+30.00) x 12 = USD 69,127.68 anuales.

4.6 Situación económica actual y proyectada.

4.6.1 Situación económica actual.

Hasta el 2009 se tiene registrados un número de conexiones de agua (Residencial y No-residencial) 33,948 de las cuales

29,667 (87.4%) son residenciales. En la siguiente grafica se muestra en volumen total de agua producida (en metros cúbicos) en los distintos años, desde 1996 hasta el 2009. Podemos ver un incremento sustancial en el año 2004 producto de la incorporación del Plan Maestro de agua potable que se sumo al sistema más de 5 millones de metros cúbicos. Se puede resumir que actualmente se aporta aproximadamente un total de 1,5 millones de m³ mensuales a la red de distribución de agua potable de los distintos barrios de la ciudad.

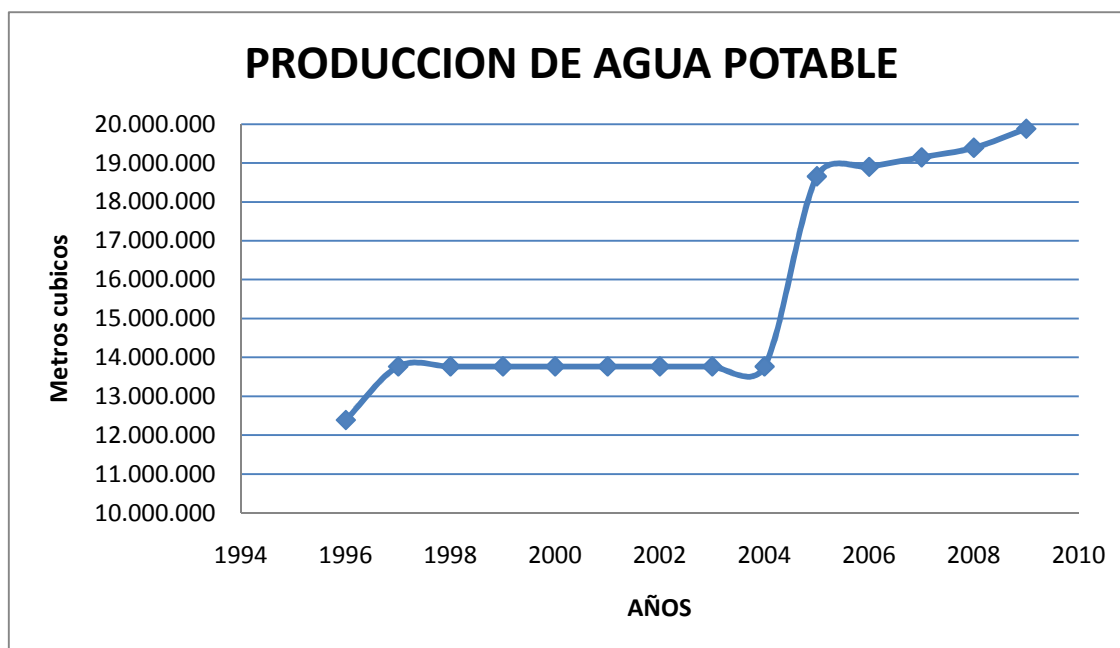


Figura 4.2 Histórico de producción de agua potable

En la siguiente grafica se puede ver el histórico desde el año 2000 hasta el 2009 de la cantidad de agua (metros cúbicos) que realmente fueron vendidos por la empresa y produjo ingresos económicos por recaudación.

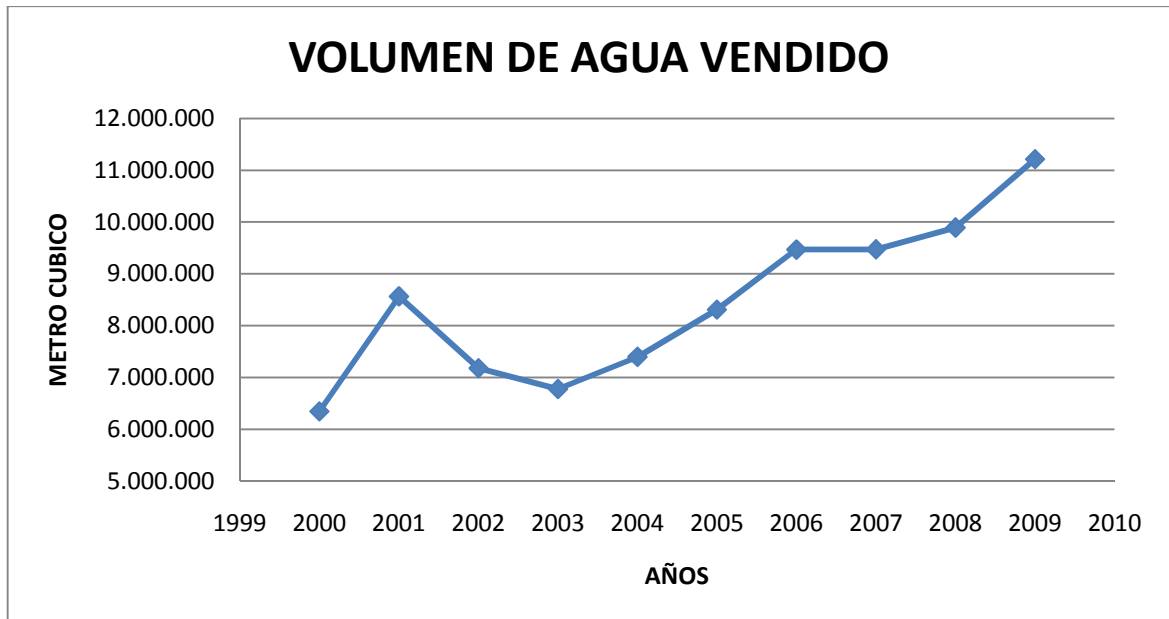


Figura 4.3 Histórico de agua potable realmente vendida.

A continuación realizamos la diferencia entre el valor producido y el valor vendido y esto nos dará las pérdidas globales del sistema, esto lo dividimos para el valor producido lo multiplicamos por 100 y nos dará el porcentaje de pérdidas del sistema.

$$\text{Porcentaje de pérdidas (\%)} = \left(\frac{m^3 \text{ producidos} - m^3 \text{ vendidos}}{m^3 \text{ producidos}} \right) \times 100.$$

A continuación se muestra las pérdidas reales anuales del sistema en los últimos 10 años.

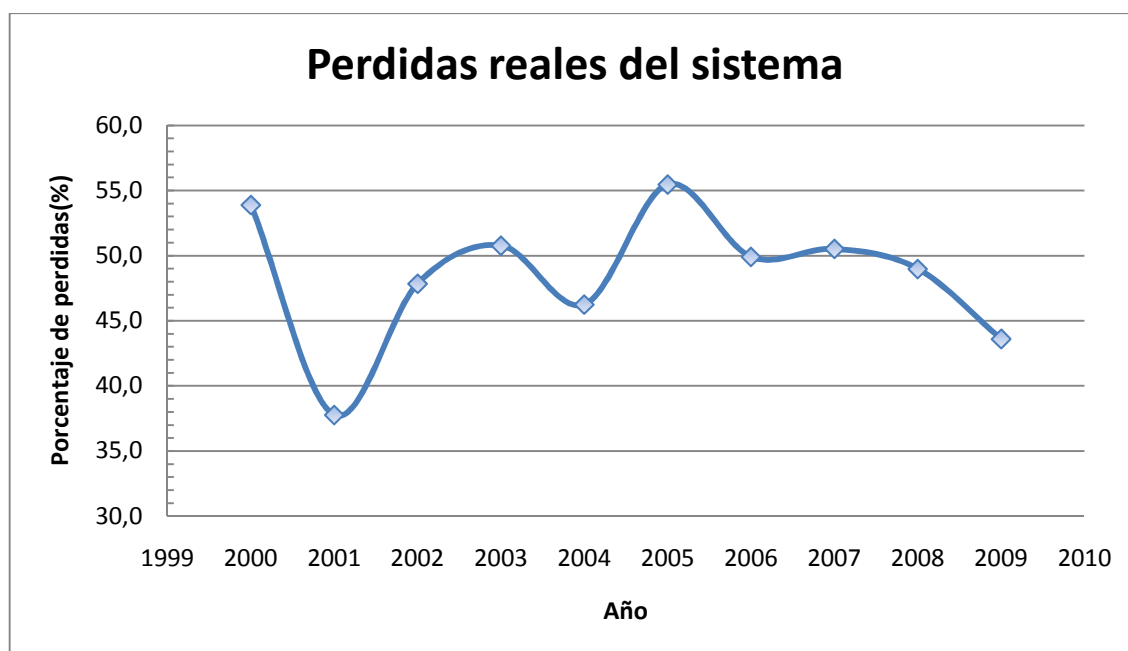


Figura 4.4 Histórico de pérdidas reales (físicas) de agua potable.

Para el último año (2009) se estima un porcentaje de pérdidas del 43.6 %. Los gastos de operación y mantenimiento (OPEX) de los servicios de distribución de agua y saneamiento están por el orden de los USD 3.5 millones de dólares.

Se ha percatado en la empresa la inexistencia de un departamento de control de agua no contabilizada, en vista de aquello la UMAPAL no tiene una idea clara de los motivos por los cuales se tienen este nivel de pérdidas, es por eso que este proyecto se justifica en principio, pues sus medidores electrónicos serán la base para ejecutar las acciones de gestión y control de pérdidas con la finalidad de alcanzar una mayor más eficiencia en la explotación del recurso hídrico.

Con la información proporcionada por el departamento de facturación del municipio de Loja se determinó que los índices de agua no contabilizada incluido el porcentaje de cobranza son los siguientes.

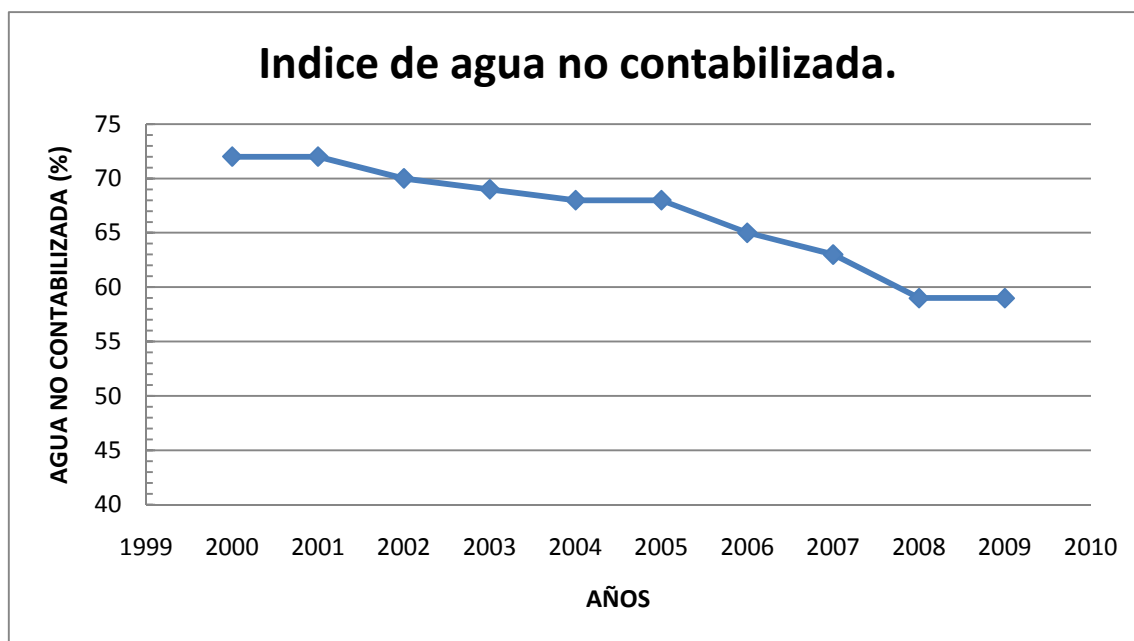


Figura 4.5 Histórico de agua no contabilizada.

Para el 2009 tenemos un porcentaje del 59% de agua no contabilizada. Las pérdidas técnicas corresponden a pérdidas por situaciones de la red en sí, tales como fugas en las líneas de transmisión como de distribución, reboses en tanques de reserva y cámaras húmedas y fugas en las conexiones hacia los medidores de los clientes. Actualmente no existe una idea clara de las pérdidas técnicas en el sistema debido a la falta de instrumentación para su determinación. El valor diferenciado de los precios por metro cúbico facturado para el 2009 se expresan en la siguiente tabla.

PRECIOS		
Tarifa residencial media por servicio de agua	moneda local nominal / m ³	0.17
Tarifa residencial media por servicio de desague.	moneda local nominal / m ³	0.05
Tarifa industrial media por servicio de agua	moneda local nominal / m ³	1.37

Tabla 4.8 Tarifas diferenciadas de precios por metro cubico de agua.

Para propósitos de cálculo que más adelante se realizaran, se tomara como referencia los **USD 0.27** por m³ ya que los mismos directivos nos han recomendado ese valor global que se ha determinado en base al total de recaudaciones reales y estímulos económicos por parte del gobierno que hacen bajar el costo productivo real.

Las perdidas comerciales corresponden a las pérdidas que no pertenecen a errores en la red de agua potable, estas corresponden a consumo ilegal (robo del recurso), errores en la medición y facturación de los clientes.

En el 2009 se recaudó un total de **11'212,644 m³** a esto lo multiplicamos por el valor medio (USD 0.27) nos da aproximadamente **USD 3'027,413.88** que ingresaron a caja. Cogiendo así mismo la facturación promedio por m³ de agua potable de U\$S 0,23/m³, y la multiplicamos por los **8'670,804 m³** de agua que no fueron vendidos en el 2009, nos da un valor de **USD 2'341,117.08** de pérdidas financieras. En el anexo Se

puede observar en el ANEXO 6 de este documento que la recaudación es baja tanto por las bajas tarifas como por la morosidad en el pago. Las pérdidas en el sistema se pueden organizar según la siguiente tabla.

Volumen de ingreso al sistema [m ³ / year]	Consumo autorizado [m ³ / year]	Consumo autorizado facturado [m ³ / year]	Consumo medido facturado (incluyendo agua exportada) [m ³ / year]	Agua (que genera ingresos) vendida / facturada [m ³ / year]
			Consumo no-medido facturado [m ³ / year]	
		Consumo autorizado no facturado [m ³ / year]	Consumo medido no-facturado [m ³ / year]	Agua que no genera ingresos [m ³ / year]
			Consumo no-medido no-facturado [m ³ / year]	
	Pérdidas de agua [m ³ / year]	Pérdidas aparentes o manifestas [m ³ / year]	Consumo no-autorizado [m ³ / year]	
			Pérdidas de agua por errores de medición [m ³ / year]	
		Pérdidas reales [m ³ / year]	Pérdidas reales en tuberías de agua no tratada y en el proceso de tratamiento (si aplica) [m ³ / year]	
			Fuga en tuberías de transmisión y / o distribución [m ³ / year]	
			Fuga y desbordamiento en los tanques de almacenamiento de transmisión y/o distribución [m ³ / year]	
			Fuga en conexiones de servicio hasta el punto de medición* [m ³ / year]	

Tabla 4.9 Pérdidas en el sistema de agua potable.

Vamos a tratar de estimar las causas de estas pérdidas, de forma que se pueda identificar las variables que pudieran ser manipuladas para su disminución.

4.6.2 Pérdidas reales actuales del sistema.

Son las pérdidas físicas que corresponden a las fugas del recurso dentro de la red de agua potable, vamos a analizarlas a cada una de las causas de estas.

a. Fugas en conexiones de servicio hasta el punto de medición.

Estas pérdidas corresponden en acometidas domiciliarias hasta los micro-medidores, actualmente no se tiene una idea clara de la cantidad de estas pero se puede estimar en un porcentaje del 1 % del total de 20 millones de metros cúbicos producidos al año lo que nos da un total de 200000 m³ anuales.

b. Fugas y desbordamiento en los tanques de almacenamiento de transmisión y/o distribución.

Los desbordamientos en tanques se ha estimado en unos 30,000 m³ por mes (360,000 m³ anuales igual a 1.8% de pérdidas totales) lo que nos da un total de **USD 97,200.00** de pérdidas anuales, esto sucede porque hay veces que existe un desborde en el sistema aproximadamente 3 cada semana y debido a que no hay un medio de vigilancia del rebose pasan 24 horas hasta que un operador se da cuenta del percance y entonces actuar sobre el hecho.

c. Fugas en tuberías de transmisión y/o distribución.

Aquí en este caso se podría estimar estas fugas porque existen macro-medidores en las plantas de tratamiento y en los tanque de reserva de esta manera se podría verificar el caudal aportado por las plantas y contrastarlo con el brindado por los tanques de reserva para saber si existe una diferencia, pero actualmente la empresa no lo está haciendo debido a que las lecturas que se recogen de los operadores que registran los macro-medidores convencionales muchas de las veces no es confiable, por eso es necesario implantar medidores electrónicos que puedan enviar en línea el caudal aportado por los tanques. Se puede estimar una perdida por fugas en tomas domiciliaras de 4.5% y en líneas de transmisión del 2%.

En total equivale a un total de 1.3 millones de metros cúbicos de perdidas líneas transmisión y/o distribución del los 20 millones producidos lo que significa un costo de aproximadamente **USD 351,000.00** de pérdidas anuales.

d. Perdidas en tuberías de agua no tratada y en el proceso de tratamiento.

En este caso no entraremos en la determinación de este parámetro pues el sistema de telemetría y telecontrol solo actuara a nivel de la red de agua potable desde que sale desde las plantas de tratamiento.

e. Pérdidas por errores de medición.

En este caso podrían darse en los macro-medidores de los tanques de reserva debido a la baja precisión de estos y también porque no existe una eficiente labor de lecturación de caudales por parte de los operadores, se puede estimar estas pérdidas en un 1 % equivalente a aproximadamente 200,000 m³ de agua potable lo que significa un total de **USD 54,000.00** de pérdidas anuales. También existen errores de medición en los micro-medidores domiciliarios pero este proyecto no cubre el nivel de acometida.

f. Consumo no autorizado.

Se consideran a las tomas ilegales (robo) en la red distribución. Debido a los cambios últimos de las redes de agua potable que se han dado en la ciudad de Loja se ha percatado que cada 100 acometidas domiciliarias, 6 son ilegales lo que nos da un aproximado de un 6% de pérdidas, equivalentes a 1.2 millones de m³ de agua lo que nos da un total de **USD 324,000** anuales de pérdidas.

4.6.3 Situación económica proyectada.

Para determinar el impacto de ahorro que generara la implantación de este proyecto es necesario saber la disminución de pérdidas reales que este traerá.

4.6.3.1 Pérdidas reales a disminuirse con el sistema de Telemedición y Telecontrol.

a. Fugas en conexiones de servicio hasta el punto de medición.

Actualmente no se tiene datos de el nivel de perdidas pues es muy difícil determinar si tener un control del caudal aportado por los tanques de reserva para compararlo con los valores facturado, se puede estimar en un porcentaje del 1 % del total de 20 millones de metros cúbicos producidos al año. Al momento de implantar este proyecto se podrá contar con los datos necesario para mitigar esta perdidas a un nivel menor que depende de las estrategias que tenga el departamento de agua no contabilizada, se puede plantear un valor objetivo de reducción hasta un 0.3%, lo que significaría un ahorro anual de **USD 37,800.00** por concepto de reducción de pérdidas en las acometidas domiciliarias.

b. Fugas y desbordamiento en los tanques de almacenamiento de transmisión y/o distribución.

Los desbordamientos en tanques ya no existirán debido al control de nivel automático de todos los tanques de reserva y estaciones de bombeo por lo que se tendrá una disminución del 1.8% al 0%, lo que significa un ahorro anual de **USD 97,200.00**.

c. Fugas en tuberías de transmisión y/o distribución.

Al implantarse macro-medidores electrónicos se podrá saber en tiempo real el consumo de los tanques de reserva y estaciones de bombeo y contrastarlo así mismo en línea con el caudal de aporte de las plantas de tratamiento y poder determinar la existencia y ubicación de una fuga y de esa forma eliminarla. Con esto podríamos disminuir las pérdidas en líneas de transmisión de 4.5% a en el peor de los casos un 1%.

Así mismo al tener los macro-medidores electrónicos podremos determinar el caudal aportado por los tanques de reserva y contrastarlo con los valores lecturados en los domicilios y determinar si existe una fuga en algún sector para ubicarlo y eliminarlo lo que no podría disminuir las pérdidas en tomas domiciliarias de un 2% a un 0,2%. En total equivale a un ahorro anual de un total de 1.06 millones de m^3 de agua recuperadas, concernientes a **USD 286,200.00** anuales.

d. Pérdidas por errores de medición.

De igual forma los macro-medidores electrónicos en los tanques de reserva mejoraran la precisión de las mediciones y la confiabilidad de las lecturas al no utilizarse a los operadores para su registro ya que se generaran automáticamente en la base de datos del Scada mejorando la eficiencia de esta labor. Con esto se puede estimar una disminución de las pérdidas

desde un 1 % a un 0.1% equivalente a un ahorro de 180,000 m³ de agua potable no contabilizada lo que significa un total de ahorro de **USD 48,600.00 anuales.**

e. Consumo no autorizado (ilegal).

Al tener un control de el caudal aportado sobre los tanques de reserva se podrá identificar los sectores con mayor índice de consumos ilegales con el fin de poderlas detectar y mitigarlos se prevé que con esto se podrá disminuir las perdidas por robo desde un 6% a un 1% equivalentes a un total de 1 millón de m³ de agua recuperada lo que nos da un ahorro total de **USD 270,000.00 anuales.**

f. Sumatoria de ahorros por disminuciones de pérdidas reales.

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

AHORRO	TOTAL (USD)
En Fugas de conexiones de servicio hasta el punto de medición.	37,800.00
En Fugas y desbordamiento en los tanques de reserva.	97,200.00
En Fugas en tuberías de transmisión y/o distribución	286,200.00
Por errores de medición.	48,600.00
Consumo ilegal.	270,000.00
TOTAL	691,200.00

Tabla 4.10 Ahorro por disminución de pérdidas reales.

De los 8'670,804 m³ de agua no contabilizada (USD 2'341,117.00) equivale a una recuperación del:

$$\text{Recuperación} = (691,200.00 / 2'341,117.00) \times 100 = 29.5 \%$$

Lo que conlleva a una disminución del índice de agua contabilizada del 59 % a un valor proyectado de 29.5 %, en otras palabras se reduce a la mitad del actual.

4.6.4 Costos operativos actuales (OPEX) en los tanques de reserva y estaciones de bombeo.

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

Remuneración de operadores = USD $500 \times 10 \times 12$ = USD 60,000.00 al año (USD 5000 mensuales).

Equivalente al sueldo promedio (500 dólares mensuales) acumulado en un año de 10 trabajadores que se dedican a la operación de estaciones de bombeo y tanques de reserva. Otro costo importante es el transporte que genera el trasladarse a una estación a realizar maniobras, se puede estimar este costo de acuerdo a los 400 kilómetros recorridos por mínimo 3 vehículos al día esto nos da:

Total de kilómetros recorridos al mes = $400 \times 3 \times 20$ = 24,000 Km.

Al año sería = 24000×12 = 288000 Km.

Estimando un rendimiento de 40 Km /galón nos daría un consumo de combustible de:

Consumo de combustible anual = $288000 / 40$ = 7200 Galones de gasolina.

Equivale a un costos anual de = $7200 \times \text{USD } 1.50 = \text{USD } 10,800.00$ anuales. (USD 900.00 mensuales). A esto hay que agregarle el costo de 3 choferes por conductor que ganan un sueldo promedio de 400 USD lo que nos da un costo de:

Costo por remuneración de choferes: $\text{USD } 400 \times 3 = \text{USD } 1200.00$ mensuales, equivalente a USD 14,400.00 anuales. Con la implantación de este proyecto todos estos costos serian cero es por esto que en total se ahorraría los siguientes costos de operación directos son:

AHORRO	TOTAL (USD)
Remuneración de operadores	60,000.00
Combustible	10,800.00
Remuneración de choferes	14,400.00
TOTAL (USD)	85,200.00

Tabla 4.11 Ahorro por disminución de costos de operación.

4.6.5 Recuperación de costos de producción por reducción de OPEX.

Al corte del 2009 se tiene los siguientes parámetros económicos:

- Volumen de agua producida (m³): 19'883,448
- Volumen de agua vendida (m³): 11'212,644
- Tarifa base (USD/m³): 0.27

- OPEX: USD 3'600,000.00
- CAPEX: USD 3'000,000.00
- Agua no contabilizada: 59% .
- TOTEX: USD 6'600,000.00
- SUBSIDIO DEL GOBIERNO CENTRAL ANUAL: USD 2'000.000.00
- COSTO EFECTIVO: USD 4'600.000.00

Por consiguiente el costo de producción es de = $4'600,000.00 / 19'883,448 = 0.23 \text{ USD/m}^3$

Como podemos ver la tarifa media actual está un poco más arriba de los costos de producción que se tiene en la empresa, lo que se puede deducir que se está generando utilidades de USD 0.04 por cada metro cubico vendido que según los directivos financian otros servicios adicionales como la recolección de basura. Se debe aclarar que si no existiera el estímulo del gobierno de los 2 millones anuales el costo ascendería a 33 centavos de dólar. Por otro lado en la tabla 4.11 se muestra la reducción proyectada de los costos de operación de 85,200.00 lo que significa un valor de reducción del 2.4 % del OPEX actual. Si mantenemos la tarifa base en 0.27 dólares por metro cubico, quiere decir que tenemos mayores ingresos que en la actualidad al tener menos costos operativos y el mismo precio por servicio lo que significa una recuperación económica interesante. Esto es:

Costos de producción proyectados:

$$\text{Costos} = (4'600,000.00 - 85,200.00) / 19'883,448 = 0.22 \text{ USD/m}^3$$

Esto conlleva a una disminución de 1 centavo por metro cubico producido, multiplicando esto por el volumen vendido en el último año (2009), nos da un valor de recuperación de:

$$\text{Recuperación} = 11'212,644 \text{ m}^3 \times 0.01 \text{ USD/m}^3 \text{ (de reducción)}$$

Esto es **USD 112,126.44 anuales** que se ingresaría a caja solo por la reducción en el OPEX actual con la implantación de este proyecto.

4.6.6 Resumen de Ahorro total con el sistema implantado.

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

AHORRO ANUAL	TOTAL (USD)
Por disminución de pérdidas reales.	691,200.00
Por disminución de costos de operación.	85,200.00
Recuperación de costos.	112,126.44
TOTAL (USD)	888,526.44

Tabla 4.12 Resumen de Ahorros con la implantación del proyecto.

4.7 Análisis Financiero.

Para analizar este tipo de proyectos se recomienda un periodo no menor a 10 años, tanto por el costo de inversión como por la aplicación de este a la optimización de los recursos.

El análisis financiero se lo resume en la tabla 4.13, aquí se incluyen los costos de inversión y reinversión (CAPEX), al igual que los costos de operación y mantenimiento (OPEX). Se toma en cuenta los ingresos por el ahorro que genera la implantación de este proyecto, aquí se puede ir viendo los distintos flujos a lo largo de los periodos. Los ingresos son considerados como beneficios cuantitativos que tienen que ver con las disminuciones de pérdidas físicas (reales) de agua potable, esto al disminuir alrededor de 29.5 puntos en el índice de agua no facturada. Además de esto se tiene beneficio añadido en la reducción de personal de operación de las estaciones de bombeo y tanques de reserva al sustituirse estos por un sistema de control automático y tele-control desde el Centro de Control. Se tiene un beneficio por ahorro de combustible y remuneraciones de choferes en los vehículos que se utilizan actualmente para las labores de operación ya que todas estas tareas serán desde la central de control. Los costos de operación adicionales que genera este proyecto están enmarcados principalmente a los consumos de energía adicionales que se consumirá y los técnicos que operaran el sistema Scada.

AÑO	CAPEX		OPEX	T. Egresos	Ingresos por ahorro	Total Ingr.	Flujo	Historial del Valor Actual Neto
	Inversión	Reinversión						
0	3517711.10			3517711.10		0.00	-3517711.10	-3221347.16
1		5000.00	69127.68	74127.68	888526.44	888526.44	814398.76	-2771924.69
2		5000.00	69127.68	74127.68	888526.44	888526.44	814398.76	-2088970.10
3		5000.00	69127.68	74127.68	888526.44	888526.44	814398.76	-1463553.81
4		5000.00	69127.68	74127.68	888526.44	888526.44	814398.76	-890828.27
5		5000.00	69127.68	74127.68	888526.44	888526.44	814398.76	-366354.33
6		5000.00	69127.68	74127.68	888526.44	888526.44	814398.76	113933.15
7		5000.00	69127.68	74127.68	888526.44	888526.44	814398.76	553756.86
8		5000.00	69127.68	74127.68	888526.44	888526.44	814398.76	956525.82
9		5000.00	69127.68	74127.68	888526.44	888526.44	814398.76	1325361.87
10		5000.00	69127.68	74127.68	888526.44	888526.44	814398.76	1663123.82
Total				3,989,277.72 \$	8,885,264.40 \$	5,652,401.54 \$		

Interés	9.2%
Inversión	3517711.10
Reinv	5000.00
OPM	69127.68

VAN	1,663,123.82
TIR	19.13%
B/C	1.417

Tabla 4.13 Resumen del análisis financiero del proyecto.

En la tabla anterior mostrada (4.13), se puede observar que al final del periodo de 10 años se obtiene un valor actual neto (VAN) positivo, lo que significa que el proyecto es atractivo pues tenemos un valor alto, lo que explica su alta rentabilidad.

Se puede observar que en el sexto año ya se obtiene un valor actual neto positivo, lo que significa que este sería el periodo para recuperar la inversión. Por otro lado podemos ver que el TIR (Tasa Interna de Retorno) nos indica cuantitativamente la rentabilidad pues es mucho mayor al interés que se le aplica a la financiación de este tipo de proyectos.

La Relación Beneficio - Costo (B/C), nos da un resultado superior a la unidad lo que nos indica que la inversión en este proyecto es atractivo, ya que demuestra que los beneficios son mayores que los costos.

Conclusión: El presente proyecto de Telemetría y Telecontrol es factible y rentable por lo que recomendamos realizar las gestiones para su ejecución en el pequeño o mediano plazo.

Conclusiones:

- Con la ejecución de este proyecto la UMAPAL podrá acceder a usuarios, de los diferentes barrios, de manera óptima y de calidad con el servicio de agua potable.
- No es conveniente la implantación de macro-medidores electrónicos a consumidores grandes puesto que no se obtiene ningún beneficio económico ni técnico al reemplazar los actuales con costosos medidores electrónicos y equipo de comunicaciones para el caso.
- Los beneficios de los Sistemas de Supervisión y Tele-Control se pueden evaluar en varios aspectos. Uno de éstos es la detección de fugas y hurto del recurso de agua potable, el Sistema de Supervisión y Tele-Control permitirá un ahorro por pérdidas hasta un margen de 29.5 % que actualmente bordea el 59 %, lo que significa una disminución de la mitad, además que ahorrará costos operativos como transporte viaje y de tiempo a las personas encargadas de la operación de la red, por la disminución de traslados a los sectores de la ciudad para efectuar diversas operaciones de control sobre válvulas, bombas, etc. por ejemplo: En el caso de ocurrir una falla en la nueva planta de tratamiento se tendrá que bombear agua desde la red principal antigua hacia las

reservas y esto equivale a que; solo desde el software SCADA se podrán accionar la estaciones de bombeo sin necesidad de trasladarse al lugar, aminorando el tiempo de respuesta en caso de necesitarse.

- Con este sistema se podrá obtener mejores tiempo de respuesta a situaciones de emergencia, mejorando la calidad del servicio al cliente.
- Con el diagnostico de estado actual se puede ver que la operación del sistema se lo realiza de forma totalmente manual y es por eso que la implantación de un sistema de telemetría y telecontrol es vital para optimizar las operaciones en la red.
- Con la implantación de este sistema se podrá contar con las herramientas principales para la creación de las unidades de agua no contabilizada y control de calidad que serán las encargadas de vigilar los parámetros de pérdidas y de calidad del producto a fin de determinar las acciones pertinentes para su control.
- Con colaboración del Centro Integrado de Geomática (CINFA) de la Universidad Nacional de Loja, se determino los perfiles de terreno con el sistema ArcGIS de todas la estaciones remotas con referencia a la Torre Multipunto ubicada en la cima del proyecto teleférico,

con estos datos se pudo verificar que existe en todos punto de vista (LOS), se realizo los cálculos de la primera zona de Fresnel y con esto se concluye que todos los obstáculos en el trayecto de los enlaces libran el primer radio Fresnel y por ende no existirá problemas de anulación de la señal.

- Con el cálculo del presupuesto de potencia de los enlaces por radio, se concluye que todos los radio-módems de las estaciones remotas podrán ofrecer un margen de recepción de potencia que permite un nivel de confiabilidad del enlace con la torre multipunto del 99.99%.
- Para el sistema de comunicaciones se utilizo la banda UHF con tecnología FHSS ya que esta configuración ofrece las mejores prestaciones y confiabilidad para esta aplicación, dejando propuesto un ancho de banda en los equipos de radio de hasta 1 Mbps, esto en caso de requerir en el futuro funciones adicionales de vigilancia y comunicación por video y canales de voz.
- La tecnología de los radios será de aplicaciones industriales y de tipo FHSS (espectro disperso por salto de frecuencia), ya que con esto se puede obtener un altos rendimientos en caso de interferencias en el medio.

- Con el análisis económico, se puede verificar la rentabilidad y factibilidad del proyecto para su implantación pues se obtiene un VAN positivo, el TIR es mayor que la tasa de descuento empleada y el B/C es mayor que uno. Además se puede determinar que el período de recuperación de la inversión será a los 6 años.
- Cabe la pena aclarar que los beneficios cuantitativos de carácter económico que se han analizado aquí, son solo una de las tantas ventajas que trae este tipo de soluciones pues los parámetros cualitativos tales como la mejora en el servicio al cliente y la calidad del producto son dignos de destacar.
- Por último podemos concluir que este proyecto de tesis dejara las bases para impulsar su ejecución y con esto promocionará el crecimiento y desarrollo de la ciudad en cuanto a modernización de la gestión productiva, así mismo mejorará la imagen institucional del Municipio de Loja y su ciudad.

Recomendaciones:

- Se debe gestionar ante la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. por parte del I. Municipio de Loja la instalación de las acometidas eléctricas en tanque de reserva para alimentación del equipo de control electrónico al momento de implantarse el presente proyecto.
- Se propone a manera de trabajo de tesis o consultoría el estudio de la automatización y control de las plantas de tratamiento Pucara, Zamora Huayco y Curitroge Chontacruz ya que están carecen de estas soluciones y de esa forma poder integrarla a sistema Scada de la red.
- Es necesario realizar un mantenimiento inmediato de a las instalaciones civiles como hidráulicas de las estaciones de bombeo y tanques de reserva que en la actualidad se encuentran en algunos casos fuera de servicio.
- En el momento de tener la factibilidad de realizar las licitaciones para contratación de servicios y compra de equipos, es recomendable que la calificación de ofertas entregadas en el portal de compras públicas sea en función del cumplimiento de condiciones técnicas por encima de las ofertas económicas.

- Los operadores de la Central de Control se recomienda que sean profesionales de ingeniería electromecánica, mecánica, hidráulica o industriales debidamente capacitados en las temáticas de sistemas Scada.
- Luego de ejecutarse este proyecto, se recomienda crear las Unidades de Agua no Contabilizada y Control de Calidad con el fin de darle el valor agregado a esta inversión.
- Los datos generados por el sistema Scada es necesario compartirlos con otros departamentos del Municipio de Loja con el fin de mejorar la gestión productiva de los recursos.
- Al momento de entrar en funcionamiento este sistema se recomienda que los operadores que están actualmente a cargo sean reubicados de sus puestos de trabajo en estas nuevas unidades para reforzar las actividades que en la actualidad están siendo descuidadas y de esa manera utilizar de forma más eficiente al personal actual.

Bibliografía y Fuentes de Información.

LIBROS:

- “SISTEMAS SCADA”, Aquilino Rodríguez Penín, Editorial MARCOMBO. Segunda edición, 2007.
- “Practical SCADA for Industry”, David Bailey- Edwin Wright, Editorial Elsevier, primera edición, 2003.
- “Instrumentación Industrial”, Antonio Creus Sole, editorial Marcombo, séptima edición 2007.
- “Manual de Redes Inalámbricas”, Neil Reid - Ron Seide, Editorial McGrawHill, Primera edición 2003.

TESIS ACADEMICAS:

- LOS PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN EN EL ENTORNO INDUSTRIAL, SUS FUNDAMENTOS Y SU IMPORTANCIA EN EL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA PLANTA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA GEOTÉRMICA, Elio Alberto Orozco Vásquez, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, noviembre de 2006.
- DISEÑO DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN FRANCISCO

(Carlos Mora Carrión), Leonel Francisco Aleaga Loaiza.
Universidad Nacional de Loja, septiembre del 2003.

ARTÍCULOS:

- Sensores Acondicionadores y Procesadores de señal, Jordi Mayné, 2003
- Sugerencias para mejorar la seguridad en SCADA, <http://www.s21sec.com>, 10 de Enero 2007.
- Introducción a los sistemas de control supervisor y de adquisición de datos (SCADA). Dagoberto Montero, David B. Barrantes, Jorge M. Quirós. Universidad de Costa Rica. Departamento de Automática. Verano de 2004.
- Cálculo de Radioenlace, Sebastian Buettlich, Editado por: Alberto Escudero Pascual, Traducido por: Asociación Civil Nodo TAU

PAGINAS WEB:

- www.automation.siemens.com
- www.schneiderelectric.es
- www.abb.es
- www.ge.com/es
- www.ab.com/

- www.microwavedata.com
- www.smar.com/
- www.cla-val.com
- www.bermad.com/
- www.omega.com
- www.danfoss.com/
- www.omron.com
- www.cisco.com
- www.3com.com
- www.hp.com

Glosario de Términos y Abreviaturas.

- CC *Centro de Control.*
- CNC *Control Numérico Computarizado.*
- CIM *Fabricación Integrada por Computador.*
- CNT *Corporación Nacional de Telecomunicaciones*
- CPU *Unidad Central de proceso.*
- DSSS *Espectro ensanchado por secuencia directa*
- E/S *Entrada/salida*
- FHSS *Espectro ensanchado por salto de frecuencia*
- GIS *Sistema de Información Geográfica.*
- GSM *Sistema Global para comunicaciones móviles.*
- HMI *Interface Humano Maquina*
- IGBT *El Transistor Bipolar de Puerta Aislada*
- IED *Dispositivo Electrónico Inteligente.*
- LAN *Red de Área Local*
- MAN *Red de Área Metropolitana.*
- MTU *Unidad Terminal Maestra.*
- OSI *Interconexión de sistemas abiertos*
- PSTN *Red telefónica pública conmutada*
- PLC *Control Lógico Programable.*
- PAC *Controlador Autónomo Programable.*
- PID *Proporcional Integral Derivativo.*
- PT-100 *Termo-resistencia RTD de Platino 100 Ohms.*
- P2P *Enlace Punto a Punto.*
- PMP *Enlace Punto Multipunto.*
- RDAP *Red de Distribución de Agua Potable*
- RTD *Sensor de Temperatura Resistivo.*
- RTU *Unidad Terminal Remota.*
- SCADA *Control Supervisorio y Adquisición de Datos.*
- SMS *Servicio de mensajes cortos*
- TIC *Tecnologías de Comunicación e Información.*
- UHF *Ultra alta frecuencia*
- VHF *Muy alta frecuencia*
- VHF *Muy alta frecuencia.*
- UHF *Ultra alta frecuencia.*
- UMAPAL *Unidad Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Loja*
- WAN *Red de Área Global.*
- Wimax *Estándar IEEE 802.16 de comunicaciones inalámbricas de gran alcance y de banda ancha sus siglas corresponden a: Worldwide Interoperability for Microwave Access (interoperabilidad mundial para acceso por microondas.*

Anexos

A1. ESTADO ACTUAL DE ESTACIONES DE BOMBEO Y TANQUES DE RESERVA DE LA CIUDAD DE LOJA.

ESTACION DE BOMBEO CONSACOLA – BOLACACHI – SIGSICHACA



UBICACIÓN: FRENTE A INAPESA (SECTOR LAS PITAS)

ALTURA DE LA ESTACIÓN APROXIMADA MEDIANTE GPS:
2034m

ALTURA DESDE LA ESTACION DE BOMBEO A LA UNIDAD
DE RESERVA APROXIMADA: **151m (+/- 10 m)**

TABLERO PRINCIPAL DE ESTACION:

- AMPERÍMETRO
- TRES FUSIBLES NH 355A
- TRES BREAKERS DE 200A

**GRUPO MOTOR BOMBA #1 (Estrella – Triángulo)-
(SUCCION NEGATIVA)**



TABLERO:

- 1 BREAKER TRIFÁSICO DE 200A
- TRES CONTACTORES
- UN RELÉ TÉRMICO
- UN RELÉ TEMPORIZADOR
- UN SUPERVISOR DE FASES
- UN RELÉ DE NIVELES
- AMPERÍMETRO
- VOLTÍMETRO

MOTOR:

50 HP	220/440V	115A/230 A
	3500RPM	

SIN MAS DATOS

BOMBA : HIDRAL (COLOMBIANA)

MODELO: MB 21/ 2 X 3 X 3	
TIPO: MULTIETAPAS	
Nº 9033	SERIE: 1853
50HP	
Succión 3" con ampliación a 4"	
Impulsión 3" con ampliación a 4"	

NECESIDADES Y OBSERVACIONES

SE NECESITA REEMPLAZAR UNA CHECK DE 4"

GRUPO MOTOR – BOMBA ENMAL ESTADO

MANOMETROS PARA LAS BOMBAS

GRUPO MOTOR BOMBA #2 (SUCCION NEGATIVA)



TABLERO:

- 1 BREAKER TRIFÁSICO DE 200A
- TRES CONTACTORES
- UN RELÉ TÉRMICO
- UN RELÉ TEMPORIZADOR
- UN SUPERVISOR DE FASES
- UN RELÉ DE NIVELES
- AMPERÍMETRO
- VOLTÍMETRO

MOTOR: WEG BRASILEÑO TRIFASICO

MODELO 200L-1190	HZ 60
HP 50	3500 RPM
380/220V	72/124 ^a
SF 1.15	CODE K

BOMBA : SIHI-HALBERG S.A.

TYPE EGA 4004	BM.001.OB.PO

MR 5133	COLOMBIANA
IMPULSIÓN 3" CON REDUCCIÓN DE 3" A 4"	
SUCCIÓN 3" CON REDUCCIÓN DE 3" A 4"	

GRUPO MOTOR BOMBA #3 (SUCCION NEGATIVA)



TABLERO:

- 1 BREAKER TRIFÁSICO DE 300A
- TRES CONTACTORES TÉRMICOS
- UN RELÉ TÉRMICO
- UN RELÉ TEMPORIZADOR
- AMPERÍMETRO
- VOLTÍMETRO

MOTOR: WEG BRASILEÑO TRIFASICO

MODELO 200L-1190	HZ 60
HP 50	3500 RPM
380/220V	72/124A
SF 1.15	CODE K

BOMBA : SIHI-HALBERG S.A.

TYPE EGA 4004	BM.001.OB.PO
MR 5130	COLOMBIANA
IMPULSIÓN 3" CON REDUCCIÓN DE 3" A 4"	
SUCCIÓN 3" CON REDUCCIÓN DE 3" A 4"	

NECESIDADES Y OBSERVACIONES:

- SE NECESITA REEMPLAZAR UNA VÁLVULA ALIVIADORA DE PRESIÓN DE 4"
- SE REQUIERE INSTALAR REDES DE AUTOCEBADO Y PURGA DE LOS GRUPOS MOTOR- BOMBA
- SE REQUIERE MANOMETROS
- 1 VÁLVULA DE COMPUERTADE 4" EN MAL ESTADO REEMPLAZAR
- 3 VÁLVULAS DE PIE DE 4"

CÁMARA HUMEDA

Altura neta: 2,50m	Altura de desborde: 1,71
Largo: 5,20m	Ancho: 1,50m

DISTANCIA DE LA TUBERIA DE IMPULSION DE 6" DE LA ESTACION DE BOMBEO HASTA LA UNIDAD DE RESERVA 2088m

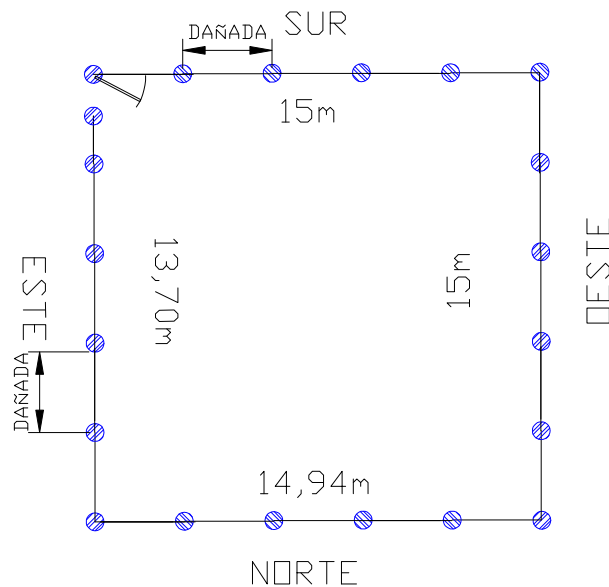
SE RECOMIENDA REUBICACIÓN DEL TRAZADO

TANQUE DE RESERVA

ALTURA DESFOGUE: 2,41	ALTURA NETA: 2,84m

RADIO: 4,73m	CIRCUNFERENCIA: 9,46m

ALTURA DE LA UNIDAD DE RESERVA APROXIMADA
MEDIANTE GPS: **2185m**

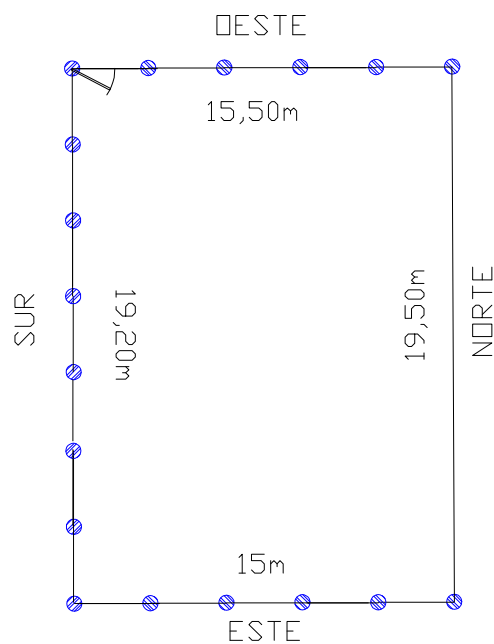


ESTACION Y VIVIENDA

NECESIDADES Y OBSERVACIONES

- SE NECESITA 1 ESCALERA A LA CÁMARA DE VÁLVULAS DEL TANQUE DE 1,3M
- SE NECESITA REEMPLAZAR LA PUERTA EXISTENTE EN LA CÁMARA DE VÁLVULAS
- REEMPLAZAR LA TAPA DEL TANQUE POR UNA NUEVA
- HACER UN ESTUDIO PARA LA TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN AL TANQUE DE RESERVA

- REALIZAR EL INGRESO DEL AGUA CON UNA VÁLVULA DE ALTITUD DE 1 ½"
- REALIZAR EL DESALOJO DE MATERIALES DEL CERRAMIENTO
- REVISAR LA DESCARGA DEL ALCANTARILLADO EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO
- REEMPLAZAR LA VÁLVULA DE INGRESO A LA CÁMARA HÚMEDA DE 160mm BRIDA – BRIDA
- REPARAR LAS PROTECCIONES EN LAS VENTANAS DE LA VIVIENDA
- ARREGLO TOTAL EN LA VIVIENDA.



UNIDAD DE RESERVA

ESTACION DE BOMBEO LAS PITAS “CHOFERES”



UBICACIÓN: **CIUDADELA DEL CHOFER “LAS PITAS”**

ALTURA DE LA ESTACIÓN APROXIMADA MEDIANTE GPS:
2068m

ALTURA DESDE LA ESTACION DE BOMBEO A LA UNIDAD
DE RESERVA APROXIMADA: **56m (+/- 10 m)**

GRUPO MOTOR BOMBA #1(SUCCION POSITIVA)



TABLERO DE ARRANQUE DIRECTO

- 1 CONTACTOR
- 1 RELE
- 1 RADAR

MOTOR: WESTINGHOUSE (Estrella – Triángulo)

PHASE	HERTZ	OPE		
3	60	81,9		
HP	RPM	TIME	INS.SL	INS CODE
20	3500	24H	B	
SER. FAC	NEMA DES	FRAME	MAX. AMB.	MODEL
1,15	B	254 T	40° C	S80P
VOLTS				
230/460				
AMPS				
52/76				
USER OR CATALOG NUMBER NEMA NOMA. EFF				
MOTOR STYLE 6808640G67				
DRIVE OR LOWER BRG 458C03JPP3				
DPP DRIVE OR UPPER BRG 358 C02 JPP3				

BOMBA: CRANE

PRODUCT. N°5061		22352011
SIZE: 3 X 2 X 11		SERIAL DC-515069
DIA: 11	TYPE BF	UNIT RH

GPM	FT	RPM 3500
SUCCION 3" CON AMPLIACIÓN A 4"		
IMPULSIÓN 2" CON AMPLIACIÓN A 4"		

GRUPO MOTOR BOMBA EN MAL ESTADO

TIEMPOS DE BOMBEO AFORO

TIEMPO # 1	7' 21" 18"	ALTURA#1	3cm
TIEMPO # 2	7' 18 " 77"	ALTURA#2	4cm
TIEMPO # 3	6' 57" 53"	ALTURA#3	4cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V_p = (V_1 + V_2 + V_3)/3 = 23401862,166 \text{ Cm}^3$$

$$= 2340,186216 \text{ Lts.}$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3)/3 = 432,50 \text{ seg}$$

$$Q \text{ de bombeo} = V_p/T_p = 5,4108 \text{ Lts/seg.}$$

GRUPO MOTOR BOMBA #2(SUCCION POSITIVA)



TABLERO DE ARRANQUE ESTRELLA – TRIÁNGULO

- 3 CONTACTORES
- RELÉ TEMPORIZADOR
- RELÉ TÉRMICO
- AMPERÍMETRO
- VOLTÍMETRO

MOTOR: BERKELEY

25 HP	220V/440V	58 A/ 24A

NO INDICA MAS CARACTERISTICAS

BOMBA: BERKELEY

MODEL BI-1/27PSH	SIN ORD-DATE
	G040102
	BM
ELLER DIA9.00	B54075
MADE IN USA – BERKELEY	
SUCCION 2" CON AMPLIACIÓN A 4"	
IMPULSIÓN 1 ½ " CON AMPLIACIÓN A 4"	

TIEMPOS DE BOMBEO AFORO 2

TIEMPO # 1	04'03" 83"	ALTURA#1	3cm
TIEMPO # 2	05'08 "87"	ALTURA#2	4cm
TIEMPO # 3	05' 04" 10"	ALTURA#3	4cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V_p = (V_1 + V_2 + V_3)/3 = 2340.1862176 \text{ lts}$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3) / 3 = 285,6 \text{ seg}$$

$$Q \text{ de bombeo} = 8,194 \text{ lts/seg}$$

TANQUE

CAPACIDAD: 200m ³	ALTURA NETA: 3,15m
ALTURA DESFOGUE: 2,74	CIRCUNFERENCIA: 9,02m
RADIO: 4,51m	

ALTURA DE LA UNIDAD DE RESERVA APROXIMADA
MEDIANTE GPS: **2124m**

CÁMARA HUMEDA

Altura neta: 2,40m	Altura de desborde: 1,73
Largo: 4,26m	Ancho: 1,80m

DIAMETRO DE LA TUBERIA DE IMPULSION 4"

DISTANCIA DESDE LA ESTACION DE BOMBEO HASTA LA
UNIDAD DE RESERVA 617m

MANOMETRO 110 PSI

NECESIDADES Y OBSERVACIONES

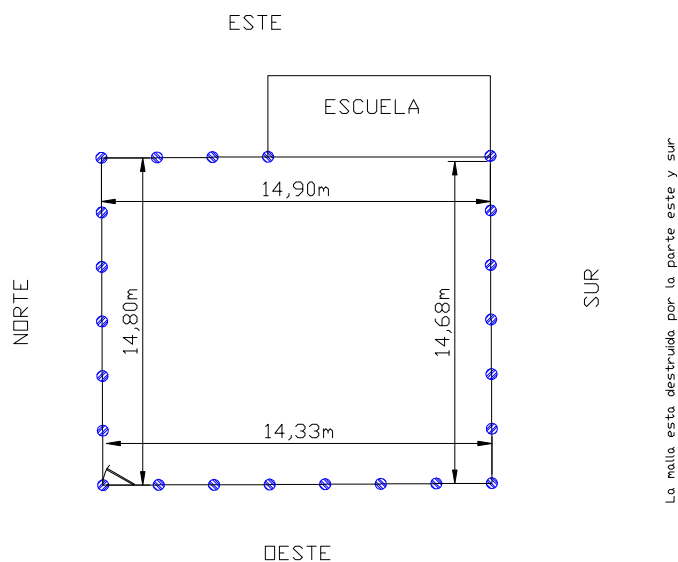
SE NECESITA 3 TAPAS PARA LOS TANQUES:

1. TAPA DE 76 x 76
2. TAPA DE 79,05 x 79,05
3. TAPA DE 88 x 87,05

PINTURA PARA EL TANQUE DE RESERVA

LA MALLA ESTA DESTRUIDA POR LA PARTE ESTE Y SUR

MANOMETROS PARA LAS BOMBAS



ESTACION DE BOMBEO “ESTANCIA NORTE”



UBICACIÓN: **ESTANCIA NORTE**

ALTURA DE LA ESTACIÓN APROXIMADA MEDIANTE GPS:
2074m

ALTURA DESDE LA ESTACION DE BOMBEO A LA UNIDAD
DE RESERVA APROXIMADA: **44m (+/- 10 m)**

TABLERO PRINCIPAL:

- UN BREAKER TRIFÁSICO
- UN AMPERÍMETRO
- UN VOLTÍMETRO

**GRUPO MOTOR – BOMBA# 1 de 5 CV(SUCCION
NEGATIVA)**

TABLERO ARRANQUE DIRECTO (TRIANGULO)
TRIFASICO # 1

- UN CONTACTOR
- UN RELÉ TÉRMICO



MOTOR: WEG

DODO 112M 1083		60 HZ
5 CV		3520 RPM
220V/14A	380V/8,1A	440V/7 A
FS 1,15	ISOL. B	IP/IN 9,2

BOMBA: WORTHINGTON

LINA D820		
TAMAÑO 1,5 X 1 X 6		
SERIE N° 132634		
DIAMETRO DEL ROTOR 6,50	MES – AÑO	9-84
IMPULSIÓN 1" CON AMPLIACION A 4"		
SUCCIÓN 1 1/2" CON AMPLIACIÓN A 3"		

TIEMPOS DE BOMBEO AFORO BOMBA # 1

TIEMPO # 1	02'22" 91'''	ALTURA#1	1cm
TIEMPO # 2	02'45 "90'''	ALTURA#2	1cm
TIEMPO # 3	01' 54" 53'''	ALTURA#3	1cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3.1416 (2.30m)^2 0,01m = 0,16619064m^3 = 166,19064Lts$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3)/3 = 141,1133 \text{ seg}$$

$$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 1,1777 \text{ Lts/ Seg}$$

GRUPO MOTOR – BOMBA# 2 de 5 CV(SUCCION NEGATIVA)

TABLERO ARRANQUE DIRECTO (TRIANGULO)
TRIFASICO # 2

- UN CONTACTOR
- UN RELÉ TÉRMICO



MOTOR: WEG

DODO 112M 1083		60 HZ
5 CV		3520 RPM
220V/14 A	380V/8,1A	440V/7 A
FS 1,15	ISOL. B	IP/IN 9,2

BOMBA: WORTHINGTON

LINA D820		
TAMAÑO 1,5 X 1 X 6		
SERIE N° 132631		
DIAMETRO DEL ROTOR 6,50	MES – AÑO	9-84
IMPULSIÓN 1" CON AMPLIACION A 4"		
SUCCIÓN 1 1/2" CON AMPLIACIÓN A 3"		

MANOMETRO 75 PSI

TIEMPOS DE BOMBEO AFORO BOMBA # 2

TIEMPO # 1	01'08" 39"	ALTURA#1	0.5 cm
TIEMPO # 2	00'59 "56"	ALTURA#2	0.5 cm
TIEMPO # 3	01' 11" 01"	ALTURA#3	0.5 cm

$$V = \pi r^2 h$$

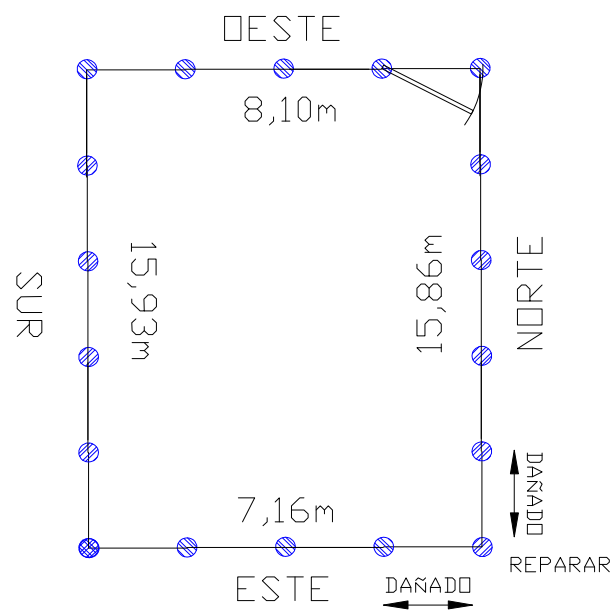
$$V = 3.14 \cdot 16 \cdot (2.30\text{m})^2 \cdot 0.005\text{m} = 83095.32 \text{ cm}^3$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3) / 3 = 66.32 \text{ seg.}$$

$$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 1.2529 \text{ Lts / seg}$$

CÁMARA HUMEDA

Altura neta: 1,60m	Altura de desborde: 1,30
Largo: 4,08m	Ancho: 1,78m



VIVIENDA Y ESTACION DE BOMBEO

DISTANCIA DE LA TUBERIA DE IMPUSION DE LA
ESTACION DE BOMBEO HASTA LA UNIDAD DE RESERVA
319m

TANQUE DE RESERVA

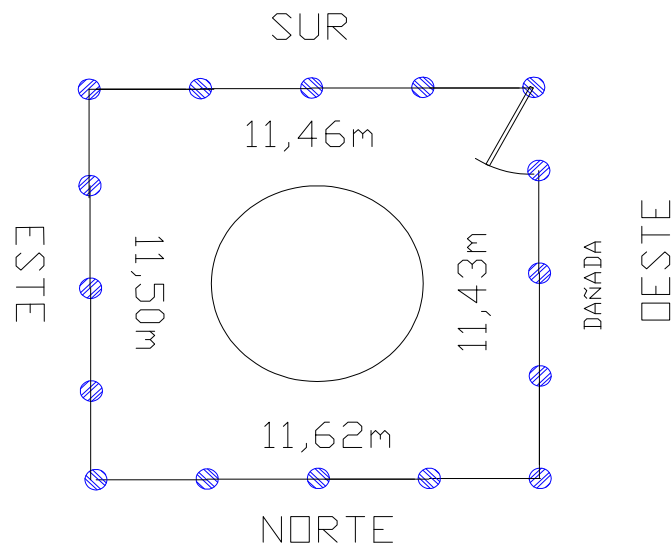
ALTURA DESFOGUE: 3,59	ALTURA NETA: 3,96m
RADIO: 2,30m	CIRCUNFERENCIA: 4,6m

ALTURA DE LA UNIDAD DE RESERVA APROXIMADA
MEDIANTE GPS: **2118m**

NECESIDADES Y OBSERVACIONES

SE NECESITA TAPAS PARA LOS TANQUES:

1. TAPA DE 0,74m x 0,75m
2. TAPA DE 0,74 m x 0,75m



- MANOMETROS PARA LAS BOMBAS QUE ALIMENTAN A LA UNIDAD DE RESERVA

NECESIDADES

SE NECESITA CAMBIO DE LA VÁLVULA DE LA CÁMARA HÚMEDA BRIDADA DE 3"

SE NECESITA CAMBIO DE LA VÁLVULA CHECK DE 3"

REPARAR LAS PROTECCIONES DE LAS VENTANAS.

ESTACION DE BOMBEO CLODOVEO JARAMILLO ALVARADO # 1

(Redondel del terminal terrestre)



UBICACIÓN: REDONDEL DEL TERMINAL TERRESTRE

**ALTURA DE LA ESTACIÓN APROXIMADA MEDIANTE GPS:
2062m**

**ALTURA DESDE LA ESTACION DE BOMBEO A LA UNIDAD
DE RESERVA APROXIMADA: 65m (+/- 10 m)**

TABLERO PRINCIPAL DE LA ESTACION:

- UN BREAKER BIFÁSICO INDUSTRIAL DE 125A
- UN BREAKER TRIFÁSICO INDUSTRIAL DE 100A
- UN BREAKER MONOFÁSICO DE 40A

Se requiere realizar cambios de la alimentación a la vivienda y la colocación de una caja térmica de 2 x 4, con 2 breakers de 15 A y un breaker de 40A y realizar una nueva instalación

GRUPO MOTOR BOMBA #1(SUCCION POSITIVA)



TABLERO DE CONTACTORES TERMICOS (ESTRELLA TRIANGULO)

- 2 CONTACTORES TÉRMICOS
- 1 RELÉ TÉRMICO
- 1 VOLTIMETRO (En caja separada)

MOTOR: CENTURY

PART. 6-331253-02	FR 254 JM	TIPE SC	
HP 20	CODE G	HZ 60	PH 3
RPM 3520	VOLTS 230/460	AMPS 46/23	
CONT. 40	SF 1,15	B	B
MCA	BA2	310-207	
CAT N° 0463	MFR EFF87.0 PF93,6	ENG. DP	

BOMBA: CENTURY (MONOBLOCK)

MODEL 3656	SIZE 2 ½ X 3 – 8
INDEX 7BF L8136	
GOULDS PUMP ING.	7 3/16 DIAMETRO
SENECA FALLS NY USA	
IMPULSIÓN 2" CON AMPLIACION A 4"	
SUCCIÓN 3" CON AMPLIACIÓN A 4"	

SE REQUIERE INSTALACIÓN DE SISTEMA PARA PURGAS Y AUTOCEBADO.

TIEMPOS DE BOMBEO AFORO BOMBA # 1

TIEMPO # 1	00'39" 37""	ALTURA#1	1 cm
TIEMPO # 2	00'32 "19""	ALTURA#2	1 cm
TIEMPO # 3	00'32" 20""	ALTURA#3	1 cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3.14 \cdot 16 \cdot (3,40\text{m})^2 \cdot 0,01\text{m} = 363,16896 \text{ Lts}$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3)/3 = 34,5866\text{Seg}$$

$$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 10,50 \text{ Lts / seg}$$

CÁMARA HUMEDA

Altura neta: 2,50m	Altura de desborde: 2,30
Largo: 16m	Ancho: 2,48m

GRUPO MOTOR BOMBA #2(SUCCION POSITIVA)



TABLERO DE CONTACTORES TERMICOS (ESTRELLA TRIANGULO)

- 3 CONTACTORES TÉRMICOS
- 1 RELÉ TÉRMICO
- 1 RELE TEMPORIZADOR
- 4 VOLTIMETRO
- 3 AMPERIMETROS

MOTOR: MARATHON

MODEL 40G56W224G1			FRAME 284	
TYPE	DES B	PH 3	CODE G	INS 631 ENCL.
DUTY	MAX °C 40 AMP	SHAFT 6312 ENDBRC		
RPM 3525	NEME NOMEFF 91,7	NOM P	RPM	
HZ 60	SF 1.15	MAX CAP KVAR	HZ	SF
HP 30	VOLTS 230	HP	VOLTS	
	AMPS 68			

BOMBA: (MONOBLOCK) CORNELL PUMP, PORTLAND , DREJON USA

MODEL L.5Y-30-2
SERIAL B7446 9.19
SUCCION 2" CON AMPLIACIÓN A 4"
IMPULSIÓN 1 ½" CON AMPLIACIÓN A 4"

TIEMPOS DE BOMBEO AFORO BOMBA # 2

TIEMPO # 1	00'43" 41'''	ALTURA#1	1 cm
TIEMPO # 2	00'38 "48'''	ALTURA#2	1 cm
TIEMPO # 3	00'43" 07'''	ALTURA#3	1 cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3.1416 (3,40\text{m})^2 0,01\text{m} = 363,16896 \text{ Lts}$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3)/3 = 41,6533$$

$$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 8,7188 \text{ Lts / seg}$$

NECESIDADES

SE REQUIERE INSTALACIÓN DE SISTEMA PARA PURGAS

PROTECCIONES DE LAS VENTANAS Y ABRIR UNA VENTANA PARA VENTILACION

MANÓMETROS PARA BOMBAS

SE REQUIERE QUE LA EERSSA, RETIRE UNA ACOMETIDA ELÉCTRICA A UN TALLER DE MECÁNICA DE NUESTRO BANCO DE CAPACITORES.

UNA MANGUERA PARA JARDÍN TRANSPARENTE (PARA EL CONTROL DE NIVELES EN LA CÁMARA HÚMEDA)

TANQUE DE RESERVA

ALTURA DESFOGUE: 3,00m	ALTURA NETA: 3,00m
DIÁMETRO DEL TANQUE: 6,80	RADIO: 3,40

MANOMETRO: **100 PSI**

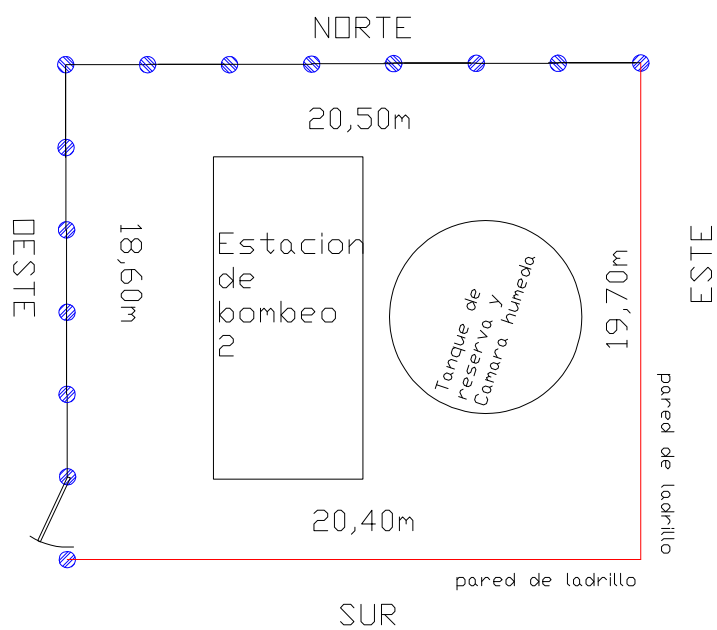
ALTURA DE LA UNIDAD DE RESERVA APROXIMADA
MEDIANTE GPS: **2127m**

DISTANCIA DE LA TUBERIA DE IMPULSION DE LA
ESTACION DE BOMBEO HASTA LA UNIDAD DE RESERVA
967m

NECESIDADES:

1 PUERTA PARA ESTACION DE BOMBEO ALTO 2,06m X
ANCHO 1,18m

1 PUERTA METALICA PARA ACCESO A LA CÁMARA
HÚMEDA 81cm X 81 cm



***ESTACIÓN DE BOMBEO # 2 CLODOVEO JARAMILLO
ALVARADO***



**UBICACIÓN: AL LADO IZQUIERDO DE LA VIA A
CATAMAYO**

**ALTURA DE LA ESTACIÓN APROXIMADA MEDIANTE GPS:
2127m**

**ALTURA DESDE LA ESTACION DE BOMBEO A LA UNIDAD
DE RESERVA APROXIMADA: 47m (+/- 10 m)**

GRUPO MOTOR BOMBA #1(SUCCION NEGATIVA)



TABLERO TRIFÁSICO DE ARRANQUE DIRECTO CONEXIÓN TRIANGULO

- 1 CONTACTOR
- 1 RELE TERMICO

MOTOR: CENTURY

Nº PART. 6-357738-40	FR M184 JM	TIPE SC	
HP 7,5	CODE J	HZ 60	PH 3
RPM 3460	VOLTS 200-230/460	AMPS 21-18,6/9,3	
TIME CONT.	AMB 40°C	SF 1,15	INSUL CLASS F
FORM SCA	CODE SERIAL BE9	BRGS 207/204 DR/OPP	
CAT Nº 0267	NEMA NOM EFF 85.5 PF90	EN. SL. DP	
EFF/PF AT 460V		EN. SL. DP	

BOMBA: GOULDS PUMPS

INDES 5B F17535-1
DIAMETRO DEL IMPELENTE 6-1/4
1287 – S/N 1370019
IMPULSIÓN 1 1/2" CON AMPLIACION A 4"
SUCCIÓN 2" CON AMPLIACIÓN A 4"

TANQUE DE RESERVA – CAMARA HUMEDA

ALTURA DESFOGUE: 3,00m	ALTURA NETA: 3,00m
DIÁMETRO DEL TANQUE: 6,40m	RADIO: 3,20

TIEMPOS DE BOMBEO AFORO BOMBA # 1

TIEMPO # 1	01'07" 39'''	ALTURA#1	1 cm
TIEMPO # 2	01'03 "46'''	ALTURA#2	1 cm
TIEMPO # 3	01'22" 68'''	ALTURA#3	1 cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3.14 \cdot 16 (3,20\text{m})^2 \cdot 0,01\text{m} = 321,69894 \text{ Lts}$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3)/3 = 71,1766\text{seg}$$

$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 4,5197 \text{ Lts / seg}$

GRUPO MOTOR BOMBA #2(SUCCION NEGATIVA)



TABLERO TRIFASICO CON ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO

- 3 CONTACTORES
- 1 RELE TERMICO
- 1 RELE TEMPORIZADOR
- 1 AMPERIMETRO
- 1 VOLTIMETRO

MOTOR: PEDROLLO

Kw 7,5	HP 10	HZ 60
3450 RPM	I.SL.F	IP 44
F32/200A		
MOTOR 10 HP	220/440V	3F

BOMBA: SIN DATOS

IMPULSIÓN 1 1/2" CON AMPLIACION A 4"
SUCCIÓN 2 1/2" CON AMPLIACIÓN A 4"

MANOMETRO 44 PSI

DIAMETRO DE LA TUBERIA DE IMPULSION 4"

DISTANCIA DE LA TUBERIA DE IMPULSION DE LA ESTACION DE BOMBEO HASTA LA UNIDAD DE RESERVA
145m

NECESIDADES:

SE NECESITA UNA TUBERIA DE AUTOCEBADO

1 PUERTA PARA LA ESTACION DE BOMBEO 2,00 X 0,85

TIEMPOS DE BOMBEO AFORO BOMBA # 2

TIEMPO # 1	01'18" 65"	ALTURA#1	0,5 cm
TIEMPO # 2	01'15 "63"	ALTURA#2	0,5 cm
TIEMPO # 3	01'15" 00"	ALTURA#3	0,5 cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3.14 \cdot 16 \cdot (3,20\text{m})^2 \cdot 0,005\text{m} = 0,16084992\text{m}^3 = 160,84992 \text{ litros}$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3)/3 = 76,4266\text{seg}$$

$$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 2,1046 \text{ Lts / seg}$$

TANQUE DE RESERVA # 1

ALTURA DESFOGUE: 2,92m	ALTURA NETA: 3,12m
DIÁMETRO DEL TANQUE: 6,45m	RADIO: 3,225m

TANQUE DE RESERVA # 2

ALTURA DESFOGUE: 2,90m	ALTURA NETA: 3,10m
DIÁMETRO DEL TANQUE: 6,40m	RADIO: 3,20m

ALTURA DE LA UNIDAD DE RESERVA APROXIMADA
MEDIANTE GPS: **2174m**

ESTACION DE BOMBEO DE BORJA BELEN



UBICACIÓN: **BORJA**

ALTURA DE LA ESTACIÓN APROXIMADA MEDIANTE GPS:
2160m

ALTURA DESDE LA ESTACION DE BOMBEO A LA UNIDAD
DE RESERVA APROXIMADA: **96m (+/- 10 m)**

TABLERO PRINCIPAL DE LA ESTACION:

- 2 BREAKER TRIFASICOS INDUSTRIALES DE 100A

**GRUPO MOTOR BOMBA # 1 MULTIETAPAS (SUCCION
POSITIVA)**



TABLERO DE CONEXIÓN ESTRELLA – TRAINGULO

- 1 BREAKER PRINCIPAL DE DE 150A
- 3 CONTACTORES TERMICOS
- 1 RELE TERMICO
- 1 RELE TEMPORIZADOR
- 1 AMPERIMETRO
- 1 VOLTIMETRO

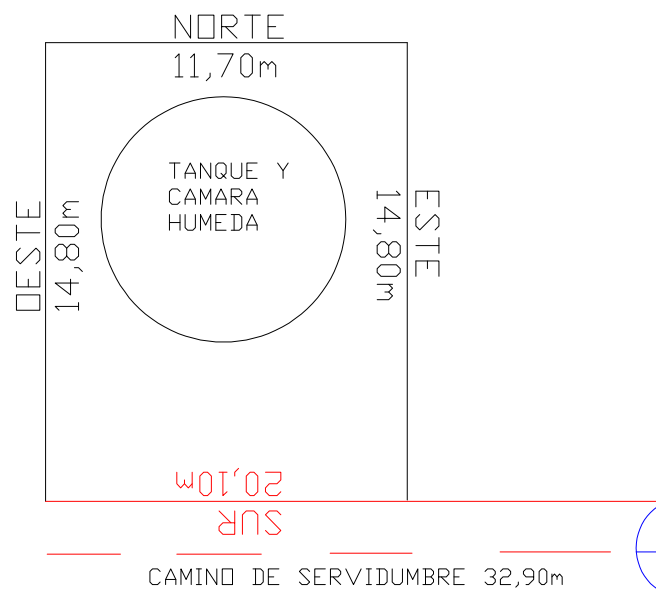
MOTOR: WEG NBR 7094 (BRASILEÑA)

NBR 7094 ELECTRO BUSCARIO LTA		
MOTOR TRIFASICO	TE 1601 1296	
30 CV	3520 RPM	
60 HZ	Ip/In 9,2	CAT-N
REG S = 1	FS 1,15	
IP 55	ISOL B	

BOMBA: MARCK SIN DATOS ADICIONALES

IMPULSION 4"

NO ES POSIBLE BOMBEAR TUBERIA DE IMPULSIÓN AVERIADA

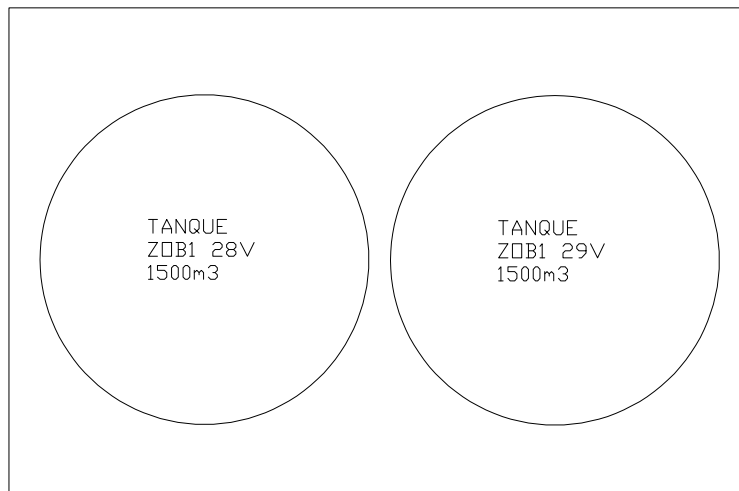


DISTANCIA DE LA TUBERIA DE IMPULSION DE LA
ESTACION DE BOMBEO HASTA AVERIA 660M

DISTANCIA DE LA TUBERIA DE IMPULSION DE LA
ESTACION DE BOMBEO HASTA LA UNIDAD DE RESERVA
1777m

CÁMARA HUMEDA (Tanque)

Altura neta: 3,18m	Altura de desborde: 3,10
Circunferencia: 4,60	Radio: 2,30m



TANQUE DE RESERVA # 1 SE ALIMENTA DEL BOMBEO Y PLAN MAESTRO

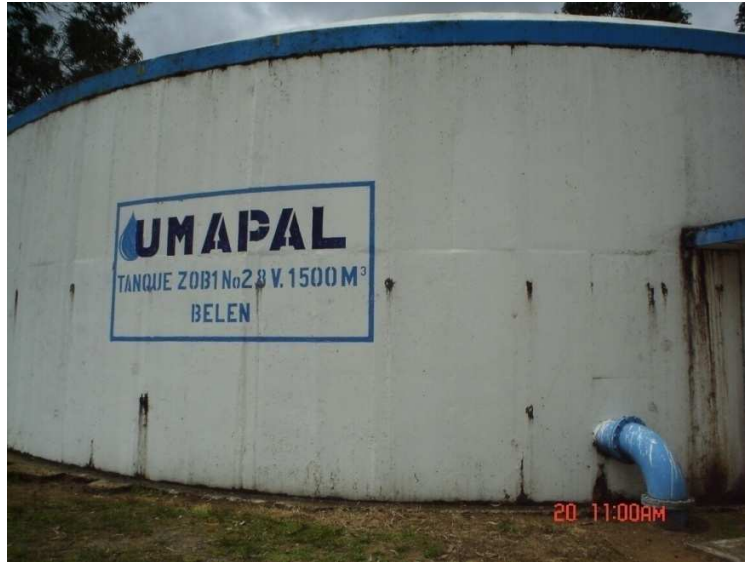
CAPACIDAD: 1500m ³	ALTURA NETA: 4,60m
ALTURA DESFOGUE: 4,50	CIRCUNFERENCIA: 20,40m
RADIO:10,20m	

ALTURA DE LA UNIDAD DE RESERVA APROXIMADA MEDIANTE GPS: **2256m**

TANQUE DE RESERVA # 2 SE ALIMENTA DEL PLAN MAESTRO

CAPACIDAD: 1500m ³	ALTURA NETA: 4,60m
ALTURA DESFOGUE: 4,50	CIRCUNFERENCIA: 20,40m
RADIO:10,20m	CARCAMO DE BOMBEO DE LA ESTACION DE BOMBEO DEL PLATEADO

ESTACION DE BOMBEO A PLATEADO



UBICACIÓN: **BELEN**

ALTURA DE LA ESTACIÓN APROXIMADA MEDIANTE GPS:
2246m

ALTURA DESDE LA ESTACION DE BOMBEO A LA UNIDAD
DE RESERVA APROXIMADA: **89m (+/- 10 m)**

ENTRADA PRINCIPAL DE ENERGIA

- 3 FUSIBLES NH 160A

GRUPO MOTOR BOMBA #1 MONOBLOCK (SUCCION POSITIVA)

TABLERO DE ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO

- 3 CONTACTORES TERMICOS

- 1 RELE TERMICO
- 1 RELE TEMPORIZADOR
- 1 AMPERIMETRO
- 1 VOLTIMETRO

MOTOR: WEG (BRASILEÑO)

MOTOR TRIFASICO 160M	60 HZ	CAT N
Kw(HP-CV) 15 (20)	3540 RPM	
FS 1,15	INSL B ΔT	Ip/In 7,8 IP 55
220/380/440 V	50,3/21,9/25,2 A	
REG DUTY S1	AMB 40°C	ALT 1000m
REND 89%	COS ρ 0,88	

BOMBA: MONOBLOCK MARCK BRASILEÑA

CNPS 59107 656 / 0001-50	
MODELO DVR12	
SERIE 03092199	
CV 20	RPM 3500

AFORO DE LA BOMBA

TIEMPO # 1	0'59"71"	ALTURA#1	1 cm
TIEMPO # 2	0'49 " 78"	ALTURA#2	1 cm
TIEMPO # 3	0'57"82"	ALTURA#3	1 cm
TIEMPO # 4	0'42 " 34"	ALTURA#4	1 cm
TIEMPO # 5	0'49"36"	ALTURA#5	1 cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3.14 \cdot 16 \cdot (3.30\text{m})^2 \cdot 0,01\text{m} = 0,34212 \text{ m}^3 = 342120\text{cm}^3 = 342,12 \text{ lts}$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5)/5 = 51,802$$

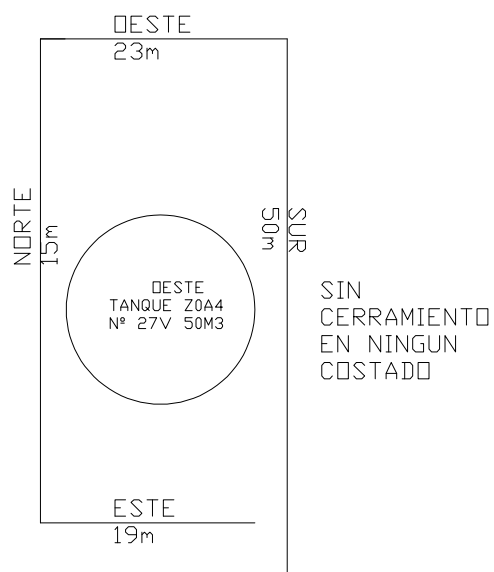
$$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 6,6043 \text{ Lts / seg}$$

NO HAY MANOMETRO

DISTANCIA DE LA TUBERIA DE IMPULSION DE LA
ESTACION DE BOMBEO HASTA LA UNIDAD DE RESERVA
1400,60m

DIAMETRO DE TUBERIA DE IMPULSION 4"

TANQUE DE RESERVA DEL PLATEADO



TANQUE DE RESERVA PLATEADO

CAPACIDAD: 50m ³	ALTURA NETA: 1,90m
ALTURA DESFOGUE: 1,85	CIRCUNFERENCIA: 6,60m

RADIO:3,30m	

ALTURA DE LA UNIDAD DE RESERVA APROXIMADA
MEDIANTE GPS: **2335m**

RECOMENDACIONES

- REALIZAR ADECENTAMIENTOS DE LAS TAPAS DE LAS UNIDADES

ESTACION DE BOMBEO “NOR – OCCIDENTAL”



UBICACIÓN: **MERCADO MAYORISTA**

ALTURA DE LA ESTACIÓN APROXIMADA MEDIANTE GPS:
2080m

ALTURA DESDE LA ESTACION DE BOMBEO A LA UNIDAD
DE RESERVA APROXIMADA: **110m (+/- 10 m)**

TABLERO PRINCIPAL:

- BREAKER DE 320 A TRIFÁSICO INDUSTRIAL
- 3 JUEGOS DE FUSIBLES NH 200A CONEXIÓN TRIFÁSICA
- 3 VOLTIMETROS

GRUPO MOTOR – BOMBA #1(MULTIETAPAS 2 CUERPOS) (SUCCION NEGATIVA).



**TABLERO TRIFASICO DE ARRANQUE DIRECTO
(CONEXIÓN TRIANGULO)**

- 1 CONTACTOR
- 1 RELE TERMICO

MOTOR: RELIANCE ELECTRIC EOMASTER

DUTY MASTER		ENERGY EFFICIENT A –C MOTOR		
FRAME: 326 15	TYPE P	DESIGN B	IDENTIFICACION S9000836-001 L002 AL	MODEL N° P32G4501 B
HP 50	VOLTS 230/460 V	HZ 60	PHASE 3	CODE F
RPM 3555	AMPS 119/59.5 A	SF 1,15	AMB 40°C	INSUL CLASS F
NEMA NOM	92, 4	GARANTEE D	91,7	MAX CORR.

EFICIENT T		EFICIENT		12 KVAR
DRIVE AND BEARING	55BC 033JP 30X	UPP D. E. BEARING	55BC03JP30X	MOTOR WEIGHT
RELIANCE ELECTRIC CO. GREENVILLE SC 29615				551 LBS

BOMBA: GOULDS PUMPS ITT (2 CUERPOS)

INDEX 11AJFRNAO	
MODEL: 3756	IMP. DIA 10 / 1/16
SIZE 2 ½ X 3-10	
SUCCION 3" CON AMPLIACION A 4"	
IMPULSION 2" CON AMPLIACION A 4"	

ACTUALMENTE NO SE ENCUENTRA EN USO.

GRUPO MOTOR BOMBA #2 (MULTIETAPAS)(SUCCION NEGATIVA)



TABLERO PRINCIPAL:

- 1 TABLERO DE ARRANQUE ESTRELLA – TRIANGULO
- 3 CONTACTORES TERMICOS
- 1 RELE TERMICO
- 1 RELE TEMPORIZADOR
- 1 VOLTIMETRO
- 3 AMPERIMETROS

MOTOR: WEG BRASILEÑO TRIFASICO

MODELO 200L-1190	HZ 60
HP 50	3560 RPM
380/ 220V	72/ 124A
SF 1.15	CODE K
INS. B	TEFC

BOMBA : SIHI-HALBERG S.A.

TYPE EGA 4004Sn.001.09.P0	
MR 5131	COLOMBIANA
IMPULSIÓN 2" CON AMPLIACION A 4"	
SUCCIÓN 3" CON AMPILACION A 4"	

DISTANCIA DE LA TUBERIA DE IMPULSION DE LA ESTACION DE BOMBEO HASTA LA UNIDAD DE RESERVA
1504,3m

AFOROS DE LA BOMBA # 2

TIEMPO # 1	1'57" 15"	ALTURA#1	1 cm
TIEMPO # 2	01'48 "97"	ALTURA#2	1 cm
TIEMPO # 3	01'58"03"	ALTURA#3	1 cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3.1416 (6,55m)^2 0,01m = 1,34782494 m^3$$

$$= 1347824,94 cm^3 = 1347,82494 lts$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3)/3 = 344,15/3 = 114,7166 \text{ seg.}$$

$$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 11,7491 lts / \text{seg.}$$

GRUPO MOTOR BOMBA #3 (MULTIETAPAS)(SUCCION NEGATIVA)



TABLERO PRINCIPAL:

- 1 TABLERO DE ARRANQUE ESTRELLA – TRIANGULO
- 3 CONTACTORES TERMICOS
- 1 RELE TERMICO
- 1 RELE TEMPORIZADOR

MOTOR: WEG BRASILEÑO TRIFASICO

MODELO 200L-0491	HZ 60
HP 50	3560 RPM
Y380/ Δ 220V	Y72/ Δ 124A
SF 1.15	CODE K
INS. B AMB 40°C	IP 54

BOMBA : SIHI-HALBERG S.A.

TYPE EGA 4004Bn.001.0B.PD	BM.001.OB.PO
MR 5132	COLOMBIANA
IMPULSIÓN 2" CON AMPLIACION A 4"	
SUCCIÓN 3" CON AMPILACION A 4"	

AFOROS BOMBA #3

TIEMPO # 1	1'57" 85"	ALTURA#1	1 cm
TIEMPO # 2	02'07 "98"	ALTURA#2	1 cm
TIEMPO # 3	02'01"65"	ALTURA#3	1 cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3.1416 (6,55\text{m})^2 0,01\text{m} = 1,34782494 \text{ m}^3 \\ = 1347824,94\text{cm}^3 = 1347,82494 \text{ lts}$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3)/3 = 369,1332/3 = 122,4933 \text{ seg.}$$

$$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 11 \text{ Lts / seg.}$$

MANOMETRO: **195 PSI**

RECOMENDACIONES Y NECESIDADES:

- REEMPLAZAR 3 VALVULAS DE COMPUERTA BRIDADAS DE 2"
- REMPLAZAR 3 VALVULAS CHECK BRIDADAS DE 2"
- REEMPLAZAR UNA VÁLVULA DE ALIVIO DE 4"
- SE SUGUIERE LA COLOCACIÓN DE UN CARRETE DE DESMONTAJE DE 6" Y UNA VALVULA WAFER EN REMPLAZO DE UN CAÑO DE TUBERÍA PARA EVITAR TENER QUE DESFOGAR LA COLUMNA DE BOMBEO TOTALMENTE PARA MANTENIMIENTO
- MANOMETROS.

TANQUE DE RESERVA # 1 SE ALIMENTA DEL BOMBEO

CAPACIDAD: 400m ³	ALTURA NETA: 3,15m
ALTURA DESFOGUE: 3,02	CIRCUNFERENCIA: 13,10m
RADIO: 6,55m	PERIMETRO: 42,20m

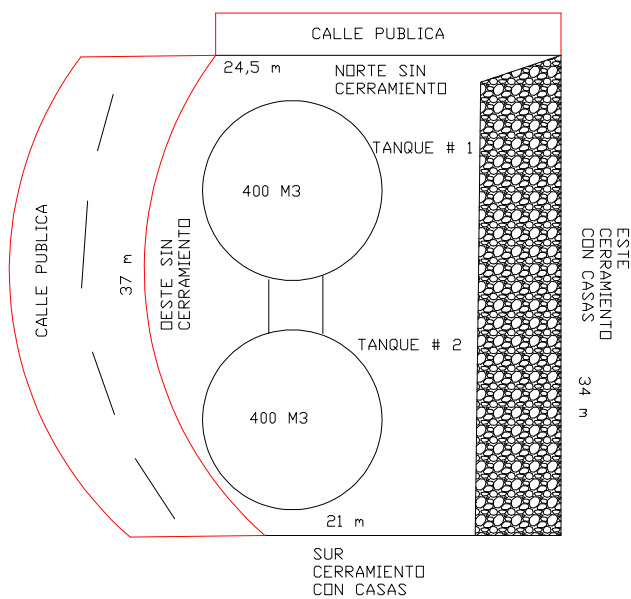
ALTURA DE LA UNIDAD DE RESERVA APROXIMADA
MEDIANTE GPS: **2190m**

TANQUE DE RESERVA # 2 SE ALIMENTA DEL PLAN
MAESTRO

CAPACIDAD: 400m ³	ALTURA NETA: 3,05m
ALTURA DESFOGUE: 2,83	CIRCUNFERENCIA: 13,20m
RADIO: 6,60m	PERIMETRO: 42,20m

CÁMARA HUMEDA

Altura neta: 1,80m	Altura de desborde: 1,60
Largo: 5,10m	Ancho: 1,50m



TANQUE DE RESERVA DE 200M3 (SAN VICENTE ALTO)

CAPACIDAD: 200m ³	ALTURA NETA: 3,20m
ALTURA DESFOGUE: 2,38	CIRCUNFERENCIA: 9,50m
RADIO: 4,25m	

ESTACION DE BOMBEO “SANTA ROSA”



UBICACIÓN: **SAN CAYETANO**

ALTURA DE LA ESTACIÓN APROXIMADA MEDIANTE GPS:
2123m

ALTURA DESDE LA ESTACION DE BOMBEO A LA UNIDAD
DE RESERVA APROXIMADA: **51m (+/- 10 m)**

GRUPO MOTOR BOMBA #1 (SUCCION NEGATIVA)



TABLERO DE TRIFASICO DE ARRANQUE DIRECTO (CONEXIÓN TRIANGULO)

- 1 CONTACTOR TÉRMICO
- 1 RELÉ TÉRMICO

MOTOR: PEDROLLO

PUMP 2CP		40/180A	
Q = 100 ÷ 400 L/MIN		H= 8.5÷ 6.0	
MOTOR TRIFASICO	Kw 7,5	HP 10	HZ 60
3450 RPM	ICL F	IP 44	

BOMBA: SIN DATOS MONOBLOCK

IMPULSIÓN 1 1/2" CON AMPLIACION A 3"
SUCCIÓN 2" CON AMPLIACIÓN A 3"

MANOMETRO 102 PSI

TIEMPOS DE BOMBEO AFORO BOMBA # 1

TIEMPO # 1	00'34" 63"	ALTURA#1	1 cm
TIEMPO # 2	00'33 "63"	ALTURA#2	1 cm
TIEMPO # 3	00'44" 30"	ALTURA#3	1 cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3.14 \cdot 16 (2,30m)^2 \cdot 0,01m = 166,19064 \text{ Lts}$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3)/3 = 37,52\text{seg}$$

$$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 4,4293 \text{ Lts / seg}$$

GRUPO MOTOR BOMBA #2(SUCCION NEGATIVA)



TABLERO DE CONTACTORES TERMICOS (ESTRELLA - TRIANGULO)

- 1 BREAKER INDUSTRIAL TRIFÁSICO DE 60A
- 3 CONTACTORES
- 1 RELE TÉRMICO
- 1 RELE TEMPORIZADOR
- 1 AMPERIMETRO
- 1 VOLTIMETRO

MOTOR: SIEMENS

TRIFÁSICO 1LA7 132-2YA70		
15.0/11.2 /Kw	HP	FS 1.15
132S / M	FORM CONS IMB3 SI	
IP = 55	220ΔΔ - 440ΔV	CL.AISL.F
57.0 Kg	41.0 -- 20,5 A	60 HZ
IEC 34	COS ρ 0,88	3500 RPM

BOMBA: BERKELEY PUMPS 2 CUERPOS

MODEL BI-1/2 ZRL	SN. OR DATE GO70898
IMPELLER DIA. 9,00	BM B52 333
IMPULSIÓN 1 1/2" CON AMPLIACION A 3"	
SUCCIÓN 2" CON AMPLIACIÓN A 3"	

DIAMETRO DE LA TUBERIA DE IMPULSION 3"

DISTANCIA DE LA TUBERIA DE IMPULSION DE LA
ESTACION DE BOMBEO HASTA LA UNIDAD DE RESERVA
412,80 m

TIEMPOS DE BOMBEO AFORO BOMBA # 2

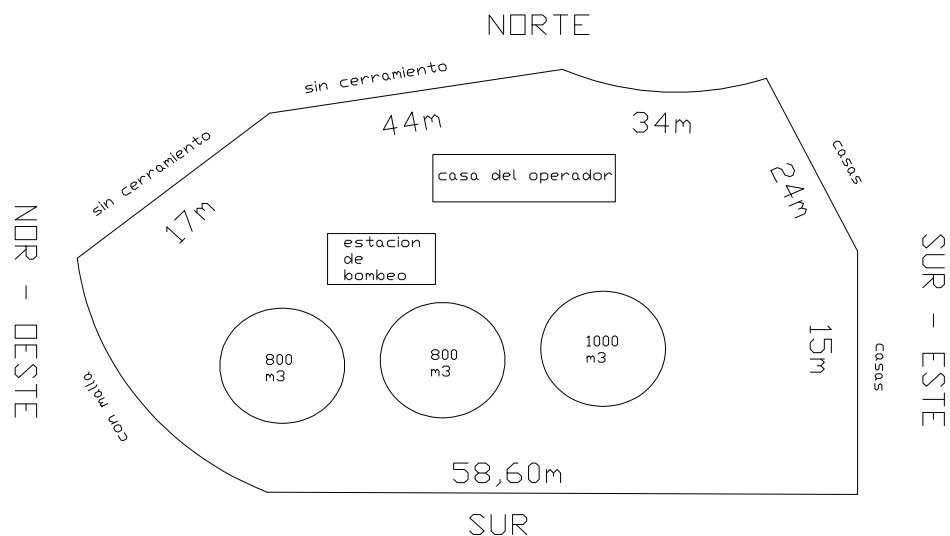
TIEMPO # 1	00'33" 74'''	ALTURA#1	1 cm
TIEMPO # 2	00'28 "29'''	ALTURA#2	1 cm
TIEMPO # 3	00'26" 63'''	ALTURA#3	1 cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3.14 \cdot 16 (2,30m)^2 \cdot 0,01m = 166,19064 \text{ Lts}$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3)/3 = 29.5533 \text{ seg.}$$

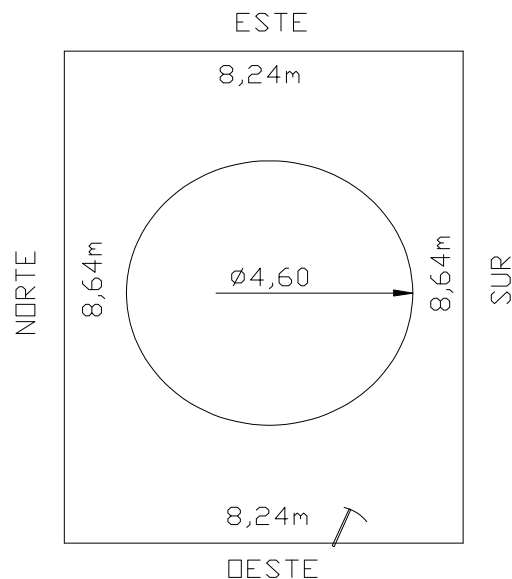
$$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 5,6234 \text{ Lts / seg.}$$



PLANO REFERENCIAL DE LA ESTACION DE BOMBEO TANQUE DE RESERVA

ALTURA DESFOGUE: 3,0 m	ALTURA NETA: 3,15m
DIÁMETRO DEL TANQUE: 4,60m	RADIO: 2,30m

ALTURA DE LA UNIDAD DE RESERVA APROXIMADA
MEDIANTE GPS: **2174m**



UNIDAD DE RESERVA

RECOMENDACIONES:

- CREACION DE UN CUARTO CONTIGUO A LA CASA DEL OPERADOR PARA QUE EL MISMO SIRVA COMO BODEGA Y OBTENER ASI UN MEJOR ADECENTAMIENTO DE LA ESTACION DE BOMBEO.
- ELABORACION DE UNA PUERTA PARA LA VIVIENDA DE 2,02m X 0,90m.
- ELABORACION DE UNA PUERTA PARA LA ESTACION DE BOMBEO DE 1,96m X 0,89m.
- MEJORAR EL ADECENTAMIENTO GENERAL CON EL APOYO DE MINGAS.
- COMPLETAR PERIMETRO DE CERCA EN ESTACIÓN DE BOMBEO
- CREACIÓN DEL CERRAMIENTO EN UNIDAD DE RESERVA PARA MAYOR SEGURIDAD DE LA MISMA.
- ADECENTAMIENTO DE LA UNIDAD DE RESERVA.

ESTACION DE BOMBEO “OCCIDENTAL” (LAS PEÑAS)



UBICACIÓN: **LAS PEÑAS**

ALTURA DE LA ESTACIÓN APROXIMADA MEDIANTE GPS:
2134m

ALTURA DESDE LA ESTACION DE BOMBEO A LA UNIDAD
DE RESERVA APROXIMADA: **103m (+/- 10 m)**

TABLERO PRINCIPAL:

- 1 PORTAFUSIBLES NH
- 3 FUSIBLES NH DE 350A
- 3 BREAKERS INDUSTRIALES TRIFASICOS DE 125A
- 1 VOLTIMETRO

GRUPO MOTOR BOMBA #1



TABLERO DE ARRANQUE TERMICO CON:

- 3CONTACTORES TERMICOS
- 1 RELE TÉRMICO
- 1 RELE TEMPORIZADOR
- 3 AMPERIMETROS

MOTOR: NO EXISTE

BOMBA: NO EXISTE

GRUPO MOTOR BOMBA #2 MONOBLOCK (SUCCION POSITIVA)



TABLERO TRIFASICO DE ARRANQUE TERMICO
(ESTRELLA – TRIANGULO):

- 3CONTACTORES TERMICOS
- 1 RELE TÉRMICO
- 1 RELE TEMPORIZADOR
- 1 AMPERIMETRO
- 1 VOLTIMETRO
- 1 BREAKER SIEMENS TRIFASICO 160A

MOTOR: MARHATON ELECTRIC WUDSAV WINSCONSING
5440

MODEL 42F60W241G1		FRAME 324	
TYPE	DES= B	RH 3	COD A
MAX A °C = 40	SHORT END BRC 8312		
RPM 3550	NEMA 93 NOMEFF	HZ 60	
SF = 1.15	V = 230/114	HP = 50	

BOMBA: CORNELL PUMP C. O.

MONOBLOCK PORTLAND, OREGON USA
MODEL: 2Y – 50 – Z
SERIE: 87445 9.81
IMPULSIÓN 2" CON AMPLIACION A 3"
SUCCIÓN 2 1/2" CON AMPLIACIÓN A 3"

DISTANCIA DE LA TUBERIA DE IMPULSION DE LA
ESTACION DE BOMBEO HASTA LA UNIDAD DE RESERVA
534,40m

DIAMETRO DE LA TUBERIA DE IMPULSION 6"

TIEMPOS DE BOMBEO AFORO BOMBA # 2

TIEMPO # 1	01'10" 29'''	ALTURA#1	1 cm
TIEMPO # 2	01'05 "85'''	ALTURA#2	1 cm
TIEMPO # 3	01'21" 52'''	ALTURA#3	1 cm
TIEMPO # 4	01'04" 29'''	ALTURA#4	1 cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3.14 \cdot 16 \cdot (6,5\text{m})^2 \cdot 0,01\text{m} = 1,327326\text{m}^3 = 1327326\text{cm}^3 \\ = 1327,326 \text{ lts}$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3 + T_4) / 4 = 281,95 = 70,4875 \text{ seg.}$$

$$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 18,8306 \text{ Lts / seg.}$$

GRUPO MOTOR BOMBA #3 MONOBLOCK (SUCCION POSITIVA)



TABLERO DE ARRANQUE TERMICO (ESTRELLA – TRIANGULO):

- 3 CONTACTORES TERMICOS
- 1 RELE TÉRMICO
- 1 RELE TEMPORIZADOR
- 3 AMPERIMETROS
- 1 VOLTIMETRO

MOTOR: MARATHON ELECTRIC WUDSAV
WINSCONSING 5440

MODEL 42R60W241G1		FRAME 324	
TYPE	DES= B	RH 3	COD A
MAX A °C = 40	SHAFT 8312		
M 3550	NEMA 93 NOMEFF	HZ 60	
SF = 1.15	V = 230/114	HP = 50	

BOMBA: CORNELL PUMP C. O.

MONOBLOCK PORTLAND, OREGON USA
MODEL: 2Y – 50 – Z
SERIE: 87444
IMPULSIÓN 2" CON AMPLIACION A 3"
SUCCIÓN 2 1/2" CON AMPLIACIÓN A 3"

TIEMPOS DE BOMBEO AFORO BOMBA # 3

TIEMPO # 1	0'57" 18'''	ALTURA#1	1 cm
TIEMPO # 2	01'08 "29'''	ALTURA#2	1 cm
TIEMPO # 3	01'07" 29'''	ALTURA#3	1 cm
TIEMPO # 4	01'15" 52'''	ALTURA#4	1 cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3.14 \cdot 16 (6,5\text{m})^2 \cdot 0,01\text{m} = 1,327326\text{m}^3 = 1327326\text{cm}^3 \\ = 1327,326 \text{ lts}$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3 + T_4) / 4 = 268,28 = 67,07 \text{ seg.}$$

$$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 19,7901 \text{ lts / seg.}$$

MANOMETRO: **158 PSI**

RECOMENDACIONES Y NECESIDADES:

- 6 VÁLVULAS DE COMPUERTA BRIDA – BRIDA 3”
- FALTA UN TRAMO PARA CONECTAR LA DESCARGA AL ALIVIADOR
- CAMBIO DE 3 RADARES FLOTANTES PARA STOCK
- SE REQUIERE 1 GRUPO MOTOR BOMBA 50 HP
- REALIZAR ADESCENTAMIENTO DE LA ESTACION
- 1 PUERTA DE VIVIENDA 2,14 x 0,90 DE METAL
- 1 PUERTA DE BODEGA 2, 12 x 0,90
- PROTECCIONES DE VENTANAS

CÁMARA HUMEDA

Altura neta: 2,25m	Altura de desborde: 2,07
Largo: 4,94m	Ancho: 2,45m

TANQUE DE RESERVA # 1

ALTURA DESFOGUE: 2,50 m	ALTURA NETA: 3,15m
DIÁMETRO DEL TANQUE: 13m	RADIO: 6,50m

AFORO INGRESO DE CURITROJE TIEMPO 0' 54" 63'''

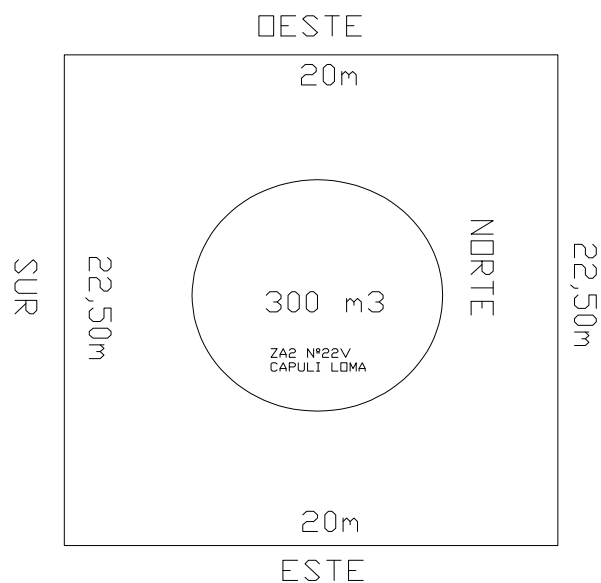
ALTURA 2 cm

NECESIDAD:

CREEAR CERRAMIENTO

TANQUE DE RESERVA # 2

ALTURA DESFOGUE: 2,88 m	ALTURA NETA: 3,08m
DIÁMETRO DEL TANQUE: 11,50m	RADIO: 5,75m



NECESIDADES Y RECOMENDACIONES:

- CREAR CERRAMIENTO
- CREACIÓN DE LOS CERRAMIENTOS EN LAS 2 UNIDADES DE RESERVA PARA MAYOR SEGURIDAD DE LAS MISMAS
- REALIZAR ADECENTAMIENTO EN CADA UNO DE LAS TAPAS DE LAS UNIDADES DE RESERVA
- ELABORACION DE 2 ESCALERAS DE ACCESO A LA CAMARA HUMEDA(LAS PEÑAS) ESCALERA # 1 = 1,50m, ESCALERA #2 =2,60m

ESTACION DE BOMBEO TANQUE DE LAVADO “PLANTA DE PUCARA”



UBICACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO “PUCARA”

ALTURA DE LA ESTACIÓN APROXIMADA MEDIANTE GPS: 2166m

ALTURA DESDE LA ESTACION DE BOMBEO A LA UNIDAD DE RESERVA APROXIMADA: 25m (+/- 10 m)

TABLERO DE ARRANQUE TERMICO DE DOBLE SERVICIO PARA GRUPO MOTOR 1 Y 2.

- 6 CONTACTORES TERMICOS
- 2 RELES TERMICOS
- 2 RELE TEMPORIZADORES
- 2 BREAKERS TRIFASICOS INDUSTRIALES 100A
- 2 AMPERIMETROS EN MAL ESTADO
- 1 VOLTIMETRO

GRUPO MOTOR BOMBA #1 MONOBLOCK (SUCION NEGATIVA)



MOTOR: MARAHATON ELECTRIC

WASAU WINSCONSING 5440	FRAME 256
MODELO 39067W583G1	DES B
PH 3	CODE G
MAX TEMP AMB 40°C	SHAFT END BRG 6309
3520 RPM	NEMA NAME FF
HZ 60	SF 1,25
HP 25	VOLT 230
AMP 58	

BOMBA: CORNELL PUMP CO PORTLAND OREGON USA

MODELO 1,5Y-25-2
SERIAL 87449 8,56
SUCCION 2" CON AMPLIACION A 4" CON AMPLIACION A 6"
IMPULSION 1 ½ CON AMPLIACION A 4"

AFORO DE LA BOMBA

TIEMPO # 1	0'26"58"	ALTURA#1	1 cm
TIEMPO # 2	0'35 "20"	ALTURA#2	1 cm
TIEMPO # 3	0'35"91"	ALTURA#3	1 cm
TIEMPO # 4	0'31"77"	ALTURA#4	1 cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3.14 \cdot 16 (4,60\text{m})^2 \cdot 0,01\text{m} = 0,66476256 \text{ m}^3 = 664762,56\text{cm}^3 \\ = 664,76256 \text{ lts}$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3 + T_4) / 4 = 129,46 / 4 = 32,365\text{seg.}$$

$$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 20,5395 \text{ Lts / seg.}$$

GRUPO MOTOR BOMBA #2 MONOBLOCK (SUCCION NEGATIVA)



MOTOR: BALDOR INDUSTRIAL MOTOR 3 PHASE

MODEL VMM 3312T	SERIE 37M32 X 58
FRAME: 2137M	TER F 389
HP 10	VOLTS 208-230/460
AMPS 27-25/12,5	
3450 RPM	HZ 60
PH 3	CLASS B
SF 1,15	DES = B
NEMA NORM EFEC= 85%	DATE H
	PF= 9,1%
	RATING 400 AMB-CONT

BOMBA: GOULDS PUMPS WATER SYSTEMS

INDEX : 6A111135	IMPELER DIA. 5 ½
DATE MPG 05-30	S/N 1883S59
SUCCION 4" CON AMPLIACION A 6"	
IMPULSION 2 ½ CON AMPLIACION A 4"	

SIN MANOMETRO

AFORO DE LA BOMBA

TIEMPO # 1	0'33"34"	ALTURA#1	1 cm
TIEMPO # 2	0'41 "83"	ALTURA#2	1 cm
TIEMPO # 3	0'45"22"	ALTURA#3	1 cm
TIEMPO # 4	0'47"50"	ALTURA#4	1 cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3.14 \cdot 16 \cdot (4,60\text{m})^2 \cdot 0,01\text{m} = 0,66476256 \text{ m}^3 = 664762,56\text{cm}^3$$

$$= 664,76256 \text{ lts}$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3 + T_4) / 4 = 167,89 / 4 = 41,9725 \text{ seg.}$$

$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 15,8380 \text{ Lts / seg.}$

DISTANCIA DE LA TUBERIA DE IMPULSION DE LA
ESTACION DE BOMBEO HASTA LA UNIDAD DE RESERVA
95,50 m

DIAMETRO DE LA TUBERIA DE IMPULSION 4"

TANQUE DE LAVADO DE SERVICIO GENERAL DE LA PLANTA DE PUCARA



TANQUE DE RESERVA PARA SERVICIO GENERAL PUCARA

CAPACIDAD: 200m ³	ALTURA NETA: 2,90m
ALTURA DESFOGUE: 2,70m	CIRCUNFERENCIA: 9,20m
RADIO: 4,60m	

ALTURA DE LA UNIDAD DE RESERVA APROXIMADA
MEDIANTE GPS: **2191m**

NECESIDADES:

- NO HAY SEGURIDAD EN LA TAPA DEL TANQUE
- SE NECESITA ADESCENTAMIENTO EN MAQUINAS

ESTACION DE BOMBEO LA PRADERA



UBICACIÓN: **PLANTA DE TRATAMIENTO “PUCARA”**

ALTURA DE LA ESTACIÓN APROXIMADA MEDIANTE GPS:
2164m

ALTURA DESDE LA ESTACION DE BOMBEO A LA UNIDAD
DE RESERVA APROXIMADA: **37m (+/- 10 m)**

TABLERO PRINCIPAL:

- 1 BREAKER TRIFASICO DE 100A
- 1 BREAKER TRIFASICO DE 50A
- 1 BREAKER TRIFASICO DE 30A
- 1 BREAKER MONOFASICO DE 20A

**GRUPO MOTOR BOMBA # 1 (MONOBLOCK)(SUCCION
NEGATIVA)**

TABLERO DE ARRANQUE TERMICO ESTRELLA TRIANGULO

- 3 CONTACTORES TERMICOS
- 1 RELE TERMICO
- 1 RELE TEMPORIZADOR
- 3 AMPERIMETROS
- 1 VOLTIMETRO



MOTOR: MARATHON ELECTRIC

MODEL 39K61W583G1		FRAME 256	
DES = B	P 3	CODE G	
TEMP. AMB 40°C		SHAFT 6309	25 HP
RPM 3525		VOLT 230	AMP 58
SUCCION 2" AMPLIACION A 4"			
IMPULSION 1 ½ CON AMPLIACION A 4"			

BOMBA: CORNELL PUMP

MODEL : 1,5Y – 25 -2	SERIE: 87448- 8.56

AFORO DE LA BOMBA

TIEMPO # 1	0'06"72"	ALTURA#1	2cm
TIEMPO # 2	0'06 "21"	ALTURA#2	2cm
TIEMPO # 3	0'06"11"	ALTURA#3	2cm

$V = a3$ (muestreo en Cámara húmeda (2m x 2m x0,02m)

$V = 0,08m^3 = 80 \text{ lts}$

$T_p = (T_1 + T_2 + T_3)/3 = 6,3466 \text{ seg.}$

$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 12,5061 \text{ Lts / seg}$

GRUPO MOTOR BOMBA #2 MONOBLOCK(SUCCION NEGATIVA)



TABLERO DE ARRANQUE TERMICO DIRECTO

- 1 CONTACTOR TERMICO
- 1 RELE TERMICO

MOTOR: CENTURY PUMP MOTOR

SER 6-350 390 -42	N. S216JM	TYPE 90
HZ 60	15 HP	RPM 3490
VOLT	EMP AMB 40°C	AMPS 42-33/19

200/230/460		
INS CLASS F	FORM MTA	CODE SERIAL 129

BOMBA: GOULDS PUMPS

MODEL 3656	SIZE 1 ½ X 2 – 8	
INDEX 5B F11 635	DIAM. 3 1/16	S/N 957551
SUCCION 2" CON AMPLIACION A 4"		
IMPULSION 1 ½ CON AMPLIACION A 4"		

AFORO DE LA BOMBA

TIEMPO # 1	0'11"25"	ALTURA#1	2cm
TIEMPO # 2	0'11 "79"	ALTURA#2	2cm
TIEMPO # 3	0'11"74"	ALTURA#3	2cm

$V = a3$ (muestreo en Cámara húmeda (2m x 2m x0,02m)

$V = 0,08m^3 = 80 \text{ lts}$

$T_p = (T_1 + T_2 + T_3)/3 = 11,5933\text{seg.}$

$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 6,9007 \text{ Lts / seg}$

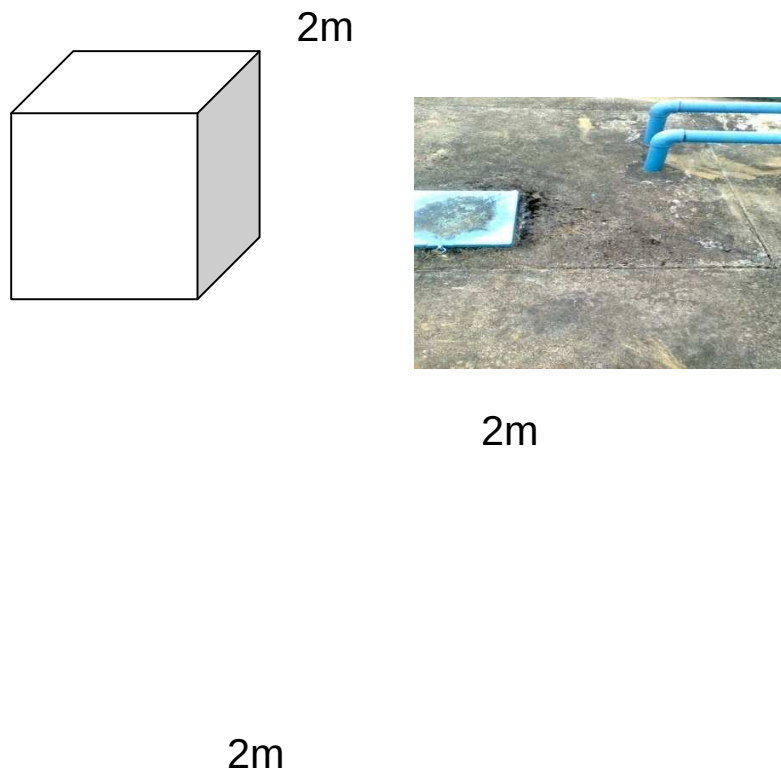
MANOMETRO 50 PSI

ADESCENTAMIENTO DE LA CAMARA HUMEDA ESTA EN MAL ESTADO

DISTANCIA DE LA TUBERIA DE IMPULSION DE LA
ESTACION DE BOMBEO HASTA LA UNIDAD DE RESERVA
470m

DIAMETRO DE LA TUBERIA DE IMPULSION 4"

CAMARA HUMEDA



TANQUES DE RESERVA DE LA PRADERA # 1

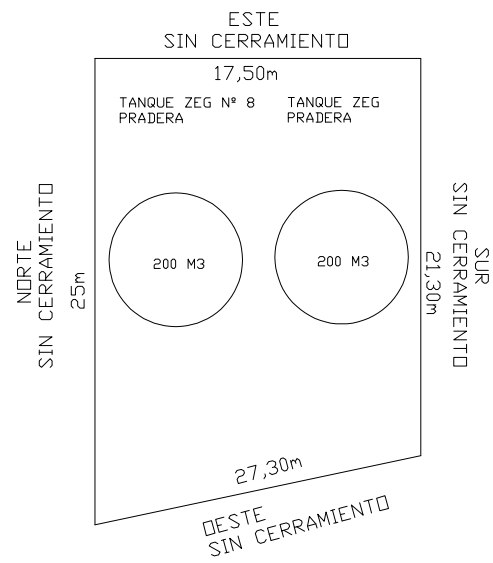
CAPACIDAD: 200m ³	ALTURA NETA: 3m
ALTURA DESFOGUE: NO	CIRCUNFERENCIA: 9m

HAY	
RADIO:4,50m	

ALTURA DE LA UNIDAD DE RESERVA APROXIMADA
MEDIANTE GPS: **2211m**

TANQUES DE RESERVA DE LA PRADERA # 2

CAPACIDAD: 200m ³	ALTURA NETA: 3m
ALTURA DESFOGUE: 2,95m	CIRCUNFERENCIA: 9m
RADIO:4,50m	



NECESIDADES:

- NO HAY SEGURIDAD EN LOS TANQUES
- FALTA ADESCENTAMIENTO EN CAMARAS
- FALTA ADESCENTAMIENTO EN LAS TAPAS DE LOS TANQUES

ESTACION DE BOMBEO EL ROSAL



UBICACIÓN: **PLANTA DE TRATAMIENTO “PUCARA”**

ALTURA DE LA ESTACIÓN APROXIMADA MEDIANTE GPS:
2162m

ALTURA DESDE LA ESTACION DE BOMBEO A LA UNIDAD
DE RESERVA APROXIMADA: **84m (+/- 10 m)**

TABLERO PRINCIPAL

- 1 CUCHILLA DE FUSIBLES NH DE 250 A
- 3 BREAKERS TRIFASICOS DE 80A
- 1 BREAKER TRIFASICO DE 40A
- 1 VOLTIMETRO

**GRUPO MOTOR BOMBA #1 (2 CUERPOS) (SUCCION
NEGATIVA)**



MOTOR: SIN DATOS

BOMBA: CRANE DEIVING PUMPS SALEEM, OHIO 44460
USA

PRODUCTO FIGURANº- 6061 22352001			
SIZE 3 X 2 X 1		SERIAL DC 52 15 43	
DIA 3 – 3/8		TYPE BF	UNIT RH
GPM 100	FT 300		RPM 3500
SUCCION DE 3" A 4"			
IMPULSION DE 2" A 3"			

AFORO DE LA BOMBA

TIEMPO # 1	0'58"25"	ALTURA#1	1 cm
TIEMPO # 2	0'53 " 35"	ALTURA#2	1 cm
TIEMPO # 3	0'47"82"	ALTURA#3	1 cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3.14 \cdot 16 \cdot (5,625)^2 \cdot 0,01 \text{m} = 0,994021875 \text{ m}^3 = 994,021875 \text{ lts}$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3)/3 = 53,14 \text{ seg.}$$

$$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 18,7057 \text{ Lts / seg}$$

MANOMETRO **125 PSI**

GRUPO MOTOR BOMBA # 2(2 CUERPOS)(SUCCION NEGATIVA)



TABLERO DE ARRANQUE ESTRELLA- TRIANGULO

- 3 CONTACTORES TRIFASICOS
- 1 RELE TERMICO
- 1 RELE TEMPORIZADOR

MOTOR: US ELECTRICAL MOTORS

MODEL 677362	HP 30	PH 3	HZ 60
FRAME 284TD	TYPE D	ENCL. DP	SF 1,15
LB# X 05 X 0800 573R-2		CODE A	DES B
VOLTS 230 / 460		3525 RPM	
AMPS 74 / 37		CLASS B	
MAX AMB 40°C		SHAFT END ERG 6310 – 2Z – JC3	
		UPPER OR 6210 – 2Z – JC3	
NEMA NOM. EFF 89,3			

BOMBA: CRANE DEIVING PUMPS SALEEM, OHIO 44460
USA

PRODUCTO FIGURANº- 9061 22352001	
SIZE 3 X 2 X 1	SERIAL D – 52X 542

DIA 3 – 3/8	TYPE DF	UNIT RH
GPM 100	FT 330	3525 RPM
SUCCION DE 3" A 4"		
IMPULSION DE 2" A 3"		

NO SE PUEDEN REALIZAR LOS AFOROS POR CUANTO LA VALVULA DEL PIE DEL GRUPO MOTOR BOMBA ESTA DAÑADA Y DEBE SER REEMPLAZADA.

GRUPO MOTOR BOMBA # 3(2 CUERPOS)(SUCCION NEGATIVA)



TABLERO DE ARRANQUE ESTRELLA- TRIANGULO

- 3 CONTACTORES TRIFASICOS
- 1 RELE TERMICO
- 1 RELE TEMPORIZADOR

MOTOR: US ELECTRICAL MOTORS

MODEL 677362	HP 30	PH 3	HZ 60
FRAME 284TS	TYPE D	ENCL. DP	SF 1,15
LB# X 05 X 0800 573R-2		CODE A	DES B

VOLTS 230 / 460	3525 RPM
AMPS 74 / 37	CLASS B
MAX AMB 40°C	SHAFT END ERG 6310 – 2Z – JC3
	UPPER OR 6210 – 2Z – JC3
NEMA NOM. EFF 89,3	

BOMBA: CRANE DEIVING PUMPS SALEEM, OHIO 44460 USA

PRODUCTO FIGURANº- 5061 22352001		
SIZE 3 X 2 X 1	SERIAL DC – 521541	
DIA 3 – 3/8	TYPE DF	UNIT RH
GPM 100	FT 330	3525 RPM
SUCCION DE 3" A 4"		
IMPULSION DE 2" A 3"		

AFORO DE LA BOMBA

TIEMPO # 1	0'40"12"	ALTURA#1	1 cm
TIEMPO # 2	0'47 " 82"	ALTURA#2	1 cm
TIEMPO # 3	0'53"30"	ALTURA#3	1 cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3.14 \cdot 16 (R)^2 \cdot 0,01m = 0,994021875 \text{ m}^3 = 994,021875 \text{ lts}$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3)/3 = 47,08 \text{ seg.}$$

$$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 21,1134 \text{ Lts / seg}$$

DISTANCIA DE LA TUBERIA DE IMPULSION DE LA
ESTACION DE BOMBEO HASTA LA UNIDAD DE RESERVA
2160m

DIAMETRO DE LA TUBERIA DE IMPULSION 6"

MANOMETRO **125 PSI**

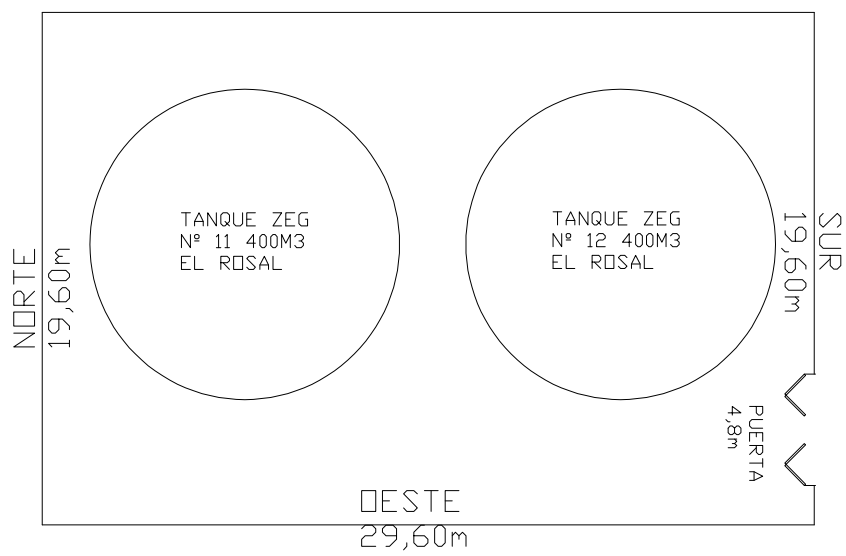
TANQUES DE RESERVA DE LOS ROSALES # 1

CAPACIDAD: 400m ³	ALTURA NETA: 4,10m
ALTURA DESFOGUE: 3,45	CIRCUNFERENCIA: 11,25m
RADIO:5,625m	

ALTURA DE LA UNIDAD DE RESERVA APROXIMADA
MEDIANTE GPS: **2246m**

TANQUES DE RESERVA DE LOS ROSALES # 2

CAPACIDAD: 400m ³	ALTURA NETA: 4,10m
ALTURA DESFOGUE: 3,45m	CIRCUNFERENCIA:11,25m
RADIO:4,50m	



ESTACION DE BOMBEO EPOCA #1



UBICACIÓN: **PARQUE DE SAN PEDRO**

ALTURA DE LA ESTACIÓN APROXIMADA MEDIANTE GPS:
2114m

ALTURA DESDE LA ESTACION DE BOMBEO A LA UNIDAD
DE RESERVA APROXIMADA: **89m (+/- 10 m)**

GRUPO MOTOR BOMBA #1

NO ESTA EN FUNCIONAMIENTO, GRUPO MOTOR BOMBA
NO ESTA PRESENTE EN LA ESTACION



GRUPO MOTOR BOMBA #2 MONOBLOCK(SUCCION NEGATIVA)



TABLERO DE 3 NH DE 250A

TABLERO DE ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO

- 3 CONTACTORES TERMICOS
- 1 RELE TERMICO
- 1 TEMPORIZADOR
- 1 VOLTIMETRO
- 3 AMPERIMETROS

MOTOR: MARATHON ELECTRIC

MODEL : 40605643W22437		FRAME 284	
DES. B	PH 3	CODE G	INS 831
MAX AMB °C 40		SHORT END ERG 631P	
RPM 3525		NEMA NEMAFF 9,14	
HZ 60		SF 1,15	
HP 30		VOLT 230	

BOMBA: CORNELL PUMP CO. (MONOBLOCK)

MODEL 1.54 433 – 2
SERIE 87449 9,29
SUCCION 2" CON AMPLIACION A 4"
IMPULSION 1 ½ CON AMPLIACION A 4"

NO SE REALIZAN AFOROS DE BOMBAS YA QUE EL SISTEMA DE IMPULSION ESTA AVERIADO.

GRUPO MOTOR – BOMBA #3(2 CUERPOS) (SUCCION NEGATIVA)



MOTOR: US ELECTRICAL

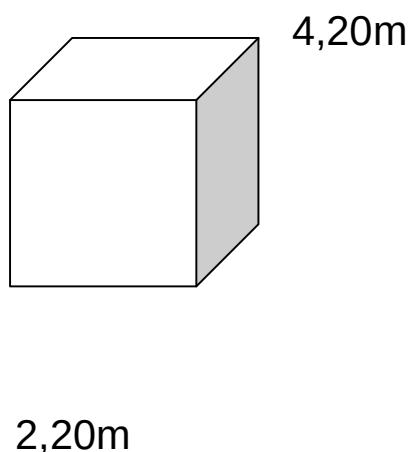
HP 30	PH 3	CLASS B	HZ 60
R= 234 TS DP			
Nº = A		VOLT 230/460	
CODE A		AMP 75/37,5	
RODAMIENTOS 6211 – 2Z-J/03		OFF END 6207 – 2Z – J/03	
RATING 40°C AMB		RPM 3510	
1,15 LDH 92 00 738 - 344			
EMA NOM EFF 87,5		G 345 0 2001 S	

BOMBA: CRANE PUMPS USA

CONTACT 306/ 223520N		
ING. Nº		
CODE 3 X 2 X 1	SERIAL = DO – 515076	
DIA. N	TYPE BF	UNIT RH
SUCCION 3" CON AMPLIACION A 4"		
IMPULSION 2" CON AMPLIACION A 4"		

NO SE REALIZAN AFOROS DE BOMBAS YA QUE EL SISTEMA DE IMPULSION ESTA AVERIADO.

CAMARA HUMEDA



4,15m

DISTANCIA DE LA TUBERIA DE IMPULSION DE LA
ESTACION DE BOMBEO HASTA LA UNIDAD DE RESERVA
660m

DIAMETRO DE LA TUBERIA DE IMPULSION 4"

ALTURA DE LA UNIDAD DE RESERVA APROXIMADA
MEDIANTE GPS: **2203m**

LA UNIDA DE RESERVA EN ESTE CASO ES LA ESTACION
DE BOMBEO EPOCA#2

RECOMENDACIONES

- ELABORACION DE UNA ESCALERA DE 3m PARA LA CAMARA DE VALVULAS
- REALIZAR ADESCENTAMIENTO GENERAL
- CONFECCIONAR UNA TAPA PARA LA CAMARA DE VALVULAS

ESTACION DE BOMBEO EPOCA # 2



UBICACIÓN: **EPOCA**

ALTURA DE LA ESTACIÓN APROXIMADA MEDIANTE GPS:
2200m

ALTURA DESDE LA ESTACION DE BOMBEO A LA UNIDAD
DE RESERVA APROXIMADA: **85m (+/- 10 m)**

**NO EXISTEN BOMBAS EN LA ESTACION NO SE PUEDEN
REALIZAR AFOROS**



UNIDAD DE DE EPOCA



TANQUES DE RESERVA DE EPOCA # 1 UNIDAD Y
CAMARA HUMEDA DE LA ESTACION DE BOMBEO SAN
PEDRO # 2

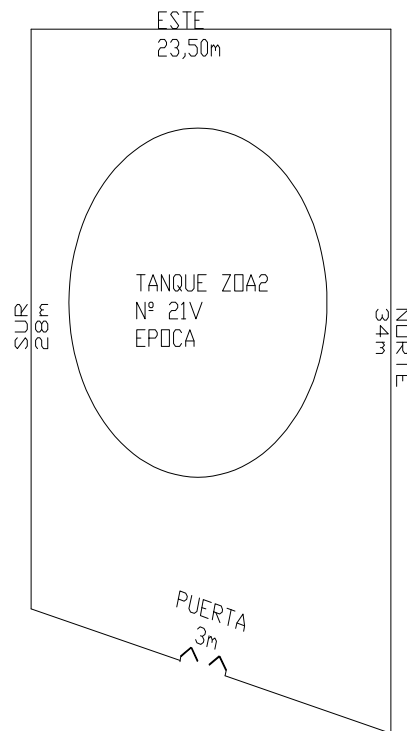
CAPACIDAD: 400m ³	ALTURA NETA: 3,10m
ALTURA DESFOGUE: 3,00m	CIRCUNFERENCIA: 11,40m
RADIO: 5,70m	

RECOMENDACIONES:

- PROCURAR REALIZAR ADECENTAMIENTO GENERAL
- PINTURA EN EL AREA DE TUBERIAS

DISTANCIA DE LA TUBERIA DE IMPULSION DE LA
ESTACION DE BOMBEO HASTA LA UNIDAD DE RESERVA
980m

DIAMETRO DE LA TUBERIA DE IMPULSION 4"



UNIDAD DE RESERVA SAN PEDRO



CAPACIDAD: 200m ³	ALTURA NETA: 3,35m
ALTURA DESFOGUE: 3,00m	CIRCUNFERENCIA: 6,85m
RADIO: 6,85m	

ALTURA DE LA UNIDAD DE RESERVA APROXIMADA
MEDIANTE GPS: **2285m**

RECOMENDACIONES:

- CERRAMIENTO DE MALLA EN PESIMAS CONDICIONES
- NO HAY SEGURIDAD
- EL VECINDARIO USA LA ESTACION COMO CAMINO VECINAL
- NO EXISTEN ESCALERAS DE ACCESO AL TANQUE DE SAN PEDRO



ESTACION DE BOMBEO DE UNION LOJANA



UBICACIÓN: **MERCADO DE LA TEBAIDA**

ALTURA DE LA ESTACIÓN APROXIMADA MEDIANTE GPS:
2108m

ALTURA DESDE LA ESTACION DE BOMBEO A LA UNIDAD
DE RESERVA BAJA APROXIMADA: **54m (+/- 10 m)**

ALTURA DESDE LA ESTACION DE BOMBEO A LA UNIDAD
DE RESERVA ALTA APROXIMADA: **64m (+/- 10 m)**

TABLERO PRINCIPAL

- 3 FUSIBLES NH 250 A
- 2 BREAKERS TRIFASICOS INDUSTRIALES 100 A
- 1 VOLTIMETRO

GRUPO MOTOR BOMBA #1 (2 CUERPOS)(SUCCION POSITIVA)



TABLERO TRIFASICO DE ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO

- 3 CONTACTORES TERMICOS
- 1 RELE TERMICO
- 1 RELE TEMPORIZADOR
- 1 AMPERIMETRO

MOTOR: GENERAL ELECTRIC

HP 30		AMB MAX 40°C	
3450 RPM		SF 1,15	
V = 460	NOM EFFF 89,5		INSUL CL B
A = 36	HZ 60	CODE G	TIME RATING CONT
FRAME 284 TS	TYPE K		CSA ENCL. DP
END ERG PALIER 50 BCO 3JP		ODE ERG 35BCO25P	
MODEL 5KR84QAA1004		SERIAL REP 1169	

BOMBA:GOULDS PUMPS

IMPELER 9,25	SIZE 1,50 X 3-10
INDEX 3196	FT – HD 345
GPM 200	RPM 3600
SERIE 720D994-2	
SUCCION DE 3”	
IMPULSION DE 3 “ CON AMPLIACION A 4”	

NO SE PUEDE AFORAR POR EL MOTIVO DE QUE EL MOTOR SE ENCUENTRA EN REPARACION

GRUPO MOTOR BOMBA #2 (2 CUERPOS)(SUCCION POSITIVA)



TABLERO DE ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO

- 3 CONTACTORES TERMICOS
- 1 RELE TERMICO
- 1 RELE TEMPORIZADOR
- 1 AMPERIMETRO

MOTOR: GENERAL ELECTRIC

HP 30		AMB MAX 40°C	
3450 RPM		SF 1,15	
V = 460	NOM EFFF 89,5		INSUL CL B
A = 36	HZ 60	CODE G	TIME RATING CONT
FRAME 284 TS	TYPE K		CSA ENCL. DP
END ERG PALIER 50 BCO 3JP		ODE ERG 35BCO25P	
MODEL 5KR84QAA1004		SERIAL REP 1170	

BOMBA: GOULDS PUMPS

IMPELER 9,25	SIZE 1,50 X 3-10
INDEX 3196	FT – HD 345
GPM 200	RPM 3600
SERIE 720D994-2	
SUCCION DE 3"	
IMPULSION DE 3 " CON AMPLIACION A 4"	

AFORO DE LA BOMBA

TIEMPO # 1	0'27"78"	ALTURA#1	3 cm
TIEMPO # 2	0'33 "83"	ALTURA#2	3 cm
TIEMPO # 3	0'37"00"	ALTURA#3	3 cm

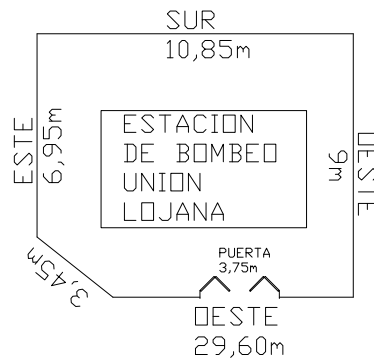
$$V = \pi r^2 h$$

$V = 3.14 \cdot 16 \cdot (1,95\text{m})^2 \cdot 0,03\text{m} = 0,35837802 \text{ m}^3 = 358,37802$
litros

$T_p = (T_1 + T_2 + T_3)/3 = 32,87\text{seg.}$

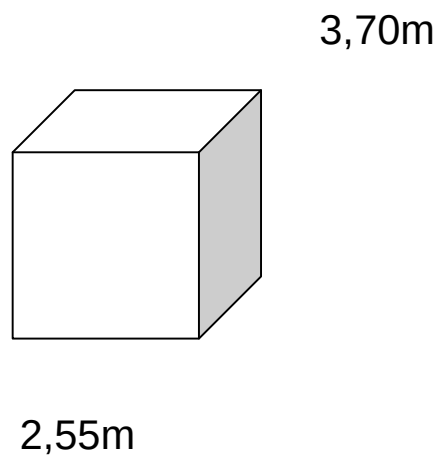
$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 10,9028 \text{ Lts / seg}$

MANOMETRO 135 PSI



CERRAMIENTO MIXTO MALLA Y LADRILLO

CAMARA HUMEDA:



2,45m

ALTURA NETA 2,55m

ALTURA DE DESBORDE 2,05m

DISTANCIA DE LA TUBERIA DE IMPULSION DE LA
ESTACION DE BOMBEO HASTA LA UNIDAD DE RESERVA
693m

DIAMETRO DE LA TUBERIA DE IMPULSION 4"

UNIDAD DE RESERVA UNIÓN LOJANA

UNIDAD DE RESERVA # 1

CAPACIDAD: 100m ³	ALTURA NETA: 3m
ALTURA DESFOGUE: 2,70m	CIRCUNFERENCIA: 6,50m
RADIO:3,25m	

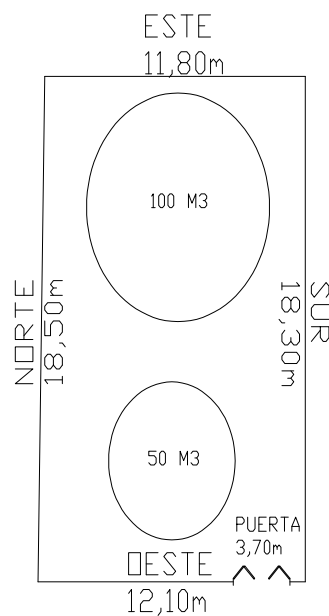
ALTURA DE LA UNIDAD DE RESERVA APROXIMADA
MEDIANTE GPS: **2162m**

UNIDAD DE RESERVA #2

CAPACIDAD: 50m ³	ALTURA NETA: 4,10m

ALTURA DESFOGUE: 3,80m	CIRCUNFERENCIA: 3,90m
RADIO:1,95m	

ALTURA DE LA UNIDAD DE RESERVA APROXIMADA
MEDIANTE GPS: **2172m**





NECESIDADES:

- ESCALERA INTERNA 4,50m ACTUAL EN MALAS CONDICIONES
- TAPA DE LA UNIDAD DE 50 m³ EN MALAS CONDICIONES 81 X 81 cm
- PINTAR UNIDADES DE RESERVA
- COLOCAR ESCALERAS
- ADECENTAMIENTO GENERAL

ESTACION DE BOMBEO DE YAHUARCUNA



UBICACIÓN: **REDONDEL DE INGRESO A YAHUARCUNA**

ALTURA DE LA ESTACIÓN APROXIMADA MEDIANTE GPS:
2132m

ALTURA DESDE LA ESTACION DE BOMBEO A LA UNIDAD
DE RESERVA BAJA APROXIMADA: **73m (+/- 10 m)**

TABLERO PRINCIPAL:

- 3 BREAKERS TRIFASICOS DE 150 A
- 1 BREAKER BIFASICO DE DE 20 A

GRUPO MOTOR BOMBA DE 2 CUERPOS # 1(SUCCION POSITIVA)



TABLERO TRIFASICO DE ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO

- 3 CONTACTORES TERMICOS
- 1 RELE TERMICO
- 1 RELE TEMPORIZADOR

MOTOR : US ELECTRICAL

HP 40	PH 3	CLASS B	HZ 60
FRAME 286 TS DP	230 / 460 VOLTS	95 / 47,5 AMPS	
DESIGN B	CODE = A	SF 1,15	
MAX AMB TEMP 40°C	RPM 3530		
SHAFT END ERG 6310 – 2Z - J	OR END 6210 – 2Z – J		
IN# 9200 739 – 344 634 50 203 S			
NEMA NOM. EFFC 86,5			

BOMBA: CRANE DESIGN PUMPS SALEM OHIO

PRODUCT FIG. N° 5061 31252011		
SIZE 4 X 3 X9	TYPE BF	UNIT RH
RPM 3500	DIAM. 9	
SUCCION DE 4" A 8 "		
IMPULSION DE 3" A 8"		

AFORO DE LA BOMBA

TIEMPO # 1	1'35"93"	ALTURA#1	1 cm
TIEMPO # 2	1'33 "69"	ALTURA#2	1 cm
TIEMPO # 3	1'26"71"	ALTURA#3	1 cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3.14 \cdot 16 \cdot (5,10)^2 \cdot 0,01m = 0,81713016 \text{ m}^3 = 817,13016 \text{ lts}$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3) / 3 = 92,11 \text{ seg.}$$

$$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 8,8712 \text{ Lts / seg}$$

GRUPO MOTOR BOMBA DE 2 CUERPOS # 2(SUCCION POSITIVA)



TABLERO TRIFASICO DE ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO

- 3 CONTACTORES TERMICOS
- 1 RELE TERMICO
- 1 RELE TEMPORIZADOR

MOTOR : US ELECTRICAL

HP 40	PH 3	CLASS B	HZ 60
FRAME 286 TS DP	230 / 460 VOLTS	95 / 47,5 AMPS	
DESIGN B	CODE = A	SF 1,15	
MAX AMB TEMP 40°C	RPM 3530		
SHAFT END ERG 6310 – 2Z – J	UPPER OR OPP END 6210 – 2Z – J		
IN# 9200 739 – 344 634 50 203 S			
NEMA NOM. EFFC 86,5			

BOMBA: CRANE DESIGN PUMPS SALEM OHIO

PRODUCT FIG. N° 5061 31252011		
SIZE 4 X 3 X9	TYPE BF	UNIT RH
RPM 3500	DIAM. 9	
SUCCION DE 4" A 8 "		
IMPULSION DE 3" A 8"		

AFORO DE LA BOMBA

TIEMPO # 1	1'43"89"	ALTURA#1	1 cm
TIEMPO # 2	1'42 "68"	ALTURA#2	1 cm

TIEMPO # 3	1'41"08"	ALTURA#3	1 cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3.1416 (R)^2 \cdot 0,01m = 0,81713016 \text{ m}^3 = 817,13016 \text{ litros}$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3) / 3 = 102,55 \text{ seg.}$$

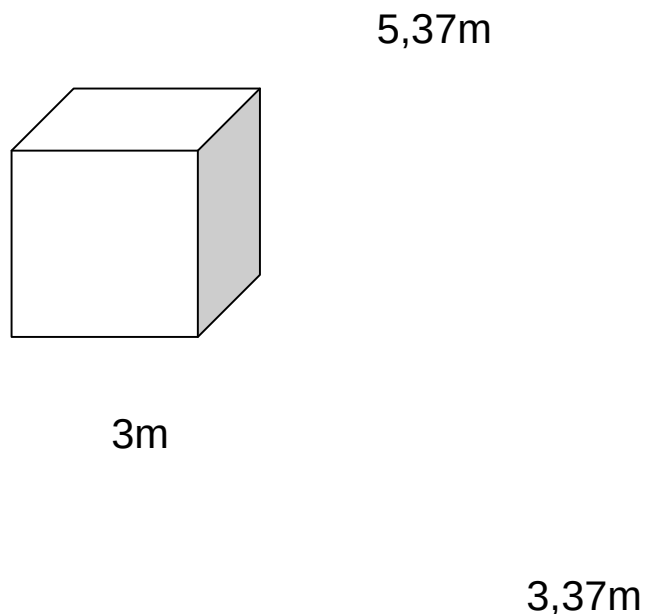
$$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 7,9681 \text{ Lts / seg}$$

MANOMETRO **115 PSI**

DISTANCIA DE LA TUBERIA DE IMPULSION DE LA
ESTACION DE BOMBEO HASTA LA UNIDAD DE RESERVA
671,40m

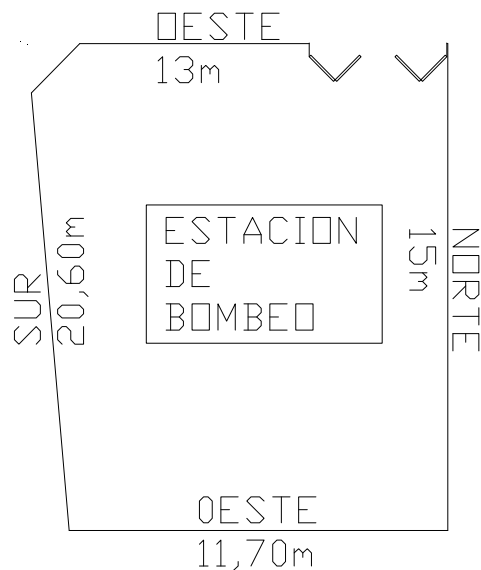
DIAMETRO DE LA TUBERIA DE IMPULSION 8"

CAMARA HUMEDA



ALTURA NETA 2,90m

ALTURA DE DESBORDE 2,55m



TANQUES DE RESERVA YAGUARCUNA

CAPACIDAD: 800m ³	ALTURA NETA: 4m
ALTURA DESFOGUE: 3,90m	CIRCUNFERENCIA:10,20m
RADIO:5,10m	

ALTURA DE LA UNIDAD DE RESERVA APROXIMADA
MEDIANTE GPS: **2205m**



NECESIDADES:

- CERRAMIENTO DE MALLA EN MALAS CONDICIONES
- FALTA ADECENTAMIENTO EN GENERAL
- PINTURA EN LINEA DE TUBERIAS
- MANOMETROS

ESTACION DE BOMBEO HEROES DEL CENEP



**UBICACIÓN: INGRESO A HEROES DEL CENEP
(ESTEBAN GODOY)**

**ALTURA DE LA ESTACIÓN APROXIMADA MEDIANTE GPS:
2135m**

**ALTURA DESDE LA ESTACION DE BOMBEO A LA UNIDAD
DE RESERVA BAJA APROXIMADA: 92m (+/- 10 m)**

TABLERO PRINCIPAL

- 3 NH DE 355 A
- 1 VOLTIMETRO

TABLERO DE ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO PARA GRUPOS MOTOR BOMBA #1 Y #2

- 6 CONTACTORES TERMICOS
- 2 RELES TERMICOS
- 2 RELES TEMPORIZADORES
- 1 VOLTIMETRO

- 3 AMPERIMETROS

GRUPO MOTOR BOMBA DE 2 CUERPOS #1(SUCCION NEGATIVA)



MOTOR : US ELECTRICAL

HP 50	PH 3	HZ 60	RPM 3550	CODE B	NEMA DESING B
FRAME 324TS	TYPE 0		SF 1,15	DUTTY MAX CONT. 40°C	
VOLTS 230 / 460			NEMA NOM. EFF 91,0		
AMPS 118 / 59,5		SHAFT END ERG 6311 – 2Z -J		INSUL 2 G209	
		OR END ERG 6211-2Z-J		CLASS B	

BOMBA : SIN DATOS

SUCCION DE 3" CON AMPLIACION A 4"
IMPULSION DE 2" CON AMPLIACION A 4"

**AFOROS : NO SE PUEDEN REALIZAR PUES EN EL
TABLERO DE CONTROL ESTA DAÑADO UN
CONTACTOR Y NECESITA SER REEMPLAZADO**

**GRUPO MOTOR BOMBA # 2(2 CUERPOS)(SUCCION
NEGATIVA)**



MOTOR : US ELECTRICAL

HP 50	PH 3	HZ 60	RPM 3550	CODE B	NEMA DESING B
FRAME 324TS		TYPE 0	SF 1,15	DUTTY MAX CONT. 40°C	
VOLTS 230 / 460			NEMA NOM. EFF 91,0	ID T08T135A068R	
AMPS 118 / 59,5		SHAFT END ERG 6311 – 2Z -J		INSUL 2 G209	
		OR END ERG 6211-2Z-J		CLASS B	

BOMBA : SIN DATOS

SUCCION DE 3" CON AMPLIACION A 4"
IMPULSION DE 2" CON AMPLIACION A 4"

AFORO DE LA BOMBA

TIEMPO # 1	1'01"58"	ALTURA#1	2 mm
TIEMPO # 2	1'30 " 84"	ALTURA#2	2 mm
TIEMPO # 3	0'57"09"	ALTURA#3	2mm
TIEMPO # 4	1'09 " 42"	ALTURA#4	2 mm
TIEMPO # 5	1'33"89"	ALTURA#5	2 mm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3.14 \cdot 16 \cdot (9m)^2 \cdot 0,002m = 0,5089392 \text{ m}^3 = 508,9392 \text{ lts}$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5) / 5 = 75,764 \text{ seg.}$$

$$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 6,7174 \text{ lts / seg}$$

GRUPO MOTOR BOMBA # 3(2 CUERPOS)(SUCCION NEGATIVA)



TABLERO DE ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO

- 3 CONTACTORES TERMICOS
- 1 RELE TERMICO
- 1 RELE TEMPORIZADOR

MOTOR: SIEMENS

MOTOR TRIFASICO 1LA4 206 . 2YA80		
50 / 37,3 KW	HP /	FS 1,15
BIG 200L	FORM CONS IMB3	S1
IP 54	220 – 440 V	CL AISL F
235 KG	124 – 62 A	60 HZ
IEC 34	COS ρ 0,88	RPM 3535

BOMBA: HIDROMAC

MODEL: HZ 2 X 3YIA FGR SCR 1Y	
S/N 032920	
DIAMETRO 247	1750 RPM
SUCCION DE 2 ½ “ CON AMPLIACION A 4”	
IMPULSION DE 2” CON AMPLIACION A 4”	

AFORO DE LA BOMBA

TIEMPO # 1	2'11"65"	ALTURA#1	1 cm
TIEMPO # 2	2'19 "40"	ALTURA#2	1 cm
TIEMPO # 3	2'09"57"	ALTURA#3	1 cm

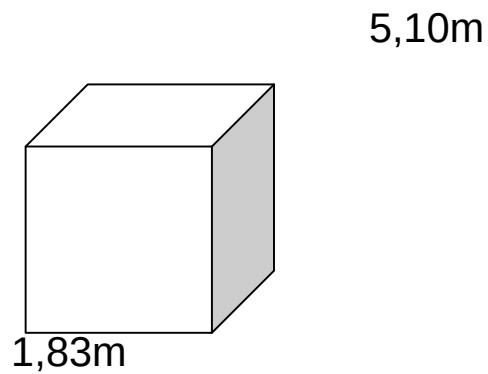
$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3.14 \cdot 16 (9m)^2 \cdot 0,01m = 2,544696 \text{ m}^3 = 2544,696 \text{ lts}$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3) / 3 = 133,54 \text{ seg.}$$

$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 19,0556 \text{ Lts / seg}$

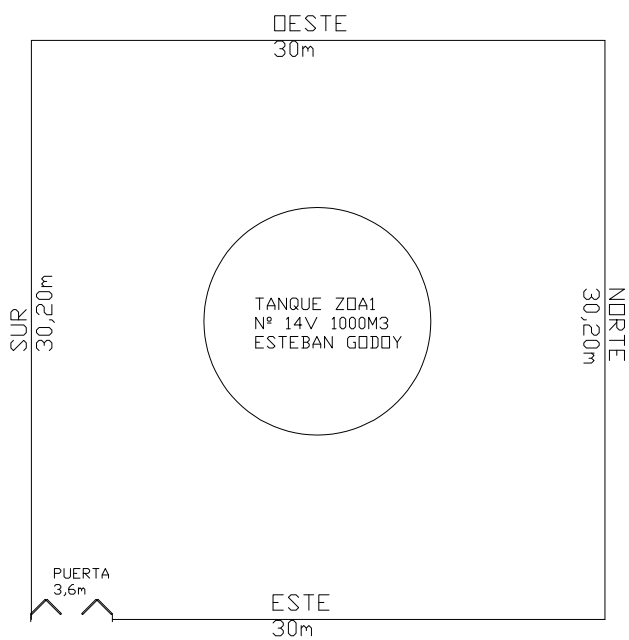
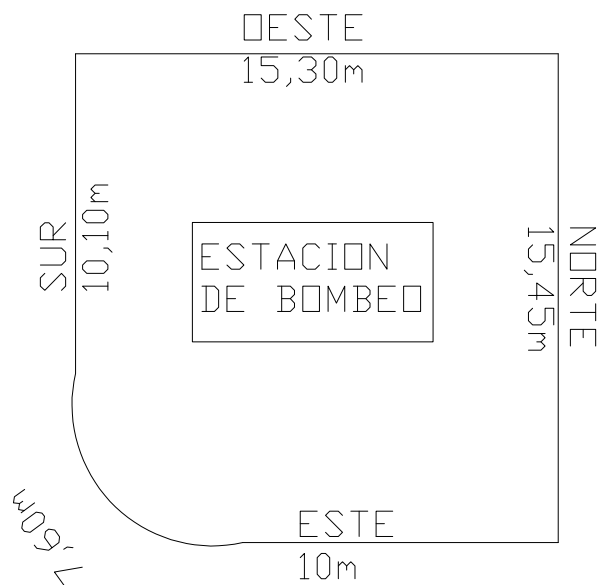
CAMARA HUMEDA



2,70m

DISTANCIA DE LA TUBERIA DE IMPULSION DE LA
ESTACION DE BOMBEO HASTA LA UNIDAD DE RESERVA
1176m

DIAMETRO DE LA TUBERIA DE IMPULSION 6"



TANQUES DE RESERVA ESTEBAN GODOY

CAPACIDAD: 1000m ³	ALTURA NETA: 4m
ALTURA DESFOGUE: 3,80m	CIRCUNFERENCIA:18m
RADIO:9m	

ALTURA DE LA UNIDAD DE RESERVA APROXIMADA
MEDIANTE GPS: **2227m**



NECESIDADES:

- CERRAMIENTO DE MALLA EN MALAS CONDICIONES
- NO EXISTE MANTENIMIENTO EN LAS UNIDADES DE RESERVA
- CONSTRUCCION DE CERRAMIENTO
- ADESCENTAMIENTO EN GENERAL
- REPARAR EL DAÑO EXISTENTE EN LA TUBERIA DE DESAGUE

ESTACION DE BOMBEO TIERRAS COLORADAS (CURITROJE)



**UBICACIÓN: PLANTA DE TRATAMIENTO CURITROJE
CHONTACRUZ**

**ALTURA DE LA ESTACIÓN APROXIMADA MEDIANTE GPS:
2437m**

**ALTURA DESDE LA ESTACION DE BOMBEO A LA UNIDAD
DE RESERVA APROXIMADA: 50m (+/- 10 m)**

**ALTURA DE BOMBEO DESDE LA ESTACION A LA
CAMARA DE ROTURA DE PRESIÓN: 96m (+/- 10m)**

CUARTO DE BOMBEO

- TABLERO PRINCIPAL
- 2 BREAKERS TRIFASICOS INDUSTRIALES DE 125A
- 1 AMPERIMETRO
- 1 VOLTIMETRO

GRUPO MOTOR BOMBA # 1 MONOBLOCK
MULTIETAPAS(SUCCION NEGATIVA)



TABLERO DE ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO

- 1 BREAKER TRIFASICO 200A
- 3 CONTACTORES TERMICOS
- 1 RELE TERMICO
- 1 RELE TEMPORIZADOR
- 1 SUPERVISOR DE FASES

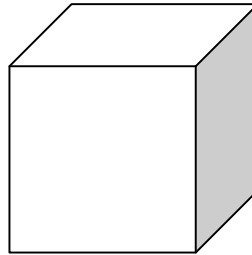
MOTOR: WEG NBR9094

MOTOR TRIFASICO 200M		08/01 BA92630	
60 HZ		CAT N	
Kw (Hp - Cv) 30-40		3560 RPM	
SF : 1,15	INSOL B	Ip/In= 7,8	IP 55
230/380/440 V		99/57,3/49,5 A	

BOMBA: MARCK BRASILEÑA

MOD HV4615	SERIE 01083084
CV 40	RPM 3500
SUCCION DE 3" A 4"	
IMPULSION DE 2" A 4"	

CARCAMO DE BOMBEO



3,30m

2m

2,60m

AFORO DE LA BOMBA

TIEMPO # 1	1'17"21"	ALTURA#1	1 cm
TIEMPO # 2	1'20 "30"	ALTURA#2	1 cm
TIEMPO # 3	1'07"20"	ALTURA#3	1 cm
TIEMPO # 4	1'20 " 13"	ALTURA#4	1 cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3.14 \cdot 16 \cdot (4,90)^2 \cdot 0,01\text{m} = 0,75429816 \text{ m}^3 = 754298,16\text{cm}^3 = 754,98 \text{ lts}$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3 + T_4)/4 = 395,396/4 = 76,21 \text{ seg}$$

$$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 9,9065 \text{ Lts / seg}$$

GRUPO MOTOR BOMBA # 2 MONOBLOCK
MULTIETAPAS (SUCCION NEGATIVA)



TABLERO TRIFASICO DE ARRANQUE ESTRELLA
TRIANGULO

- 3 CONTACTORES TERMICOS
- 1 RELE TERMICO
- 1 RELE TEMPORIZADOR
- 1 SUPERVISOR DE FASES

MOTOR: WEG NBR9094

MOTOR TRIFASICO 200M		08/01 BA92666	
60 HZ		CAT N	
Kw (Hp - Cv) 30-40		3560 RPM	
SF : 1,15	INSOL B ΔTK	Ip/In= 7,8	IP 55
230/380/440 V		99/57,3/49,5 A	

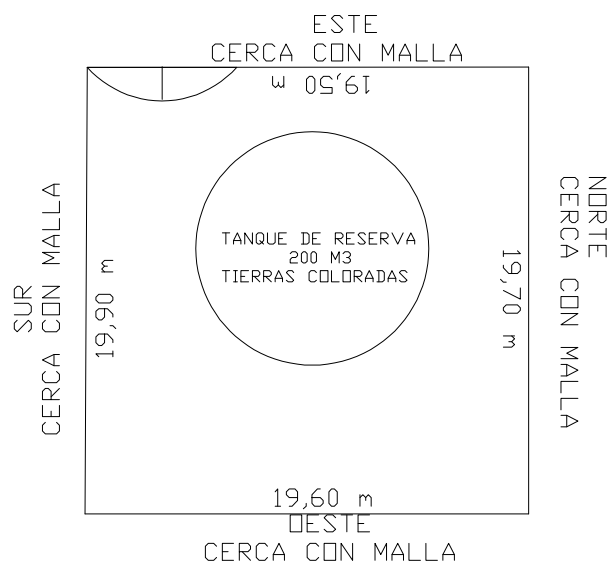
BOMBA: MARCK BRASILEÑA DESARMADA

**NO FUNCIONA GRUPO DESARMADO DAÑADO EN
ESPERA DE IMPORTACION DE REPUESTOS DE LA
BOMBA**

DIAMETRO DE TUBERIA DE 6"

DISTANCIA DE LA TUBERIA DE IMPULSION DE LA ESTACION DE BOMBEO HASTA LA CAMARA DE ROTURA DE PRESION **1498m**

DISTANCIA DE LA TUBERIA DE IMPULSION DE LA ESTACION DE BOMBEO HASTA LA UNIDAD DE RESERVA **2203,40m**



LA TUBERIA DE INGRESO ESTA POR ENCIMA DE LA TUBERIA DE DESBORDE

TANQUE DE RESERVA TIERRAS COLORADAS

CAPACIDAD: 200m ³	ALTURA NETA: 2,80m
ALTURA DESFOGUE: 2,35	CIRCUNFERENCIA: 9,80m

RADIO:4,90m	

ALTURA DE LA UNIDAD DE RESERVA APROXIMADA
MEDIANTE GPS: **2487m**

ALTURA DE LA CAMARA DE ROTURA DE PRESION
APROXIMADA MEDIANTE GPS: **2533m**

NECESIDADES Y RECOMENDACIONES:

- PINTAR TANQUE DE RESERVA
- SEGURIDADES PARA LAS TAPAS (CANDADOS)
- ESCALERAS 2 DE 1,20m Y UNA DE 1,60m
- TAPA EN MALAS CONDICIONES
- CAMARA DE VALVULAS 75 X 69cm
- ESCALERA INTERNA DE 3m



ESTACION DE BOMBEO PLANTA CURITROJE “LAVADO DE FILTROS”



UBICACIÓN: **PLANTA DE TRATAMIENTO CURITROJE CHONTACRUZ**

ALTURA DE LA ESTACIÓN APROXIMADA MEDIANTE GPS: **2437m**

ALTURA DESDE LA ESTACION DE BOMBEO A LA UNIDAD DE RESERVA APROXIMADA: **42m (+/- 10 m)**

GRUPO MOTOR BOMBA #1 MONOBLOCK (SUCCION NEGATIVO)



TABLERO DE ARRANQUE DIRECTO

- 1 CONTACTOR
- 1 RELE TERMICO
- 1 AMPERIMETRO

MOTOR: MARATHON ELECTRIC WASAU WISNCONSING

CAT N° M319			HZ 60
MODEL – 1VA 184 TTDR 7322DT			HP 7 ½
FR – 184JM	PH 3	TYPE TDR	RPM 3470
AMB – 40°C	INS –B	DUTY CONT	VOLT 208-230/460
FLEF 84.5	FLPPF		FLA 21-19,4 /9
LOW VOLTAJE	HIGH VOLTAJE		SF:1,15
			SFA
CA 17,48,7	PBRG-307		CODE – H

BOMBA: BERKELEY PUMPS

MODEL B1 -1/2 TPMS	SN OR DATE 6070494
IMPELLER DIA 6	BM B58086

AFORO DE LA BOMBA # 1

TIEMPO # 1	0'42"55"	ALTURA#1	1 cm
TIEMPO # 2	0'41 "94"	ALTURA#2	1 cm
TIEMPO # 3	0'47"48"	ALTURA#3	1 cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3.14 \cdot 16 \cdot (2,30)^2 \cdot 0,01 \text{ m} = 0,16619064 \text{ m}^3 = 166190,64 \text{ cm}^3 = 166,19064 \text{ lts}$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3) / 3 = 131,97 / 3 = 43,99 \text{ seg}$$

$$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 3,7779 \text{ Lts / seg}$$

GRUPO MOTOR BOMBA #2 MONOBLOCK(SUCCION NEGATIVA)



TABLERO DE ARRANQUE DIRECTO

- 1 CONTACTOR
- 1 RELE TERMICO
- 1 AMPERIMETRO

MOTOR: MARATHON ELECTRIC

CAT N° M319			HZ 60
MODEL – 1VA 184 TTDR 7322DT			HP 7 ½
FR – 184JM	PH 3	TYPE TDR	RPM 3470
AMB – 40°C	INS –B	DUTY CONT	VOLT 208-230/460

FLEF 84.5	FLPPF	FLA 21-19,4 /9
LOW VOLTAJE	HIGH VOLTAJE	SF:1,15
		SFA
CA 17,48,7	PBRG-307	CODE – H

BOMBA: BERKELEY PUMPS

MODEL B1 -1/2 TPMS	SN OR DATE 6311094
IMPELLER DIA 6	BM B58086

MANOMETRO 6,20 BAR = **89,92 PSI**

AFORO DE LA BOMBA # 2

TIEMPO # 1	0'54"52"	ALTURA#1	1 cm
TIEMPO # 2	0'46 "96"	ALTURA#2	1 cm
TIEMPO # 3	0'56"72"	ALTURA#3	1 cm

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3.14 \cdot 16 \cdot (2,30)^2 \cdot 0,01\text{m} = 0,16619064 \text{ m}^3 = 166190,64\text{cm}^3 = 166,19064 \text{ lts}$$

$$T_p = (T_1 + T_2 + T_3) / 3 = 158,2 / 3 = 52,7333 \text{ seg}$$

$$Q \text{ de bombeo} = V / T_p = 3,1515 \text{ Lts / seg}$$

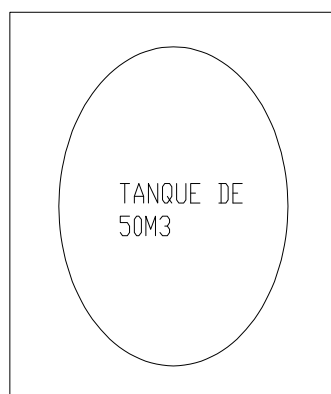
DISTANCIA DE LA TUBERIA DE IMPULSION DE LA
ESTACION DE BOMBEO HASTA LA UNIDAD DE RESERVA
268,6m

DIAMETRO DE LA TUBERIA DE IMPULSION 3"

TANQUE DE RESERVA PARA LAVADO DE FILTROS

CAPACIDAD: 50m ³	ALTURA NETA: 3,15m
ALTURA DESFOGUE: 2,95	CIRCUNFERENCIA:4,60m
RADIO:2,30m	

ALTURA DE LA UNIDAD DE RESERVA APROXIMADA
MEDIANTE GPS: **2479m**

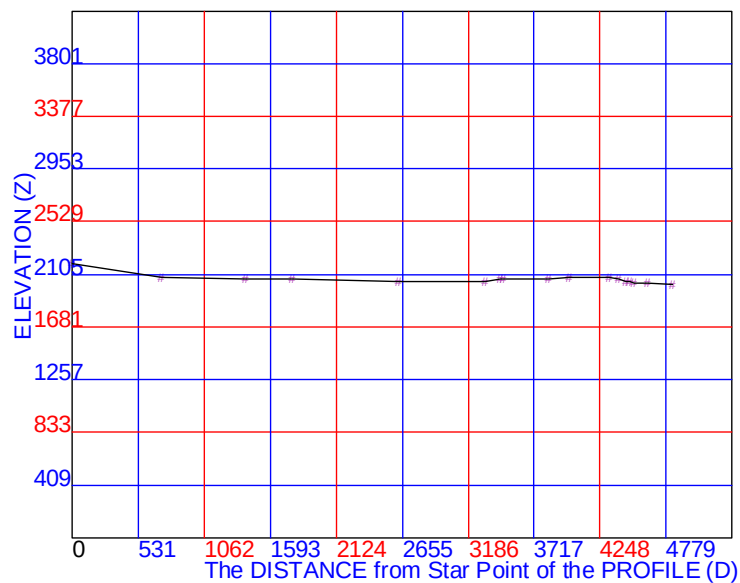


NECESIDADES:

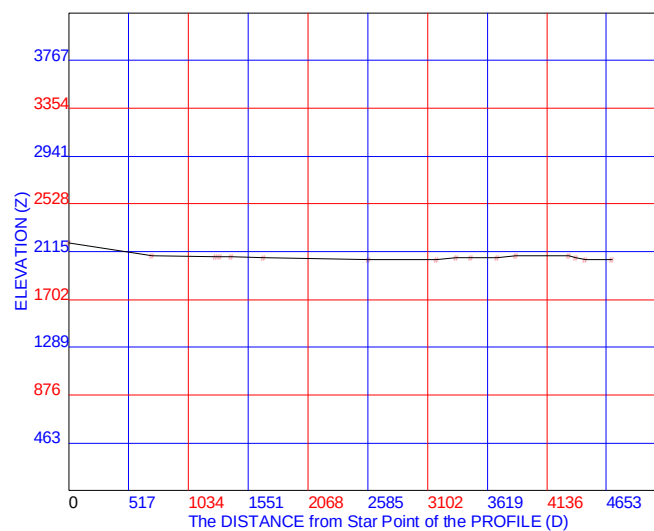
- ENLUCIR EL TANQUE
- 1 ESCALERA DE ACCESO DE 1,90m
- 1 ESCALERA DE ACCESO DE 1,80
- 1 ESCALERA INTERNA AL TANQUE DE 3,40m

A2. PERFILES DE TERRENOS DE LOS ENLACES DE RADIO.

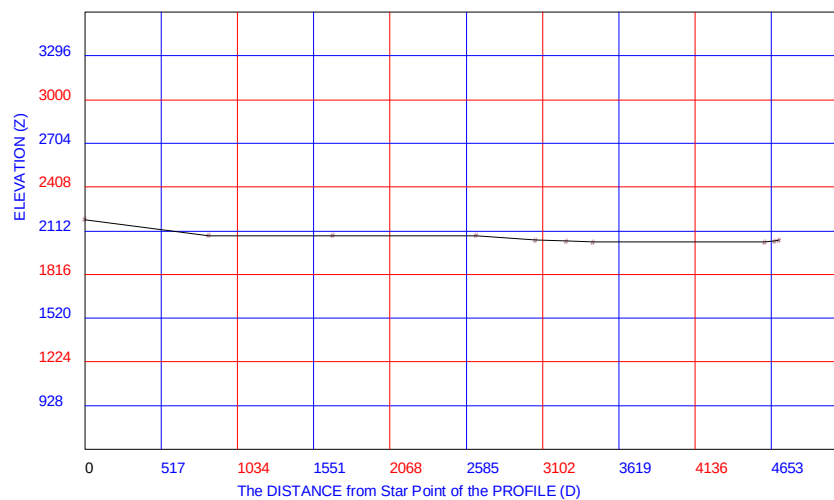
Perfil Nro. 1 ESTACION DE BOMBEO CONSACOLA-BOLACACHI



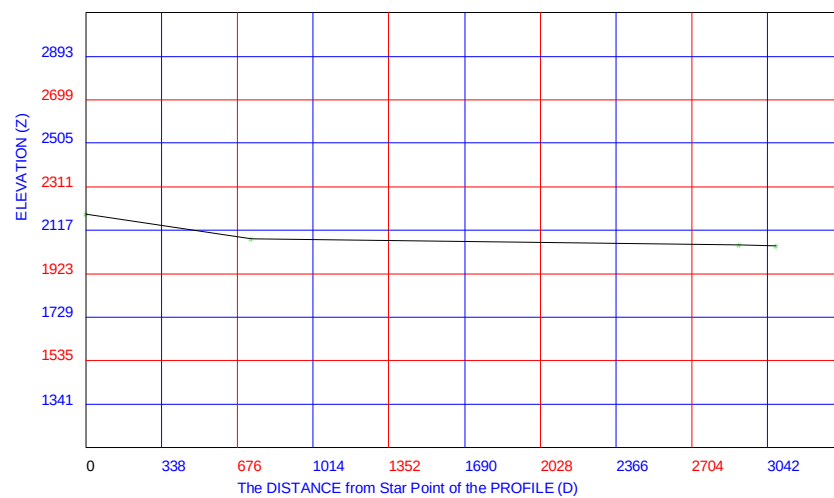
Perfil Nro. 2 ESTACION DE BOMBEO LAS PITAS CHOFERES



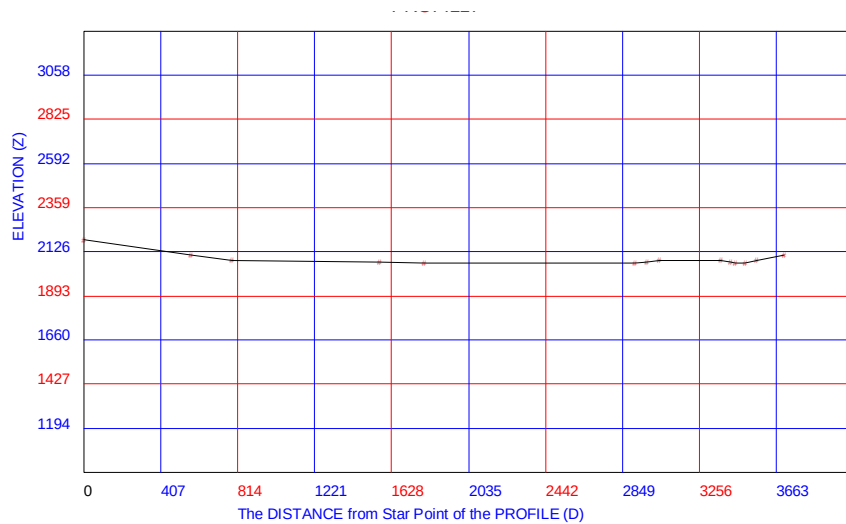
Perfil Nro. 3 ESTACION DE BOMBEO ESTANCIA NORTE



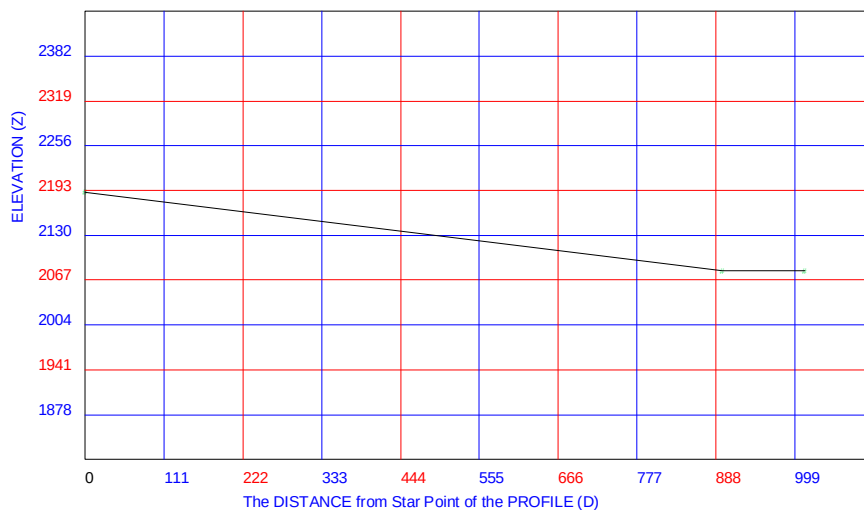
Perfil Nro. 4 ESTACION DE BOMBEO CLODOVEO JARAMILLO ALVARADO



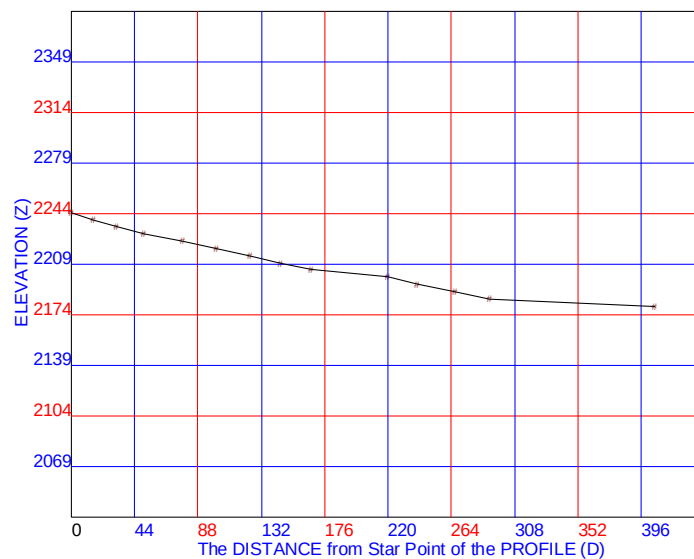
Perfil Nro. 5 ESTACION DE BOMBEO # 2 CLODOVEO JARAMILLO ALVAR



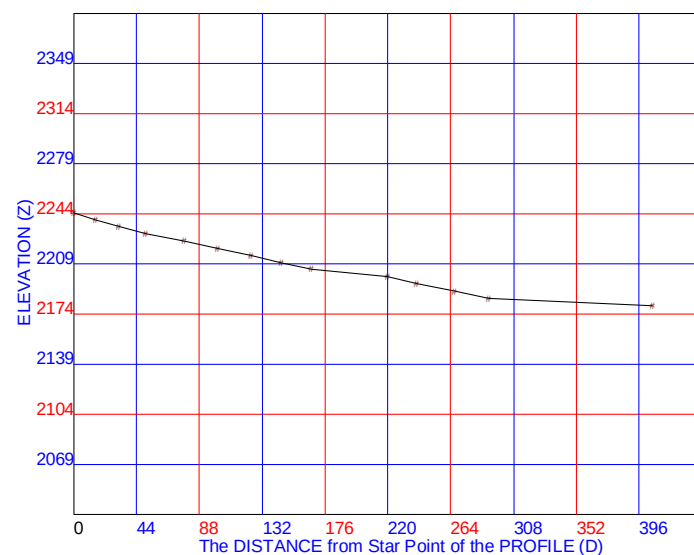
Perfil Nro. 6 ESTACION DE BOMBEO DE BORJA BELEN



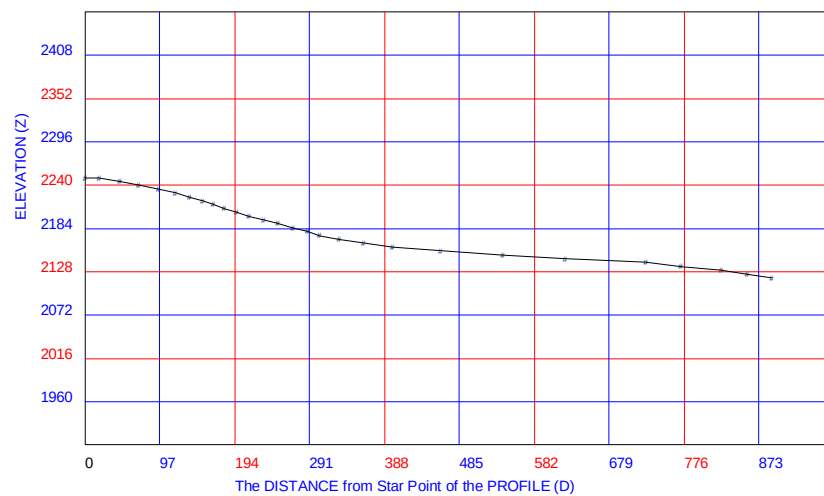
Perfil Nro. 7 ESTACION DE BOMBEO OCCIDENTAL (LAS PEÑAS)



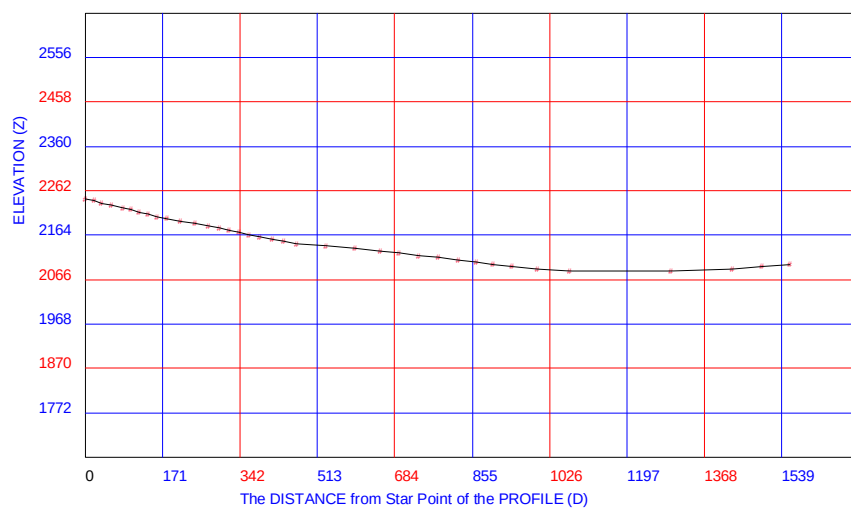
Perfil Nro. 8 ESTACION DE BOMBEO TANQUE DE LAVADO PLANTA CURITROJE



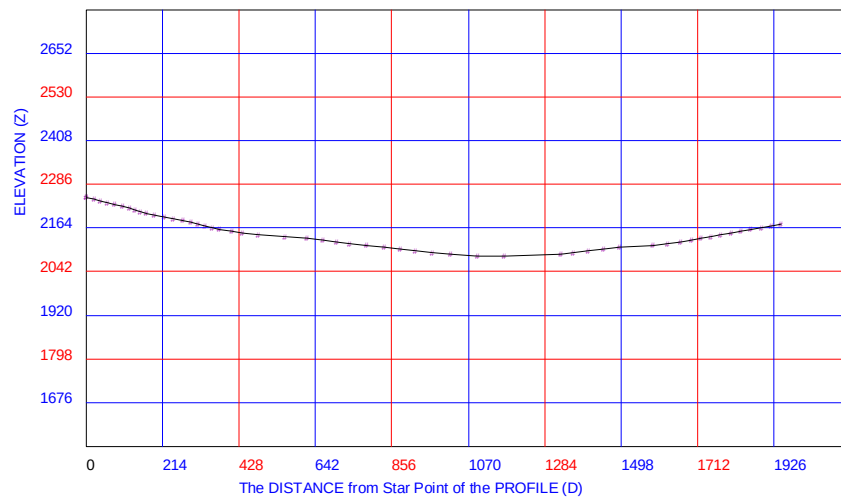
Perfil Nro. 9 ESTACION DE BOMBEO LA PRADERA



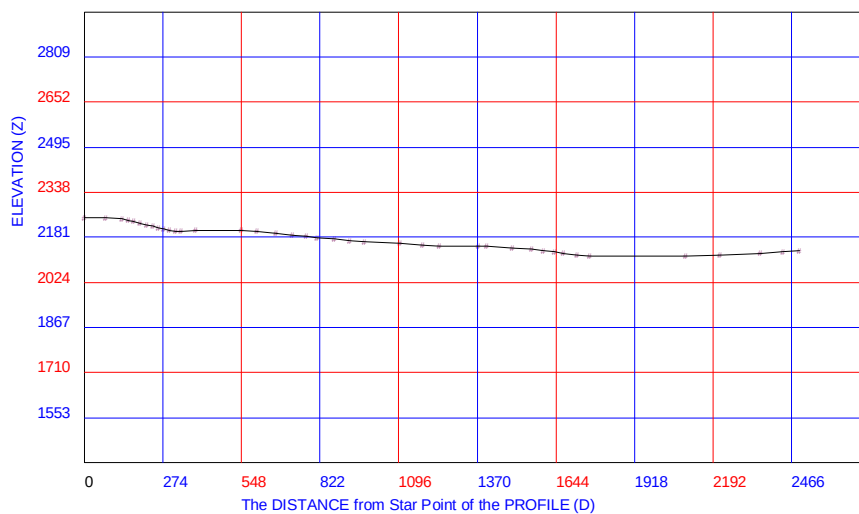
Perfil Nro. 10 ESTACION DE BOMBEO EPOCA #1



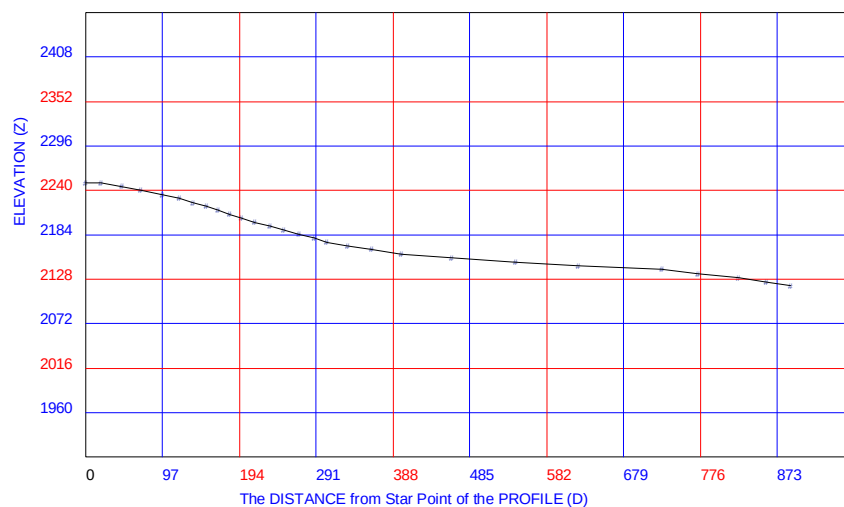
Perfil Nro. 11 ESTACION DE BOMBEO EPOCA # 2



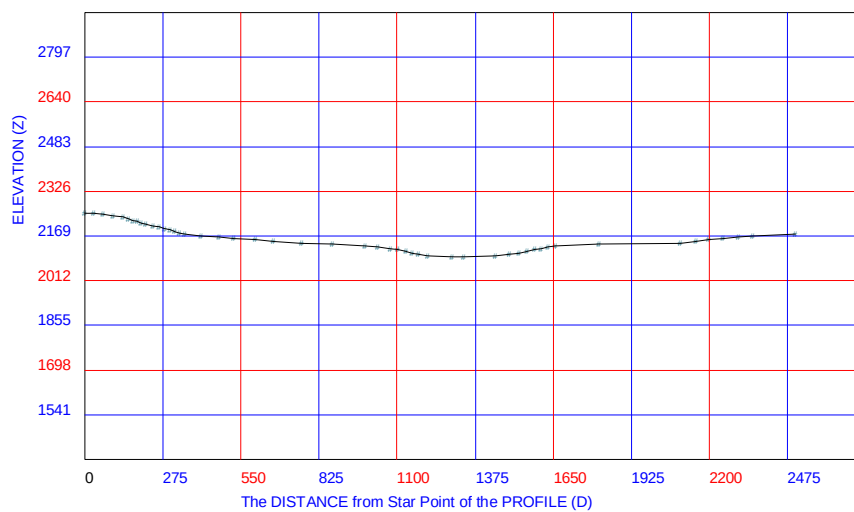
Perfil Nro. 12 ESTACION DE BOMBEO DE UNION LOJANA



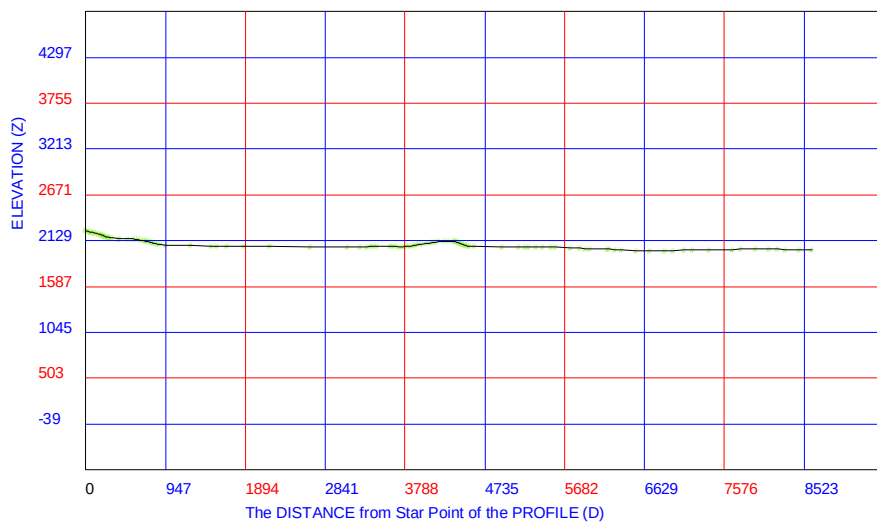
Perfil Nro. 13 ESTACION DE BOMBEO DE YAHUARCUNA



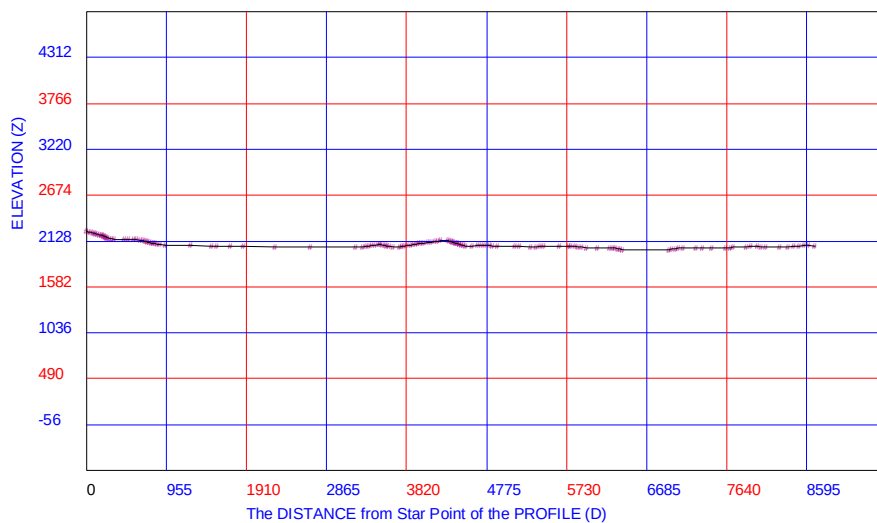
Perfil Nro. 14 ESTACION DE BOMBEO HEROES DEL CENEPA



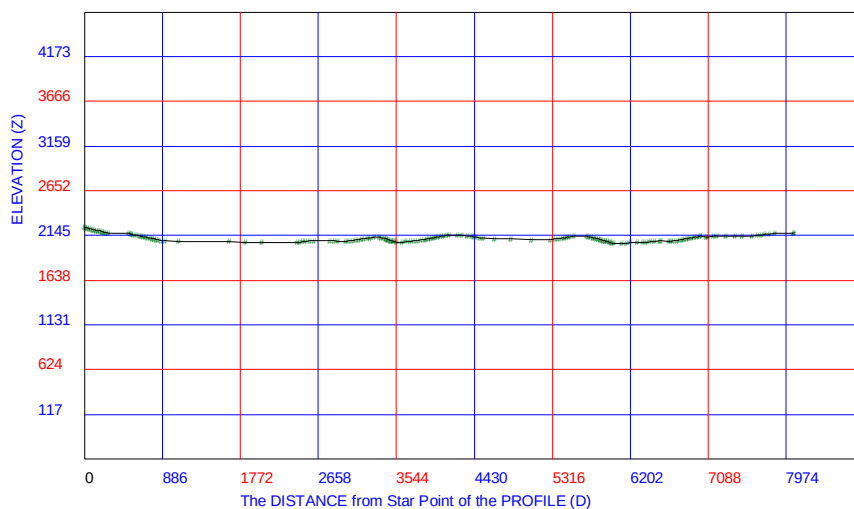
Perfil Nro. 15 TANQUE ZONA B 2 N^a 35 SAUCES NORTE



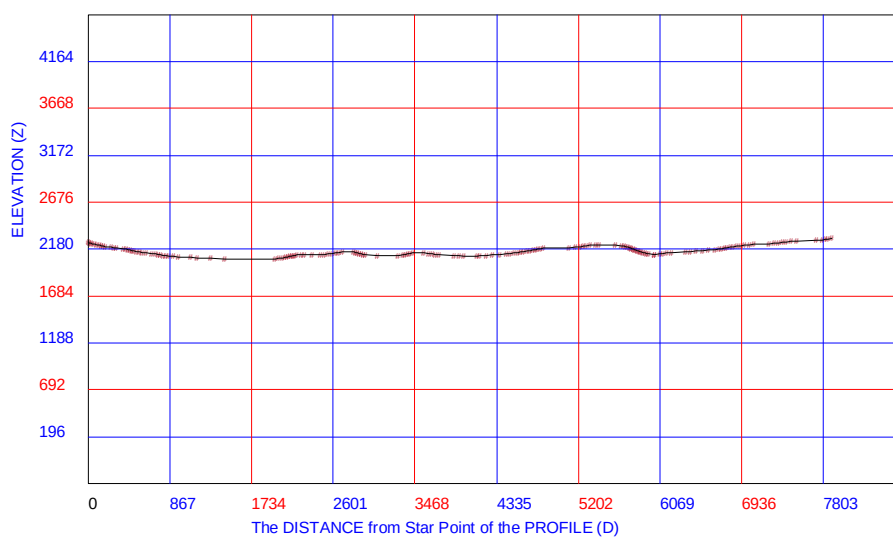
Perfil Nro. 16 TANQUE ZONA B 2 N^a 34 SAUCES NORTE



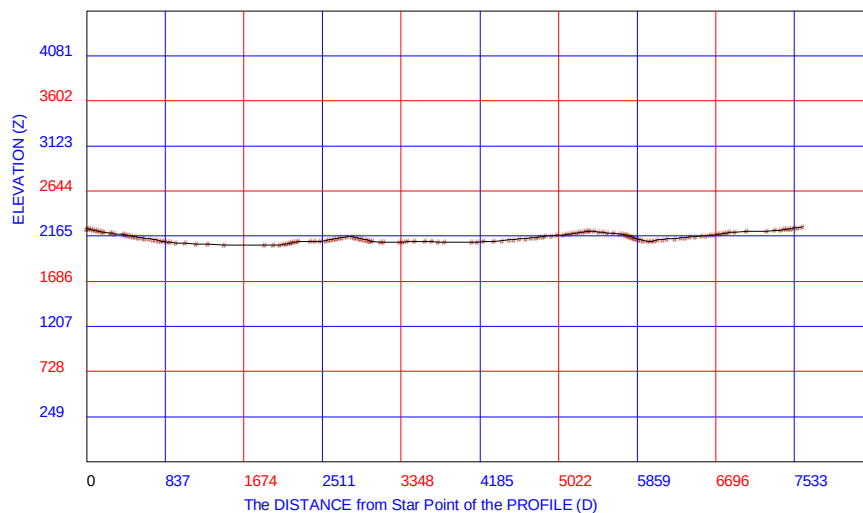
Perfil Nro. 17 TANQUE MOTUPE ALTO



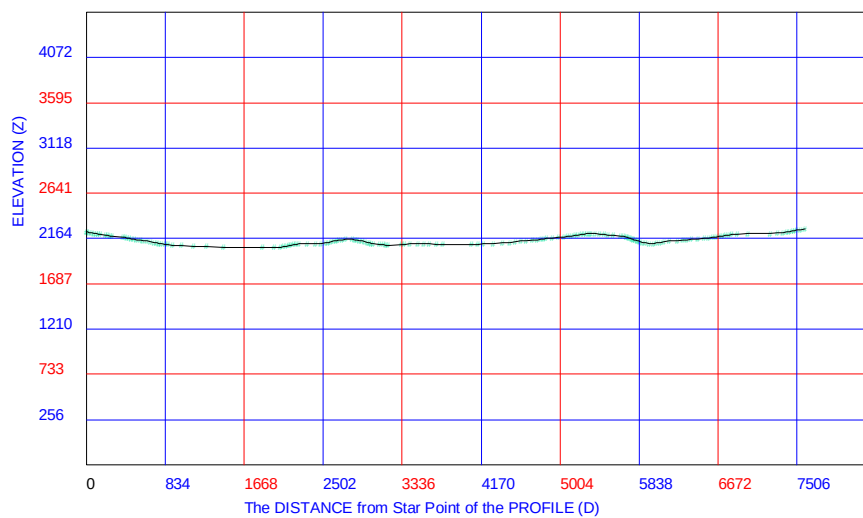
Perfil Nro. 18 PLANTA POTABILIZADORA DE CARIGAN



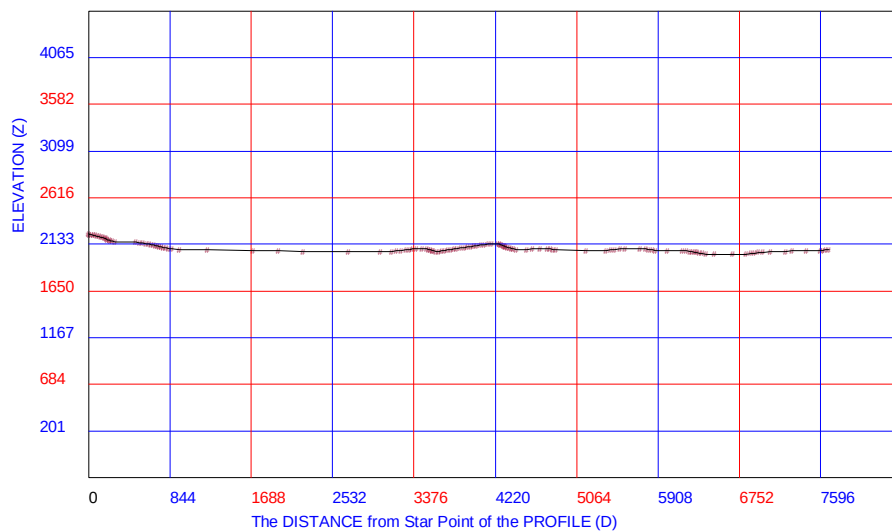
Perfil Nro. 19 TANQUE CARIGAN 1.



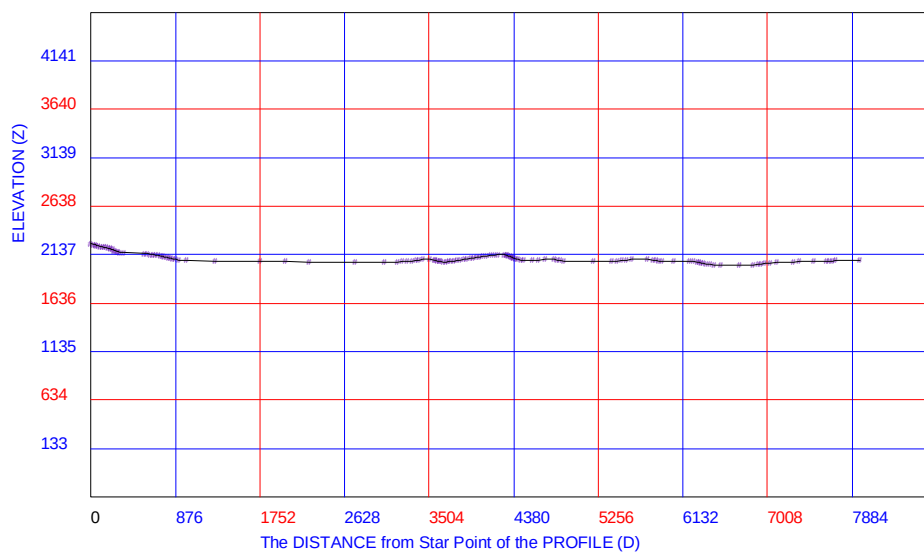
Perfil Nro. 20 TANQUE AMABLE MARIA



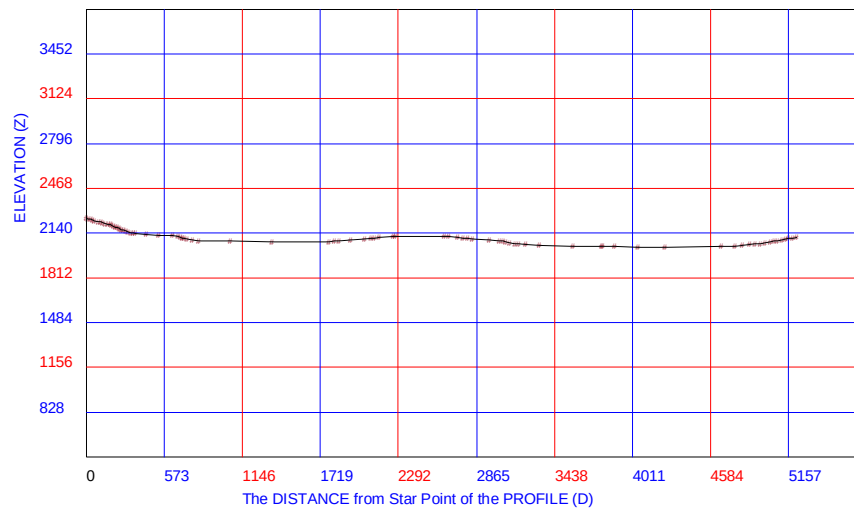
Perfil Nro. 21 TANQUE CARIGAN 2.



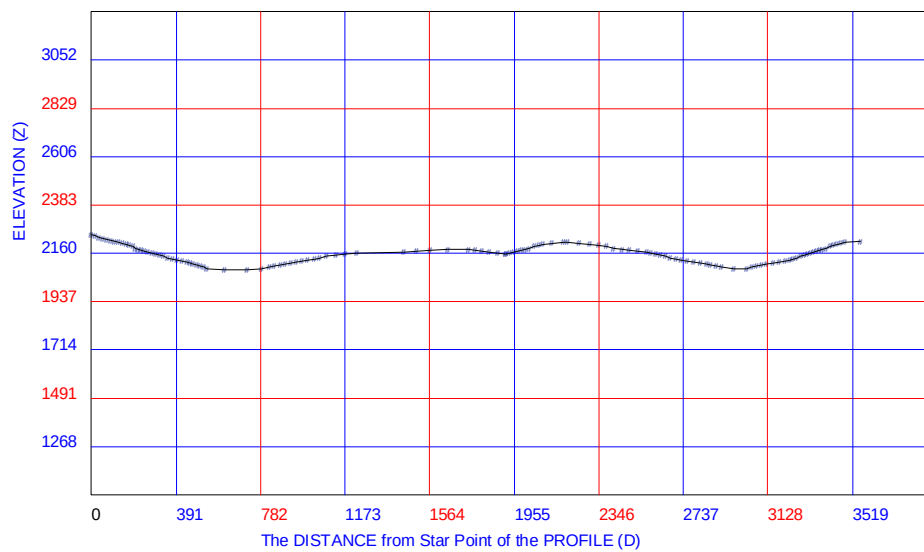
Perfil Nro. 22 TANQUE CARIGAN3.



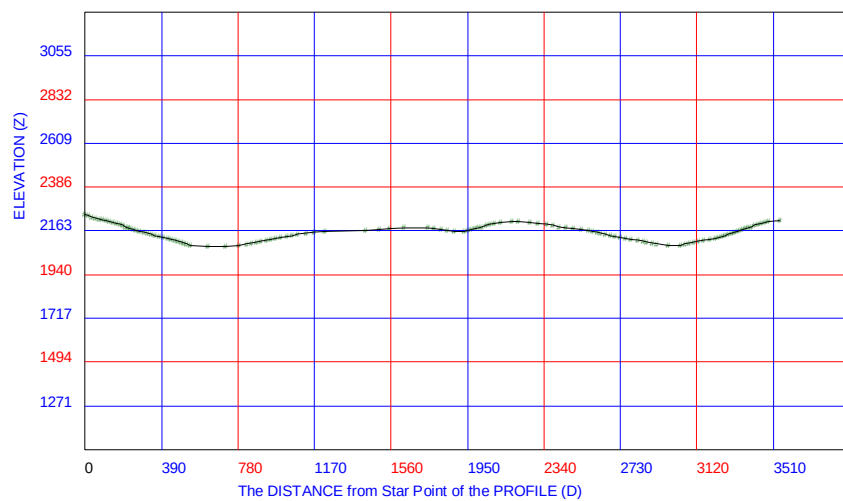
Perfil Nro. 23 TANQUE ESTANCIA NORTE.



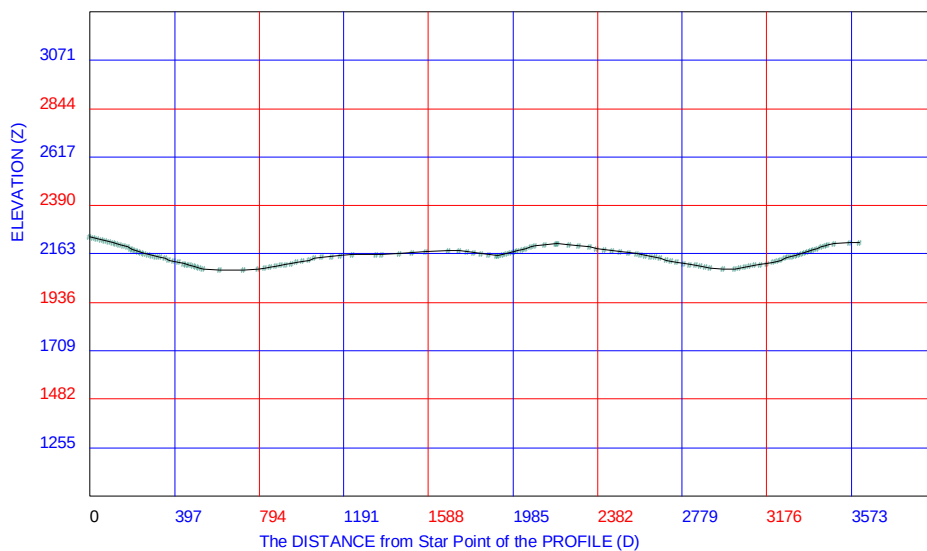
Perfil Nro. 24 TANQUE ZONA 1 SAMANA



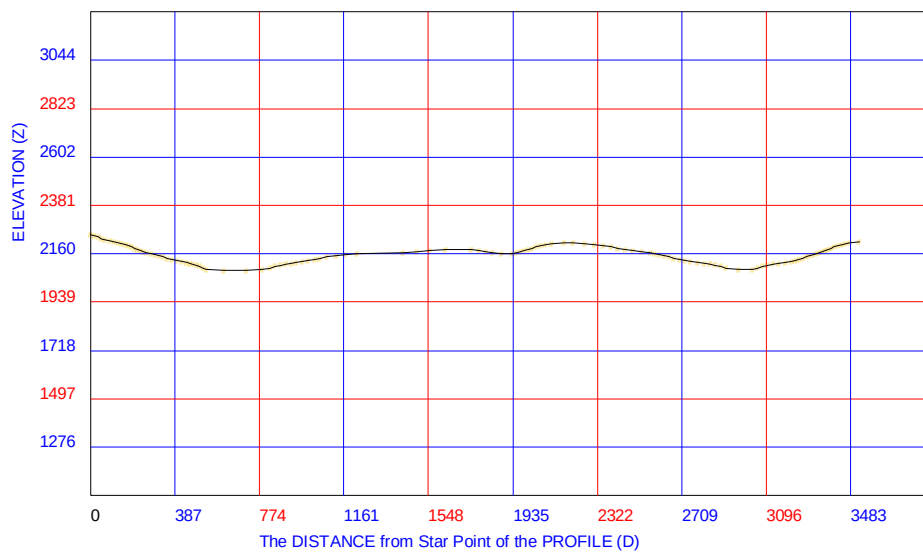
Perfil Nro. 25 TANQUE ZONA 2 SAMANA



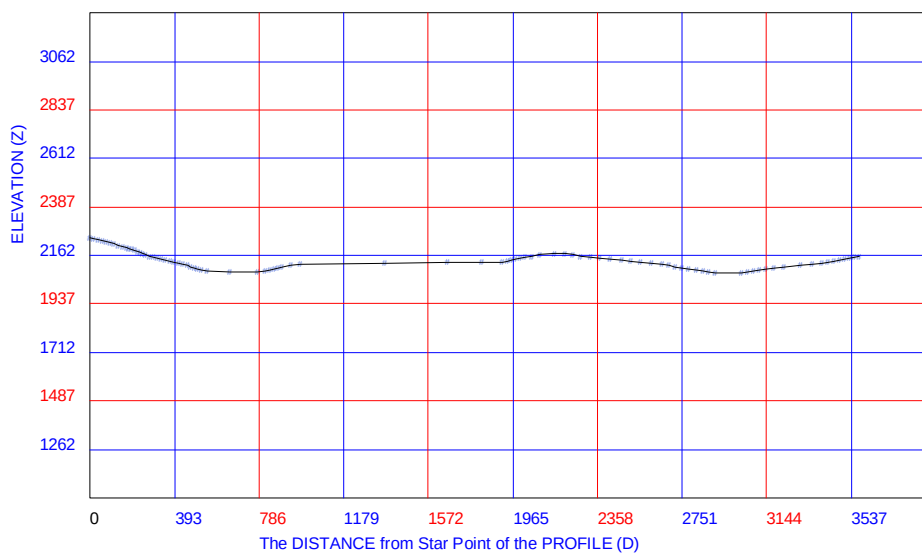
Perfil Nro. 26 TANQUE ZONA 3 SAMANA



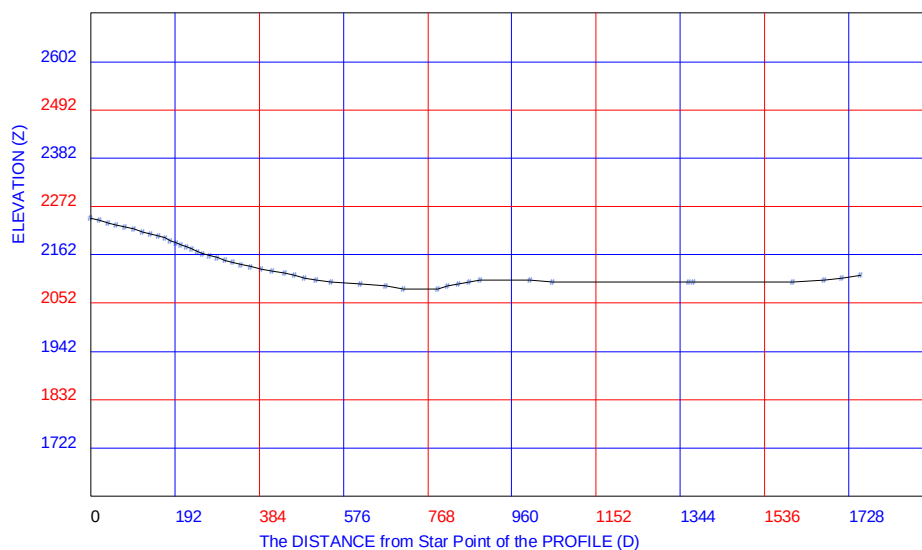
Perfil Nro. 27 TANQUE SAMANA ALTO



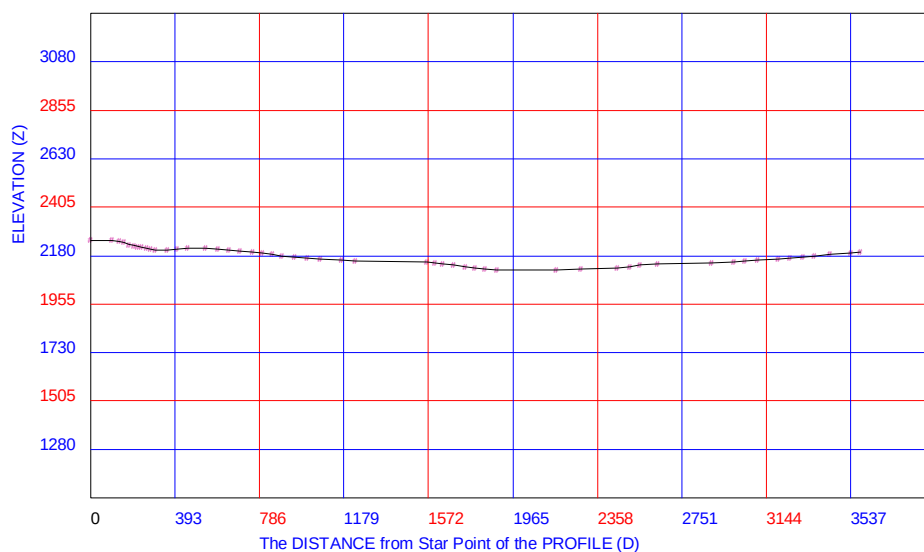
Perfil Nro. 28 TANQUE ZAMANA OTRA LINEA



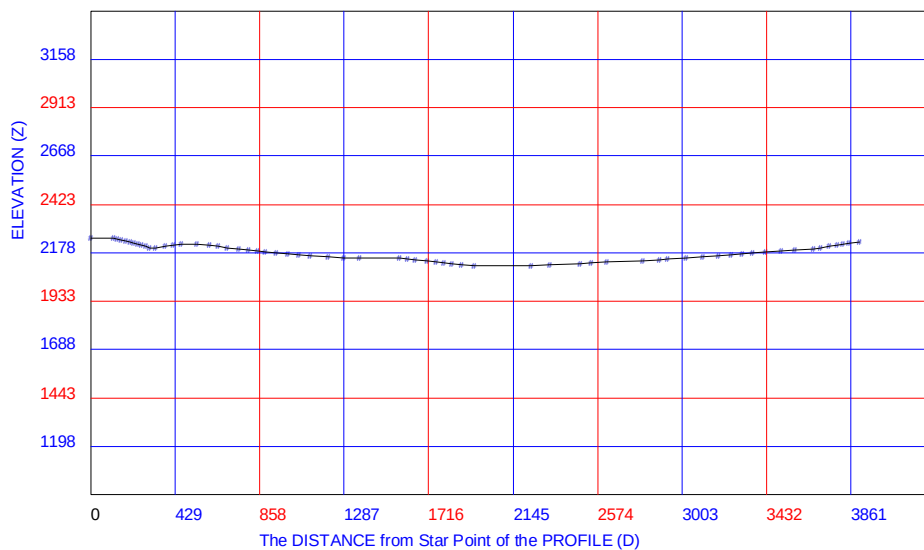
Perfil Nro. 29 TANQUE SAN CAYETANO BAJO



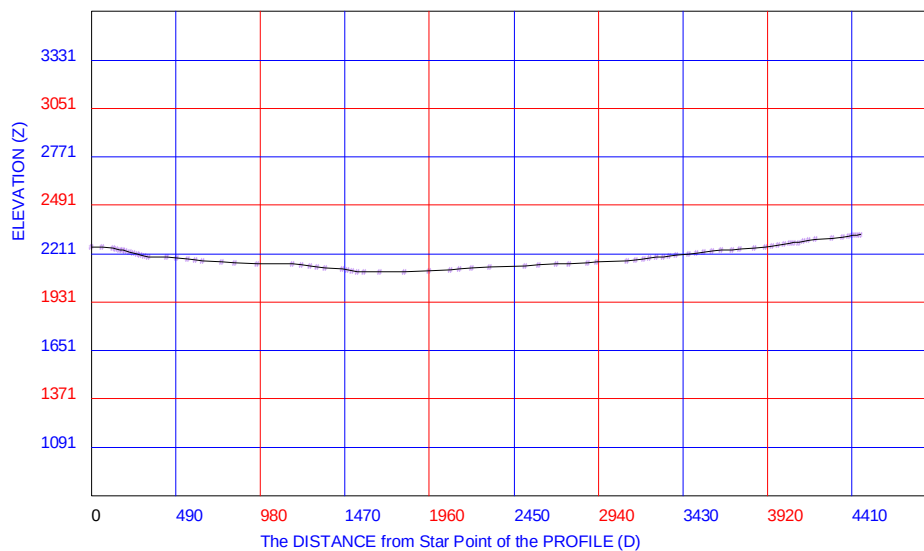
Perfil Nro. 30 Tanque ENTRADA JULIO ORDOÑEZ



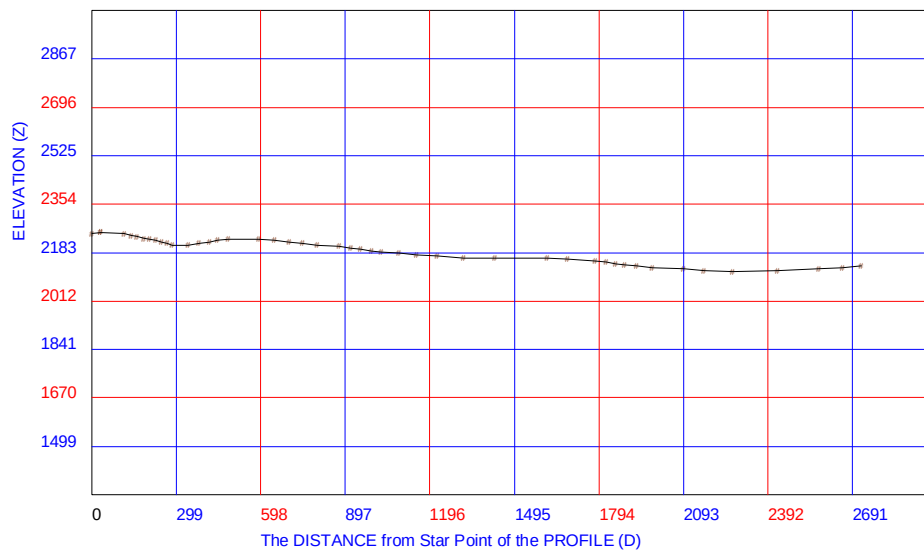
Perfil Nro. 31 TANQUE ZONA 1 N^a 13 LA ARGELIA



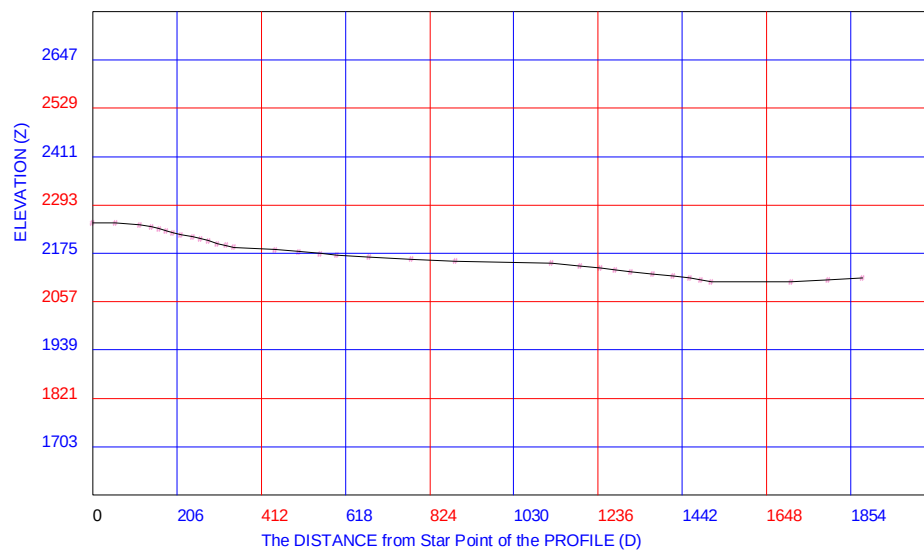
Perfil Nro. 32 PLANTA de TTO EN CONSTRUCCIÓN DE LA CIUDADELA UNIVERSITARIA



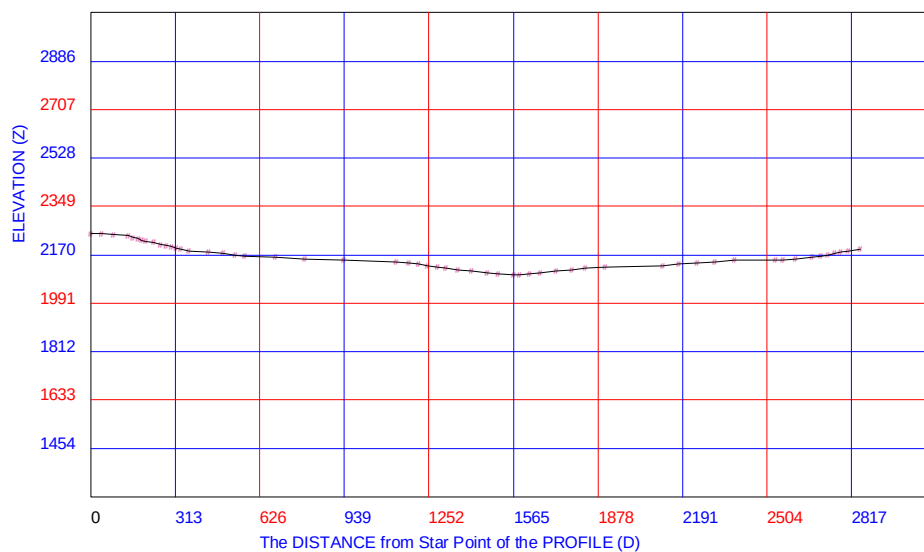
Perfil Nro. 33 ESTACIÓN DE BOMBEO REDONDEL DE LA UNL



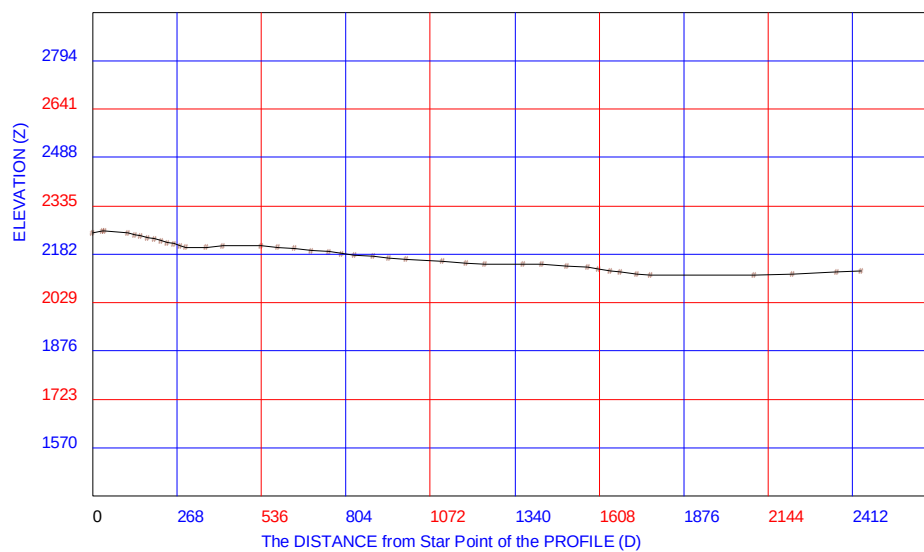
Perfil Nro. 34 ESTACIÓN DE BOMBEO AVENIDA HEROES DEL CENEP



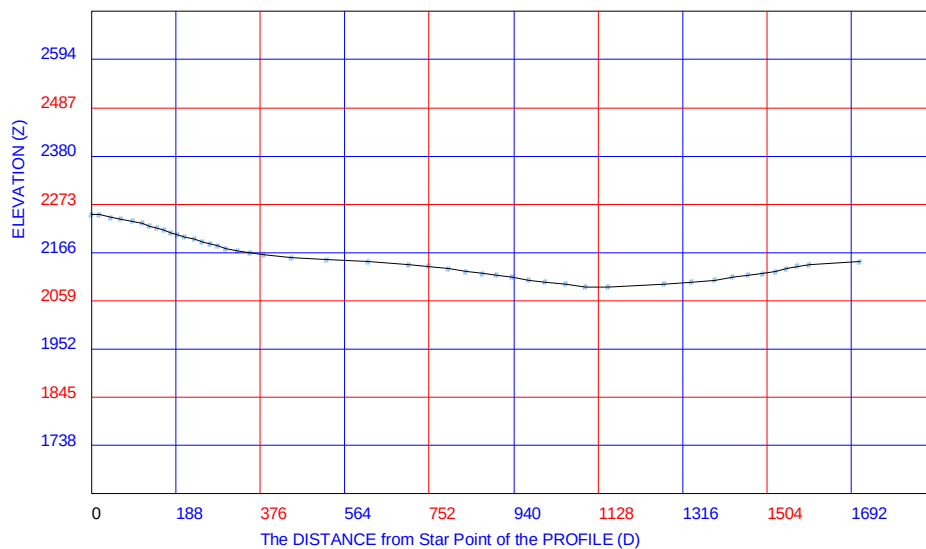
Perfil Nro. 35 TANQUE ZONA 1 Nª 14 ESTEBAN GODOY



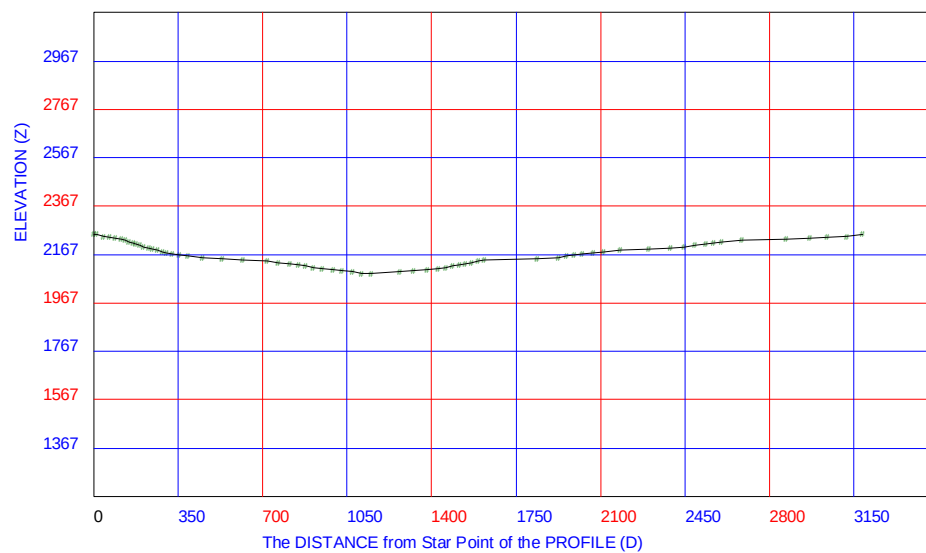
Perfil Nro. 36 ESTACION DE BOMBEO LA TEBaida



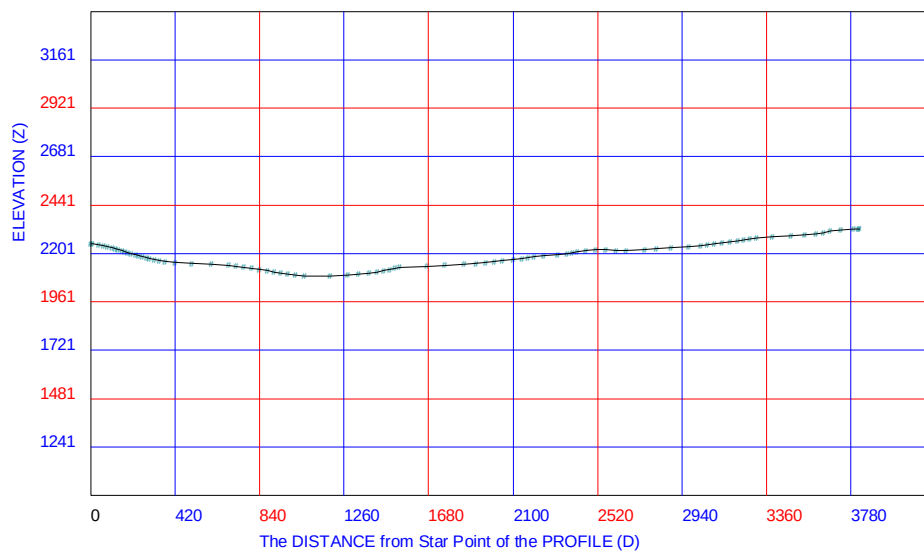
Perfil Nro. 37 TANQUE UNION LOJANA



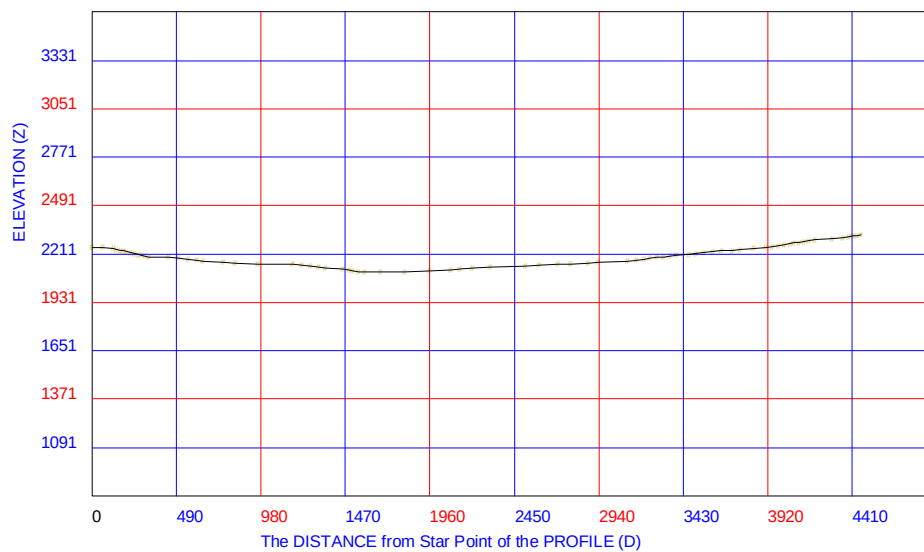
Perfil Nro. 38 TANQUE ZONA 3 Nª 15 PUNZARA



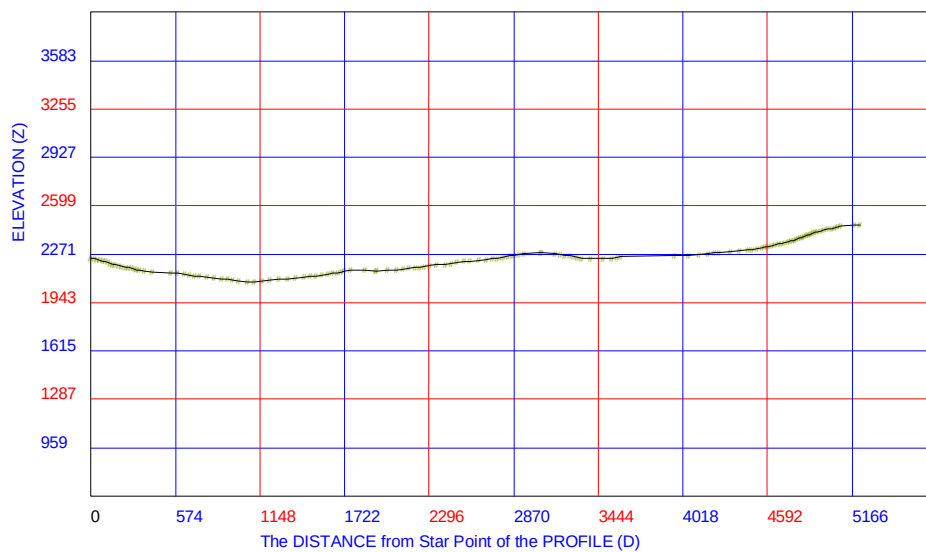
Perfil Nro. 39 TANQUE ZONA 3 Nª 16 CURITROGE1



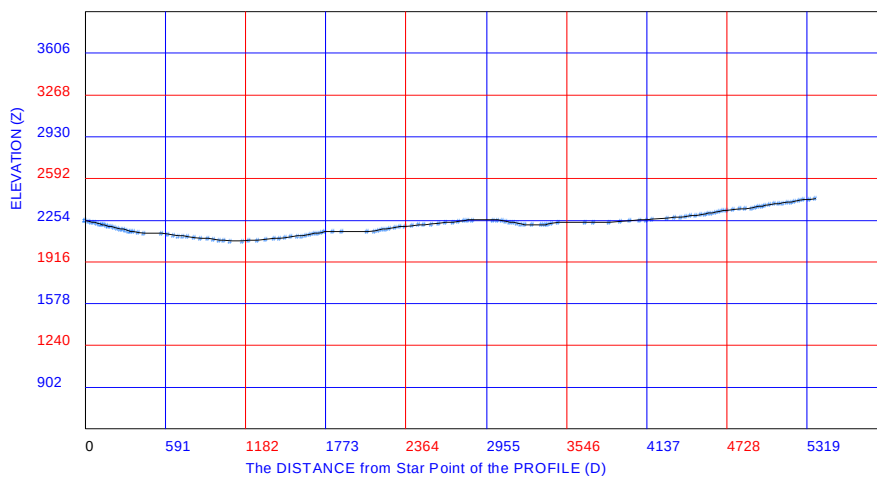
Perfil Nro. 40 PLANTA TTO CURITROJE.



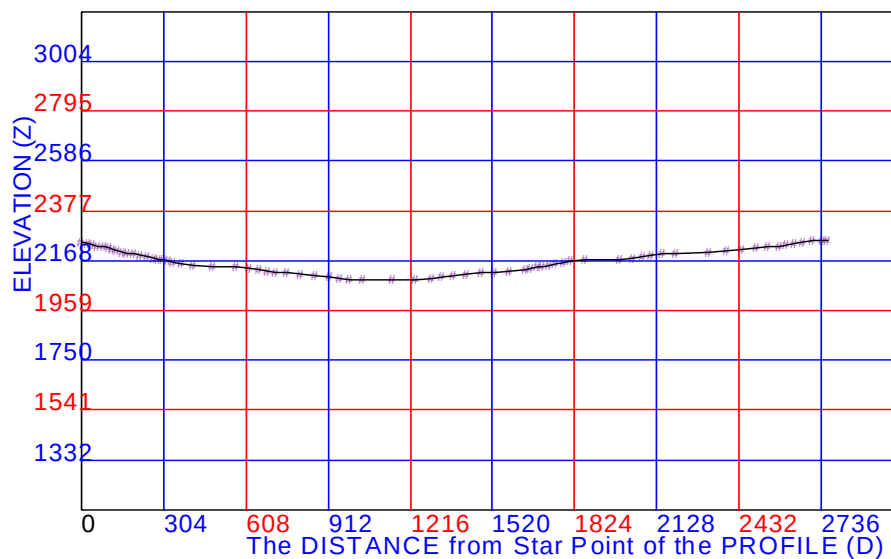
Perfil Nro. 41 TANQUE TIERRAS COLORADAS



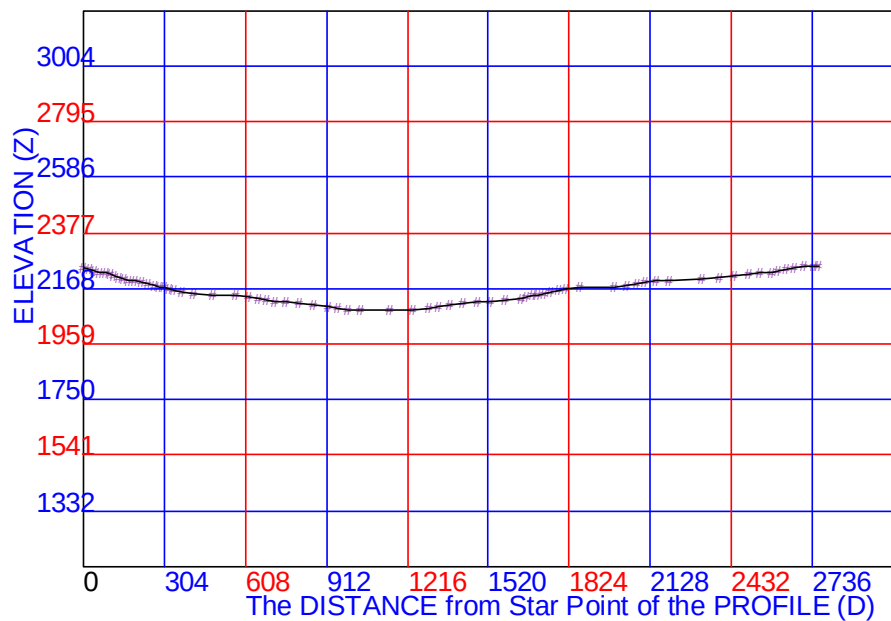
Perfil Nro. 42 TANQUE TIERRAS COLORADAS



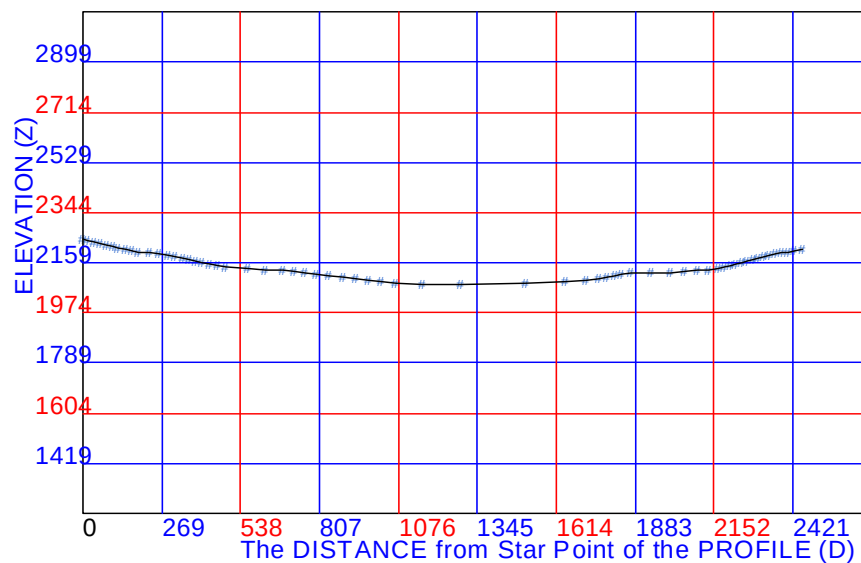
Perfil Nro. 43 TANQUE ZONA 3 Nª 17 CURITROGE2



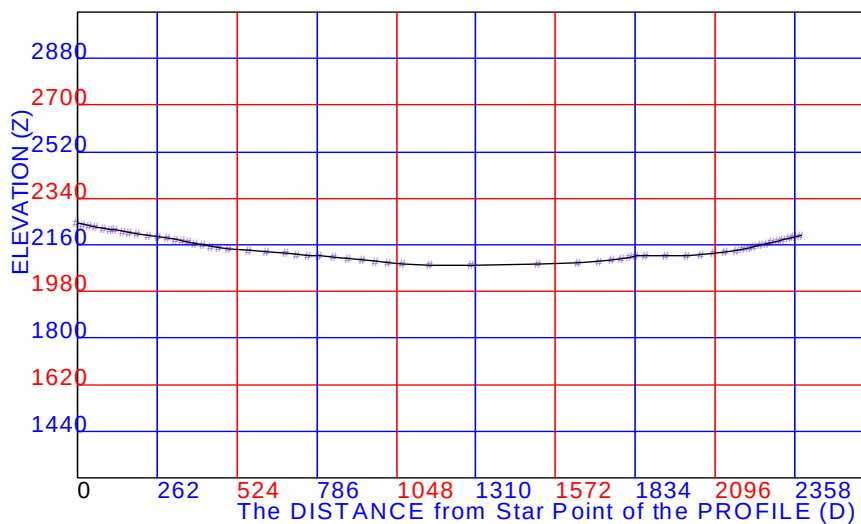
Perfil Nro. 44 TANQUE ZONA 2 Nª 19 SAN PEDRO



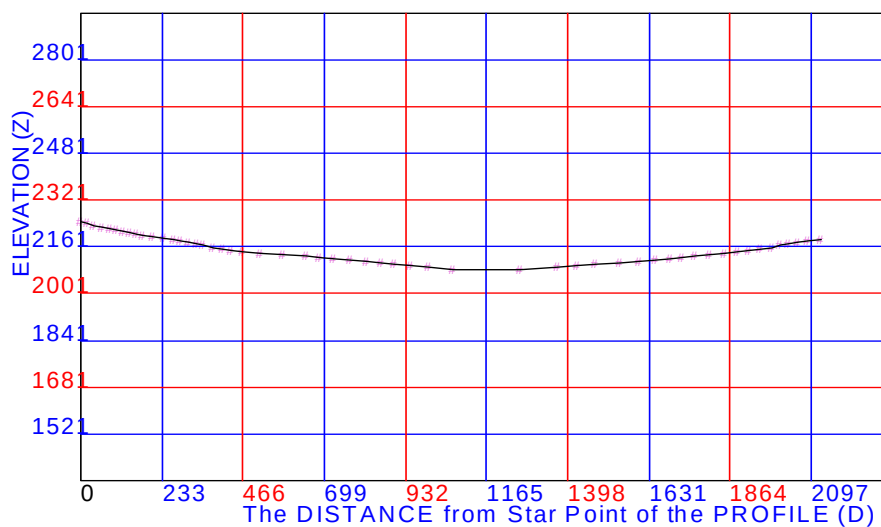
Perfil Nro. 45 TANQUE ZONA 2 Nª 21 CAPUL-



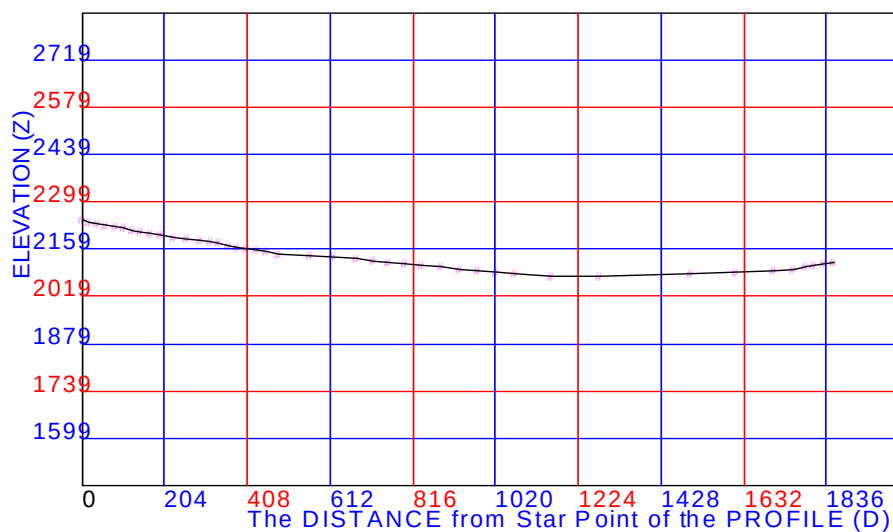
Perfil Nro. 46 TANQUE ZONA 2 Nª 22 CAPUL-



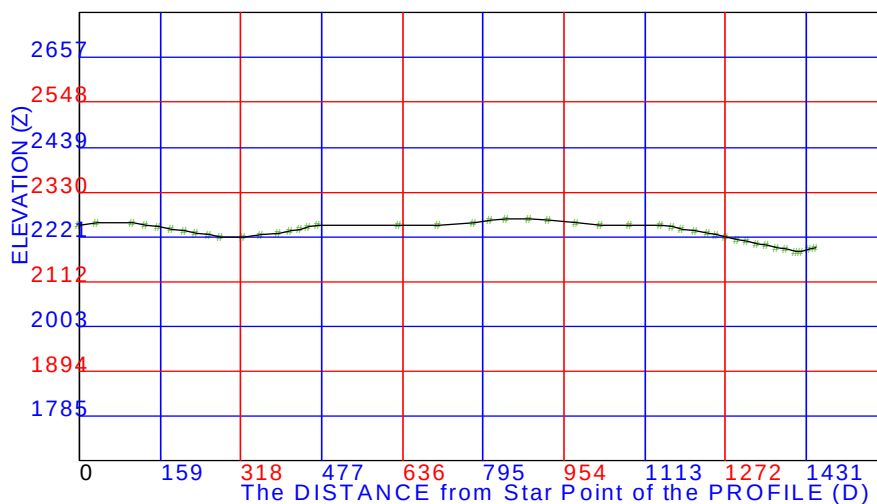
Perfil Nro. 47 TANQUE ZONA 2 Nª 20 SAN PEDRO



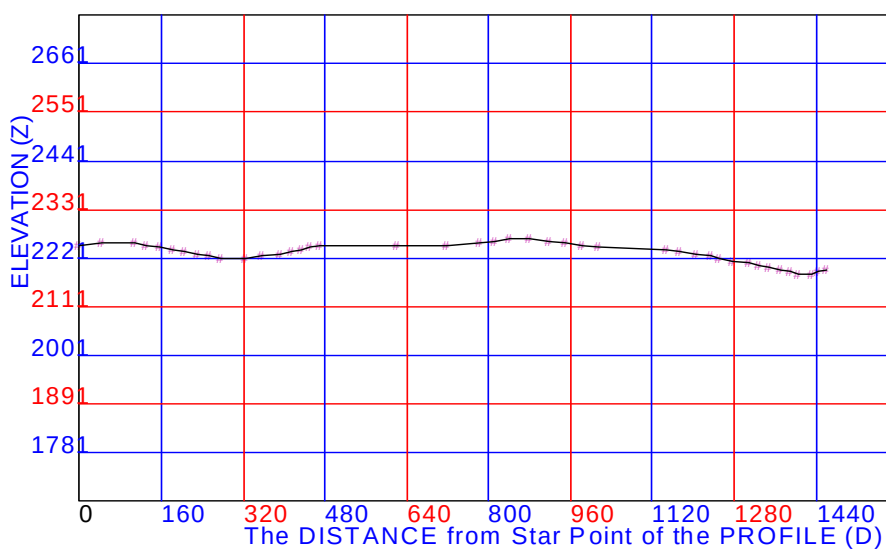
Perfil Nro. 48 ESTACION DE BOMBEO LAS PEÑAS



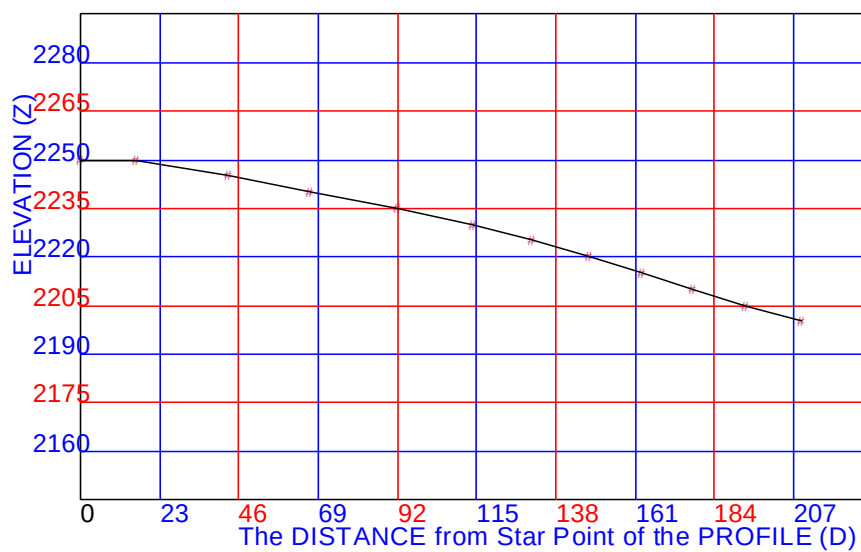
Perfil Nro. 49 TANQUE ZE 6 N^a 11 EL ROSAL



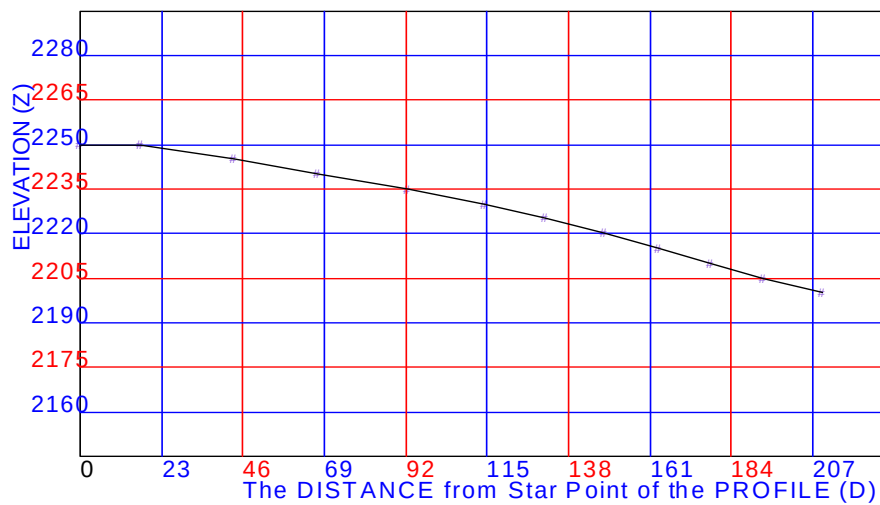
Perfil Nro. 50 TANQUE ZE 6 N^a 12 EL ROSAL



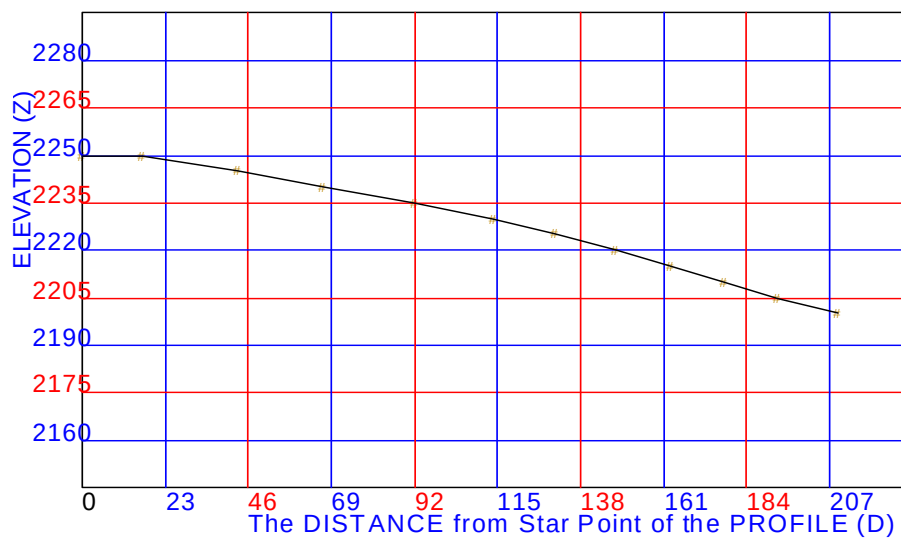
Perfil Nro. 51 TANQUE ZE 6 Nª 8 PRADERA



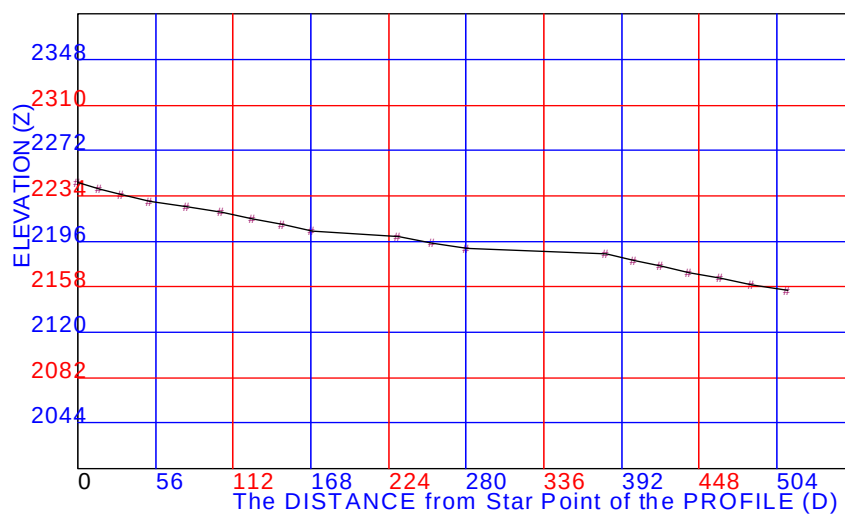
Perfil Nro. 52 TANQUE ZE 6 Nª 9 PRADERA



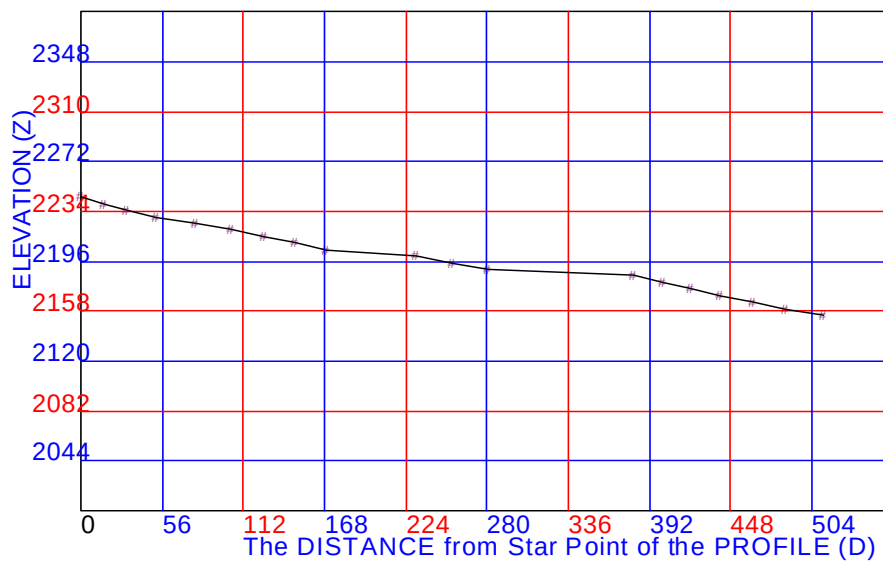
Perfil Nro. 53 TANQUE V-A AL TELEFERICO



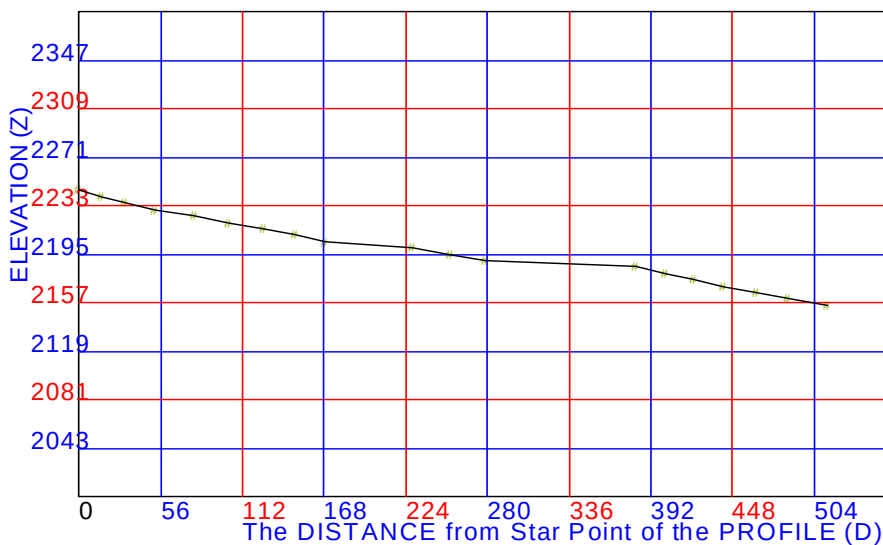
Perfil Nro. 54 TANQUE ZCA Nª 3 PUCARA



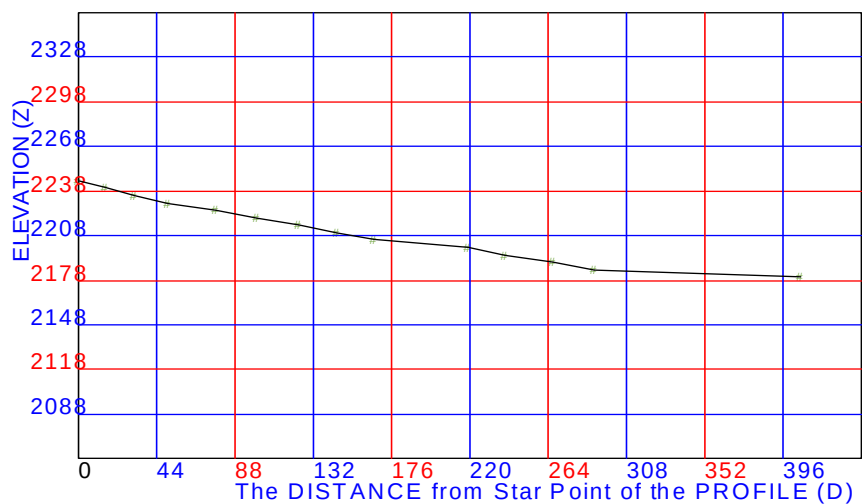
Perfil Nro. 55 TANQUE ZCA Nª 4 PUCARA



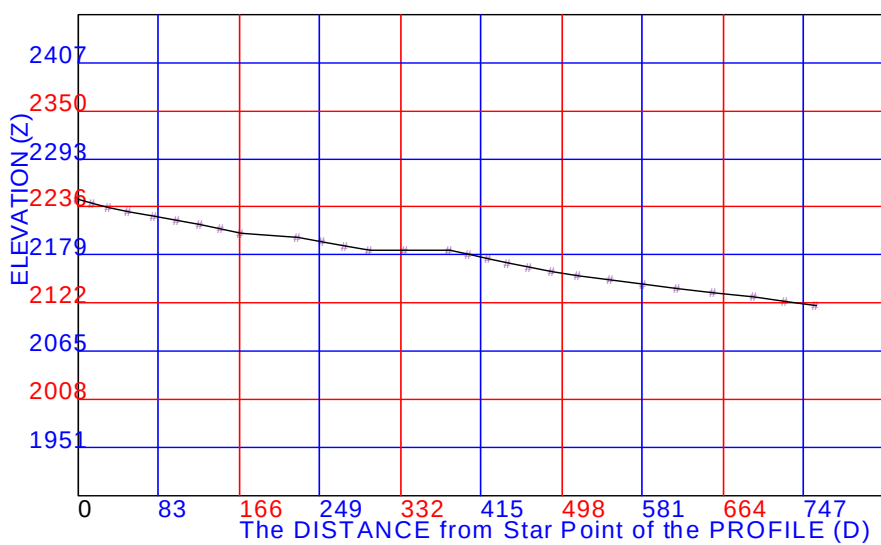
Perfil Nro. 56 TANQUE ZCA Nª 5 PUCARA



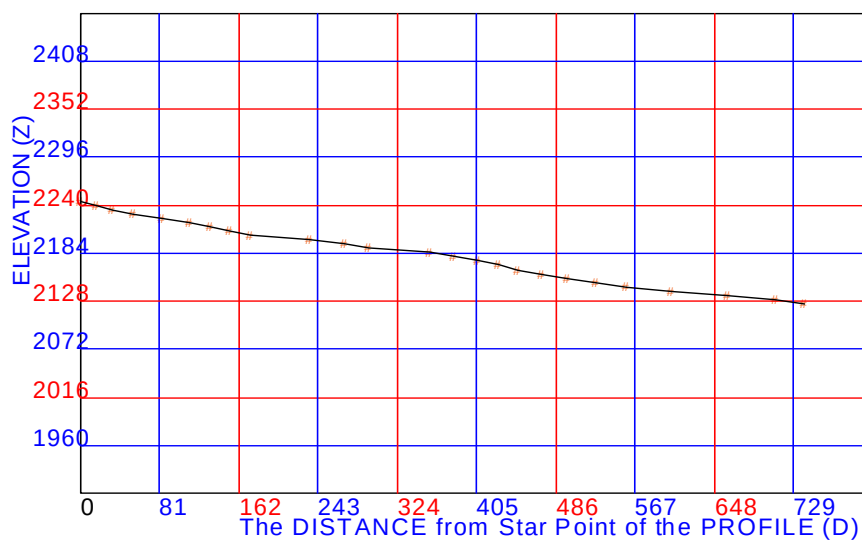
Perfil Nro. 57 TANQUE RPP PUCARA



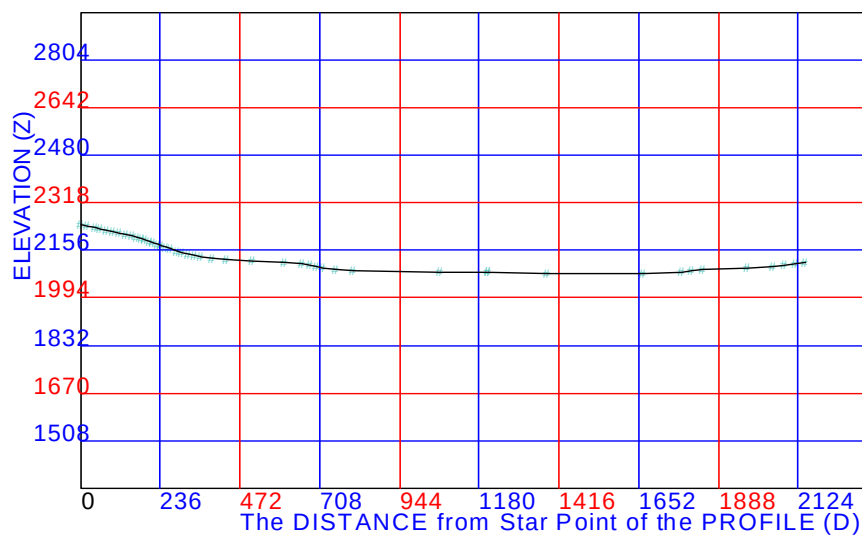
Perfil Nro. 58 TANQUE ZCM Nª 4 PUCARA



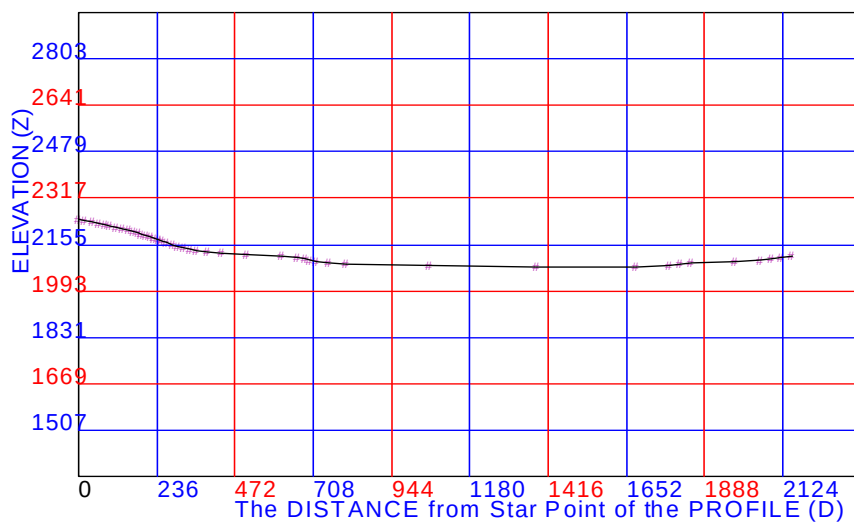
Perfil Nro. 59 TANQUE ZCM Nª 7 PUCARA



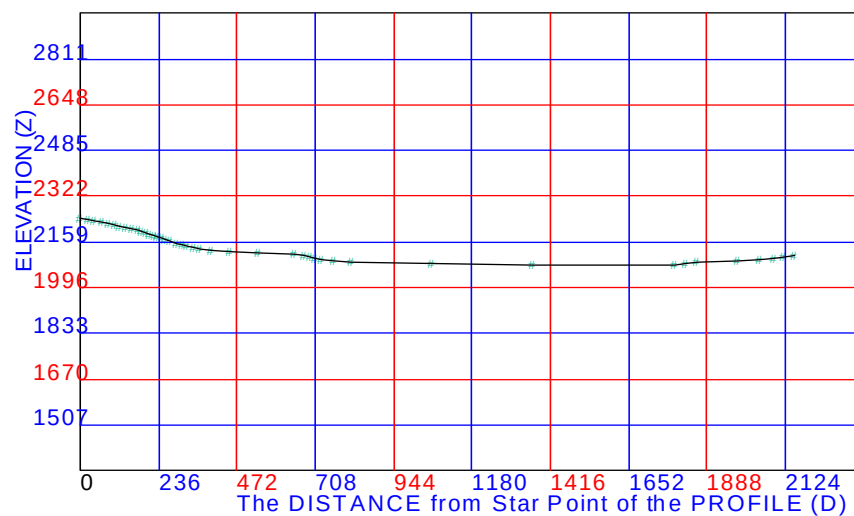
Perfil Nro. 60 TANQUE ZC Nª 38 SAN CAYETANO



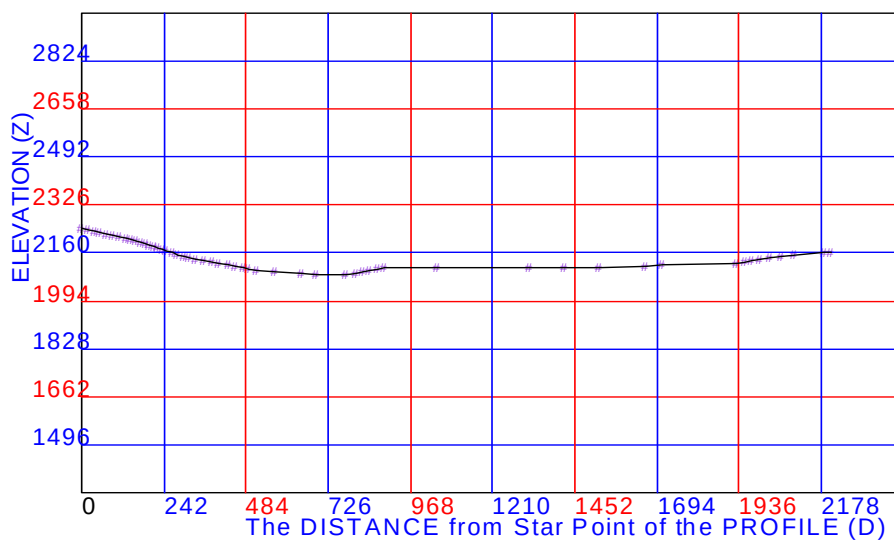
Perfil Nro. 61 TANQUE ZC N^a 39 SAN CAYETANO



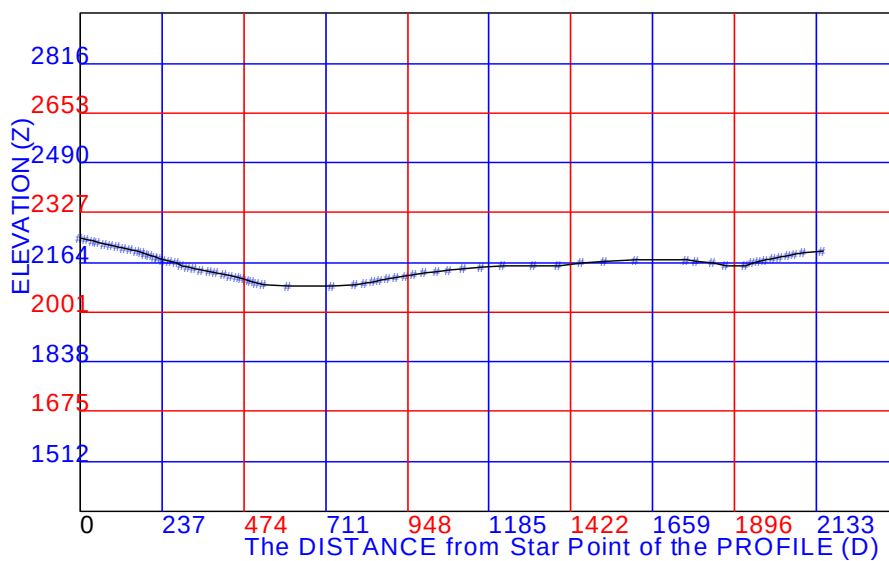
Perfil Nro. 62 TANQUE ZC N^a 40 SAN CAYETANO



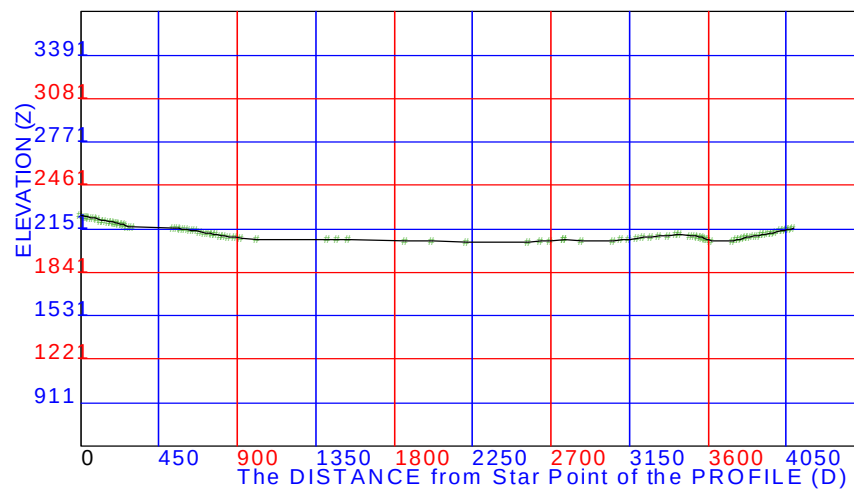
Perfil Nro. 63 TANQUE ZE N^a 37 SANTA ROSA



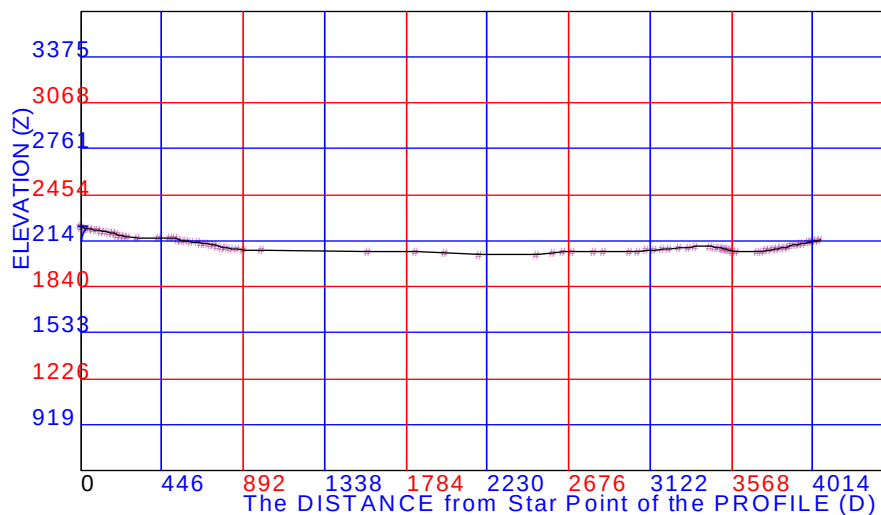
Perfil Nro. 64 TANQUE ZE N^a 41 SAN CAYETANO ALTO



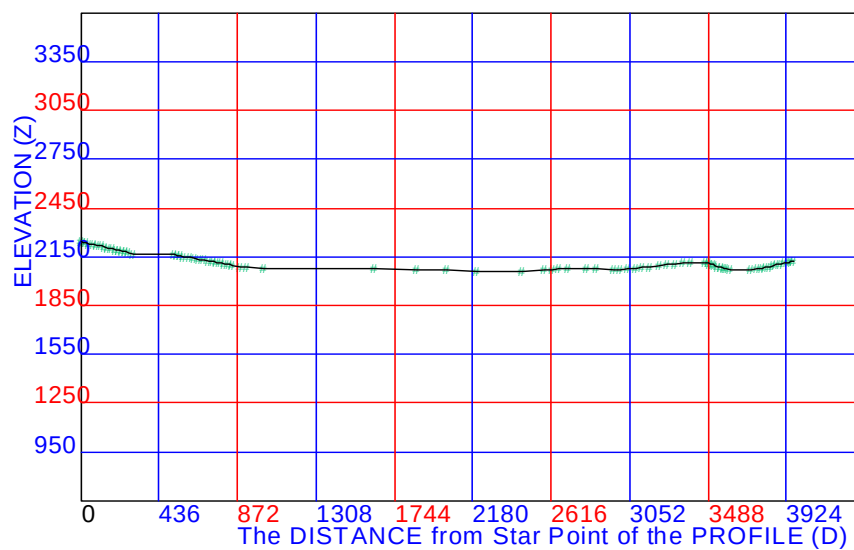
Perfil Nro. 65 TANQUE Z B N^a 32 CLODOVEO JARAMILLO



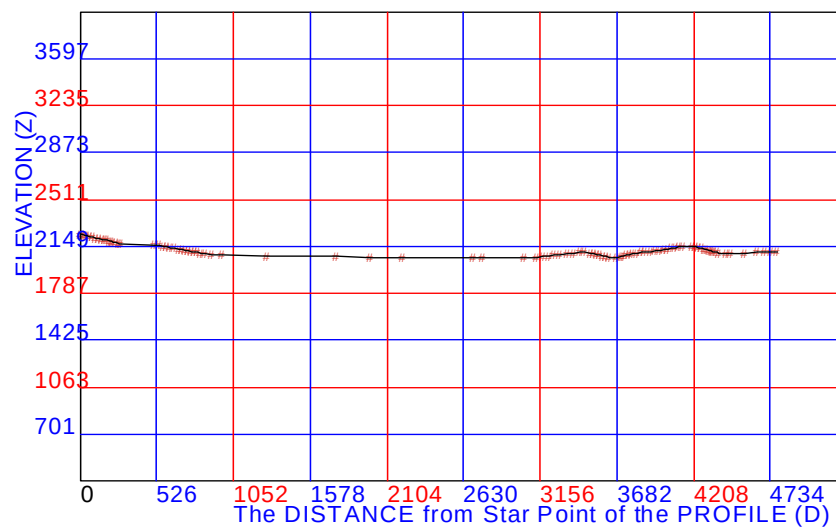
Perfil Nro. 66 TANQUE Z B N^a 31 CLODOVEO JARAMILLO



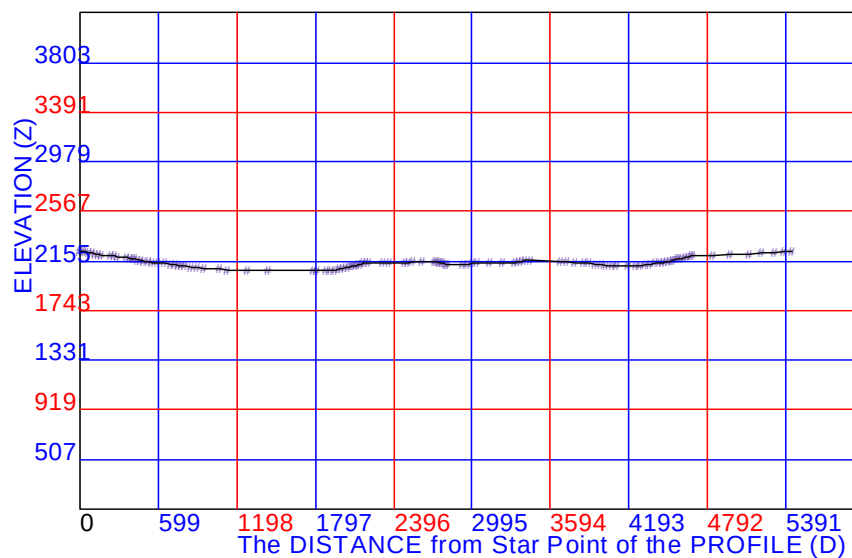
Perfil Nro. 67 TANQUE Z B Nª 30 CLODOVEO JARAMILLO



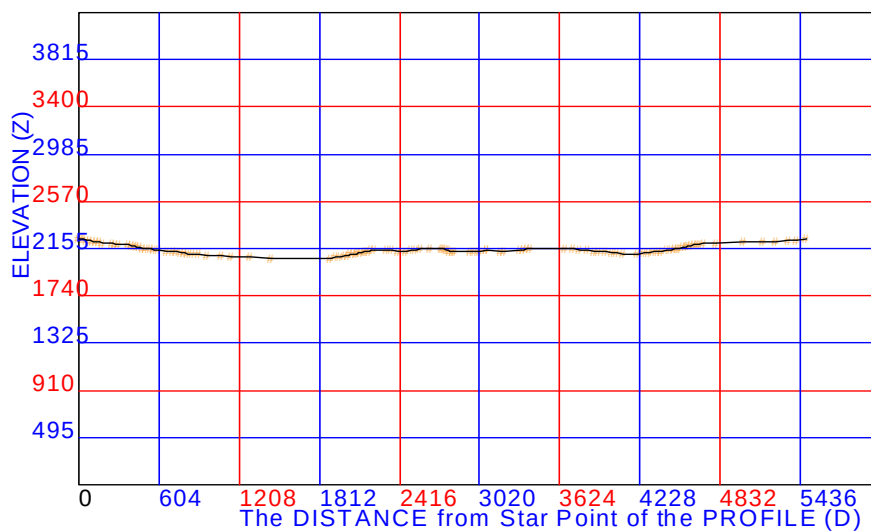
Perfil Nro. 68 TANQUE Z B Nª 33 LAS PITAS



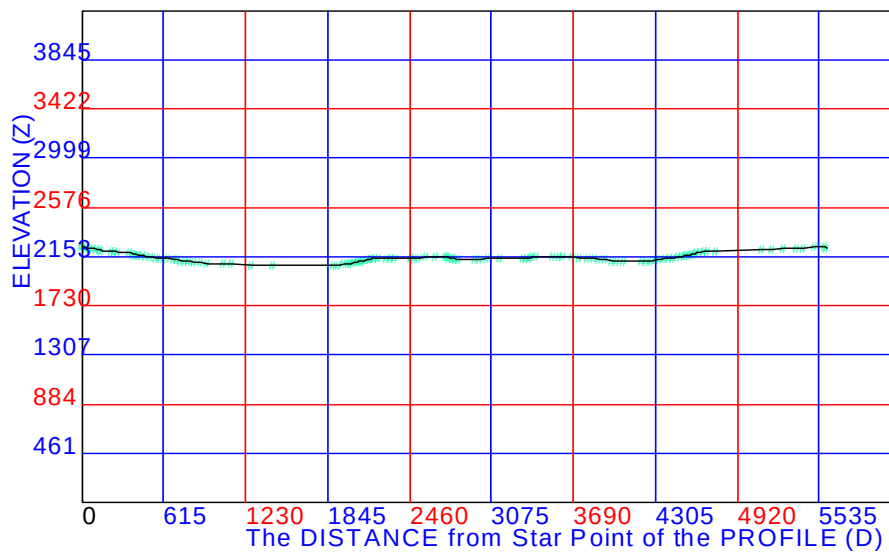
Perfil Nro. 69 TANQUE Z B N^a 29 BELEN



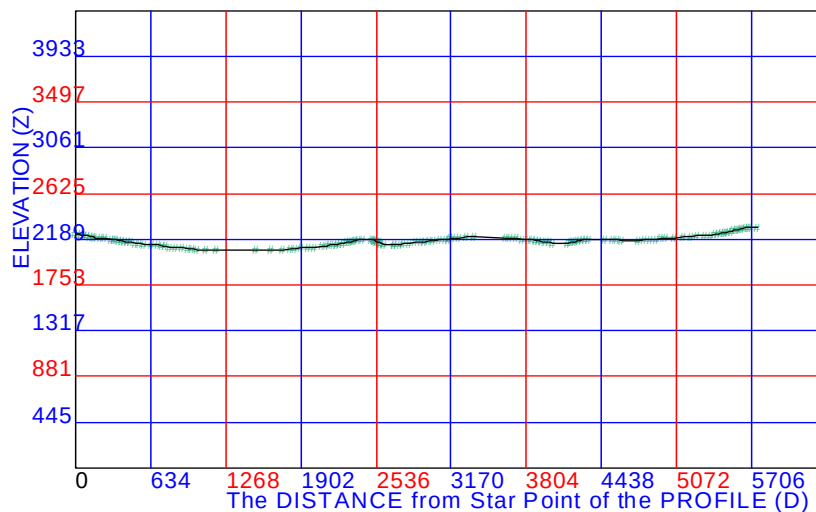
Perfil Nro. 70 TANQUE Z B N^a 28 BELEN



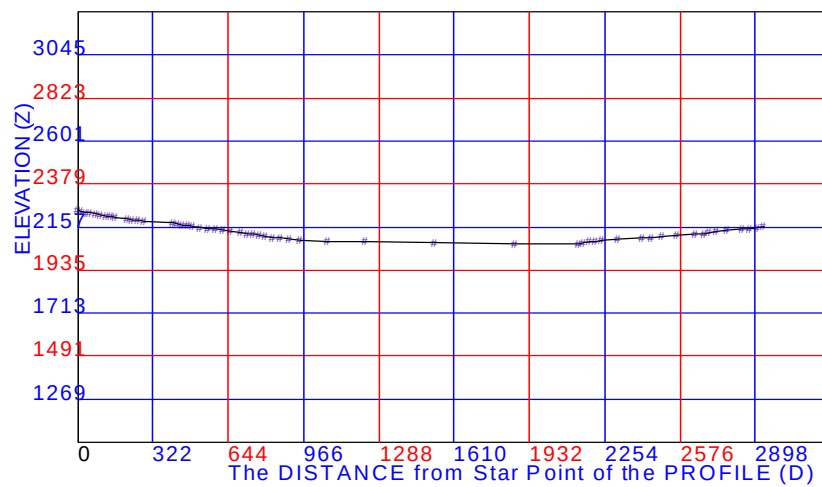
Perfil Nro. 71 TANQUE Z B N^a 27 BELEN



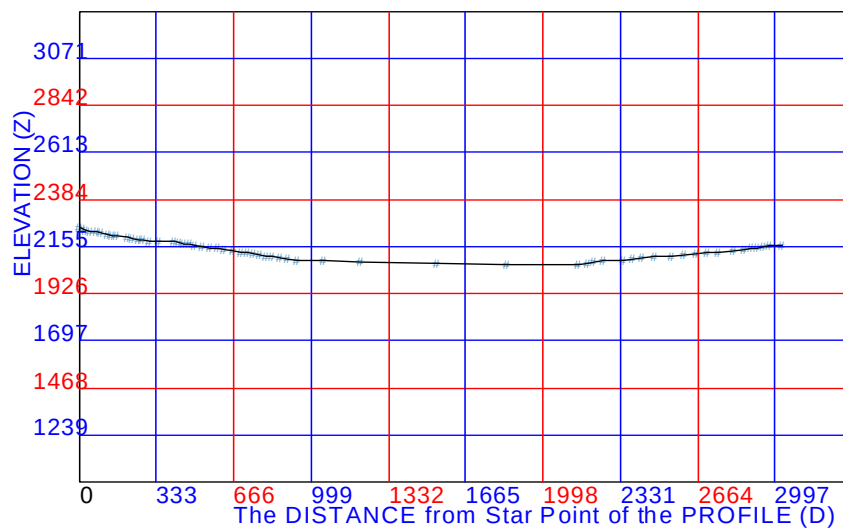
Perfil Nro. 72 TANQUE Z4 N^a 27 PLATEADO



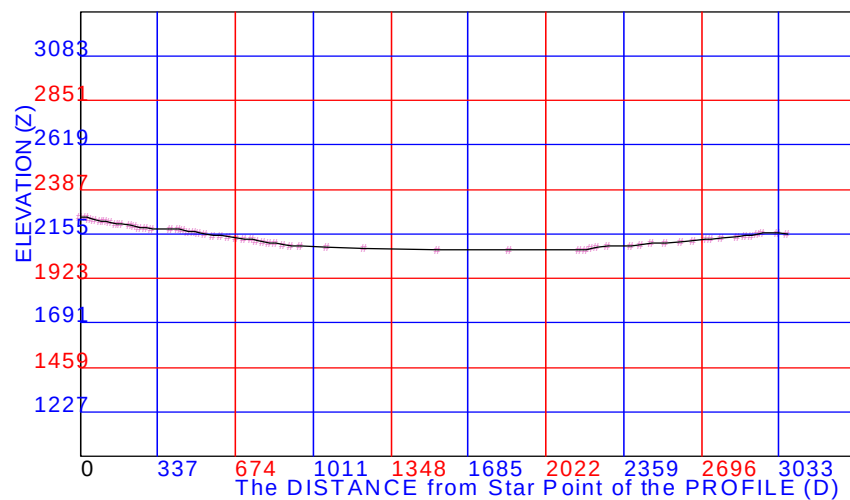
Perfil Nro. 73 TANQUE Z3 N^a 24 SAN VICENTE



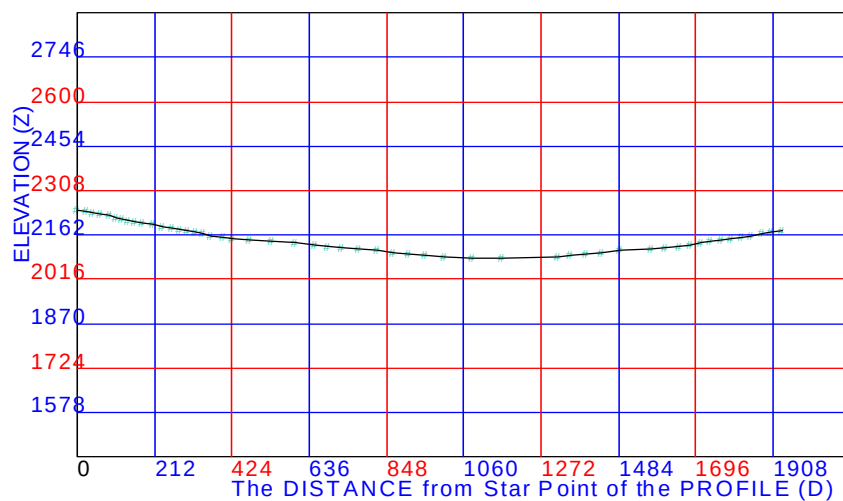
Perfil Nro. 74 TANQUE Z3 N^a 25 SAN VICENTE



Perfil Nro. 75 TANQUE Z3 Nª 26 SAN VICENTE



Perfil Nro. 76 TANQUE Z2 Nª 21 EPOCA



**A3. CALCULO DEL RADIO DE LIBRAMIENTO
DE LA 1ERA ZONA DE FRESNEL DE LOS RADIO ENLACES**

$$r_{F1} = 547.723 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{f d}}$$

$$\% \text{LIBRE} = \frac{r_{\text{LOS}}}{r_{F1}} \times 100$$

PERFIL	d2	d1	d2	d	f (MHZ)	rf1 (m)	r LOS (m)	% LIBRE	LIBRAMIENTO
1		4.20	0.50	4.69	900	0.0222	24.42	1100.17	SI
2		4.31	0.37	4684.50	900	0.0006	10.15	16444.34	SI
3		2.66	2.06	4723.90	900	0.0011	43.60	38377.57	SI
4		2.93	0.16	3090.00	900	0.0004	15.80	37981.72	SI
5		2.93	0.17	3099.00	900	0.0004	15.80	37924.26	SI
6		3.28	0.43	3705.70	900	0.0006	21.60	33270.79	SI
7		0.45	0.57	1022.00	900	0.0005	19.87	37522.75	SI
8		0.23	0.18	411.30	900	0.0003	23.36	69479.03	SI
9		0.83	0.06	896.00	900	0.0003	11.45	44366.94	SI
10		0.30	1.26	1561.20	900	0.0005	50.14	96440.10	SI
11		0.55	1.36	1916.80	900	0.0007	100.70	152349.64	SI
12		0.55	1.95	2505.80	900	0.0007	33.80	48895.74	SI
13		0.12	0.77	892.50	900	0.0003	16.50	48434.14	SI
14		1.64	0.84	2473.15	900	0.0008	78.40	99993.65	SI
15		4.42	4.25	8667.70	900	0.0016	27.80	17919.46	SI
16		4.33	4.39	8720.30	900	0.0016	36.39	23381.89	SI
17		4.11	3.94	8048.60	900	0.0015	69.20	46290.35	SI
18		5.34	2.58	7919.30	900	0.0014	70.50	50731.31	SI
19		5.34	2.31	7648.20	900	0.0013	55.80	41679.75	SI
20		5.30	2.31	7606.60	900	0.0013	52.50	39277.17	SI
21		4.27	3.43	7696.40	900	0.0015	28.71	19755.04	SI
22		4.30	3.70	7997.50	900	0.0015	32.33	21752.83	SI
23		2.67	2.56	5224.50	900	0.0012	75.30	62520.04	SI
24		2.19	1.38	3569.20	900	0.0010	30.00	30945.50	SI
25		2.19	1.37	3554.80	900	0.0010	29.91	30927.04	SI
26		2.17	1.41	3582.30	900	0.0010	25.80	26473.21	SI
27		2.15	1.34	3488.50	900	0.0010	29.55	30862.63	SI
28		2.22	1.37	3588.00	900	0.0010	32.60	33604.68	SI
29		0.90	0.86	1756.50	900	0.0007	88.30	126434.87	SI
30		0.45	3.10	3549.20	900	0.0007	43.90	66470.10	SI
31		0.46	3.45	3911.80	900	0.0007	42.20	62879.19	SI
32		1.15	3.26	4414.90	900	0.0010	129.00	132615.57	SI
33		1.14	0.77	1908.80	900	0.0007	31.60	44244.27	SI
34		1.14	0.77	1907.40	900	0.0007	31.60	44260.85	SI
35		0.53	1.89	2418.26	900	0.0007	28.00	41205.23	SI
36		0.53	1.89	2416.86	900	0.0007	28.00	41247.50	SI
37		0.71	0.99	1697.28	900	0.0007	80.90	119509.33	SI
38		1.62	1.57	3191.00	900	0.0009	119.30	126730.02	SI
39		2.49	1.30	3786.70	900	0.0010	89.60	91982.38	SI
40		1.15	3.26	4414.90	900	0.0010	129.00	132615.57	SI

41	3.03	2.16	5185.80	900	0.0012	104.70	88487.26	SI
42	2.79	2.54	5326.40	900	0.0012	99.14	81591.32	SI
43	1.81	1.12	2928.60	900	0.0009	109.20	124615.34	SI
44	1.84	0.97	2810.00	900	0.0008	97.70	116361.09	SI
45	1.90	0.59	2487.20	900	0.0007	109.70	155023.26	SI
46	1.87	0.55	2422.60	900	0.0007	103.80	151163.44	SI
47	2.04	0.12	2154.20	900	0.0004	34.60	98364.00	SI
48	0.69	1.19	1884.90	900	0.0007	83.10	119058.97	SI
49	1.16	0.31	1471.20	900	0.0005	30.80	59015.14	SI
50	0.89	0.59	1480.90	900	0.0006	36.58	58250.52	SI
51	0.12	0.10	216.60	900	0.0002	6.09	24959.30	SI
52	0.10	0.12	220.30	900	0.0002	6.47	26307.29	SI
53	0.10	0.12	218.66	900	0.0002	6.40	26112.58	SI
54	0.39	0.13	516.60	900	0.0003	5.33	16170.43	SI
55	0.39	0.13	516.60	900	0.0003	5.33	16170.43	SI
56	0.39	0.13	526.70	900	0.0003	5.30	15911.19	SI
57	0.23	0.19	412.10	900	0.0003	23.00	68310.15	SI
58	0.39	0.38	778.50	900	0.0005	10.40	22365.70	SI
59	0.37	0.39	756.70	900	0.0005	14.60	31858.42	SI
60	0.67	1.51	2180.10	900	0.0007	108.90	151507.42	SI
61	0.68	1.51	2184.90	900	0.0007	108.70	150864.12	SI
62	0.66	1.52	2185.20	900	0.0007	103.40	144367.28	SI
63	1.79	0.40	2189.66	900	0.0006	49.50	82116.82	SI
64	1.76	0.39	2148.16	900	0.0006	48.88	81869.90	SI
65	3.47	0.68	4151.90	900	0.0008	73.40	92452.20	SI
66	3.54	0.48	4022.23	900	0.0007	36.00	52612.86	SI
67	3.47	0.47	3940.90	900	0.0007	35.60	52565.32	SI
68	4.75	0.78	5536.82	900	0.0009	49.00	56718.68	SI
69	4.75	0.78	5536.80	900	0.0009	49.00	56719.30	SI
70	2.80	2.88	5673.97	900	0.0013	99.80	79502.15	SI
71	4.75	0.92	5662.00	900	0.0009	50.13	54266.89	SI
72	2.56	3.30	5860.90	900	0.0013	93.70	74026.93	SI
73	0.42	2.56	2977.70	900	0.0006	68.37	108389.05	SI
74	0.41	2.60	3012.40	900	0.0006	69.50	110945.42	SI
75	0.44	2.68	3116.60	900	0.0006	64.00	99176.25	SI
76	0.09	1.87	1960.56	900	0.0003	28.90	92613.43	SI

A9. FOTOGRAFIAS DE UBICACIONES MEDULARES.
A9.1 EDIFICACION ALCAZAR MAYOR PROYECTO
TELEFERICO PARA LA UBICACION DE LA ANTENA
MULTIPUNTO.



A9.2 Vista Frontal del EDIFICACION ALCAZAR MAYOR.



A9.3 UBICACIÓN DE LAS OFICINAS DEL CENTRO DE CONTROL. (PLANTA TTO PUCARA)



A9.4 VISTA INTERIOR DE LA OFICINA DESTINADA PARA EL CENTRO DE CONTROL



A.5 TABLAS DE COSTOS DE INVERSION DEL SISTEMA DE TELEMETRIA Y TELECONTROL.

Ítem	ESTACION	Medidor de Nivel Ultrasonicos	Manómetro Electrónico en impulsión	Medidor de caudal electromagnético 4"	Medidor de Turbidez	Medidor de PH	Medidor de Cloro Residual	Sensor magnético en puerta y gabinetes.	Sensor de movimiento	Válvula hidráulica de control electrónico 4" (entrada cámara húmeda)
1	ESTACION DE BOMBEO CONSACOLA – BOLACACHI – SIGSICHACA	1	1	1	1	1	1	4	1	4
2	ESTACION DE BOMBEO LAS PITAS "CHOFERES"	1	1	1	1	1	1	3	1	3
3	ESTACION DE BOMBEO "ESTANCIA NORTE"	1	1	1	1	1	1	3	1	3
4	ESTACION DE BOMBEO CLODOVEO JARAMILLO ALVARADO # 1	1	1	1	1	1	1	3	1	3
5	ESTACIÓN DE BOMBEO # 2 CLODOVEO JARAMILLO ALVARADO	1	1	1	1	1	1	3	1	3
6	ESTACION DE BOMBEO DE BORJA BELEN	1	1	1	1	1	1	2	1	2
7	ESTACION DE BOMBEO A PLATEADO	1	1	1	1	1	1	2	1	2
8	ESTACION DE BOMBEO "NOR – OCCIDENTAL"	1	1	1	1	1	1	4	1	4
9	ESTACION DE BOMBEO "SANTA ROSA"	1	1	1	1	1	1	3	1	3
10	ESTACION DE BOMBEO "OCCIDENTAL" (LAS PEÑAS)	1	1	1	1	1	1	4	1	4
11	ESTACION DE BOMBEO LA PRADERA	1	1	1	1	1	1	3	1	3
12	ESTACION DE BOMBEO EL ROSAL	1	1	1	1	1	1	4	1	4
13	ESTACION DE BOMBEO EPOCA #1	1	1	1	1	1	1	4	1	4
14	ESTACION DE BOMBEO EPOCA # 2	1	1	1	1	1	1	3	1	3
15	ESTACION DE BOMBEO DE UNION LOJANA	1	1	1	1	1	1	3	1	3
16	ESTACION DE BOMBEO DE YAHUARCUNA	1	1	1	1	1	1	3	1	3
17	ESTACION DE BOMBEO HEROES DEL CENEP	1	1	1	1	1	1	4	1	4
18	ESTACION DE BOMBEO TIERRAS COLORADAS (CURITROJE)	1	1	1	1	1	1	3	1	3
19	ESTACION DE BOMBEO PLANTA CURITROJE "LAVADO DE FILTROS"	1	1	1	1	1	1	3	1	3
20	REDONDEL DE LA UNL	1	1	1	1	1	1	3	1	3
21	AVENIDA HEROES DEL CENEP	1	1	1	1	1	1	3	1	3
22	ESTACIÓN DE BOMBEO LA TEBALDA	1	1	1	1	1	1	3	1	3

Tabla 5.1 Cantidades y Equipos y materiales de instrumentación de las estaciones de bombeo.

Ítem	Denominación	Cantidad	Precio unit.	Total USD
1	Medidores de Nivel Ultrasónicos.	22	1100.00	24200.00
2	Manómetros Electrónicos	22	700.00	15400.00
3	Medidores de caudal electromagnético 4"	22	4300.00	94600.00
4	Medidores de Turbidez.	22	1300.00	28600.00
5	Medidores de PH.	22	914.00	20108.00
6	Medidores de Cloro Residual.	22	5500.00	121000.00
7	Sensores magnéticos.	70	18.00	1260.00
8	Sensores de movimiento	22	25.00	550.00
9	Válvulas hidráulicas de control electrónico 4"	70	3000.00	210000.00
TOTAL				515,718.00
(INC.				
IVA)				

Tabla 5.2 Costos de equipos de instrumentación de estaciones de bombeo.

Ítem	Denominación	Cantidad	Precio unit.	Total USD
1	Instalación de Medidores de Nivel Ultrasónicos.	22	80.00	1760.00
2	Manómetros Electrónicos	22	80.00	1760.00

3	Medidores de caudal electromagnético 4"	22	400.00	8800.00
4	Medidores de Turbidez.	22	120.00	2640.00
5	Medidores de PH.	22	120.00	2640.00
6	Medidores de Cloro Residual.	22	200.00	4400.00
7	Sensores magnéticos.	70	10.00	700.00
8	Sensores de movimiento	22	10.00	220.00
9	Válvulas hidráulicas de control electrónico 4"	70	120.00	8400.00
TOTAL				31,320.00
(INC. IVA)				

Tabla 5.3 Costos de mano de obra para instalación de la instrumentación en estaciones de bombeo.

Ítem	ESTACION	Variadores de Velocidad	Autómata programable (PLC).	Gabinetes Metálicos para PLC y variadores.	Gateway Profibus DP/ Modbus RTU	Cable serie DB-9 (mts.)	Conectores RS-485	Relés de Control	Cable eléctrico apantallado 16 AWG (mts.)	Cable eléctrico 16 AWG (mts.)	Tubería conduit 3/4" (mts)	Fuente 24Vcc (6 Amp.)	UPS de 2KVA
1	ESTACION DE BOMBEO CONSACOLA – BOLACACHI – SIGSICHACA	3	1	4	1	25	7	9	70	120	60	1	1
2	ESTACION DE BOMBEO LAS PITAS “CHOFERES”	2	1	3	1	23	6	7	60	100	50	1	1
3	ESTACION DE BOMBEO “ESTANCIA NORTE”	2	1	3	1	23	6	7	60	100	50	1	1
4	ESTACION DE BOMBEO CLODOVEO JARAMILLO ALVARADO # 1	2	1	3	1	23	6	7	60	100	50	1	1
5	ESTACION DE BOMBEO # 2 CLODOVEO JARAMILLO ALVARADO	2	1	3	1	23	6	7	60	100	50	1	1
6	ESTACION DE BOMBEO DE BORJA BELEN	1	1	2	1	20	5	5	50	80	40	1	1
7	ESTACION DE BOMBEO A PLATEADO	1	1	2	1	20	5	5	50	80	40	1	1
8	ESTACION DE BOMBEO “NOR – OCCIDENTAL”	3	1	4	1	25	7	9	70	120	60	1	1
9	ESTACION DE BOMBEO “SANTA ROSA”	2	1	3	1	23	6	7	60	100	50	1	1
10	ESTACION DE BOMBEO “OCCIDENTAL” (LAS PEÑAS)	3	1	4	1	25	7	9	70	120	60	1	1
11	ESTACION DE BOMBEO LA PRADERA	2	1	3	1	23	6	7	60	100	50	1	1
12	ESTACION DE BOMBEO EL	3	1	4	1	25	7	9	70	120	60	1	1

	ROSAL												
13	ESTACION DE BOMBEO EPOCA #1	3	1	4	1	25	7	9	70	120	60	1	1
14	ESTACION DE BOMBEO EPOCA # 2	2	1	3	1	23	6	7	60	100	50	1	1
15	ESTACION DE BOMBEO DE UNION LOJANA	2	1	3	1	23	6	7	60	100	50	1	1
16	ESTACION DE BOMBEO DE YAHUARCUNA	2	1	3	1	23	6	7	60	100	50	1	1
17	ESTACION DE BOMBEO HEROES DEL CENEP	3	1	4	1	25	7	9	70	120	60	1	1
18	ESTACION DE BOMBEO TIERRAS COLORADAS (CURITROJE)	2	1	3	1	23	6	7	60	100	50	1	1
19	ESTACION DE BOMBEO PLANTA CURITROJE "LAVADO DE FILTROS"	2	1	3	1	23	6	7	60	100	50	1	1
20	REDONDEL DE LA UNL	2	1	3	1	23	6	7	60	100	50	1	1
21	AVENIDA HEROES DEL CENEP	2	1	3	1	23	6	7	60	100	50	1	1
22	ESTACIÓN DE BOMBEO LA TEBADA	2	1	3	1	23	6	7	60	100	50	1	1

Tabla 5.4 Cantidades de Equipos y materiales de control automático electrónico de las estaciones de bombeo.

Ítem	Denominación	Cantidad	Precio unit.	Total USD
1	Variadores de Velocidad.	48	1200.00	57600.00
	Autómata programable (PLC).	22	3000.00	66000.00
2	Gabinetes Metálicos.	70	110.00	7700.00
3	Gateway Profibus DP/Modbus RTU	22	180.00	3960.00
4	Cable serie DB-9	512	17.00	8704.00
5	Conectores RS-485 DB-9	136	45.00	6120.00
6	Relés de Control 3A / 24Vcc.	162	7.00	1134.00
7	Cable eléctrico apantallado 16 AWG	1360	0.70	952.00
8	Cable eléctrico 16 AWG-TW	2280	0.10	228.00
9	Tubería conduit ¾"	1140	1.00	1140.00
	Fuente 24Vcc (6 Amp.)	22	350.00	7700.00
	UPS de 2KVA	22	720.00	15840.00
	TOTAL			177,078.00
	(INC. IVA)			

Tabla 5.5 Costos de Equipos y materiales de control automático electrónico de las estaciones de bombeo.

Ítem	Denominación	Cantidad	Precio unit.	Total USD
1	Programación e Instalación Variadores de Velocidad.	48	300.00	14400.00
	Programación e Instalación de Autómata programable (PLC).	22	1000.00	22000.00
2	Instalación de Gabinetes Metálicos de control.	70	100.00	7000.00
3	Configuración e Instalación de Gateway Profibus DP/Modbus RTU	22	60.00	1320.00
4	Instalación de Cable serie DB-9	512	2.00	1024.00
5	Instalación de puntos de red serie RS-485	136	30.00	4080.00
7	Instalación de Cable eléctrico apantallado 16 AWG	162	1.00	162.00
8	Instalación de Cable eléctrico 16 AWG-TW	1360	1.00	1360.00
9	Instalación de Tubería conduit ¾"	2280	1.00	2280.00
TOTAL				53626.00
(INC. IVA)				

Tabla 5.6 Costos de mano de obra para Equipos y materiales de control automático electrónico de las estaciones de bombeo.

Ítem	NOMBRE DE ESTACION	EQUIPO RADIO-MODEM UHF	CABLE COAXIAL (mts.)	ANTENA YAGI 15 dBi.	TORRE ROHN (12 mts.)	PUESTA A TIERRA	PARARRAYOS
1	ESTACION DE BOMBEO CONSACOLA – BOLACACHI – SIGSICHACA	1	2	1	1	1	1
2	ESTACION DE BOMBEO LAS PITAS "CHOFERES"	1	2	1	1	1	1
3	ESTACION DE BOMBEO "ESTANCIA NORTE"	1	2	1	1	1	1
4	ESTACION DE BOMBEO CLODOVEO JARAMILLO ALVARADO # 1	1	2	1	1	1	1
5	ESTACIÓN DE BOMBEO # 2 CLODOVEO JARAMILLO ALVARADO	1	2	1	1	1	1
6	ESTACION DE BOMBEO DE BORJA BELEN	1	2	1	1	1	1
7	ESTACION DE BOMBEO A PLATEADO	1	2	1	1	1	1
8	ESTACION DE BOMBEO "NOR – OCCIDENTAL"	1	2	1	1	1	1
9	ESTACION DE BOMBEO "SANTA ROSA"	1	2	1	1	1	1
10	ESTACION DE BOMBEO "OCCIDENTAL" (LAS PEÑAS)	1	2	1	1	1	1
11	ESTACION DE BOMBEO LA PRADERA	1	2	1	1	1	1
12	ESTACION DE BOMBEO EL ROSAL	1	2	1	1	1	1
13	ESTACION DE BOMBEO EPOCA #1	1	2	1	1	1	1
14	ESTACION DE BOMBEO EPOCA # 2	1	2	1	1	1	1
15	ESTACION DE BOMBEO DE UNION LOJANA	1	2	1	1	1	1
16	ESTACION DE BOMBEO DE YAHUARCUNA	1	2	1	1	1	1
17	ESTACION DE BOMBEO HEROES DEL CENEPA	1	2	1	1	1	1
18	ESTACION DE BOMBEO TIERRAS COLORADAS (CURITROJE)	1	2	1	1	1	1
19	ESTACION DE BOMBEO PLANTA CURITROJE "LAVADO DE FILTROS"	1	2	1	1	1	1
20	REDONDEL DE LA UNL	1	2	1	1	1	1
21	AVENIDA HEROES DEL CENEPA	1	2	1	1	1	1
22	ESTACIÓN DE BOMBEO LA TEBAIDA	1	2	1	1	1	1

Tabla 5.7 Cantidades de Equipos y materiales del sistema de comunicaciones de estaciones de bombeo.

Ítem	Denominación	Cantidad	Precio unit.	Total USD
1	Equipos radiomodem industriales UHF	22	2200.00	48400.00
2	Conectores de guías de onda	80	80.00	6400.00
3	Metros de cable coaxial.	44	15.00	660.00
4	Pingtail.	22	70.00	1540.00
5	Antenas yagi UHF 15 dBi.	22	400.00	8800.00
6	Torres tipo ROHN de 12 metros.	22	800.00	17600.00
7	Puestas a tierra de 5 ohmios.	22	1000.00	22000.00
	Sistemas de pararrayos.	22	900.00	19800.00
		TOTAL		125,200.00
		(INC. IVA)		

Tabla 5.8 Costos de equipos e instalaciones de comunicaciones y protección de estaciones de bombeo.

Ítem	Denominación	Cantidad	Precio unit.	Total USD
1	Configuración e Instalaciones de radio-módems industriales UHF	22	40.00	880.00
2	Instalación de antenas y guías de onda UHF	22	30.00	660.00
3	Instalación de pararrayos.	22	80.00	1760.00
		TOTAL		3300.00
		USD		
		(INC. IVA)		

Tabla 5.9 Costos de mano de obra de equipos e instalaciones de comunicaciones y protección de estaciones de bombeo

Íte m	NOMBRE DE LAS ESTACION DE RESERVA	Medidor de Nivel Ultrasónico	Manómetro Electrónico	Medidor de caudal electromagnético 4"	Medidor de caudal electromagnético 6"	Medidor de caudal electromagnético 8"	Medidor de Turbidez	Medidor de PH	Medidor de Cloro Residual	Sensor magnético en puerta y gabinetes.	Sensor de movimiento	Válvula hidráulica de globo de control electrónico por solenoides tipo diafragma							
												Diámetro (pulg.)							
												2	3	4	6	8	10	12	14
1	TANQUE ZONA B 2 N° 35 SAUCES NORTE	1	1		1		1	1	1	2	1				2	1		1	
2	TANQUE ZONA B 2 N° 34 SAUCES NORTE	1	1		1		1	1	1	2	1			4					
3	TANQUE MOTUPE ALTO	1	1		1		1	1	1	2	1	3	2						
4	CARIGAN	1	1			1	1	1	1	2	1				3	1			
5	TANQUE AMÁBLE MARÍA	1	1			1	1	1	1	2	1			2	2				
6	CARIGAN	1	1			1	1	1	1	2	1			1	4				
7	CARIGAN	1	1			1	1	1	1	2	1			1	4				
8	ESTANCIA NORTE	1	1		1		1	1	1	2	1			4					
9	TANQUE ZONA 1 SAMANA	1	1		1		1	1	1	2	1			4					
10	TANQUE ZONA 2 SAMANA	1	1		1		1	1	1	2	1			4					
11	TANQUE ZONA 3 SAMANA	1	1		1		1	1	1	2	1			4					
12	SAMANA ALTO	1	1		1		1	1	1	2	1			2	2				
14	SAN CAYETANO BAJO	1	1			1	1	1	1	2	1			1	1		2		
15	ENTRADA JULIO ORDÓÑEZ	1	1			1	1	1	1	2	1			4					
16	TANQUE ZONA 1 N° 13 LA ARGELIA	1	1		1		1	1	1	2	1				2	3			
17	TANQUE ZONA 1 N° 14 ESTEBAN GODOY	1	1			1	1	1	1	2	1				1	4			
18	UNIÓN LOJANA	1	1		1		1	1	1	2	1	1		1	3				
19	TANQUE ZONA 3 N° 15 PUNZARA	1	1			1	1	1	1	2	1							2	2
20	TANQUE ZONA 3 N° 16 CURITROGE1	1	1		1		1	1	1	2	1				4				
21	TIERRAS COLORADAS	1	1			1	1	1	1	2	1	1		2	3				
22	TIERRAS COLORADAS	1	1			1	1	1	1	2	1			4					
23	TANQUE ZONA 3 N° 17 CURITROGE2	1	1		1		1	1	1	2	1				2		2		
24	TANQUE ZONA 2 N° 19 SAN PEDRO	1	1			1	1	1	1	2	1				3	2			

25	TANQUE ZONA 2 N° 21 CAPULÍ	1	1		1		1	1	1	2	1			3	3			
26	TANQUE ZONA 2 N° 22 CAPULÍ	1	1		1		1	1	1	2	1			2	3			
27	TANQUE ZONA 2 N° 20 SAN PEDRO	1	1		1		1	1	1	2	1			4				
28	TANQUE ZE 6 N° 11 EL ROSAL	1	1	1				1	1	2	1				1	3		
29	TANQUE ZE 6 N° 12 EL ROSAL	1	1			1	1	1	1	2	1				1	3		
30	TANQUE ZE 6 N° 8 PRADERA	1	1			1	1	1	1	2	1			1	2	2		
31	TANQUE ZE 6 N° 9 PRADERA	1	1			1	1	1	1	2	1			1	1	2		
32	TANQUE VÍA AL TELEFÉRICO	1	1		1		1	1	1	2	1			1	3			
33	TANQUE ZCA N° 3 PUCARÁ	1	1		1		1	1	1	2	1					2	2	
34	TANQUE ZCA N° 4 PUCARÁ	1	1		1		1	1	1	2	1					2	2	
35	TANQUE ZCA N° 5 PUCARÁ	1	1		1		1	1	1	2	1					2	2	
36	TANQUE RPP PUCARÁ	1	1		1		1	1	1	2	1			1	3			
37	TANQUE ZCM N° 4 PUCARÁ	1	1		1		1	1	1	2	1					2	2	
38	TANQUE ZCM N° 7 PUCARÁ	1	1		1		1	1	1	2	1					2	2	
39	TANQUE ZC N° 38 SAN CAYETANO	1	1		1		1	1	1	2	1						1	2
40	TANQUE ZC N° 39 SAN CAYETANO	1	1		1		1	1	1	2	1					3	1	
41	TANQUE ZC N° 40 SAN CAYETANO	1	1		1		1	1	1	2	1					3	1	
42	TANQUE ZE N° 37 SANTA ROSA	1	1		1		1	1	1	2	1	1		4				
43	TANQUE ZE N° 41 SAN CAYETANO ALTO	1	1	1			1	1	1	2	1						3	1
44	TANQUE Z B N° 32 CLODOVEO JARAMILLO	1	1			1	1	1	1	2	1			5				
45	TANQUE Z B N° 31 CLODOVEO JARAMILLO	1	1			1	1	1	1	2	1			5				
46	TANQUE Z B N° 30 CLODOVEO JARAMILLO	1	1			1	1	1	1	2	1	1		3				
47	TANQUE Z B N° 33 LAS PITAS	1	1			1	1	1	1	2	1	1		4				
48	TANQUE Z B N° 29 BELÉN	1	1			1	1	1	1	2	1						3	1
49	TANQUE Z B N° 28 BELÉN		1				1	1	1	2	1						3	1

50	TANQUE Z B N° 27 BELÉN	1	1			1	1	1	1	2	1				4				
51	TANQUE Z4 N° 27 PLATEADO	1	1		1		1	1	1	2	1	1		4					
52	TANQUE Z3 N° 24 SAN VICENTE		1				1	1	1	2	1			4					
53	TANQUE Z3 N° 25 SAN VICENTE	1	1		1		1	1	1	2	1				2	2			
54	TANQUE Z3 N° 26 SAN VICENTE	1	1		1		1	1	1	2	1		1	1	3	1			
55	TANQUE Z2 N° 21 ÉPOCA	1	1			1	1	1	1	2	1			3	2				

Tabla 5.10 Cantidades de Equipos de instrumentación de los tanques de reserva.

Ítem	Denominación	Cantidad	Precio unit.	Total USD
1	Medidores de Nivel Ultrasónicos.	53	1100.00	58300.00
2	Manómetros Electrónicos	53	700.00	37100.00
	Medidores de caudal electromagnético 4"	2	4300.00	8600.00
	Medidores de caudal electromagnético 6"	29	5000.00	145000.00
3	Medidores de caudal electromagnético 8"	22	5500.00	121000.00
4	Medidores de Turbidez.	53	1300.00	68900.00
5	Medidores de PH.	53	914.00	48442.00
6	Medidores de Cloro Residual.	53	5500.00	291500.00
7	Sensores magnéticos.	106	18.00	1908.00
8	Sensores de movimiento	53	25.00	1325.00
	Válvulas hidráulicas de control electrónico 2"	9	1500.00	13500.00
	Válvulas hidráulicas de control electrónico 3"	3	1750.00	5250.00
	Válvulas hidráulicas de control electrónico 4"	84	1890.00	158760.00
	Válvulas hidráulicas de control electrónico 6"	64	3136.25	200720.00
9	Válvulas hidráulicas de control electrónico 8"	40	4662.50	186500.00
	Válvulas hidráulicas de control electrónico 10"	26	7467.50	194155.00
	Válvulas hidráulicas de	6	10737.50	64425.00

control electrónico 12"			
Válvulas hidráulicas de control electrónico 14"	5	12600.00	63000.00
TOTAL		1'668,385.00	
(INC. IVA)			

Tabla 5.11 Costos de equipos de instrumentación de tanques de reserva.

Ítem	Denominación	Cantidad	Precio unit.	Total USD
1	Instalación de Medidores de Nivel Ultrasónicos.	53	80.00	4240.00
2	Instalación Manómetros Electrónicos	53	80.00	4240.00
3	Instalación Medidores de caudal electromagnético	53	400.00	21200.00
4	Instalación Medidores de Turbidez.	53	120.00	6360.00
5	Instalación Medidores de PH.	53	120.00	6360.00
6	Instalación Medidores de Cloro Residual.	53	200.00	10600.00
7	Instalación Sensores magnéticos.	106	10.00	1060.00
8	Instalación Sensores de movimiento	53	10.00	530.00
9	Instalación Válvulas hidráulicas de control electrónico.	237	150.00	35550.00
TOTAL				90,140.00
(INC. IVA)				

Tabla 5.12 Costos de mano de obra para instalación de la instrumentación en tanques de reserva.

Ítem	NOMBRE DE LAS ESTACION DE RESERVA	Autómata programable (PLC).	Gabinete Metálico para PLC	Gateway Profibus DP/ Modbus RTU	Cable serie DB-9 (mts.)	Conectores RS-485	Relés de Control	Cable eléctrico apantallado gemelo #16 AWG (mts.)	Cable eléctrico 16 AWG (mts.)	Tubería conduit 3/4" (mts)	Fuente 24Vcc (6 Amp.)	UPS de 2KVA
1	TANQUE ZONA B 2 N° 35 SAUCES NORTE	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
2	TANQUE ZONA B 2 N° 34 SAUCES NORTE	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
3	TANQUE MOTUPE ALTO	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
4	CARIGAN	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
5	TANQUE AMÁBLE MARÍA	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1

6	CARIGAN	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
7	CARIGAN	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
8	ESTANCIA NORTE	1	1	1	30	4	3	25	44	47	1	1
9	TANQUE ZONA 1 SAMANA	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
10	TANQUE ZONA 2 SAMANA	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
11	TANQUE ZONA 3 SAMANA	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
12	SAMANA ALTO	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
13	ZAMANA OTRA LÍNEA	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
14	SAN CAYETANO BAJO	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
15	ENTRADA JULIO ORDÓÑEZ	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
16	TANQUE ZONA 1 N° 13 LA ARGELIA	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
17	TANQUE ZONA 1 N° 14 ESTEBAN GODOY	1	1	1	30	4	3	25	44	47	1	1
18	UNIÓN LOJANA	1	1	1	30	4	3	25	44	47	1	1
19	TANQUE ZONA 3 N° 15 PUNZARA	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
20	TANQUE ZONA 3 N° 16 CURITROGE1	1	1	1	30	4	3	25	44	47	1	1
21	TIERRAS COLORADAS	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
22	TIERRAS COLORADAS	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
23	TANQUE ZONA 3 N° 17 CURITROGE2	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
24	TANQUE ZONA 2 N° 19 SAN PEDRO	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
25	TANQUE ZONA 2 N° 21 CAPULÍ	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
26	TANQUE ZONA 2 N° 22 CAPULÍ	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
27	TANQUE ZONA 2 N° 20 SAN PEDRO	1	1	1	30	4	3	25	44	47	1	1
28	TANQUE ZE 6 N° 11 EL ROSAL	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
29	TANQUE ZE 6 N° 12 EL ROSAL	1	1	1	30	4	3	25	44	47	1	1
30	TANQUE ZE 6 N° 8 PRADERA	1	1	1	30	4	3	25	44	47	1	1
31	TANQUE ZE 6 N° 9 PRADERA	1	1	1	30	4	3	25	44	47	1	1
32	TANQUE VÍA AL TELEFÉRICO	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
33	TANQUE ZCA N° 3 PUCARÁ	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1

34	TANQUE ZCA N° 4 PUCARÁ	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
35	TANQUE ZCA N° 5 PUCARÁ	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
36	TANQUE RPP PUCARÁ	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
37	TANQUE ZCM N° 4 PUCARÁ	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
38	TANQUE ZCM N° 7 PUCARÁ	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
39	TANQUE ZC N° 38 SAN CAYETANO	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
40	TANQUE ZC N° 39 SAN CAYETANO	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
41	TANQUE ZC N° 40 SAN CAYETANO	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
42	TANQUE ZE N° 37 SANTA ROSA	1	1	1	30	4	3	25	44	47	1	1
43	TANQUE ZE N° 41 SAN CAYETANO ALTO	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
44	TANQUE Z B N° 32 CLODOVEO JARAMILLO	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
45	TANQUE Z B N° 31 CLODOVEO JARAMILLO	1	1	1	30	4	3	25	44	47	1	1
46	TANQUE Z B N° 30 CLODOVEO JARAMILLO	1	1	1	30	4	3	25	44	47	1	1
47	TANQUE Z B N° 33 LAS PITAS	1	1	1	30	4	3	25	44	47	1	1
48	TANQUE Z B N° 29 BELÉN						2		30	15		
49	TANQUE Z B N° 28 BELÉN	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
50	TANQUE Z B N° 27 BELÉN	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
51	TANQUE Z4 N° 27 PLATEADO	1	1	1	30	4	3	25	44	47	1	1
52	TANQUE Z3 N° 24 SAN VICENTE						2		30	15		
53	TANQUE Z3 N° 25 SAN VICENTE	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
54	TANQUE Z3 N° 26 SAN VICENTE	1	1	1	30	4	2	25	30	40	1	1
55	TANQUE Z2 N° 21 ÉPOCA	1	1	1	30	4	3	25	44	47	1	1

Tabla 5.13 Cantidades de Equipos y materiales de control automático electrónico de tanques de reserva.

Ítem	Denominación	Cantidad	Precio unit.	Total USD
1	Autómata programable (PLC).	53	3000.00	159000.00
2	Gabinetes Metálicos.	53	110.00	5830.00
3	Gateway Profibus DP/Modbus RTU	53	180.00	9540.00
4	Cable serie DB-9 (mts)	1590	17.00	27030.00
5	Conectores RS-485 DB-9 (mts)	212	47.00	9964.00
6	Relés de Control 3A / 24Vcc.	124	7.00	868.00
7	Cable eléctrico apantallado gemelo # 16 AWG (mts)	1325	0.70	927.50
8	Cable eléctrico 16 AWG-TW (mts)	1846	0.10	184.60
9	Tubería conduit ¾"	2248	1.00	2248.00
10	Fuente 24Vcc (6 Amp.)	53	350.00	18550.00
11	UPS de 2KVA	53	720.00	38160.00
		TOTAL		272,302.10
		(INC. IVA)		

Tabla 5.14 Costos de Equipos y materiales de control automático electrónico tanques de reserva.

Ítem	Denominación	Cantidad	Precio unit.	Total USD
1	Programación e Instalación de Autómata programable (PLC).	53	1000.00	53000.00
2	Instalación de Gabinetes Metálicos de control.	53	100.00	5300.00
3	Configuración e Instalación de Gateway Profibus DP/Modbus RTU	53	60.00	3180.00
4	Instalación de Cable serie DB-9	1590	2.00	3180.00
5	Instalación de puntos de red serie RS-485	4	30.00	120.00
7	Instalación de Cable eléctrico apantallado 16 AWG	1325	1.00	1325.00
8	Instalación de Cable eléctrico 16 AWG-TW	1846	1.00	1846.00
9	Instalación de Tubería conduit ¾"	2248	1.00	2248.00
		TOTAL		70,199.00
		(INC. IVA)		

Tabla 5.15 Costos de mano de obra para Equipos y materiales de control automático electrónico de tanques de reserva.

Ítem	NOMBRE DE LAS ESTACION DE RESERVA	EQUIPO RADIO-MODEM UHF	CABLE COAXIAL (mts.)	ANTEN A YAGI 15 dBi.	TORRE ROHN (12 mts.)	PUEST A A TIERRA	PARARRAYOS
1	TANQUE ZONA B 2 N° 35 SAUCES NORTE	1	2	1	1	1	1
2	TANQUE ZONA B 2 N° 34 SAUCES NORTE	1	2	1	1	1	1
3	TANQUE MOTUPE ALTO	1	2	1	1	1	1
4	CARIGAN	1	2	1	1	1	1
5	TANQUE AMÁBLE MARÍA	1	2	1	1	1	1
6	CARIGAN	1	2	1	1	1	1
7	CARIGAN	1	2	1	1	1	1
8	ESTANCIA NORTE	1	2	1	1	1	1
9	TANQUE ZONA 1 SAMANA	1	2	1	1	1	1
10	TANQUE ZONA 2 SAMANA	1	2	1	1	1	1
11	TANQUE ZONA 3 SAMANA	1	2	1	1	1	1
12	SAMANA ALTO	1	2	1	1	1	1
13	ZAMANA OTRA LÍNEA	1	2	1	1	1	1
14	SAN CAYETANO BAJO	1	2	1	1	1	1
15	ENTRADA JULIO ORDÓÑEZ	1	2	1	1	1	1
16	TANQUE ZONA 1 N° 13 LA ARGELIA	1	2	1	1	1	1
17	TANQUE ZONA 1 N° 14 ESTEBAN GODOY	1	2	1	1	1	1
18	UNIÓN LOJANA	1	2	1	1	1	1
19	TANQUE ZONA 3 N° 15 PUNZARA	1	2	1	1	1	1
20	TANQUE ZONA 3 N° 16 CURITROGE1	1	2	1	1	1	1
21	TIERRAS COLORADAS	1	2	1	1	1	1
22	TIERRAS COLORADAS	1	2	1	1	1	1
23	TANQUE ZONA 3 N° 17 CURITROGE2	1	2	1	1	1	1
24	TANQUE ZONA 2 N° 19 SAN PEDRO	1	2	1	1	1	1
25	TANQUE ZONA 2 N° 21 CAPULÍ	1	2	1	1	1	1
26	TANQUE ZONA 2 N° 22 CAPULÍ	1	2	1	1	1	1
27	TANQUE ZONA 2 N° 20 SAN PEDRO	1	2	1	1	1	1
28	TANQUE ZE 6 N° 11 EL ROSAL	1	2	1	1	1	1
29	TANQUE ZE 6 N° 12 EL ROSAL	1	2	1	1	1	1
30	TANQUE ZE 6 N° 8 PRADERA	1	2	1	1	1	1
31	TANQUE ZE 6 N° 9 PRADERA	1	2	1	1	1	1

32	TANQUE VÍA AL TELEFÉRICO	1	2	1	1	1	1
33	TANQUE ZCA N° 3 PUCARÁ	1	2	1	1	1	1
34	TANQUE ZCA N° 4 PUCARÁ	1	2	1	1	1	1
35	TANQUE ZCA N° 5 PUCARÁ	1	2	1	1	1	1
36	TANQUE RPP PUCARÁ	1	2	1	1	1	1
37	TANQUE ZCM N° 4 PUCARÁ	1	2	1	1	1	1
38	TANQUE ZCM N° 7 PUCARÁ	1	2	1	1	1	1
39	TANQUE ZC N° 38 SAN CAYETANO	1	2	1	1	1	1
40	TANQUE ZC N° 39 SAN CAYETANO	1	2	1	1	1	1
41	TANQUE ZC N° 40 SAN CAYETANO	1	2	1	1	1	1
42	TANQUE ZE N° 37 SANTA ROSA	1	2	1	1	1	1
43	TANQUE ZE N° 41 SAN CAYETANO ALTO	1	2	1	1	1	1
44	TANQUE Z B N° 32 CLODOVEO JARAMILLO	1	2	1	1	1	1
45	TANQUE Z B N° 31 CLODOVEO JARAMILLO	1	2	1	1	1	1
46	TANQUE Z B N° 30 CLODOVEO JARAMILLO	1	2	1	1	1	1
47	TANQUE Z B N° 33 LAS PITAS	1	2	1	1	1	1
48	TANQUE Z B N° 29 BELÉN	1	2	1	1	1	1
49	TANQUE Z B N° 28 BELÉN	1	2	1	1	1	1
50	TANQUE Z B N° 27 BELÉN	1	2	1	1	1	1
51	TANQUE Z4 N° 27 PLATEADO	1	2	1	1	1	1
52	TANQUE Z3 N° 24 SAN VICENTE	1	2	1	1	1	1
53	TANQUE Z3 N° 25 SAN VICENTE	1	2	1	1	1	1
54	TANQUE Z3 N° 26 SAN VICENTE	1	2	1	1	1	1
55	TANQUE Z2 N° 21 ÉPOCA	1	2	1	1	1	1

Tabla 5.16 Cantidades de Equipos y materiales del sistema de comunicaciones y protección de tanques de reserva

Ítem	Denominación	Cantidad	Precio Unit.	Total USD
1	Equipos radiomodem industrial UHF	55	2200.00	121000.00
2	Conectores de guías de onda	220	80.00	17600.00
3	Metros de cable coaxial.	110	15.00	1650.00
4	Pingtail.	55	70.00	3850.00
5	Antenas yagi UHF 15 dBi.	55	400.00	22000.00
6	Torres tipo ROHN de 12 metros.	55	800.00	44000.00
7	Puestas a tierra de 5 ohmios.	55	1000.00	55000.00
	Sistemas de pararrayos.	55	900.00	49500.00
			TOTAL	314,600.00
			(inc. IVA)	

Tabla 5.17 Costos Equipos y del sistema de comunicaciones y protección de tanques de reserva.

Ítem	Denominación	Cantidad	Precio unit.	Total USD
1	Configuración e Instalaciones de Radiomodems industriales UHF	55	40.00	2200.00
2	Instalación de antenas y guías de onda UHF	55	30.00	1650.00
3	Instalación de pararrayos.	55	80.00	4400.00
		TOTAL		8,250.00
			USD	
			(INC. IVA)	

Tabla 5.18 Costos de mano de obra para equipos y del sistema de comunicaciones y protección de tanques de reserva.

Ítem	Denominación	Cantidad	Precio Unit.	Total USD
1	Switch 8 puertos capa 2.	1	300.00	300.00
2	Radiomodem industrial UHF modelo Access Point / dual Gateway.	1	3400.00	3400.00
3	Radiomodem industrial WIMAX dual Gateway	1	5000.00	5000.00
4	Radiomodem WIMAX Ethernet	5	2100.00	10500.00
5	Antena onmidireccional 8 dBi UHF	1	700.00	700.00
6	Antena direccional parabólica WIMAX 12 dBi.	5	2800.00	14000.00
7	Gabinete metálico de comunicaciones.	1	800.00	800.00
8	Banco de baterías 70 A/h secas con cargador.	1	250.00	250.00
9	Fuente ininterrumpible de energía UPS 1.5 KVA.	1	4000.00	4000.00
10	Malla de puesta a tierra 5 ohmios.	1	1200.00	1200.00
11	Sistema de pararrayos.	1	900.00	900.00
12	Torre auto soportada metálica de 15 metros.	1	1800.00	1800.00
13	Caseta de equipos de hormigón armado.	1	1200.00	1200.00
14	Metros de cable STP CAT6.	150	1.00	150.00
15	Conectores RJ45 CAT6.	30	1.00	30.00
16	Conectores RS-485 DB-9	2	45.00	90.00
17	Cable serie DB-9	3	17.00	51.00
18	Metros de canaleta protectora para conexiones.	150	2.00	300.00
19	Accesorios de canaleta.	50	0.50	25.00
			TOTAL	44,696.00
			(Inc. IVA)	

Tabla 5.19 Costos de equipamiento de comunicaciones, alimentación y protección de torreo multipunto.

Ítem	Denominación	Cantidad	Precio Unit.	Total USD
1	Instalación de Switch 8 puertos capa 2.	1	20.00	20.00
2	Configuración e Instalación Radiomodem industrial UHF modelo Access Point / dual Gateway.	1	80.00	80.00
3	Configuración e Instalación de Radiomodem industrial WIMAX dual Gateway	1	80.00	80.00
4	Configuración e Instalación de Radiomodem WIMAX Ethernet	5	40.00	200.00
5	Instalación de guías de onda y antenas.	6	30.00	180.00
6	Instalación de Gabinete metálico de comunicaciones.	1	40.00	40.00
7	Instalaciones eléctricas.	12 ptos.	15.00	180.00
8	Sistema de pararrayos.	1	40.00	40.00
9	Instalación de puntos de red	6.00	15.00	90.00
10	Instalación de puntos serie RS-485	2	30.00	60.00
11	Instalación de canaleta protectora para conexiones.	15	1.00	15.00
12	Instalación de Bco. de baterías y UPS.	2	20.00	40.00
			TOTAL (Inc. IVA)	1,025.00

Tabla 5.20 Costos de Mano de obra para el equipamiento de comunicaciones, alimentación y protección de torre multipunto.

Ítem	Denominación	Cantidad	Precio Unit.	Total USD
1	Radiomodem industrial WIMAX dual Gateway	1	5000.00	5000.00
2	Equipos firewall de 8 puertos.	2	2000.00	4000.00
3	Rack metálicos abiertos formato 1U	2	800.00	1600.00
4	Antena direccional parabólica 12 dBi WIMAX.	1	2800.00	2800.00
5	Patch Panel de 24 puertos CAT6	2	150.00	300.00
6	Organizador de cables horizontal	2	30.00	60.00
7	Multitoma horizontal 1U 4 tomas dobles	2	60.00	120.00
8	Switch administrable capa 3 de 24 puertos	2	1500.00	3000.00

9	Router	1	480.00	480.00
10	Fuente ininterrumpible de energía UPS 12KVA	1	8200.00	8200.00
11	Instalaciones eléctricas.	24 ptos	60.00	1440.00
12	Sistema de malla de puesta a tierra 5 ohm.	1	1200.00	1200.00
13	Sistema de pararrayos	1	900.00	900.00
14	Torre tipo ROHN metálica de 15 metros	1	1000.00	1000.00
15	Conectores RS-485 DB-9	3	45.00	135.00
16	Metros de Cable serie DB-9	30	17.00	510.00
17	Metros de cable STP CAT6	480	1.00	480.00
18	Conectores RJ45 CAT6	150	1.00	150.00
19	Metros de canaleta protectora para conexiones	150	2	300.00
20	Accesorios de canaleta	50	0.8	40.00
21	Cajetín sobrepuesto RJ45 CAT6 dobles	12	10	120.00
22	Muebles con silla para consolas tipo ergonómicos	6	150.00	900.00
23	Piso falso de losetas con estructura metálica.	36 m2	50.00	2520.00
24	Sistema de aire acondicionado de 12000 btu/h.	1	1200.00	1200.00
			TOTAL	36,455.
			(inc. IVA)	00

Tabla 5.21 Costos de equipos de comunicación, alimentación eléctrica y protecciones en central de control.

Ítem	Denominación	Cantidad	Precio Unit.	Total USD
1	Configuración e Instalación de Radiomodem industrial WIMAX dual Gateway	1	80.00	80.00
2	Configuración e Instalación de Equipos firewall	2	50.00	100.00
3	Instalación de Rack metálicos abiertos formato 1U	2	30.00	60.00
4	Instalación de guías de onda y antena WIMAX.	1	30.00	30.00
5	Instalación de Patch Panel de 24 puertos CAT6	2	30.00	60.00
6	Organización de cables 24 puertos	2	30.00	60.00

7	Configuración e Instalación de Switch administrable capa 3 de 24 puertos	2	100.00	200.00
8	Configuración Router	1	80.00	80.00
9	Instalación de ininterrumpible de energía UPS 12KVA	1	100.00	100.00
10	Instalación de Sistema de pararrayos	1	30.00	30.00
11	Instalación de puntos serie RS-485	3	30.00	90.00
12	Instalación de Cable serie DB-9	30	2.00	60.00
13	Instalación de cable STP CAT6	480	1.00	480.00
14	Instalación de puntos de red.	30	15.00	450.00
15	Instalación de canaleta protectora para conexiones	150	1.00	150.00
16	Instalación de aire acondicionado de 12000 btu/h.	1	300.00	300.00
			TOTAL	2,330.0
			(inc. IVA)	0

Tabla 5.22 Costos de mano de obra para equipos de comunicación, alimentación eléctrica y protecciones en centro de control.

Ítem	Denominación	Cantidad	Precio Unit.	Total USD
1	Servidores Scada tipo rack	2	3500.00	7000.00
2	Servidor de Históricos tipo rack	1	2500.00	5000.00
3	Servidor de Base de Datos tipo rack	1	2800.00	2800.00
4	Servidor Web tipo rack	1	2600.00	2600.00
5	Servidor de autenticación y firewall	1	2200.00	2200.00
6	Computadores para consolas	6	1900.00	11400.00
7	Impresoras laser a color tamaño A4	3	400.00	1200.00
8	Fotocopiadora a color tamaño A4	1	3500.00	3500.00
9	Pantalla de proyección	1	120.00	120.00
10	Proyector de 2500 lúmenes	1	1200.00	1200.00
11	Licencia de software Scada de mínimo 5000 variables	1	7000.00	7000.00
12	Licencia de sistema operativo "Linux Red Hat 10"	1	0	0
13	Licencia de software de autenticación "No Cat Auth"	1	0	0
14	Licencia de software firewall "Ip Tables".	1	0	0
15	Licencias de software "Windows 7	2	300.00	600.00

profesional"	
	TOTAL 44,620.0
	(inc. IVA) 0

Tabla 5.23 Costos de equipos y software de cómputo en central de control.

Ítem	Denominación	Cantidad	Precio Unit.	Total USD
1	Configuración e Instalación de Servidores Scada	200 horas	50.00	10000.00
2	Configuración e Instalación del Servidor de Históricos tipo rack	40 horas	30.00	5000.00
3	Configuración e Instalación del Servidor de Base de Datos tipo rack	40 horas	35.00	2800.00
4	Configuración e Instalación del Servidor Web tipo rack	60 horas	35.00	2600.00
	Configuración e Instalación del Servidor de autenticación y firewall	20 horas	25.00	500.00
5	Configuración e Instalación de 6 consolas Scada	60	50.00	3000.00
			TOTAL	23,900.0
			(inc. IVA)	0

Tabla 5.24 Costos de mano de obra para equipos y software de cómputo en central de control.

Ítem	NOMBRE DE LAS ESTACION DE RESERVA	EQUIPO RADIO-MODEM WIMAX	CABLE COAXIAL (mts.)	ANTENA	TORRE ROHN (15 mts.)	PUESTA A TIERRA	PARARRAYOS	CABLE STP CAT6 (MTS)
1	PLANTA TRATAMIENTO CARIGAN	1	3	1	1	1	1	30
2	PLANTA TRATAMIENTO PUCARA	0	0	0	0	0	0	25
3	PLANTA TTO. ZAMORA HUAYCO	1	3	1	1	1	1	30
4	PLANTA TTO. CURITROJE	1	3	1	1	1	1	30

Tabla 5.25 Cantidades de equipos y materiales de comunicación en plantas de tratamiento.

Ítem	Denominación	Cantidad	Precio Unit.	Total USD
1	Radiomodem WIMAX Ethernet	3	2100.00	6300.00
2	Antena direccional parabólica WIMAX 12 dBi.	3	2800.00	8400.00
3	Caja metálica de exteriores para radio.	3	30.00	90.00
4	Torre auto soportada metálica de 15 metros.	3	1800.00	5400.00
5	Metros de cable STP CAT6.	115	1.00	115.00
6	Conectores RJ45 CAT6.	10	1.00	10.00
7	Metros de canaleta protectora para conexiones.	60	2.00	120.00
8	Accesorios de canaleta.	20	0.50	10.00
9	Sistema de puesta a tierra máximo 5 ohm	3	1200.00	3600.000
10	Sistema de pararrayos	3	900.00	2700.00
			TOTAL (Inc. IVA)	21,745.00

Tabla 5.26 Costos de equipos y materiales de comunicación en plantas de tratamiento.

Ítem	Denominación	Cantidad	Precio Unit.	Total USD
1	Configuración e Instalación de Radiomodem WIMAX	3	40.00	120.00
2	Instalación de guías de onda y antena.	3	30.00	90.00
3	Instalación de cable STP CAT6 con canaleta.	115	1.00	115.00
4	Instalación de puntos de red	4	15.00	60.00
5	Metros de canaleta protectora para conexiones.	60	2.00	120.00
6	Instalación de pararrayos	3	80.00	240.00
			TOTAL (Inc. IVA)	745.00

Tabla 5.27 Costos de mano de obra para equipos y materiales de comunicación en plantas de tratamiento.

Ítem	Denominación	Cantidad	Precio Unit.	Total USD
1	Radiomodem industrial WIMAX Ethernet.	1	2100.00	2100.00
2	Router	1	480	480.00
3	Rack metálicos cerrado 1U	1	120.00	120.00
4	Antena direccional parabólica 12 dBi WIMAX.	1	2800.00	2800.00
6	Patch Panel de 8 puertos CAT6	1	150.00	150.00
	Organizador de cables horizontal	1	30.00	30.00
	Multitoma horizontal 1u 4 tomas dobles	1	60.00	60.00
	Switch capa 2 de 12 puertos	1	200.00	200.00
	Metros de cable STP CAT6	140	1.00	140.00
	Conectores RJ45 CAT6	10	1.00	10.00
	Metros de canaleta protectora para conexiones	40	2	80.00
	Accesorios de canaleta	15	0.8	12.00
	Cajetín sobrepuesto RJ45 CAT6 dobles	4	10	40.00
	Muebles con silla para consolas tipo ergonómicos	3	150.00	450.00
	Computador para consolas	2	1900.00	3800.00
	Instalación de un enlace de par de cobre dedicado (PSTN) entre la Central de Control y Municipio de Loja a través de la infraestructura de la CNT.	1 canal	110.00	110.00
TOTAL			(inc. IVA)	10,582.00

Tabla 5.28 Costos de equipos y materiales de comunicaciones y cómputo en oficinas UMAPAL y Municipio de Loja.

Ítem	Denominación	Cantidad	Precio Unit.	Total USD
1	Configuración e Instalación de Radiomodem industrial WIMAX.	1	40.00	40.00
2	Configuración de Router	1	80.00	80.00
3	Instalación de Rack metálicos cerrado 1U	1	20.00	20.00
4	Instalación de guías de onda y antena WIMAX.	1	30.00	30.00
6	Instalación de Patch Panel de 8 puertos CAT6	1	15.00	15.00
	Organización de cables 8 puertos	1	15.00	15.00
	Instalación de Multitoma horizontal 1u 4 tomas dobles	1	10.00	10.00
	Instalación de Switch capa 2 de 12 puertos	1	30.00	30.00
	Instalación de cable STP CAT6	140	1.00	140.00
	Instalación de puntos de red.	5	15.00	75.00
	Instalación de canaleta protectora para conexiones	40	1.00	40.00
	Configuración de 2 consolas Scada	20 horas	50.00	1000.00
			TOTAL (inc. IVA)	1,495.00

Tabla 5.29 Costos de mano de obra para equipos y materiales de comunicaciones y cómputo en oficinas UMAPAL y Municipio de Loja.

A6. ESTADISTICAS DE LA UMAPAL.

Nombre Empresa. (por favor escriba la pagina web, si existe)																
AGUA, PAIS, LAC																
Variables Cuantitativas																
Por favor leer las definiciones de cada variable, incluidas en la sección "2. Definiciones Cuantitativas", antes de llenar la información.																
No.	Nombre de la Variable	UNIDADES	1996	1998	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
VARIABLES OUTPUT																
1	Año de privatización (si aplica)	0 = Público 1 = Privado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Número total de conexiones de agua (Residencial y No-residencial) en el área de la empresa.	número						19,789.00	20,645.00	21,425.00	23,458.00	25,038.00	26,587.00	28,172.00	30,326.00	31,805.00
3	Número total de conexiones residenciales de agua en el área de la empresa.	número						17,517.00	18,202.00	18,752.00	20,544.00	21,980.00	23,385.00	24,553.00	26,356.00	27,579.00
4	Número total de conexiones de desagüe (Residencial y No-residencial) en el área de la empresa.	número						17,000.00	17,400.00	18,000.00	19,500.00	19,000.00	21,000.00	21,500.00	22,000.00	23,500.00
5	Número total de conexiones residenciales de desagüe en el área de utilidades.	número														
6	Volumen total de agua producida al año	m³	12,388,917	13,765,464	13,765,464	13,765,464	13,765,464	13,765,464	13,765,464	13,765,464	13,765,464	13,765,464	18,659,851	18,904,570	19,149,249	19,394,009
7	Longitud de la red de distribución de agua	km	100.00	130.00	130.00	130.00	140.00	140.00	140.00	140.00	150.00	155.00	160.00	160.00	180.00	220.00
8	Longitud de la red de desagüe	km						100.00	100.00	100.00	105.00	110.00	110.00	160.00	190.00	210.00
9	Volumen total de agua vendida.	m³						6,548,152	6,564,580	7,176,364	6,776,472	7,397,820	8,309,580	9,468,444	9,473,680	9,893,508
10	Volumen total de aguas residuales colectadas	m³						4,442,300	5,065,206	5,024,858	4,743,530	5,178,474	5,816,706	6,627,911	6,631,606	6,925,456
VARIABLES INPUT																
11	Número total de empleados **	número									195.00	195.00	195.00	195.00	195.00	195.00
12	Gasto anual de operación y mantenimiento de los servicios de distribución de agua y saneamiento (OPEX, operation expenditures). **	moneda local nominal											3,300,000	3,300,000	3,400,000	3,500,000
13	Total de inversiones anuales de los servicios de distribución de agua y saneamiento (CAPEX: Capital Expenditure). **	moneda local nominal											950,000	2,200,000	2,500,000	3,000,000
14	Gastos totales (TOTEX) de los servicios de distribución de agua y saneamiento (TOTEX = CAPEX + OPEX).	moneda local nominal											4,150,000	5,500,000	5,900,000	6,500,000
DESEMPEÑO OPERATIVO Y COMERCIAL																
15	Agua no contabilizada (%)	%						72	72	70	69	68	68	65	63	59
16	Agua no contabilizada (en otras unidades)	m³/km² O m³/conn/d														
17	Volumen de agua que no genera ingresos.	m³														
18	Número de hogares con medidor con servicio de agua (micromedición)	número						17,196	17,961	18,840	20,651	22,323	23,928	25,636	28,203	29,579
19	Porcentaje de Cobranza	%						86	88	88	88	89	91	91	91	91
CALIDAD Y SERVICIO AL CLIENTE																
20	Número promedio de horas al día con servicio de agua residencial (Continuidad de servicio)	horas por día promedio						19	19	19	20	20	22	22	23	23
21	Porcentaje de muestras que pasaron el examen de potabilidad.	%											100	100	100	100
22	Cobertura residencial del servicio de agua.	%											50	65	75	90
23	Cobertura residencial del servicio de desagüe.	%											45	60	70	85
24	Número de quejas (de clientes) con respecto a los servicios de agua y saneamiento, por año.	número						1,437	1,121	881	963	1,077	972	993	1,011	1,028
25	Tratamiento de aguas residuales al año.	%											0	5	10	10
26	Duración promedio entre queja del cliente y solución del problema.	horas						48	48	48	48	48	48	48	48	48

PRECIOS																
27	Tarifa residencial media por servicio de agua	moneda local nominal					0.05	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.12	0.14	0.17
28	Tarifa residencial media por servicio de desague.	moneda local nominal					0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05
29	Tarifa industrial media por servicio de agua	moneda local nominal					0.41	0.57	0.74	0.81	0.90	0.99	1.04	1.08	1.25	1.37
30	Tarifa industrial media por servicio de desague	moneda local nominal					0.12	0.16	0.21	0.23	0.25	0.28	0.29	0.30	0.35	0.38
31	Cargo de instalación de servicio de agua	moneda local nominal					110.00	120.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	145.00	150.00
32	Cargo de instalación de servicio de desague	moneda local nominal										190.00	195.00	195.00	195.00	200.00
** Si hay información desagregada para estas variable en particular, favor de agregarlas en la sección de Variables Extras.																
Variables Extra																
1	Área cubierta por la empresa	km²														
2	Población total en el área cubierta	número														
3	Población servida - agua	número														
4	Población servida - desague	número														
5	Número total de conexiones de agua 'activas' (Residencial y No-residencial en el área de la empresa.	número														
6	Número total de empleados (agua)	número														
7	Número total de empleados (desague)	número														
8	Outsourcing (empleados)	número														
9	OPEX (desagregado)	moneda local nominal														
10	CAPEX (desagregado)	moneda local nominal														

Notas:

Se considera únicamente la ciudad de Loja. La UMAPAL administra también los sistemas en parroquias rurales, sin embargo la información es escasa.
 En inversión cuanto únicamente con información de estos años, se ha incluido valores invertidos con obtención de créditos.
 En el servicio de horas por día se ha promediado los diferentes sectores de servicio pues aunque en la mayoría es de 24 horas, en otros es de hasta 12 horas.