

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**“USO DE TECNOLOGÍA INALÁMBRICA EN EL DISEÑO Y  
PUESTA EN MARCHA DE PRESAS DE RELAVES,  
UTILIZANDO SISTEMA CLIENTE SERVIDOR”**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**AUTOR:**

**ROGER VILELA ARIAS**

**Arequipa - Perú  
2014**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

## **Resumen de Tema de Tesis**

### **1. Título del Trabajo de Tesis**

Uso de tecnología inalámbrica en el diseño y puesta en marcha de presas de relaves, utilizando sistema cliente-servidor.

### **2. Nombres y apellidos del postulante**

Roger, Vilela Arias

### **3. Fecha de presentación**

28 de Agosto del 2012

### **4. Objetivo General**

El Objetivo General es la transmisión inalámbrica de señales que corresponden al proceso de diseño y puesta en marcha de presas de relaves, atendiendo a los problemas suscitados durante el proceso de crecida de la presa, con la consecuente pérdida de tiempo de cableado e incremento de costos de implementación y la manipulación del proceso mediante un sistema cliente servidor.

### **5. Objetivos Específicos**

- Implementación de una red inalámbrica para la transmisión de datos, y así evitar el tendido de cables en relaveras, resolviendo el problema de movimiento de cables por la crecida del relave.
- Control y monitoreo de las variables del proceso mediante un sistema cliente servidor, con la utilización del PLC Micrologix 1000, con la utilización de los software RsLogix500 y RsView32 con comunicación OPC.
- Utilización de control en cascada para el control del proceso.
- Asegurar la continuidad de la producción en la etapa asociada.
- Protección de los equipos con la aplicación de las Normas de Seguridad.

## **6. Antecedentes**

El diseño de presas relaves, presenta en su diseño y desarrollo, diferentes tipos de sensores que proporcionan información de la misma, estos son implementados físicamente mediante cables, mas no se presenta ningún tipo de tecnología inalámbrica para este tipo de propósitos, la tecnología inalámbrica en la industria minera, está dirigida a radio módems, de alto costo o para distancias mayores tecnología de radio enlaces, siendo la complejidad de este mayor, así también se cuenta con sensores específicos que poseen características inalámbricas, mas estos están limitados a sensores de medición comunes, y no se encuentran los sensores indicados para este tipo de aplicaciones (Piezoeléctricos, movimiento.)

## **7. Hipótesis**

El uso de tecnología inalámbrica en el diseño y puesta en marcha de relaveras, mejoraría la eficiencia en el proceso, así como sería un ahorro en la implementación y mantenimiento del mismo. El beneficio de la implementación del sistema cliente servidor es que permitiría el monitoreo y control del proceso desde cualquier parte de la planta.

## **8. Descripción del tema a desarrollar**

### **8.1.- Diseño y puesta en marcha de Presas de Relaves**

#### **8.1.1 Presas de relaves**

El desarrollo del diseño de la presa de relaves consiste principalmente en la elaboración de la presa de arranque, la elevación de la presa inicial (presa de relaves) y el sistema recolector de infiltración.

Previo a la implementación de una presa relaves, se deberá realizar estudios y análisis de suelos los cuales proporcionen una línea del comportamiento de los mismos. Para esto se realizan investigaciones de campo.

#### **Geología y Condiciones del Subsuelo**

En este estudio se realizan investigaciones de campo en lo que comprendería la presa de arranque y la presa relaves en sí, siendo los análisis más característicos



el estudio de licuefacción de la base del suelo y la búsqueda de cavernas y sumideros en el levantamiento superficial en el emplazamiento, analizando el tipo de roca con que cuenta el área implicada.

### **Sismicidad**

Este estudio está basado en la característica sísmica de la zona, siendo de base el análisis de las fallas cercanas al área, además, se basan en análisis probabilísticos que indican el rango de interés de los periodos estructurales en cuestión y las aceleraciones espectrales del nivel.

### **Hidrología**

Estudia la precipitación promedio anual que recibe a presa relaves, así como la evaporación de la misma, realizando un balanceo de materia y se llega a un volumen de emplazamiento promedio anual.

### **Materiales de préstamo**

Los materiales de préstamo son materiales de desecho de botaderos específicos así como de materiales de la capa de lixiviación que se ubican en la delimitación y formación de la presa de arranque mientras que el material de aluvión parece ofrecer fuentes de préstamo apropiadas para el procesamiento del material de filtro para el sistema recolector de infiltraciones.

### **Análisis de Ingeniería**

- **Balance del Material:** Análisis que permite evaluar los requisitos de cantidad mensual de underflow de relaves e identificar la elevación de cresta del dique de arranque.
- **Filtración:** Análisis para evaluar la cantidad de infiltración desde el embalse y presa de relaves.
- **Estabilidad Estática del Talud:** Análisis para evaluar la estabilidad de la presa de relaves bajo condiciones operativas normales.
- **Estabilidad Dinámica del Talud:** Análisis para evaluar la deformación potencial que se proyecta ocurrirá como resultado del terremoto de diseño.
- **Balance de Agua:** Análisis que permite evaluar la cantidad de agua de recuperación disponible del depósito de relaves.

## **Diseño de factibilidad**

La construcción de presas de relaves está prevista para ocurrir en fases con el objeto de controlar los costos de capital previos al inicio de las operaciones de depósito de relaves. Por ende, la construcción de la presa de relaves final se divide en las siguientes fases:

**Fase I - Construcción Inicial:** Construcción de los componentes de diseño, previos al inicio de las operaciones de depósito de relaves:

- Presa de arranque para almacenar materiales de relave overflow durante la primera etapa de operaciones (1 año) aproximadamente mientras que se construye la presa de relaves, hasta completar la cresta de la presa de arranque empleando materiales de relave underflow.
- La parte inicial del sistema recolector de infiltraciones para recolectar y bombear de regreso la infiltración desde el rebose y el agua que drena desde los materiales de relave underflow.

**Fase II – Construcción en etapa operacional:** Construcción de los componentes de diseño durante las operaciones de depósito de relaves.

- Presa de relaves (materiales compactados de relave underflow) para retener los materiales de relave overflow.
- Porciones remanentes del sistema recolector de infiltraciones.

## **Presa de Arranque**

Se requiere la construcción de una presa de arranque antes del inicio de las operaciones de deposición de relaves. El principal propósito de la presa de arranque es almacenar los materiales de relave overflow ya que la presa de relave está siendo construido durante la primera etapa de las operaciones. Los requisitos de diseño son los siguientes:

- Proporcionar almacenamiento suficiente para los materiales de relave overflow durante la construcción de la presa de relave (relave underflow) a la cresta de la presa, manteniendo un margen libre.

- Proporcionar almacenamiento adicional para los materiales de relave completo, para prever posibles cierres de la estación ciclónica, durante la primera etapa de las operaciones de sedimentación del relave.
- Proporcionar almacenamiento para un volumen de agua de reemplazo.
- Limitar la infiltración desde el reservorio de agua de arranque y los materiales de relave overflow.
- Cumplir con los criterios de filtro para evitar conducir por tuberías los materiales de relave en o a través de la presa de la presa de arranque.

### **Presa de Relaves**

La presa de relaves será elevada sobre el nivel de la cresta de la presa de arranque usando el relave ciclonado del underflow respectivamente compactado.

Previamente a la deposición de relaves underflow, el área que será cubierta con relaves del underflow deberá estar libre de piedras mayores a 20 cm. Para minimizar el riesgo de infiltración y/o migración de partículas a través de la formación caliza en el estribo oeste de la presa, esta área será cubierta con geotextil y geogrid que corresponden a elementos separadores entre el terreno propiamente dicho y el relave.

### **Sistema de recolección de infiltración**

La finalidad del sistema de recolección de infiltración es ayudar al drenaje de la presa de relaves para mantener una superficie freática baja, y recolectar y devolver la infiltración al represamiento de relaves como agua recuperada. El sistema de recolección de infiltración consiste en general de una red de sub-drenes de la presa, tubería de conducción de infiltración, y un sumidero de recolección de infiltración.

### **Instrumentación en el proceso de construcción y operaciones de la presa relaves**

Durante las etapas de construcción y operaciones de la presa relaves se tendrán diferentes instrumentos de medición que cumplen funciones de monitoreo de las condiciones que se desarrollen en estas etapas.



La información y datos obtenidos con este sistema, será revisada y comparada con las suposiciones de diseño. También se efectuará la observación y documentación periódicas de condiciones que surjan. Esta manera de monitorear ayudará a reconocer en forma oportuna las condiciones que varíen de las asumidas para el diseño. Luego puede hacerse modificaciones a la construcción y operación para enfrentar estas condiciones.

Como parte de la construcción de la presa de relaves, se implementa un sistema de instrumentación y monitoreo para verificar la validez de las suposiciones de diseño y los resultados del análisis de diseño, y para confirmar que la presa se construya y comporte de acuerdo a lo planeado. El sistema de instrumentación proporcionará información que es vital para verificar el correcto desarrollo del diseño.

El sistema de instrumentación consistirá en los siguientes elementos claves:

- Piezómetros en el aluvio de fundación y presa de relaves. Los piezómetros serán del tipo de alambre vibrador para que los conductores de lectura puedan colocarse en zanjas que se extiendan hasta estaciones de lectura fuera del área de construcción. Se establecerán tres a cuatro secciones de estudio normales al trazo de la presa de relaves, en las que se instalarán piezómetros tanto en la fundación como en la presa.
- Medidores de bastón para monitorear la tasa de levantamiento del reservorio de relaves dentro de la cuenca de almacenamiento. Estos medidores consistirán en un poste vertical de aproximadamente 5 m de altura cimentados en suelo natural dentro de la cuenca de almacenamiento. Los medidores de bastón estarán graduados para permitir la lectura de la elevación de la superficie de almacenamiento de relaves. Cuando el medidor de bastón esté dentro de 0.5 m de ser inundado, se instalará un medidor de bastón nuevo inmediatamente contiguo al medidor inundado. Considerando el tamaño del reservorio, aproximadamente 6 a 8 medidores serán operados alrededor del perímetro de la cuenca de almacenamiento.
- Pozos de monitoreo instalados en el drenaje aguas abajo del sumidero de filtración. Los pozos proporcionarán un medio de monitorear el agua subterránea

en el valle y detectar filtraciones potenciales del reservorio de relaves que podrían puentear al sumidero de filtración. Los pozos de monitoreo serán controlados en forma periódica. En caso de que en los pozos de monitoreo se detecte filtración proveniente del sumidero, se operarán bombas para bombear la filtración al sumidero. Dependiendo de la cantidad de filtración, puede ser necesario instalar pozos adicionales para interceptar eficazmente la filtración que esté puentear al sumidero. El registro de los taladros de pozo proporcionaría caracterización adicional del aluvio y lecho de roca subyacente en el valle aguas abajo del reservorio.

- Sismógrafo para registrar los movimientos fuertes del terreno.



## **8.2.- Transmisión inalámbrica en el diseño de presas de relaves.**

### **8.2.1 El contexto del problema y su relevancia**

La utilización de tecnología inalámbrica en la industria responde a un costo elevado cuando se trabaja en procesos que no intervienen en etapas de producción directa, a la vez que resulta problemático el uso de esta tecnología en ambientes con presencia de ruido industrial, lo que hace propicio el uso de esta tecnología en procesos alejados de plantas industriales.



Se plantea el control y monitoreo de señales de que responden a procesos de relaveras en las cuales se encuentran ubicadas a distancias considerables de su planta concentradora.

El proyecto expuesto consiste en el control y monitoreo de los parámetros necesarios para el diseño y la puesta en marcha de presas de relaves, tanto el monitoreo como el control se lleva a cabo mediante señales RF, que nos permiten lograr este trabajo a distancia sin necesidad de cableado desde el centro de control, mientras que un PLC se encargara del control. Al hablar de control, hablamos de un sensado continuo así como de un envío continuo de señal, por lo tanto es un sistema Full Dúplex, el cual trabaja con frecuencias de 318MHz y 433 MHz. El monitoreo y control se realiza mediante una interface SCADA, la forma de monitores del proceso es mediante un sistema cliente servidor implementado con OPC.

### **8.2.2 Definición del Problema**

En el ámbito industrial se ha visto desde siempre la necesidad de monitorear constantemente los procesos industrializados, principalmente aquellos en los cuales se ha priorizado el desarrollo, ya que un simple error de sincronización o falla de energía puede conducir a una gran pérdida en la producción. Al principio se trataba de un operario encargado de vigilar en todo momento una determinada parte del proceso, pero este sistema resultaba ineficiente porque estaba sujeto al error humano, al incrementarse el desarrollo de producción este sistema se hizo cada vez más obsoleto; así surgen los sensores de uso industrial, los cuales brindaron exactitud a este proceso, pero también introdujeron algunas desventajas, la principal es que duplicaron la cantidad de cableado en el área de trabajo. De la misma manera un limitante en el trabajo automatizado son las largas distancias entre la ubicación de las maquinas o dispositivos de campo hacia sus respectivas salas de control.

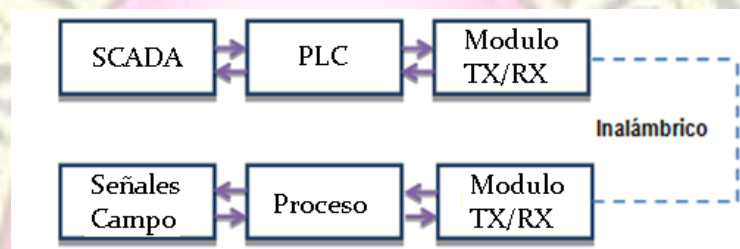
### **8.2.3 Desarrollo**

El proyecto en general consiste en la utilización de un PLC con el software RsLogix500 de uso industrial que nos permita la realización de la parte de control, además de contar con los respectivos sensores que nos permitan realizar el desarrollo del diseño y puesta en marcha de la presa de relaves, la

comunicación será inalámbricamente todo esto nos sirve para para disminuir tanto el cableado de un proceso con varios parámetros, como disminuir la longitud de los conductores utilizando un medio de transmisión aéreo que son los problemas planteados. De la misma manera la solución nos lleva a generar un ahorro en el cableado como la obtención de un proceso más ordenado que indirectamente son problemas solucionados.

El sistema planteado será el de cliente servidor mediante OPC, los cuales contarán con su respectivo Scada realizado en el software industrial RsView32.

Se está planteando el siguiente diagrama de bloques que es en síntesis el desarrollo del proyecto.



Se observa la bidireccionalidad del proceso, esto lo convierte en un proceso Full-Dúplex, esto es por la utilización de 2 módulos de transmisión que se usan para mantener un flujo de datos constante en todo el proceso, estos módulos trabajan en unas frecuencias de transmisión de 318MHz y 433MHz, para que no tengan ningún tipo de interferencia entre ellas. Se está planteando la realización 2 placas para la transmisión/Recepción de datos, una ubicada en campo y la otra en sala de control.

#### **8.2.4 Delimitación de las fronteras del trabajo**

Todo proceso de tratado relaves consiste en la disposición y separación del mismo y el aprovechamiento de la cantidad de agua que este contiene para su devolución hacia el proceso, en este proceso se puede observar separación por gravedad del relave con el agua con la utilización de nidos de ciclones, el cual separa el sólido del líquido, estos a su vez son enviados hacia la presa, siendo los parámetros a intervenir en el diseño inicial de la pera de relaves, el nivel, la humedad y se cuenta además con un sismógrafo.

Estos parámetros son los que se pretenden monitorizar y controlar, siendo necesaria la construcción de módulos para cada uno de estos parámetros, así como la utilización de los módulos de transmisión respectivos.

- El Nivel: nos señala la cantidad de relave con que se cuenta dispuesto, este parámetro podrá ser variado directamente con actuadores manipulados en el proceso (bombas), para este módulo, se está planeando tener sensores piezoeléctricos ultrasónicos, y como redundancia sensores de proximidad.
- La Humedad: nos señala la humedad con que se cuenta el ambiente en el día a día, siendo necesario un valor promedio, el cual puede ser variado con aspersores de agua, para este módulo se plantea la utilización del módulo EE16.
- El sismógrafo: se necesita mantener un histórico de los movimientos telúricos, que responden al análisis estadístico de la zona, para este módulo se pretende realizar la construcción de un sismógrafo.

Al disponer de variables de humedad y nivel, se plantea realizar una estrategia de control del proceso tipo cascada.

#### 8.2.4.1 Recursos a utilizar

- **PLC: MicroLogix 1000**

Este controlador pertenece a la familia de Allen Bradley, Posee 6 entradas digitales de 24 voltios DC y 4 Salidas digitales, su puerto de comunicación es serial RS485.



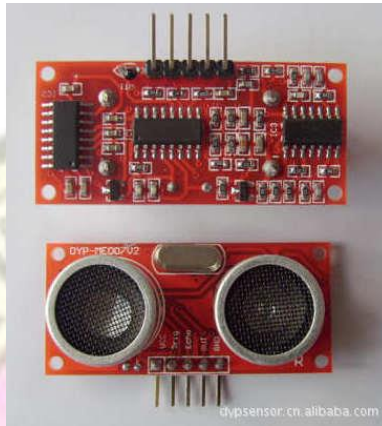
- **Sensores: Proximidad Inductivos, Ultrasonico, y Humedad**

Los sensores de proximidad inductiva son dispositivos autónomos de estado sólido diseñados para la mayoría de aplicaciones industriales que requieren detectar la presencia de objetos metálicos sin tocarlos.





Para la medición del nivel, se está considerando la utilización del sensor ultrasónico DYP-ME007, el cual consta de dos transductores piezoeléctricos.



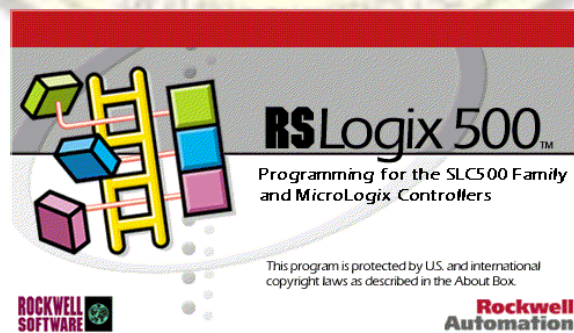
La humedad será medida con la utilización del sensor EE16 de la marca E+E Elektronik, que cuenta con un sensor de humedad y a la vez con un sensor de temperatura.



Para el desarrollo los Software a utilizar serían los siguientes:

- **RsLogix 500**

Software de uso industrial de la compañía Rockwell Automation, que nos permite la programación de autómatas de la misma compañía, se realiza la programación mediante lenguaje Ladder.



- **RsView32**

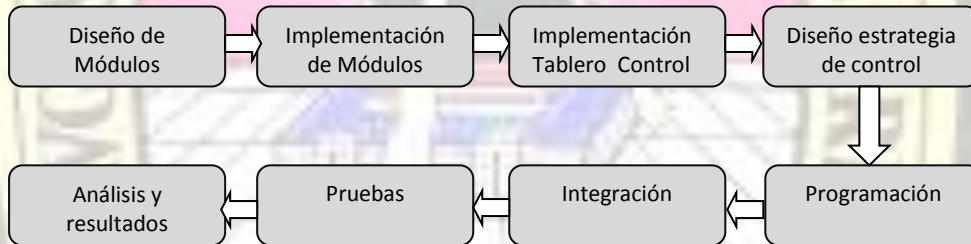
Software de uso industrial de la compañía Rockwell Automation, que nos permite el desarrollo de SCADAS de nivel industrial.

**RSView32**



## 9. Plan de Trabajo

La presente se pretende realizar siguiendo el siguiente plan de trabajo, basado en la implementación de los módulos, con sus respectivas pruebas de funcionamiento, la programación del PLC y sistema scada, una vez terminado se procede a la integración del sistema, para ultimo realizar el análisis del sistema funcionando en un tiempo determinado.



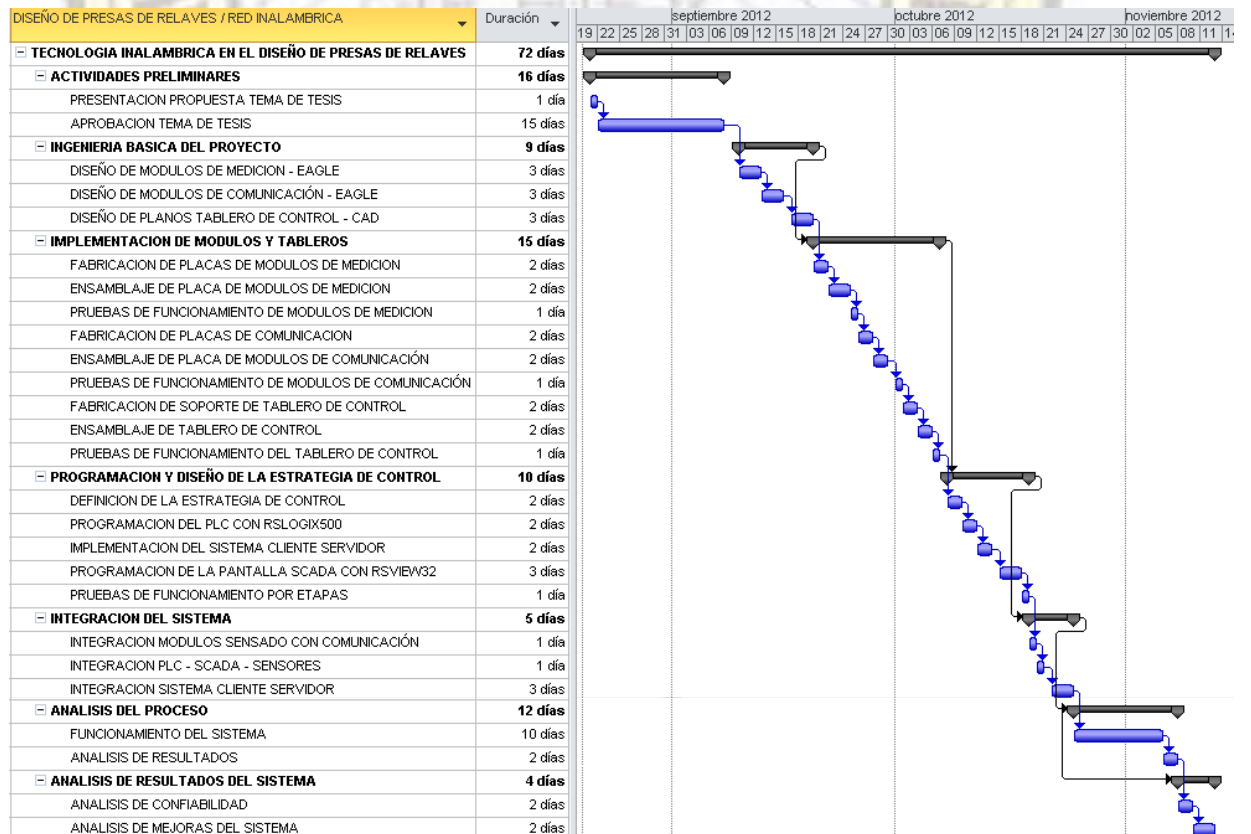
## 10. Cronograma

El desarrollo de las actividades responde al siguiente orden, siendo las fechas tentativas a la aprobación de la propuesta del tema de tesis, así como de la duración de las actividades propuestas.

<b>DISEÑO DE PRESAS DE RELAVES / RED INALAMBRICA</b>	<b>Duración</b>	<b>Comienzo</b>	<b>Fin</b>
<b>TECNOLOGIA INALAMBRICA EN EL DISEÑO DE PRESAS DE RELAVES</b>	<b>72 días</b>	<b>mar 21/08/12</b>	<b>lun 12/11/12</b>
<b>ACTIVIDADES PRELIMINARES</b>	<b>16 días</b>	<b>mar 21/08/12</b>	<b>vie 07/09/12</b>
PRESENTACION PROPUESTA TEMA DE TESIS	1 día	mar 21/08/12	mar 21/08/12
APROBACION TEMA DE TESIS	15 días	mié 22/08/12	vie 07/09/12
<b>INGENIERIA BASICA DEL PROYECTO</b>	<b>9 días</b>	<b>lun 10/09/12</b>	<b>mié 19/09/12</b>
DISEÑO DE MODULOS DE MEDICION - EAGLE	3 días	lun 10/09/12	mié 12/09/12
DISEÑO DE MODULOS DE COMUNICACIÓN - EAGLE	3 días	jue 13/09/12	sáb 15/09/12
DISEÑO DE PLANOS TABLERO DE CONTROL - CAD	3 días	lun 17/09/12	mié 19/09/12
<b>IMPLEMENTACION DE MODULOS Y TABLEROS</b>	<b>15 días</b>	<b>jue 20/09/12</b>	<b>sáb 06/10/12</b>
FABRICACION DE PLACAS DE MODULOS DE MEDICION	2 días	jue 20/09/12	vie 21/09/12

ENSAMBLAJE DE PLACA DE MODULOS DE MEDICION	2 días	sáb 22/09/12	lun 24/09/12
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE MODULOS DE MEDICION	1 día	mar 25/09/12	mar 25/09/12
FABRICACION DE PLACAS DE COMUNICACION	2 días	mié 26/09/12	jue 27/09/12
ENSAMBLAJE DE PLACA DE MODULOS DE COMUNICACIÓN	2 días	vie 28/09/12	sáb 29/09/12
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE MODULOS DE COMUNICACIÓN	1 día	lun 01/10/12	lun 01/10/12
FABRICACION DE SOPORTE DE TABLERO DE CONTROL	2 días	mar 02/10/12	mié 03/10/12
ENSAMBLAJE DE TABLERO DE CONTROL	2 días	jue 04/10/12	vie 05/10/12
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL TABLERO DE CONTROL	1 día	sáb 06/10/12	sáb 06/10/12
<b>PROGRAMACION Y DISEÑO DE LA ESTRATEGIA DE CONTROL</b>	<b>10 días</b>	<b>lun 08/10/12</b>	<b>jue 18/10/12</b>
DEFINICION DE LA ESTRATEGIA DE CONTROL	2 días	lun 08/10/12	mar 09/10/12
PROGRAMACION DEL PLC CON RSLOGIX500	2 días	mié 10/10/12	jue 11/10/12
IMPLEMENTACION DEL SISTEMA CLIENTE SERVIDOR	2 días	vie 12/10/12	sáb 13/10/12
PROGRAMACION DE LA PANTALLA SCADA CON RSVIEW32	3 días	lun 15/10/12	mié 17/10/12
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO POR ETAPAS	1 día	jue 18/10/12	jue 18/10/12
<b>INTEGRACION DEL SISTEMA</b>	<b>5 días</b>	<b>vie 19/10/12</b>	<b>mié 24/10/12</b>
INTEGRACION MODULOS SENSADO CON COMUNICACIÓN	1 día	vie 19/10/12	vie 19/10/12
INTEGRACION PLC - SCADA - SENSORES	1 día	sáb 20/10/12	sáb 20/10/12
INTEGRACION SISTEMA CLIENTE SERVIDOR	3 días	lun 22/10/12	mié 24/10/12
<b>ANALISIS DEL PROCESO</b>	<b>12 días</b>	<b>jue 25/10/12</b>	<b>mié 07/11/12</b>
FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA	10 días	jue 25/10/12	lun 05/11/12
ANALISIS DE RESULTADOS	2 días	mar 06/11/12	mié 07/11/12
<b>ANALISIS DE RESULTADOS DEL SISTEMA</b>	<b>4 días</b>	<b>jue 08/11/12</b>	<b>lun 12/11/12</b>
ANALISIS DE CONFIABILIDAD	2 días	jue 08/11/12	vie 09/11/12
ANALISIS DE MEJORAS DEL SISTEMA	2 días	sáb 10/11/12	lun 12/11/12

La distribución de las actividades planteadas se ven plasmadas en el siguiente diagrama de Gantt, siendo las fechas referenciales.





## **11. Resultados previstos**

- Funcionamiento de los módulos que presenten información necesaria para el diseño y puesta en marcha de presas de relaves.
- Transmisión inalámbrica de datos de los módulos, en ambientes con poco ruido industrial asegurando la transmisión continua y evitando pérdida de información.
- Control adecuado del sistema con la estrategia de control planteada.
- Correcto funcionamiento del sistema cliente servidor.

## **12. Aportes Previstos**

- Una solución al problema de movimiento de conductores (cables) debido a la crecida de la presa de relaves.
- Una mejor alternativa de control y monitoreo, con la utilización del sistema cliente servidor disponiendo de los datos desde cualquier parte de la mina.

## **13. Beneficios previstos**

- Disminución de conductores (cables) desde los sensores hasta el cuarto de control, evitando así el tendido de cables innecesariamente y el movimiento de conductores debido a la crecida de la presa de relaves.
- Transmisión de datos continuamente de los sensores, evitando periodos de paro debido al movimiento de conductores.

## **14. Bibliografía**

- Estudio de factibilidad del proyecto de sulfuros primarios de Cerro Verde  
Diseño a nivel de factibilidad de la presa de relaves.
- Diseño de presas de relaves – Rojas Linares Edito Luis
- Presa de relaves de la planta de cianuración por percolación de Sotrami / Santa Filomena.
- Tailing Scoping Study, Cerro Verde Mine.

## **15. Índice preliminar de la tesis**

### **CAPÍTULO I: Planteamiento Teórico**

#### 1.1 Problema

- 1.1.1 Enunciado del problema
- 1.1.2 Identificación del problema
- 1.1.3 Descripción del problema
- 1.1.4 Justificación del problema
- 1.1.5 Alcances

#### 1.2 Antecedentes de la investigación

#### 1.3 Objetivos

- 1.3.1 Objetivo general
- 1.3.2 Objetivos específicos

#### 1.4 Hipótesis

### **CAPÍTULO II: Diseño de Factibilidad de la presa de relaves**

#### 2.1 Aspectos Generales

#### 2.2 Presa de Arranque

#### 2.3 Presa de Relaves

#### 2.4 Sistema de recolección de filtración

#### 2.5 Construcción y operaciones

### **Capítulo III: Análisis de Ingeniería.**

#### 3.1 Generalidades

#### 3.2 Análisis del balance de materiales

#### 3.3 Análisis de infiltración de la presa

#### 3.4 Análisis de la filtración del estribo

#### 3.5 Análisis de la estabilidad estática del talud

#### 3.6 Análisis de la estabilidad dinámica del talud

#### 3.7 Análisis del balance hídrico

### **Capítulo IV: Arquitectura del sistema de control**

#### 4.1 Distribución y listado de equipos

#### 4.2 Estrategia de control

#### 4.3 Diagramas de esquemáticos

#### 4.4 Diagramas de lazo

**Capítulo V: Lógica de Programación**

- 5.1 Control de nivel
- 5.2 Control de Humedad
- 5.3 Sismógrafo
- 5.8 Diagrama de Flujo
- 5.9 Programa Ladder de Control

**Capítulo VI: Aplicación de Supervisión.**

- 6.1 Descripción software
- 6.2 RsLinx y RsView32
- 6.3 Aplicación de Supervisión (SCADA)

**Capítulo VII: Manual de Operación.**

- 7.1 Introducción
- 7.2 Componentes del Sistema
  - 7.2.1 Controlador Lógico Programable Micrologix 1000
  - 7.2.2 Panel de Control Cliente (Operario)
  - 7.2.3 Panel de Control Servidor (Administrador)
- 7.3 Modos de Operación
  - 7.3.1 Modos Automático / Manual
    - 7.3.1.1 Desarrollo de pantallas de RsView32
      - 7.3.1.1.1 Pantalla principal
      - 7.3.1.1.2 Control de Nivel
      - 7.3.1.1.3 Control de Humedad
      - 7.3.1.1.4 Sismógrafo

- Presupuesto
- Evaluaciones
- Conclusiones
- Recomendaciones
- Bibliografía