



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons  
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

Facultad de Ciencias e Ingeniería



**ESTUDIO DE LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE MONZÓN**

Tesis para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

Presentado por:

**VÍCTOR ALEJANDRO PAJUELO SANTOS**

**LIMA – PERÚ**

**2007**

## RESUMEN

## TEMA DE TESIS : ESTUDIO DE LA PCH MONZÓN

La presente tesis trata sobre el estudio de la Pequeña Central Hidroeléctrica de Monzón, ubicada en la provincia de Huamalíes, departamento de Huanuco.

Empezamos este trabajo viendo los objetivos del proyecto, los cuales eran de dotar de energía eléctrica a la localidad de Monzón.

Para ello hacemos un análisis del mercado eléctrico y vemos las alternativas para cubrir esta demanda de las cuales seleccionamos la Central Hidroeléctrica.

Analizamos las cuencas cercanas a la población y decidimos por la que ofrecía las mejores condiciones para desarrollar el proyecto.

Como en todo proyecto hidroenergético estudiamos primero la disponibilidad de la fuente principal de todo este mecanismo, que es el agua y por ello hacemos los estudios hidrológicos.

A continuación hacemos los estudios geológicos y topográficos del área seleccionada, También hacemos los análisis de los materiales de construcción que hay en las canteras.

Proseguimos con el diseño de las obras y su respectiva justificación. En una central hidroeléctrica se busca que la obra sea bien diseñada, garantizando su buen funcionamiento y estabilidad de sus componentes. Con la demanda encontrada y ubicándonos en la zona del proyecto se ha calculado que se puede construir una PCH de 360 KW de potencia. Hacia ello va nuestro trabajo.

Adicionalmente presentamos los sistemas de transmisión eléctrica a nivel de estructuras típicas y la subestación de salida.

Por último calculamos el presupuesto total del proyecto y realizamos una evaluación económica del mismo para ver su rentabilidad.

Las tablas se encuentran en un archivo excel denominado tablas – tesis y ayudan a esquematizar datos y cálculos en cada capítulo.



## 1.- DEDICATORIA :

Dedico este gran trabajo, primeramente, a mi tierra el hermoso Valle de Monzón y a todos los pueblos aislados y postrados en su desarrollo por falta de servicios básicos indispensables, entre ellos la Energía Eléctrica.

Del mismo modo a mi señora madre, doña Ida Santos Beraún quién comprendió que luchar por el desarrollo de los pueblos era tan importante como vivir. A mi padre, don Alejandro Pajuelo Revelo, a mis amigos : Francisco Flores Piélago, Hiberón Domínguez Montes y familia, entre otros.

Mención honrosa en mi humilde trayectoria al Ingeniero Miguel Suazo G. y al Doctor Juan Solidoro C., conjuntamente con la empresa S&Z Consultores Asociados S. A. por apoyar desinteresadamente al desarrollo del Valle del Monzón poniendo la primera piedra para la electrificación de sus pueblos.

Mi agradecimiento a todos los profesores de la Pontificia Universidad Católica del Perú por la formación que nos brindaron a través de sus enseñanzas.

Esperando que este trabajo sirva de ejemplo a los jóvenes Monzoninos para que día a día estudien aprovechando el tiempo al máximo posible como una manera de avanzar y si avanzamos nosotros avanzarán también nuestros pueblos hacia su grandeza y desarrollo.

## INDICE

- 1.- INTRODUCCION
- 2.- OBJETIVOS
- 3.- ANÁLISIS DEL MERCADO ELÉCTRICO Y ALTERNATIVAS DE DESARROLLO PARA CUBRIR LA DEMANDA.
- 4.- ANÁLISIS DE LAS CUENCAS CERCANAS A LA POBLACIÓN :
- 5.- ESTUDIOS HIDROLÓGICOS :
  - 5.1.- La cuenca.
  - 5.2.- Definición de la Media Anual.
  - 5.3.- Definición del Régimen de Descarga.
  - 5.4.- Aforos de comprobación.
  - 5.5.- Cálculo de las Máximas Avenidas Centenarias y Milenarias.
- 6.- DESARROLLO DEL PROYECTO :
  - 6.1.- Definición del esquema.
  - 6.2.- Estudios topográficos.
  - 6.3.- Estudios geológicos.
  - 6.4.- Materiales de construcción – Canteras.
- 7.- CARACTERÍSTICAS DEL ESQUEMA DE OBRAS Y DISEÑO.
  - Toma.
  - Desarenador.
  - Cámara de carga.
  - Tubería de presión (anclajes y sillas de apoyo).
  - Casa de máquinas.
- 8.- SISTEMAS DE TRANSMISIÓN A NIVEL DE ESTRUCTURAS TÍPICAS
- 9.- SUBESTACIÓN DE SALIDA
- 10 ANALISIS DE COSTOS.
- 11 EVALUACIÓN ECONÓMICA.
- 12 BIBLIOGRAFÍA.
- 13 PLANOS.

## 1.- INTRODUCCION

El Perú es un país con mucha necesidad de energía eléctrica sobre todo en los pueblos aislados, debido a ello el atraso cultural de sus pobladores es muy marcado. Esto es una de las causas por las cuales existe mucha diferencia social, económica y por ende cultural.

La energía eléctrica es una necesidad básica que todo ciudadano merece ser satisfecho. La falta de este servicio trae como consecuencia que no se cuente con mejores condiciones de vida, sin los adelantos y la tecnología de este mundo globalizado.

Una persona que ha pasado gran parte de su vida sin haber gozado de este elemental servicio, se encontrará en desventaja con la gente de las ciudades obteniendo por ello puestos de trabajo de menor rango.

El autor de este trabajo es una de esas personas que viene de un pueblo olvidado por los gobiernos de turno y castigado por la violencia. Sin los servicios básicos de energía eléctrica, salud, agua potable entre otros. Por esta razón ha tenido que emigrar a las ciudades con la promesa de volver un día y trabajar por su pueblo para que las futuras generaciones tengan una vida más digna.

Desde el año 1997, siendo alumno de la PUCP he recorrido por innumerables instancias para que se atienda la necesidad de contar con energía eléctrica al Distrito de Monzón, ubicado en la Provincia de Huamalíes, Región Huanuco. No consiguiendo efecto positivo en un primer momento, pero siempre con la inquietud de alcanzar la solución, llegó el día en que encontramos la luz al final del túnel, el cual fue el inicio de este largo proceso de trabajo con miras a la electrificación del Valle de Monzón.

Las aulas de nuestra universidad, el laboratorio de hidráulica y el Grupo de Apoyo al Sector Rural, fueron los que me llevaron a pensar en la posibilidad de electrificar nuestros pueblos a través de la construcción de centrales hidroeléctricas dadas las condiciones morfológicas, topográficas e hidrográficas con que cuenta gran parte de nuestro país..

Es así como nace en mí la vocación por las centrales hidroeléctricas, cuyo proyecto desarrollado les estoy entregando es así también como después de batallar por muchos años como presidente del comité de electrificación del Valle de Monzón, hoy 51 pueblos han sido beneficiados con este servicio.

Doy gracias a Dios por haber puesto personas de buen corazón y amor a los pueblos que apoyaron este proyecto hasta que el Ministerio de Energía y Minas volteó la mirada hacia nosotros e hizo realidad el sueño tan anhelado por este grandioso Valle de Monzón.





## 2.- OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es el de verificar la conveniencia de cubrir la falta de energía eléctrica en el Distrito de Monzón, Provincia de Huamalíes, Región Huanuco suministrado con un grupo térmico por horas, utilizando energía de origen hidráulico en forma permanente.

El alumno deberá examinar el potencial de la zona para la construcción de una PCH. El estudio deberá definir las posibilidades de generación hidroeléctrica en la zona y el alcance del servicio a ser proporcionado por una PCH a los centros poblados y caseríos de este distrito.



## 2.- OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es la de verificar la conveniencia de cubrir la falta de energía eléctrica en el Distrito de Monzón, Provincia de Huamalíes, Región Huanuco suministrado con un grupo térmico por horas, utilizando energía de origen hidráulico en forma permanente.

El alumno deberá examinar el potencial de la zona para la construcción de una PCH. El estudio deberá definir las posibilidades de generación hidroeléctrica en la zona y el alcance del servicio a ser proporcionado por una PCH a los centros poblados y caseríos de este distrito.



### 3.- ANÁLISIS DEL MERCADO ELÉCTRICO Y ALTERNATIVAS DE DESARROLLO PARA CUBRIR LA DEMANDA.

#### 3.1.- ANALISIS DEL MERCADO ELÉCTRICO

Para llevar adelante este análisis y tener una idea más certera de la cantidad de habitantes, número de viviendas, consumo eléctrico, capacidad de pago, entre otros, se realizaron encuestas casa por casa en las ocho localidades comprometidas en este proyecto.

El tiempo de duración de las encuestas fue de una semana para tratar que ninguna vivienda quede sin encuestar.

Como resultado de estas encuestas, que en parte tuvieron el carácter de censo, se obtuvo la cantidad de habitantes y el número de habitantes promedio por casa y por cada localidad.

Tomando como dato de proyectos de electrificación de zonas rurales a través de Pequeños Sistemas de Electrificación (PSE) que realiza el Ministerio de Energía y Minas o mediante Sistemas Aislados, que el consumo promedio mensual para zonas rurales que recién se están electrificando es de 30 KWh, que el factor de carga es de 0.28 para un consumo de 24 horas al día por 30 días que tiene el mes, podemos obtener la demanda (KW) que tiene cada uno de estos pueblos y la demanda total. En la tabla 3.1.1 se presentan los procedimientos y resultados de estos cálculos.

Haciendo un simple análisis de costos, se puede notar que si una familia en promedio consume 30 KWh y siendo la tarifa de 0.50 céntimos de sol por KWh consumido, estaría pagando 15 soles por mes de consumo de energía eléctrica. Aparte

de que su calidad de vida mejoraría. De este modo vemos cuan importante es electrificar nuestros pueblos.

Con los datos obtenidos de demanda de potencia en KWh, con las horas totales del año y teniendo el factor de carga promedio para estas zonas, calcularemos el total de energía que se necesitaría para todo el año en estas 8 localidades. Los resultados se pueden apreciar en la tabla 3.1.2.

### 3.2 .- ALTERNATIVAS DE DESARROLLO PARA CUBRIR LA DEMANDA.

Para cubrir la demanda de energía eléctrica en el valle de Monzón existen tres alternativas principales, mediante :

- 1) Grupo electrógeno a combustible Diesel.
- 2) Interconexión al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN).
- 3) Construcción de la Central Hidroeléctrica Monzón.

En este capítulo analizaremos los pormenores que implican cada una de estas alternativas de desarrollo para cubrir la demanda de las localidades comprometidas con el proyecto. La evaluación económica se desarrollará en el capítulo final conjuntamente con los análisis de costos.

1) Los grupos electrógenos a combustible Diesel tiene un bajo costo relativo inicial pero en el transcurso del tiempo de la operación surgen varios factores que van en contra de poder tomar la decisión de apostar por esta alternativa. Mencionamos algunas de ellas :

- En los últimos años, los grupos electrógenos se han convertido en una fuente importante de emisiones a la atmósfera, por lo que repercuten directamente en la calidad el aire.

- Las emisiones que arrojan estos grupos electrógenos que utilizan petróleo Diesel como combustible, arrojan emisiones producto de la combustión que son considerados compuestos tóxicos.

- El costo del combustible es cada vez más alto dados los precios internacionales que en estos tiempos se mantienen en alza y es prácticamente imposible que se reduzcan en algún momento.

- El tiempo de vida útil de estos grupos es relativamente corto pero sus gastos de mantenimiento se acrecientan con el tiempo de uso.

2) La interconexión al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) es una alternativa soñada que beneficiaría no solamente a los pueblos involucrados en este proyecto, también lo haría con los pueblos que se encuentran en la ruta hacia las localidades involucradas. Sin embargo el alto costo de la construcción de la línea de transmisión hace imposible ser asumida por la Municipalidad Distrital de Monzón que cuenta con un Fondo de Compensación Municipal muy reducido. Este costo debería ser asumido por el Ministerio de Energía y Minas (MEM), pero ante tantas reuniones en la Dirección Ejecutiva de Proyectos (DEP) donde solamente, a nuestras peticiones de ser atendidos recibíamos como respuesta que no habían fondos hasta el año 2013 para poder ejecutar la electrificación de este valle.

3) Dados los inconvenientes mencionados líneas arriba es que se decide llevar adelante el proyecto de la Construcción de La Pequeña Central Hidroeléctrica de Monzón (PCHM), por ser esta muy estratégica y de condiciones favorables con un reducido volumen de obras que hace bastante accesible su ejecución.

A este proyecto se sumó la población quienes con actividades pro fondos para la electrificación del valle apoyaron la realización del proyecto de esta PCHM.

La cero emisión de contaminantes por parte de las centrales hidroeléctricas ha sido también uno de los factores más importantes para la toma de esta decisión. Desde el valle del Monzón se quiso dar un ejemplo de poder desarrollar un gran proyecto limpio con ayuda de los pobladores para que de esta forma ellos tomen conciencia de la importancia de cuidar nuestro medio ambiente.





#### 4 . - ANALISIS DE LAS CUENCAS CERCANAS A LA POBLACION.

El río Monzón, quien forma el valle del mismo nombre, es un afluente principal del río Huallaga. Entrega sus aguas a la altura de la ciudad de Tingo María a la cota 620 m.s.n.m. En su tramo inferior se desarrolla este amplio valle en el cual el río discurre con baja a media pendiente, ubicándose tierras de cultivo, desarrollo ganadero y numerosos caseríos y poblaciones. Aguas arriba el valle se va estrechando, incrementando la pendiente del curso principal. Los tributarios se presentan en el tramo con desarrollos cortos y de fuerte pendiente. De aquí rescatamos tres posibilidades de generación eléctrica.

Las tres quebradas reconocidas se encuentran cercanas a la población de Monzón y son las siguientes :

- 1.- La quebrada Carhuarayo que afluye al río Monzón a cuatro kilómetros aguas abajo del poblado.
- 2.- La quebrada Huarmi Huañusca cuya afluencia se ubica a unos siete kilómetros aguas arriba.
- 3.- La quebrada Pampayacu que afluye al río Monzón a un kilómetro aguas arriba de la anterior.

La quebrada Carhuarayo cuenta con un caudal de 10 metros cúbicos por segundo ( medidos con flotadores ) en la época de estiaje.

La quebrada Huarmi Huañusca cuenta con un caudal de 5 metros cúbicos por segundo ( medidos también con flotadores ) en la época de estiaje.

No se puede calcular el área de la cuenca de estas dos quebradas porque registran datos insuficientes en la hoja de la Carta Nacional correspondiente a sus sectores ( Hoja 1652 ).

La tercera quebrada, Pampayacu, cuenta con un caudal mínimo en época de estiaje de 2 metros cúbicos por segundo y un área de cuenca de 58 km<sup>2</sup>, presentando fuerte gradiente y saltos en su desarrollo.

Las dos primeras quebradas fueron descartadas en este proyecto pues aunque cuentan con un considerable caudal en estiaje, en época de lluvias arrastra gran cantidad de sedimentos además de bolonería y bloques en casos de grandes avenidas las que destruirían rápidamente las obras de captación. Otro impedimento para poder realizar el proyecto en estas cuencas es que constantemente su curso es modificado tras una avenida por lo que, dadas estas condiciones y las detalladas líneas arriba, las obras de captación serían demasiado costosas.

Las razones por la cual fue elegida la quebrada Pampayacu son las siguientes :

- Alta gradiente y saltos en su desarrollo. Condiciones que permiten tener un volumen reducido de obras.
- Bajo arrastre de sedimentos.
- Buenas condiciones geológicas para las obras civiles. Las aguas discurren a través de una especie de cañón poco profundo, formada por rocas de alta dureza y estas a su vez no permiten que las aguas cambien su cauce después de una avenida.
- Ancho de sección bastante corto en la sección proyectada para la toma.
- Caudal considerable en el período de estiaje.
- Cerca de la carretera principal y poco distante de los pueblos incluidos en el proyecto.

## 5.- ESTUDIOS HIDROLÓGICOS.

El principal problema en la zona para el desarrollo de proyectos hidroenergéticos es la falta de información hidrometeorológica. La presencia del estado en estas zonas es escasa en las necesidades básicas y mucho mayor en toma de registros para proyectos de esta naturaleza.

Sin embargo se ha hecho un tremendo esfuerzo para calcular los parámetros y variación de caudales por varios años, aforando en épocas de estiaje desde el año 2000, aprovechando mis viajes a la localidad de Monzón, verificando también estas mediciones con una delegación del SENAMHI en el año 2003.

Pasamos a continuación a detallar los estudios hidrológicos para la cuenca del Pampayacu.

### 5.1.- LA CUENCA

La cuenca se ubica ente las coordenadas  $9^{\circ}17'30''$  y  $9^{\circ}22'50''$  latitud Sur y  $76^{\circ}28'10''$  y  $76^{\circ}36'45''$  longitud Oeste. El área de la cuenca es de  $58 \text{ km}^2$  alcanzando su elevación máxima a los 3 860 m.s.n.m. La cota media de la cuenca es de 3120 m.s.n.m.

El río nace en la laguna Sahuicocha a 3 520 m.s.n.m. y tiene un desarrollo de 18.8 km hasta su confluencia con el Monzón. Al punto de captación de la PCH el desarrollo del río alcanza los 16 644 m. La gradiente promedio a lo largo de todo su desarrollo es del orden de 13% y a la sección de captación de 14% correspondiendo este tramo a una sucesión de pequeñas cataratas con tramos de baja gradiente.

### 5.2 .- DEFINICIÓN DE LA MEDIA ANUAL

Como la información hidrológica y meteorológica en la zona del proyecto es muy escasa, se recurrió al método de las Zonas de Vida, basándonos en la guía explicativa del Mapa Ecológico del Perú del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), en el Inventario y Evaluación Nacional de Aguas Superficiales de la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN).

De la 103 zonas de vida que existen en el mundo, 84 tiene el Perú. La ubicación geográfica del Perú ha permitido reconocer y demarcar tres franjas latitudinales : Región Latitudinal Tropical extendida desde prácticamente la línea ecuatorial hasta el paralelo 12°, Región Latitudinal Subtropical, que se extiende entre el paralelo 12° y el paralelo 17° de Latitud Sur y Región Latitudinal Templada Cálida, enmarcada entre el paralelo 17° de Latitud Sur y la frontera con Chile.

El proyecto está enmarcado dentro del área de la Región Latitudinal Tropical, con temperaturas entre los 6° y 24° Centígrados, climas Subtropical, Templada Cálida y Templada Fría.

De la clasificación de las Zonas de Vida y dadas sus características podemos rescatar principalmente tres, que son las que marcan el comportamiento hidrológico de esta cuenca. Estas son : Bosque Pluvial – Montano Tropical ( bp - MT ), Bosque muy Humedo – Montano Bajo Tropical ( bmh – MBT ) y Bosque muy Humedo - Premontano Tropical ( bmh – PT ) . Los nombres que siguen a cada guión son los Pisos y Regiones Altitudinales Respectivamente.

Los Coeficientes de Escorrentía Promedios para cada una de estas Zonas de Vida se han obtenido del Inventario y Evaluación Nacional de Aguas Superficiales de la ONERN .

Determinamos luego la precipitación total anual en milímetros para cada una de estas Zonas de Vida, mediante el Mapa Ecológico del Perú. Esta precipitación se multiplica por el área de cada una de estas Zonas de Vida obteniéndose el volumen precipitado sobre cada Zona, que a su vez multiplicados por sus respectivos Coeficientes de Escorrentía arrojan como resultado el volumen neto escurrido sobre la cuenca en los diversos puntos de interés. Dividiendo este último valor entre los segundos del año obtenemos el Caudal Medio Anual en metros cúbicos por segundo. Los valores de los Coeficientes de Escorrentía de la ONERN se presentan en la tabla 5.2.1 y los resultados del procedimiento para calcular el Caudal Medio Anual, en la tabla 5.2.2

### 5.3- DEFINICIÓN DEL RÉGIMEN DE DESCARGA

Dada la escasa información hidrometeorológica, hemos tenido que recurrir a cuencas cercanas de similares características de Zonas de Vida, para obtener sus proporciones de descarga y adaptarlas a la nuestra. En la cuenca del Huallaga tenemos dos estaciones, las de Molinos y Chinchavito, ambas ubicadas en el departamento de Huanuco, con las cuales analizaremos el comportamiento de la descarga del río Pampayacu. Los registros de estas estaciones los presentamos en las tablas 5.3.1 y 5.3.2.

Con los datos de la Estación Chinchavito se calculó la masa media mensual y el porcentaje que representa la descarga media de cada mes de la masa anual. Obtenido el porcentaje de descarga promedio para cada mes que multiplicado por el volumen total escurrido anual calculado anteriormente( Tabla 5.2.2 ), nos da la masa mensual que a su vez al ser dividido por la cantidad de segundos que hay en cada mes, se obtienen los probables caudales mensuales en el río Pampayacu en metros cúbicos por segundo. Los procedimiento y resultados de estos cálculos se presentan en la tabla 5.3.3.

Se ha descartado hacer el análisis con la información de la estación Molinos porque presenta períodos de estiaje muy prolongados, con escasez de lluvias en esta época, lo cual lo diferencia de nuestra área a estudiar.

#### 5.4 .- AFOROS DE COMPROBACIÓN DE LA FUENTE ELEGIDA

A partir del año 2000, habiendo aprendido a aforar por el método de los flotadores, es que se empieza a registrar los caudales de las aguas del río Pampayacu. Esta forma de medir aunque aproximada, nos ha servido, inicialmente para estimar la potencia que se podía generar y así definir la energía garantizada, teniendo una altura a simple vista mayor de 20 metros, que más adelante en el año 2003 se pudo saber a ciencia cierta cuales eran los parámetros exactos de caudal y altura con los cuales se inició este gran proyecto.

Tomamos una sección del río cuyo ancho promedio era de 6 m. También se medía el tirante promedio en cada aforo y se multiplicaba por la velocidad, la cual se calculaba de la siguiente manera: Se medía un tramo de 8 m., luego se soltaba una botella de plástico con la mitad de contenido de agua al inicio de este tramo y se calculaba el tiempo en que llegaba al otro extremo. La longitud del tramo era dividida entre el tiempo empleado para obtener la velocidad. A esta velocidad, que era la superficial, se le multiplicaba por el factor 0.8 para obtener la velocidad promedio. Con el producto de este resultado y el área de la sección de agua, se lograba conseguir el caudal. Los procedimientos y resultados se presentan en la tabla 5.4.1.

En Agosto del 2003, tras largos trámites en el SENAMHI, logramos llevar a una delegación de esta institución para aforar con exactitud el río Pampayacu, obteniéndose resultados muy aproximados a los calculados por nosotros en los años anteriores. Del mismo modo les presentamos los procedimientos y resultados de esta misión en la tabla 5.4.2.

## 5.5.- CÁLCULO DE LAS MÁXIMAS AVENIDAS CENTENARIAS Y MILENARIAS

Las máximas avenidas centenaria y milenaria se calculan por recomendación de la norma, para poder diseñar la obras de toma, así como para defender las estructuras de captación en caso ocurran estos eventos.

No contando con registros de caudales, ni de precipitaciones en la zona del proyecto para poder calcular directamente las máximas avenidas centenarias y milenarias, hemos tenido que recurrir a otra estación de una zona de similares características pluviométricas a la nuestra que es la estación Oxapampa, cuyos registros se muestran en la tabla 5.5.1. Los registros de precipitaciones de la estación Tingo María no fueron tomadas en cuenta pues tienen datos registrados de precipitación demasiado altos.

Tomando las precipitaciones máximas en 24 horas de cada mes, calculamos las máximas precipitaciones para períodos de retorno de 100 y 1000 respectivamente con el método de Gumbel.

Con los datos de precipitación para los períodos de retorno de 100 y 1000 años, seguimos los pasos indicados por el método de Gumbel hasta obtener las precipitaciones a estos tiempos de retorno. Los procedimientos y resultados se presentan en las tablas 5.5.2.

Con los resultados obtenidos empleamos el Método del Soil Conservation Service (SCS), usando el diagrama unitario para cada período de tiempo y empleando el perfil de tormenta tipo II por ser el de mayor intensidad el cual permite obtener un cálculo de diseño más conservador.

A la precipitación máxima calculada para un determinado período de retorno, se le multiplica por 1.13 para obtener la precipitación de cálculo a la cual se le aplica un factor de corrección por reducción de área de 0.9 resultando la precipitación adoptada.

Dadas las condiciones de nuestro uso de suelo, cubierta, condición para la infiltración y grupo hidrológico hemos asumido como Número de Curva el valor de 80 con este valor obtenemos calculamos la infiltración y el porcentaje del total de la precipitación a partir del cual tendremos los escurrimientos. Con los otros datos de la cuenca, como : área, cotas máxima y mínima, obtenemos el tiempo en función a las características de la cuenca, la duración unitaria, el tiempo al pico y el tiempo base.

Luego empleando los procedimientos de este método obtenemos el caudal pico para cada uno de los periodos de retorno necesarios y con las precipitaciones obtenidas anteriormente para cada período de retorno (  $T = 100$  y  $T = 1000$  años ). Los procedimientos y resultados se presentan en las tablas 5.5.3 y 5.5.4, del mismo modo se acompañan gráficos para cada uno de estos (Gráf.5.5.1 y Gráf. 5.5.2).





## 6.- DESARROLLO DEL PROYECTO

### 6.1 DEFINICIÓN DEL ESQUEMA

Luego de haberse realizado los estudios hidrológicos de la zona seleccionada para llevar adelante el proyecto, teniendo en consideración la demanda de energía que resultó luego del estudio de mercado, se ha definido el lugar junto al Pontón Unión, para ubicar las obras de la PCH Monzón, que dotarán de energía eléctrica suficiente para los pueblos involucrados en el presente estudio.

La considerable cantidad de agua en el río Pampayacu y las características favorables de gradiente pronunciada, hacen que el proyecto tenga mejores condiciones en este lugar con costos de construcción e instalación bastante aceptables.

Para corroborar lo antes mencionado, presentamos los estudios topográficos, geológicos y de materiales de construcción.

### 6.2.- ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS PARA LA ZONA SELECCIONADA

Para iniciar los diseños de las obras en todo proyecto es necesario primeramente hacer los levantamientos topográficos de trazado, altimetría y planimetría del terreno.

En nuestro caso, nos encargamos de conducir a los topógrafos e ingenieros especialistas en obras hidráulicas y geología a la zona que se había seleccionado como el lugar donde se llevarían a cabo todas las obras de este proyecto.

Para levantar la topografía del terreno de la zona seleccionada para la PCH se tuvo que rozar el monte y dejar descubierto el tipo de terreno y roca, que a su vez también serviría para la geología, para tener un mejor panorama del desnivel que se tenía entre el punto de captación y el piso de la casa de máquinas.

La toma se ubicó en la parte más alta del río, donde se forman una serie de cataratas debido a su alta gradiente y cauce rocoso. Las demás componentes del proyecto se determinó finalmente en gabinete, previamente habiendo observado las características del terreno en el campo.

Para posicionar el terreno de la PCH al sistema de coordenadas UTM de la carta nacional del IGN, nos estacionamos en el vértice T, un peñón junto a la catarata. Utilizando un GPS se midieron las coordenadas geográficas y la altitud de la toma.

- Norte : 8 971 783,00 m.
- Este : 337 546.00 m.
- Altitud : 1 344.00 m.s.n.m.

El plano topográfico se apoyó en una poligonal de ocho vértices : M, N, O, P, T, T1, T2 Y T3. Los ángulos horizontales y vértices se midieron utilizando teodolitos automáticos marca ZEISS, modelo Theo-020A, de precisión  $\pm 0.002K$  m. Siendo K la distancia nivelada en kilómetros.

Finalmente se procesaron los datos y se dibujó en el sistema Autocad los planos correspondientes.

### 6.3.- ESTUDIOS GEOLÓGICOS DEL ÁREA INTERESADA

Locación Geográfica del Área del Proyecto

El río Pampayacu se desarrolla en la estribación oriental de la Cordillera Oriental entre los 3 520 y los 1 025 m.s.n.m. siendo un tributario de la margen derecha del río Monzón con una extensión de 58 km<sup>2</sup> de área de cuenca.

### Geomorfología

El valle del río Pampayacu corresponde a la sub-unidad denominada “Valle encañonado” caracterizado por ser un valle estrecho y de fuerte pendiente.

### Estratigrafía

En el área del proyecto se han identificado rocas y depósitos de material suelto.

Las rocas corresponden a afloramientos de pizarras y gneises del denominado Complejo Marañón de edad paleozoica. Las pizarras están constituidas por limolitas y areniscas deleznales y de baja dureza. Presentan una dirección de esquistocidad preferente N 345° y 88° W.

Adyacente a la zona de la catarata y en la zona donde se ubicará la casa de máquinas de la alternativa seleccionada, se desarrolla una secuencia de gneises de cuarzo-feldespato. Esta roca se caracteriza por presentar una dureza extremadamente alta.

Aguas abajo se verificaron materiales sueltos de reciente formación. Su origen se debe a avalanchas y flujos de lodos así como a avenidas producidas en estaciones de lluvias extraordinarias. Los depósitos están constituidos principalmente por deluviales que

cubren las laderas los cuales están formados principalmente por bloques de roca y gravas pero que no interesan ni afectan al área del proyecto.

En el plano MON-102 se aprecian las características geológicas del área interesada por el esquema de obras.

## DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL ÁREA DE INTERÉS

La toma se ubica en una sección en U de unos 10 m de ancho que interesa formaciones del grupo Marañón. El lecho del cauce presenta una cobertura de depósito de aluviales posiblemente de reducido espesor.

Desde el punto de vista geológico y geotécnico la calidad de la roca puede ser considerada como de óptima calidad requiriéndose el uso de explosivos para su excavación por tratarse de rocas duras. Desde el punto de vista de cimentación de las estructuras, no requerirá de mayores tratamientos.

El desarenador se emplaza en una garganta que interesa las mismas formaciones del grupo Marañón con similares características a las anteriormente descritas. En estas formaciones habrá que hacer pequeñas excavaciones en las rocas para uniformizar el terreno y ubicar las estructuras proyectadas. Desde el punto de vista de cimentaciones y estabilidad de taludes a ser excavados, no existen problemas particulares considerando que estas formaciones cumplen ampliamente los requerimientos de las mismas.

Se ha previsto un primer túnel de aproximadamente 12 m. Sin embargo su ejecución deberá ser definida durante el desarrollo de los trabajos pudiendo quedar este tramo como una zanja a cielo abierto.

Para cruzar la pequeña quebrada existente a continuación, se emplazará la tubería suspendida en un tramo de 10 m sujeto con un cable anclado en el farallón existente al final del tramo. No se prevén problemas particulares geológicos ni geotécnicos en este tramo donde el tubo irá apoyado simplemente sobre sillas ni para el anclaje del cable. El tramo que cruza el camino de herradura en zanja interesa asimismo la formación del grupo Marañón al igual que el tramo final de tubería y la casa de máquinas incluyendo las descargas, por lo que no se prevén problemas particulares para la cimentación de las estructuras y la estabilidad de taludes en el área. Las excavaciones deberán ser realizadas con uso de explosivos. En correspondencia con el farallón se inicia un túnel de 2,5 x 1,60 m de sección que interesa asimismo a los gneiss y que tendrá una longitud de 27,50 m. No se prevén problemas particulares para la excavación, debiendo aprovechar las características de la roca para realizar una obra económica con el mínimo de sobreexcavaciones. De acuerdo al equipo que se utilice para perforar, se deberá definir la longitud y número de taladros a ser ejecutados. Una verificación detallada de las fracturas que presenta la roca debería ser realizada para establecer el punto de afrontamiento al ingreso y a la salida. Se estima que tan solo al inicio y al fin podrá requerirse de sostenimientos particulares.

Las características del tipo de terreno de la zona de casa de máquinas es similar a las de la zona del desarenador.

### **Línea de Transmisión**

Para llevar la energía desde la central hacia los pueblos involucrados en este proyecto, necesitamos una línea de transmisión de 8.5 km., por lo que analizamos las características del tipo de suelo de este tramo.

El trazo de la línea de transmisión pasa sobre tres tipos de unidades geológicas:

- Depósitos deluviales de naturaleza arcillo limosa, de colores beige amarillento a naranja; con porcentajes variables de cascajo y escasos fragmentos de roca; algo densos, cohesivos y firmes.
- Depósitos coluviales constituidos por bloques de roca de naturaleza andesítica y esquistosa.
- Esquistos del Paleozoico con algunas intercalaciones de derrames andesíticos que conforman el substrato rocoso donde se emplazará la futura central hidroeléctrica.

#### 6.4.- MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN CANTERAS PARA AGREGADOS

La única cantera disponible para los agregados que se necesitan para la ejecución de este proyecto se encuentra en la localidad de Monzón. Aunque esta cantera se encuentra a 8 kilómetros de la zona de la PCH, tiene gran disponibilidad de agregados en todo el tiempo, aunque sea en época de lluvias. Esta se encuentra en las orillas del río Monzón.

El agua que necesitamos para la preparación del concreto sería la del mismo río Pampayacu, el cual se caracteriza por encontrarse siempre limpio.

Como sabemos, es necesario analizar el agua y los agregados para poder elaborar un buen concreto que cumpla con todas las especificaciones técnicas del proyecto. Para tal fin, muestras de agua y agregados, han sido analizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos , Concreto y Pavimento E y P de Ingeniería S. R. L. para loa análisis Químicos y Mineralógicos respectivos.

Los resultados obtenidos de la muestra de agua analizada, indican que puede ser utilizada en la elaboración del concreto sin ninguna restricción según lo especificado en la norma AASHTO – 26.

	Muestra	Especificaciones
Materias Orgánicas	0.00	NO
PH	6.78	> 5
Sales solubles P. P. H.	23.00	< 300
Cloruros P.P.H.	7.00	-----
Sulfatos P.P.H.	2.78	< 200
Carbonatos	-----	-----
Sólidos en suspensión	0.02	NO

En cuanto a los agregados, se efectuaron pruebas de granulometría, gravedad específica y absorción, abrasión, durabilidad y sales solubles, habiéndose verificado que los resultados son satisfactorios, según lo especificado en la norma AASHTO M80.

El porcentaje que pasa la malla No. 200 es 2.43 % por lo que la muestra bajo este aspecto puede ser utilizada.

Como peso volumétrico alcanza a 1 717 kg/m<sup>3</sup> el agregado grueso y 1 753 kg/m<sup>3</sup> el agregado fino, por lo que puede ser considerado un agregado dentro de los estándares aceptables.



El porcentaje de desgaste en la máquina de los Angeles alcanza a 21.2 % siendo menor del 40 % máximo señalado en las especificaciones técnicas para este capítulo. Asimismo, la prueba de Durabilidad ante el Sulfato de Sodio es satisfactoria alcanzando 5.67 % para el agregado fino y 8.17 % para el agregado grueso, menor al 12 % especificado.

No muestran impurezas y las Sales Solubles son del 0.1 %.

Como conclusiones de estos análisis tenemos que el agua del río Pampayacu puede ser utilizada sin ninguna restricción. Respecto a los agregados, a pesar de ser aceptables las pruebas físicas antes descritas, no podemos olvidar la presencia de mica, por lo que será necesario tomar las siguientes providencias :

- a) Lavar los agregados con el fin de eliminar físicamente, en lo posible, un porcentaje de los materiales micaceos.
- b) Utilizar un aditivo en la mezcla de concreto que permita obtener una mayor resistividad y durabilidad de dicha mezcla. Este aditivo podría ser el Plastiment BV40 o el Plastocrete 161 – R fabricados por SIKA y/o podrían ser utilizados otros productos similares preparados por otros fabricantes.

Los resultados de laboratorio de las muestras enviadas, les presentamos también en las tablas : 6.4.1, 6.4.2, 6.4.3, 6.4.4, 6.4.5, 6.4.6, 6.4.7 y 6.4.8.

## 7.- CARACTERÍSTICAS DEL ESQUEMA DE OBRAS Y DISEÑO

### DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto ubica su toma aguas arriba del pontón Unión en el camino de herradura que conduce a la población de Tantamayo. Se emplaza entre las cotas 1 350,55 y 1 324,50 msnm

La toma se ubica en un tramo recto, aguas abajo de una cascada en la que el río discurre con media pendiente en una sección en U labrada en rocas del tipo gneis. Las formaciones que interesan su futuro emplazamiento se presentan sanas. En el fondo del cauce se aprecia la acumulación de material aluvional de reducida potencia.

Dada las características del flujo y el posible arrastre de sedimentos se ha proyectado una toma del tipo alpino, es decir un barraje transversal con un tramo superior cubierto por una reja constituida por rieles de ferrocarril con abertura de 6 cm, a través de las cuales ingresará el agua a un canal colector.

Durante la época de avenidas, el material más grueso que arrastra el río, pasará sobre la reja ingresando al sistema solo grava y arena de diámetro menor al de la abertura. La grava será eliminada a través de una descarga ubicada al final de un canal colector, operado mediante una compuerta desgravadora de 0,80x 0,80 m ubicada detrás del muro de encauzamiento y antes del desarenador.

La compuerta desgravadora deberá ser operada periódicamente en particular en el período de avenidas en la cual se podría examinar la posibilidad de mantenerla permanentemente abierta en forma total o parcial para mantener limpia el área. Entre el

ducto de descarga y la toma hacia el desarenador, se ubica una grada de 1 m para evitar que el material ingrese al sistema directamente.

Después de la grada se desarrolla un ducto de conducción, provisto al inicio de una reja seguida por una compuerta plana de 1,10 x 1,10 m con la cual se controlará el ingreso del agua al desarenador.

El desarenador tiene una longitud efectiva de 18 m debiendo permitir eliminar partículas de hasta 0,50 mm con una eficiencia del 100%. En el fondo el desarenador cuenta con un canal colector provisto de elementos tabicados que permitirá la limpieza de las arenas depositadas por erosión regresiva sin requerirse del vaciado de la nave. Al final del desarenador se ubica el ducto y la compuerta de purga de las arenas. En la época de avenidas esta descarga podrá ser operada en forma continua, mientras que en el estiaje no se prevé sino operaciones eventuales. El desarenador cuenta con un vertedero lateral de 15 m de longitud cuya cresta se ubicará a la cota 1 350,55 m.s.n.m. Las aguas descargadas serán conducidas al río por un canal de descarga ubicado lateralmente al desarenador.

Después del desarenador parte una tubería de presión que alimentará a la turbina. Al inicio de la tubería se ubicará una compuerta de cierre para casos de emergencia o mantenimiento. Detrás de esta zona se ubicará un paso de hombre protegido por una tapa, a través del cual se tendrá acceso al primer túnel de unos 12 m donde se tiene previsto instalar la tubería. La sección del túnel sería de 2,50 x 1,60 m. Por la pequeña magnitud de la obra y la calidad de la roca, en la etapa constructiva se deberá analizar la posibilidad de excavar una trinchera en forma alternativa.

La tubería de presión se apoyará sobre sillas y en los quiebres contará con bloques de anclaje. Una depresión interesa un tramo de 10,00 m del desarrollo de la tubería, que se

ha proyectado cruzar con el tubo suspendido por cables, debidamente anclados a la pared rocosa del farallón. Al final del tramo y en correspondencia al farallón rocoso se inicia un segundo túnel con 14,5% de pendiente, que desembocará en correspondencia a la explanada del camino de herradura cerca al Pontón Unión. La longitud de este túnel será de 28,20 m. El tubo como en el caso anterior se colocará en el piso apoyados sobre sillas. Solo se han previsto bloques de anclajes en los cambios de dirección.

Al concluir el túnel, se llega a la explanada del camino de herradura que será cruzada por la tubería en zanja hasta el farallón al pie del cual se ubicará la casa de máquinas. Las zanja donde se ubicará la tubería para el cruce del camino de herradura será rellenada con concreto posteriormente a la colocación del tubo.

A partir del inicio del farallón la tubería se desarrollará al exterior hasta la casa de máquinas contando con un anclaje al inicio del tramo inclinado y otro en su punto de inflexión para ingresar a la casa de máquinas.

La casa de máquinas será en concreto siendo sus dimensiones de 5,0 x 8,0 m. El eje de turbina se ha planteado ubicarlo a la cota 1 326,50 m.s.n.m. en función a los máximos niveles alcanzables por el río en esta ubicación durante las crecidas extraordinarias. Se han previsto instalar una unidad Michael Banki de 360 kW con generador de 400 V. Esta turbina contará con su sistema de protección y control.

Para el acceso de los operadores a la toma, se podrán utilizar los túneles, recorriéndolos al costado del tubo. Para cruzar el tramo libre se usará una pasarela a ubicarse sobre el tramo de la tubería que cruza la quebrada, pudiéndose llegar al desarenador y la toma sin dificultades, siguiendo el desarrollo de la obra.

El transformador elevador 22,9/0.4 kV será ubicado al exterior contando con sus respectivos elementos de protección. Una subestación de salida dará inicio a la línea en simple terna de 22,9 kV que alimentará a las poblaciones interesadas. La tensión fue seleccionada en función a las características del Pequeño Sistema Eléctrico proyectado por el Ministerio de Energía y Minas para la alimentación al valle del Monzón. La longitud de líneas para el servicio de la PCH es de 8,5 km. sin incluir las derivaciones a los poblados menores.

El esquema de obras comprende estructuras de concreto y suministros de rejas, compuertas, tubería de presión y el equipo hidro y electromecánico. Las turbina estará provistas de generador, tablero sistema de control, ubicándose en el área la casa de máquinas, un transformador elevador que permitirá la transmisión de la energía producida a la poblaciones interesadas. Para la línea de transmisión se prevén soportes en madera siendo los conductores de aluminio y la herrajería de acero.

Finalmente mostraremos los diseños de estas obras en base a cálculos justificativos para cada caso con un breve explicación adicional en algunos casos.

## 8.- SISTEMA DE TRANSMISIÓN AL NIVEL DE ESTRUCTURAS TÍPICAS

Para conducir la energía desde la PCH hacia los distintos pueblos involucrados en el proyecto se necesita contar con una línea de transmisión de esta energía, de 8.5 km. de longitud.

La línea de transmisión, que transportará la energía eléctrica a una tensión de 22.9 KV, cuenta con tres estructuras típicas en su recorrido a este nivel de conducción.

Estos tres tipos de estructuras son los siguientes :

- Estructura de Suspensión o Alineamiento.- Este tipo de estructuras se usan en los recorridos que no tienen cambio de dirección y sirven para mantener en suspensión a estos conductores.
- Estructuras de Soporte de Ángulo.- Este tipo de estructuras son usadas en los cambios de dirección o vértices de la línea de transmisión. Cuentan con un sistema de retenidas que sirven para contrarrestar los esfuerzos producidos por los conductores en estos cambios de dirección.
- Estructuras de Retención .- Son usadas al inicio o final del recorrido de la línea. A diferencia de las estructuras de ángulo que cuentan con un sistema de retenidas, estas cuentan con dos.

Los materiales que son empleados para construir esta línea de transmisión son los siguientes :

### 1) Postes y Crucetas.

- Postes de concreto de 12 m.
- Crucetas de concreto.

### 2) Conductores y Accesorios.

- Conductor AAAC de 35 mm<sup>2</sup>.

-Conductor de Cobre de 25 mm<sup>2</sup> para puesta a tierra.

-Varilla preformada simple.

### 3) Aisladores.

-Aislador tipo Pin clase ANSI 56-3.

-Aislador de porcelana tipo suspensión ANSI 52-3.

### 4) Ferrería.

-Adaptador casquillo ojo.

-Adaptador casquillo bola

-Grapa de anclaje tipo pistola de 2 pernos.

-Grapa de ángulo de AoGo de 2 pernos.

-Tuerca ojo de Ø 5/8".

-Espiga larga de AoGo para cruceta.

-Perno ojo de Ø 5/8"x12" de longitud.

-Arandela cuadrada curva, con agujero.

-Conector doble vía.

-Planchita de bronce para conexión de conductor de puesta a tierra.

-Cinta plana de armar.

-Conector tipo perno partido para conductor de Cu.

### 5) Retenidas.

-Guardacabo de AoGo para cable de 10 mm. de diámetro.

-Mordaza preformada.

-Bloque de anclaje.

-Arandela cuadrada plana de 4"x4"x1/2" con agujero central de 11/16".

-Varilla de anclaje de 2.4 m. de longitud.

-Cable de AoGo de 10 mm. de diámetro de alta resistencia.

-Conector bimetálico reliable para conductor de Cu.

-Abrazadera metálica con accesorios de empalme al cable de retenida.

6) Equipo de protección y seccionamiento.

-Pararrayos 22.9 KV.

-Seccionador fusible (Cut-Out), incluyendo fusibles monopolares 22.9 KV.

7) Puesta a tierra.

-Varilla Copperweld de 16 mm  $\varnothing$ x2.40m. de longitud.

-Hidrosalto.

-Conector de puesta a tierra tipo AB de bronce para varilla de 16 mm $\varnothing$ .





## 9.- SUBESTACIÓN DE SALIDA.

Esta parte del sistema eléctrico permite evacuar la potencia generada en la PCH, elevando la tensión de 400 V, a la tensión de transmisión de 22.9 KV.

En nuestro caso la subestación de salida consta de los siguientes equipos :

- Transformador de potencia, elevado, trifásico, refrigeración en aceite, de las siguientes características :

- Potencia nominal : 400 KVA.
- Frecuencia nominal : 60 Hz.
- Tensión nominal primaria : 400 V.
- Tensión nominal secundaria : 22900 V.
- Tipo de conexión : DY5.

- Recloser :

- Trifásico.
- En aceite.
- 27 Kv nominal.
- 100 A.
- 60 Hz.
- Interruptor en vacío.
- 12.5 KA.
- Para instalar al exterior, en poste.

- Pararrayos.

- De oxido de Zinc.

- De distribución.
- Clase 2.
- 22.9 KV.
- 10 KA de corriente de descarga.



## 10.- ANÁLISIS DE COSTOS

Para tomar conocimiento del valor monetario que cuesta llevar adelante este proyecto hasta su ejecución, necesitamos hacer el metrado general de todas las partidas que multiplicadas por el valor unitario y sumados estos productos nos van a dar el costo que toma concluir este gran proyecto.

El resumen final de costos viene dado por el siguiente cuadro :

CENTRAL HIDROELÉCTRICA	288 285
SUBESTACIÓN DE SALIDA	30 000
LÍNEA DE TRANSMISIÓN	136 000
INGENIERÍA Y SUPERVISIÓN	45 715
TOTAL US\$	500 000

Con este presupuesto debemos hacer un análisis para definir cuan conveniente y/o rentable resulta este proyecto.

Los cálculos de los metrados y costo final están presentados en las tablas 10.

Análisis de costos.

## 10.- ANALISIS DE COSTOS.

## PRESUPUESTO BASE DE LA C. H. MONZÓN

Item	Partida	Unidad	Metrado	Precio Unitario US\$	Parcial
1.0	Excavación en Roca	m <sup>3</sup>	534	35.00	18,695
2.0	Relleno	m <sup>3</sup>	139	8.00	1,112
3.0	Concreto Ciclopeo f'c=175kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	137	50.00	6,848
4.0	Concreto f'c=210kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	279	110.00	30,743
5.0	Demolición en Roca	m <sup>3</sup>	136	30.00	4,080
6.0	Acero fy=4200kg/cm <sup>2</sup>	kg	19,564	2.20	43,040
7.0	Encofrado	m <sup>2</sup>	991	11.00	10,901
8.0	Calamina	m <sup>2</sup>	45	13.00	588
9.0	Tubo PVC-SAP $\phi$ 8" Perforado	ml	41	3.50	142
10.0	Suministro y Colocación de Tubería Forzada	ml	85	466.10	39,619
11.0	Desbroce, Limpieza y Eliminación	m <sup>2</sup>	164	1.85	303
12.0	Mampostería de Piedra	m <sup>3</sup>	37	60.00	2,214
13.0	Equipo Electromecánico Y compuertas	Unid.	1	130000.00	130,000
				<b>US\$</b>	<b>288,285</b>

## RESUMEN FINAL DE COSTOS :

Central Hidroeléctrica	288,285
Subestación de Salida	30,000
Línea de Transmisión	136,000
Ingeniería y Supervisión	45,715
<b>TOTAL US\$</b>	<b>500,000</b>

## 11.- EVALUACIÓN ECONÓMICA.

Luego de haber realizado el metrado y conocer el presupuesto para este proyecto, se hace una evaluación económica para encontrar el flujo y con ello calcular el Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno.

Empezamos este análisis en el año cero como año de la construcción de la PCH Monzón con una inversión de \$ 500 000, siendo este el egreso total y al mismo tiempo el flujo de caja en valor negativo.

Tenemos una PCH con una potencia de 360 KW que al año producirán 3 153 600 KWh.

La tarifa de venta de energía en la barra Tingo María, que es la más cercana a la localidad de Monzón, es de 0.0332 \$/KWh en hora punta ( 5 horas ) y de 0.0259 \$/KWh fuera de hora punta ( 19 horas ), los cuales nos dan una tarifa promedio de 0.0274 \$/KWh. Esta tarifa multiplicada por la energía producida al año da como resultado los ingresos por venta de energía. Además existe la tarifa por potencia que en esta barra es de 4.3354 \$/KW mensuales, los que multiplicados por los 360 KW que produce la PCH Monzón y por los 12 meses del año dan como resultado los ingresos por potencia anual.

En los egresos tenemos los costos de operación - mantenimiento y la contribución al COES. Un valor estandar de los gastos por operación y mantenimiento anual es del orden de 5% de la inversión y de 2.5% del total de ingresos, como contribución al COES.

Se suma el total de ingresos con el total de egresos, que se encuentran en negativo, obteniéndose el flujo ingreso – costo. A este flujo le calculamos el VAN (Valor Actual Neto) al 12% y nos da como resultado un TIR (Tasa Interna de Retorno) mayor que 12% lo cual nos da un indicativo, según los términos financieros, que el proyecto debe seguir adelante.

Los cálculos y procedimiento de este análisis económico de la PCH Monzón se presentan en la tabla 11.1

## 12.- BIBLIOGRAFÍA

- UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR. “Diseño de Pequeñas Presas ” Décimaprimer impresión – Julio de 1982.
- OLADE. “Manual de Mini y Microcentrales Hidráulicas”. Una guía para el desarrollo de proyectos. Federico Coz, Teodoro Sanchez y Javier Ramirez Gastón. – Lima: ITDG, 1995.
- ING. TSUGUO NOZAKI. JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA). Experto enviado por el Gobierno del Japón Bajo el Plan de Cooperación Técnica para los países Latinoamericanos. “Guía para la elaboración de Proyectos de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas destinadas a la Electrificación Rural del Perú. Junio de 1980.
- INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES (INRENA). “Mapa Ecológico del Perú”. Guía explicativa. Lima – Peru. 1995.
- OFICINA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE RECURSOS NATURALES (ONERN). “Inventario y Evaluación Nacional de Aguas Superficiales”. Lima – Perú. 1980.
- TEODORO E. HARMSSEN, J. PAOLA MAYORCA. “Diseño de Estructuras de Concreto Armado”. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima – Perú .2da. Edición, Marzo del 2000.
- GIANFRANCO OTTAZZI PASINO. “Apuntes del Curso Concreto Armado 1”. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Sección Ingeniería Civil. Lima – Perú. 2002.
- GREEN EMPOWERMENT. “Promoción Internacional Para Proyectos de Energía Renovables de las Comunidades para generar Progreso Social y Ambiental”. Sede en Pórtland, Oregon. (Página Web en internet).
- ING. MIGUEL SUAZO GIOVANINNI. “Separatas del Curso de Hidrología dictadas en la Pontificia Universidad Católica del Perú”. Año 2002.

- PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ . “Apuntes de Clase personales”. (Mecánica de Fluidos 1, Mecánica de Fluidos 2, Hidrología, Estructuras Hidráulicas, Recursos Hidráulicos). Años 2002 y 2003.
- SENAMHI . “Registros Diarios y Mensuales de Precipitación y Caudal” (Para las cuencas interesadas). Oficinas de atención al público en general.



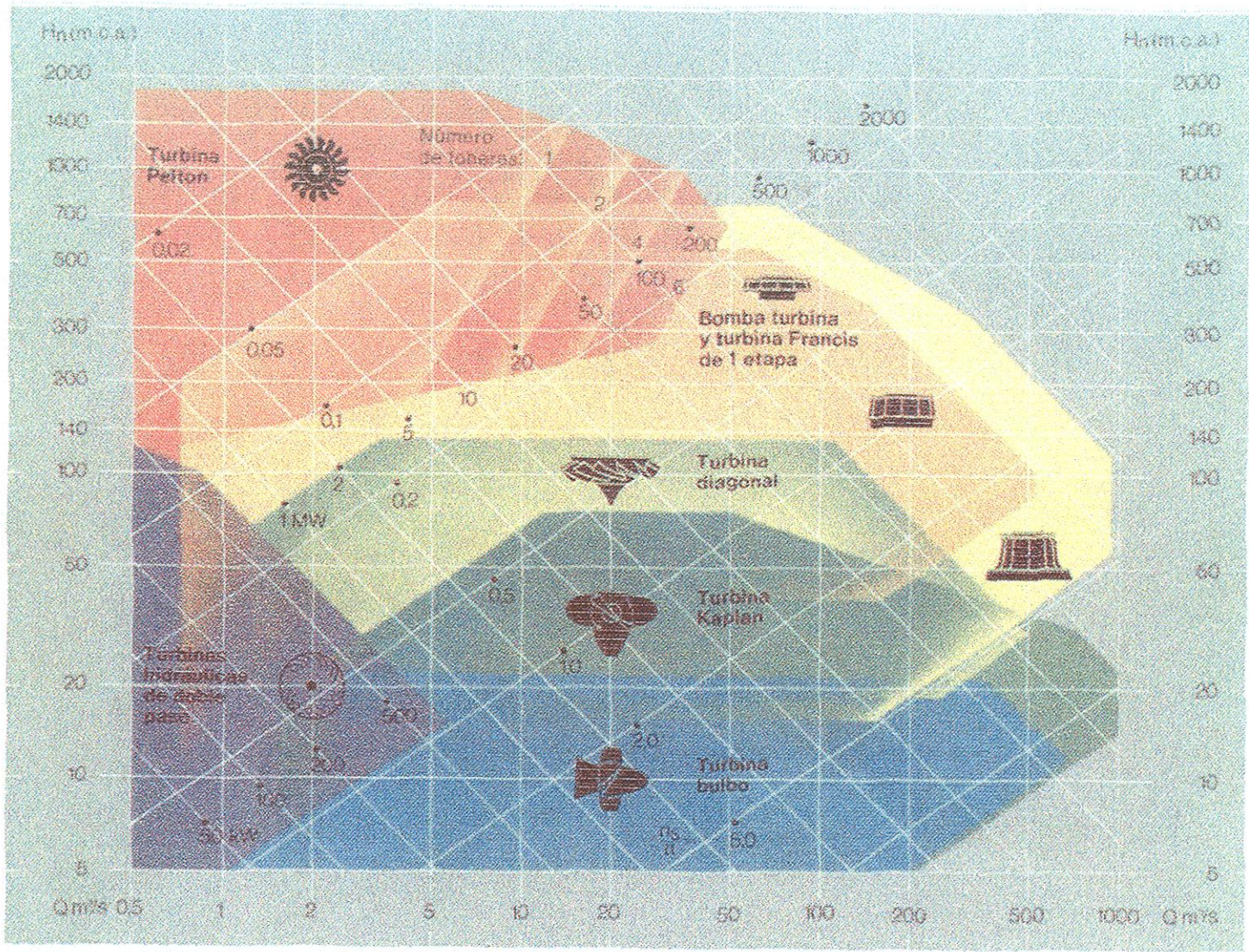




Tabla No. 11,1

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PCH MONZÓN.

2.50%

Año	Inversión (\$)	Potencia (KW)	Energía producida / Año (KWh)	Tarifa (\$/KWh)	Ingresos por venta de energía (\$)	Ingresos por Potencia (\$)	Total Ingresos \$	Costo de operación (\$)	Contribución COES y otros	Total Egresos \$	Flujo (\$) (Ingreso-Costo)	VAN	TIR
												12%	15.30%
0	-500000	0	0	0	0	0	0	0	0	-500000.00	-500000.00	(500,000.00)	(500,000.00)
1	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	69,280.18	67,296.07
2	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	61,857.30	58,364.99
3	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	55,229.73	50,619.18
4	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	49,312.26	43,901.35
5	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	44,028.81	38,075.06
6	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	39,311.43	33,021.99
7	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	35,099.50	28,639.54
8	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	31,338.83	24,838.69
9	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	27,981.10	21,542.27
10	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	24,983.13	18,683.32
11	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	22,306.36	16,203.80
12	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	19,916.40	14,053.34
13	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	17,782.50	12,188.27
14	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	15,877.23	10,570.73
15	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	14,176.10	9,167.85
16	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	12,657.23	7,951.16
17	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	11,301.10	6,895.93
18	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	10,090.27	5,980.75
19	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	9,009.17	5,187.03
20	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	8,043.90	4,498.64
21	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	7,182.05	3,901.61
22	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	6,412.55	3,383.81
23	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	5,725.49	2,934.74
24	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	5,112.04	2,545.26
25	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	4,564.32	2,207.47
26	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	4,075.29	1,914.51
27	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	3,638.65	1,660.43
28	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	3,248.80	1,440.07
29	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	2,900.71	1,248.95
30	0	360	3153600	0.0274	86495.30	18729.11	105224.4	-25000	-2630.61	-27630.61	77593.80	2,589.92	1,083.20

**125,032.34**

		Soles	Dólares
Tarifa de venta en Hora Punta	EP	0.1048	0.0332
Tarifa fuera de Hora Punta	EFP	0.0819	0.0259
Tarifa por Potencia	Pot	13.7	4.3354
Tipo de cambio		3.16	
Tarifa Promedio	T. Pond	0.1000	0.0274









1347

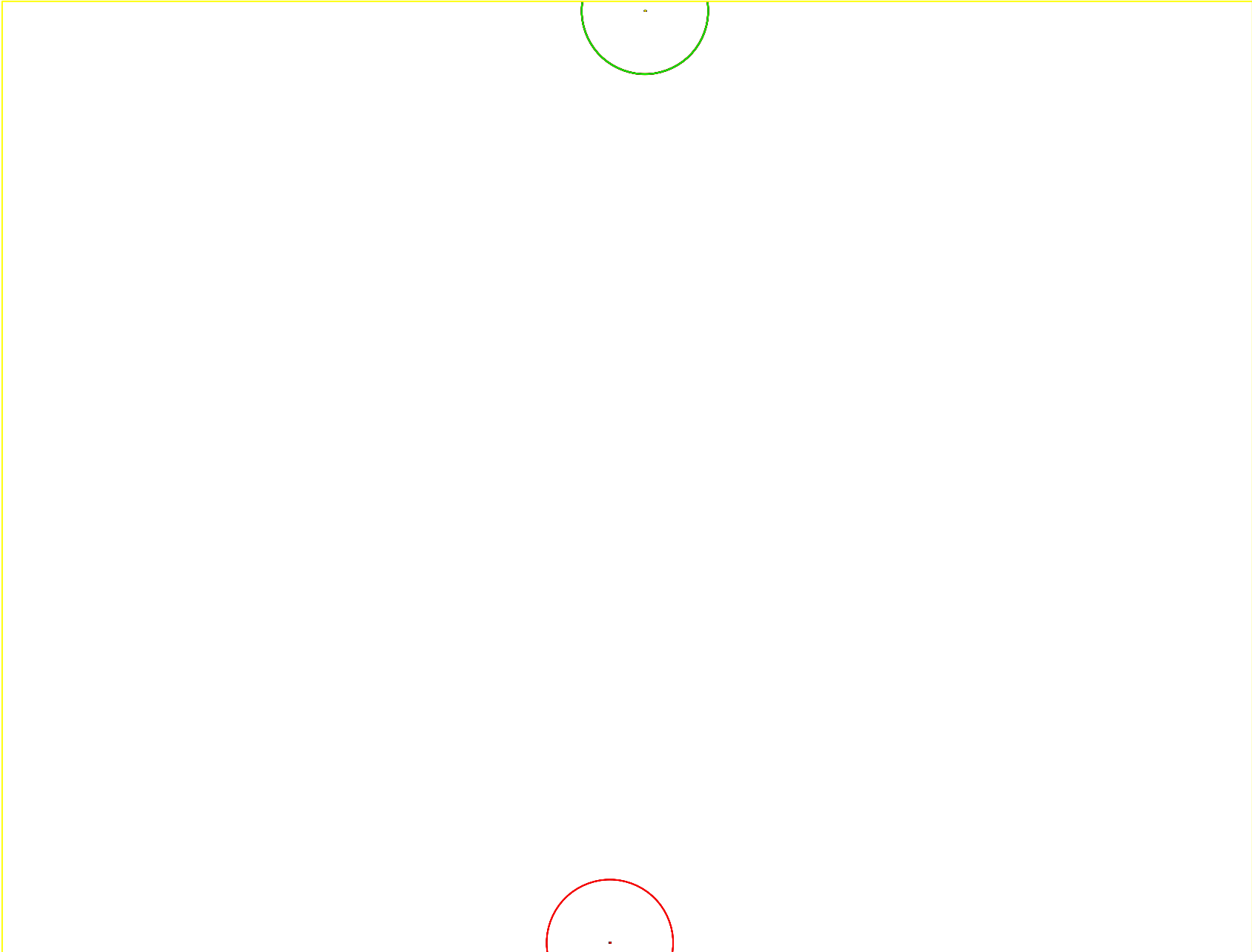
1346

COMPUERTA DE DEASGRAVADOR  
0,80x0,80

CAPTACION

DESGRAV

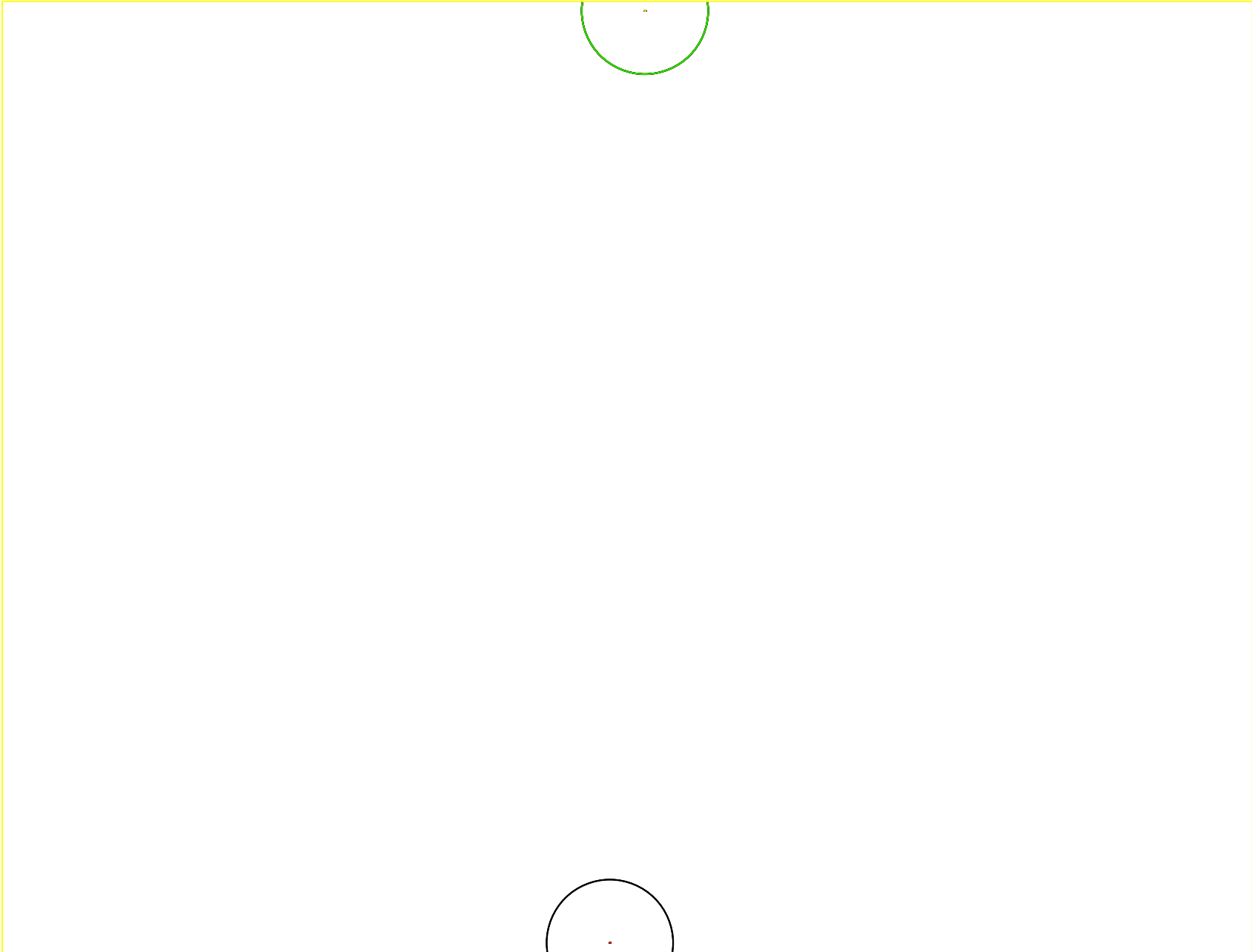






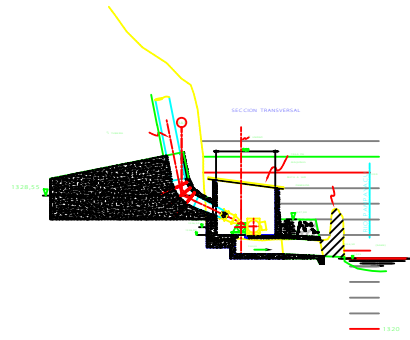




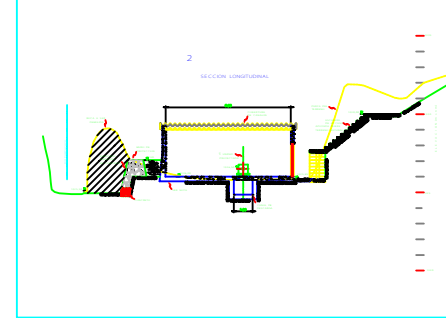
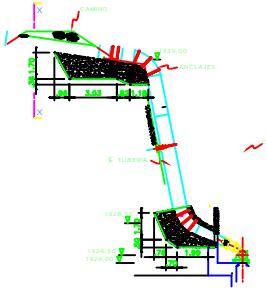








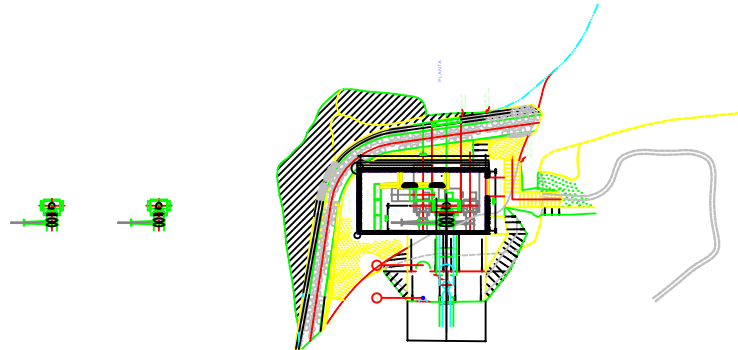
(TUBERIA AL EXTERIOR)



PLANO DE REFERENCIA

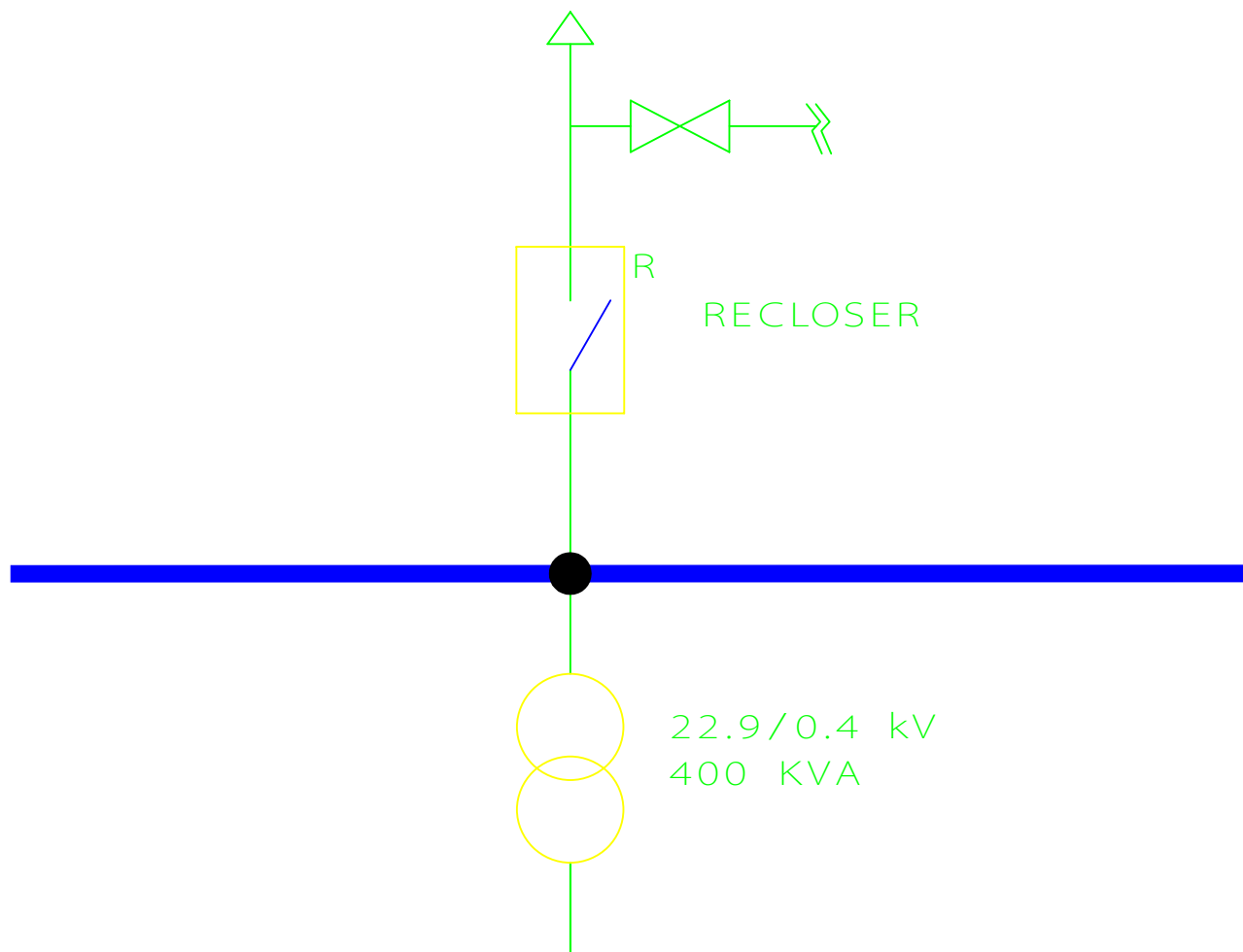
SECCION TRANSVERSAL

SECCION LONGITUDINAL



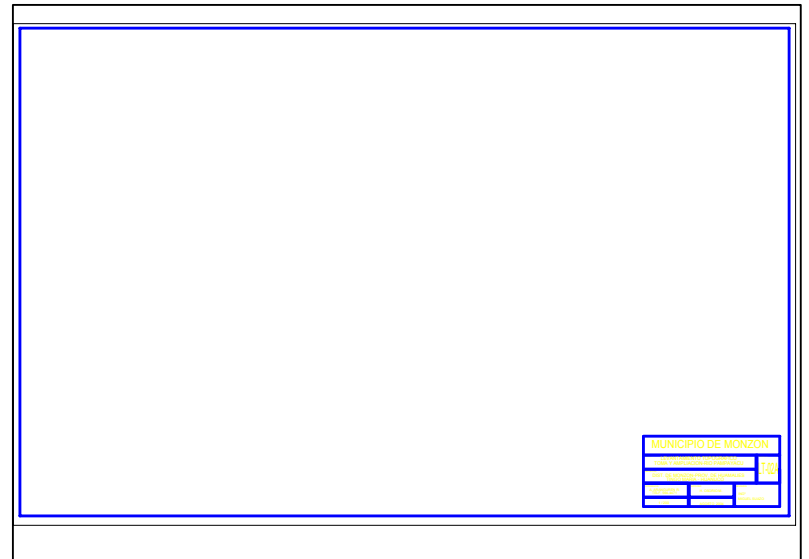
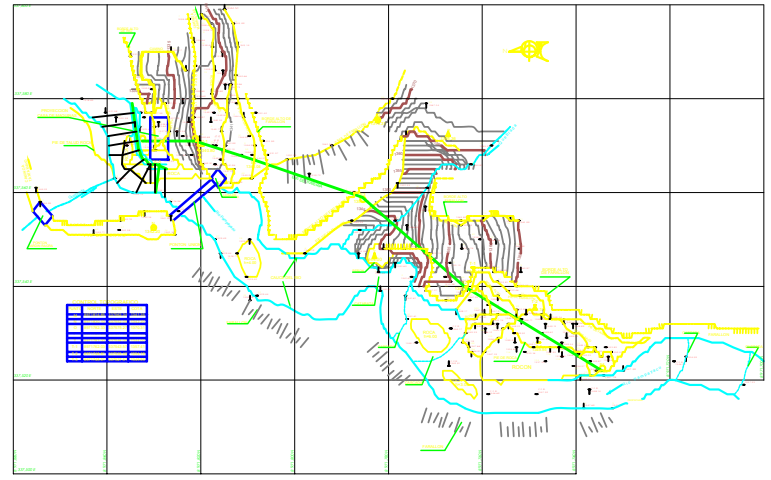


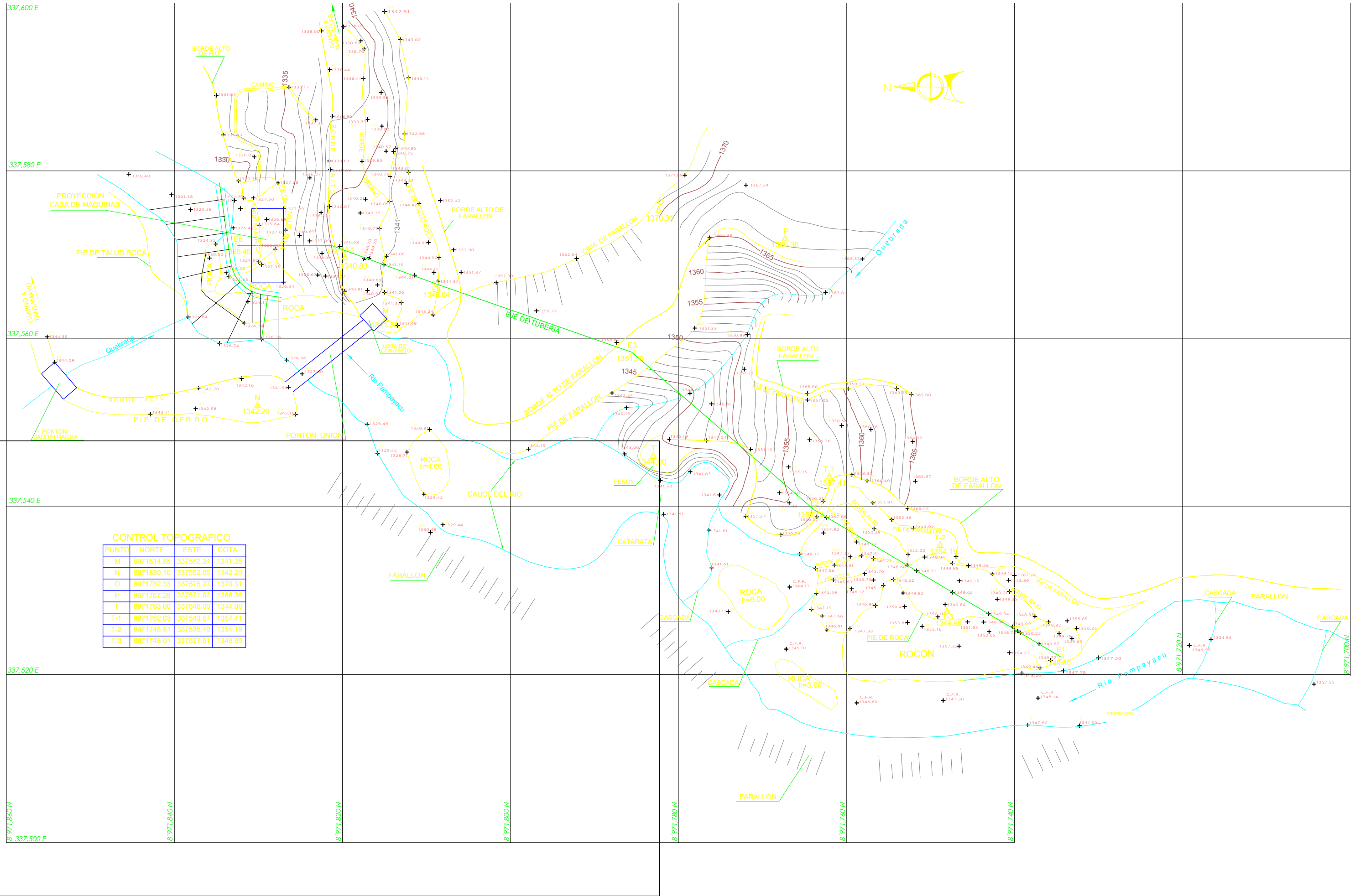
TESIS DE GRADO: ESTUDIO PHC MON  
SUBESTACIÓN DE SALIDA











**CONTROL TOPOGRAFICO**

PUNTO	NORTE	ESTE	COTA
M	8971814.85	337562.34	1341.35
N	8971830.10	337552.05	1342.20
O	8971782.33	337575.27	1370.31
P	8971767.28	337571.92	1366.36
T	8971783.00	337546.00	1344.00
T-1	8971762.03	337543.57	1357.41
T-2	8971748.81	337535.40	1354.19
T-3	8971748.01	337527.51	1349.95

