

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“PROYECTO AMPLIACION DE LA CENTRAL  
HIDROELÉCTRICA MUÑOZ 2.7 MW”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECANICO ELECTRICO**

**MARTINEZ CHANGRA OLIVER FELIPE**

**PROMOCIÓN 1980- II**

**LIMA – PERU**

**- 2006**

**A mis padres, esposa e hijas  
sin cuyo apoyo no hubiese  
podido concluir este proyecto**

## INDICE

	<b>Pág.</b>
<b>PRÓLOGO .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>3</b>
1.1.    Antecedentes.....	3
1.2.    Objetivo .....	4
1.3.    Ubicación.....	4
1.4.    Condiciones Ambientales .....	5
1.5.    Memoria Descriptiva.....	6
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>9</b>
<b>CALCULO DE LA DEMANDA .....</b>	<b>9</b>
2.1.    Estudios Primera Etapa.....	9
2.2.    Estudios Segunda Etapa .....	10
2.2.1. Estudios del Mercado Eléctrico .....	10
2.2.2. Proyección de la Población .....	12
2.2.3. Curva de Consumo Unitario Domestico.....	12
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>16</b>
<b>ANALISIS DE OFERTAS .....</b>	<b>16</b>
Oferta Hidráulica existente .....	16
3.1.    Central Hidroeléctrica de Muyo .....	17
3.2.    Central Hidroeléctrica La Pelota – Jaén .....	18
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>19</b>
<b>INGENIERIA DEL PROYECTO.....</b>	<b>19</b>

4.1.	Verificación Tubería de Presión.....	19
4.1.1.	Datos Básicos.....	19
4.1.2.	Diámetro Económico .....	19
4.1.3.	Velocidad de Ingreso.....	21
4.1.4.	Cálculo Golpe de Ariete.....	22
4.1.5.	Calculo del Tiempo Critico.....	23
4.2.	Dimensionamiento Preliminar.....	23
4.2.1.	Diámetro del rotor .....	27
4.2.2.	Diámetro ingreso al espiral.....	27
4.2.3.	Diámetro interno espiral.....	28
4.3.	Dimensionado del Generador.....	32
4.3.1.	Diámetro del rotor.....	32
4.3.2.	Nivel de Tensión.....	33
4.4.	Selección Celda Transformación.....	34
4.5.	Verificación de Protección Eléctrica .....	35
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>46</b>	
<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS .....</b>	<b>46</b>	
5.1.	Válvula Mariposa .....	46
5.1.1.	Condiciones Generales .....	46
5.1.2.	Diseño .....	47
5.1.2.	Generalidades .....	47
5.1.2..	Operación Normal .....	48
5.1.2..	Cierre de Emergencia.....	48
5.1.3.	Conexiones para Aceite a Presión .....	48

5.1.4. Topes, Enclavamiento e Indicador de Posición .....	49
5.1.5. Controles .....	49
5.1.6. Tableros de Control .....	50
5.1.7. Mecanismo de Operación .....	51
5.2. Turbina .....	52
5.2.1. Alcance .....	52
5.2.2. Descripción .....	52
5.2.3. Requisito diseño .....	53
5.2.4. Condiciones suministro .....	54
5.2.5. Cavitación .....	54
5.2.6. Materiales fabricación .....	55
5.2.7. Gobernador .....	55
5.3. Generador .....	56
5.3.1. Alcances .....	56
5.3.2. Estator .....	56
5.3.3. Rotor .....	57
5.3.4. Eje principal .....	58
5.3.5. Cojinetes del Generador .....	58
5.3.6. Detector de vibración .....	59
5.3.7. Sistema de Enfriamiento de Aire .....	59
5.3.8. Tablero de Control y Protecciones del Generador .....	60
5.3.9. Termómetros, Sensores de Temperatura y Relees Térmicos .....	61
5.4. Celda de Generador 4.16 kV .....	61
5.4.1. Condiciones de Diseño .....	61

5.4.2. Normas.....	62
5.4.3. Construcción.....	62
5.4.4. Interruptor de Potencia.....	63
5.4.5. Mecanismo de Funcionamiento.....	64
5.4.6. Bloqueadores y Candados.....	64
5.4.7. Interruptores y Selectores.....	65
5.4.8. Barras de Distribución.....	65
5.4.9. Cableado en el Tablero.....	65
5.4.10. Equipos Auxiliares.....	66
5.4.11 Dispositivos de los Terminales.....	67
5.4.12 Calentadores Anti-Condensación.....	67
5.4.13 Rotulado.....	68
5.4.14. Puesta a Tierra.....	68
5.4.15 Acabado.....	68
5.4.16 Relees.....	69
5.4.17 Alarmas.....	69
5.4.18 Pruebas.....	69
5.5. Tablero Seccionador de Salida.....	70
5.5.1. Condiciones de Diseño.....	70
5.5.2. Normas.....	71
5.5.3. Construcción.....	71
5.5.4. Seccionador Trifásico de Potencia.....	72
5.5.5. Mecanismo de Funcionamiento.....	72
5.6. Tablero de Puesta a Tierra Neutro.....	72

5.6.1. Generalidades .....	72
5.6.2. Condiciones de Diseño y Construcción .....	73
5.6.3. Interruptor manual del neutro .....	74
5.6.4. Interruptor del circuito neutro.....	74
5.6.5. Cableado interno .....	75
5.6.6. Rotulado .....	75
5.6.7. Tapas ciegas para cable.....	75
5.6.8. Conexión a tierra .....	76
5.6.9. Calentadores anti-condensacion .....	76
5.6.10 Resistencia de Conexión a Tierra, Neutro.....	76
5.6.11 Acabado del Equipo .....	77
5.6.12 Candados .....	77
5.6.13 Cajas de Terminales y Cables.....	77
5.6.14 Pruebas .....	78
5.7. Equipamiento Eléctrico Auxiliar .....	78
5.7.1. Alcances .....	78
5.7.2. Tablero de Servicios Auxiliares .....	79
5.7.3. Servicios Auxiliares 110 Vcc.....	80
5.7.4. Banco de Baterías .....	80
5.7.5. Estante de Baterías .....	81
5.7.6. Rectificador – Cargador.....	81
5.7.7. Inversor.....	82
5.7.8. Tablero 110 Vcc .....	82
5.7.9. UPS .....	83

5.8. Cableado De Fuerza Y Control.....	83
5.8.1. Alcances.....	83
5.8.2. Cables de Potencia para Baja Tensión.....	83
5.8.3. Cables de Comando, Control y Señalización.....	84
5.8.4. Cables de Iluminación.....	84
5.8.5. Cables Telefónicos para el Interior de la Central.....	85
5.8.6. Cable de Telefónico Externo y Enterrados.....	85
5.9. Equipamiento Mecánico Auxiliar.....	86
5.9.1. Alcance.....	86
5.9.2. Sistema de drenaje de agua del conducto.....	86
5.9.3. Sistema contra incendio.....	86
5.10. Sistemas de Control SCADA.....	87
5.10.1 Alcances.....	87
5.10.2 Normas aplicables.....	88
5.10.3 Modos de Control y Operación.....	89
5.10.4 Software de Control.....	90
5.10.5 Equipos del Sistema de Control.....	91
<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>101</b>
<b>METRADO Y PRESUPUESTO.....</b>	<b>101</b>
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>103</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO Y FINANCIERO.....</b>	<b>103</b>
7.1. Evaluación Económica de las Alternativas.....	103
7.1.1. Pequeña Central Hidráulica.....	103
7.1.2. Pequeña Central Térmica.....	110



7.2.	Análisis de las Alternativas más Convenientes Económicamente .....	116
7.3.	Conclusión.....	116
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>117</b>	
<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....</b>	<b>117</b>	
8.1.	DESCRIPCION DEL PROYECTO.....	117
8.1.1.	Ubicación del Proyecto.....	117
8.1.2.	Potencial Hidroeléctrico del Área.....	118
8.1.3.	Planeamiento del Proyecto.....	118
8.1.4.	Descripción de las Instalaciones Existentes.....	119
8.1.5.	Objetivos del Proyecto.....	121
8.2.	MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL.....	122
8.2.1.	Marco Legal.....	122
8.2.2.	Normas generales .....	122
8.2.3.	Normas sobre recursos naturales.....	124
8.2.4.	Normas sobre el Sub-Sector Electricidad.....	124
8.2.5.	Normas sobre el Sector Salud.....	124
8.2.6.	Normas sobre Impacto Ambiental .....	124
8.2.7.	Normas sobre gobiernos locales .....	125
8.2.8.	Marco Institucional.....	125
8.2.8..	Gobierno Central .....	125
8.2.8..	Gobierno Local .....	125
8.3.	LINEA BASE AMBIENTAL .....	125
8.3.1.	Ubicación Geográfica .....	126
8.3.2.	Área de Influencia del Proyectco.....	126

8.3.3. Clima .....	128
8.3.4. Hidrología y Meteorología.....	128
8.3.5. Topografía .....	130
8.3.6. Geología y Geomorfología.....	131
8.3.7. Regiones Naturales.....	133
8.3.8. Fauna Silvestre.....	133
8.3.9. Flora Natural.....	135
8.3.10 Aspectos Socioeconómicos.....	135
<b>8.4. IDENTIFICACION Y EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES</b>	<b>141</b>
8.4.1. Problemas Ambientales Identificados.....	142
8.4.2. Lista de Categorías Ambientales.....	146
8.4.3. Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales .....	154
<b>8.5. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL</b> .....	<b>157</b>
8.5.1. Programa de Medidas Preventivas y/o Correctivas.....	157
8.5.2. Programa de Monitoreo Ambiental .....	158
8.5.3. Programa de Capacitación y Educación Ambiental.....	158
8.5.4. Programa de Manejo de Residuos .....	158
8.5.5. Programa de Contingencias .....	159
8.5.6. Programa de Cierre.....	159
8.5.7. Programa de Inversiones.....	159
<b>CAPÍTULO 9.....</b>	<b>161</b>
<b>PLANOS Y LÁMINAS .....</b>	<b>161</b>

## PRÓLOGO

Cuando se habla de los presupuestos nacionales, regionales, y/o locales, casi siempre faltan recursos económicos para atender las múltiples necesidades de nuestras poblaciones, como es el caso del Sector Energía. Conforme van creciendo y desarrollando las localidades va creciendo la necesidad de energía eléctrica y muchas veces priman las soluciones políticas antes que las soluciones técnicas, entonces comúnmente estas necesidades se canalizan a través de las autoridades locales llámese Alcaldes, Presidentes de Gobiernos Regionales y con el apoyo de los congresistas, en el Presupuesto Nacional van apareciendo múltiples proyectos que deben ser atendidos y generalmente se deja de lado las soluciones técnicas que deberían buscar optimizar la solución del suministro energía eléctrica en el país, tal es así que vemos muchas infraestructuras civiles construidas con mucho esfuerzo y dinero años atrás sin que a la fecha sean rehabilitadas y/o utilizadas. Este es el caso de la Central Hidroeléctrica de Muyo, que tiene infraestructuras civiles desde hace mas de 15 años sin ser utilizadas, sin embargo ya se han construido y se viene gestando la construcción de nuevos proyectos de generación eléctrica en la zona. Con este pequeño informe queremos demostrar que es más rentable priorizar la ampliación de la central Hidroeléctrica de Muyo antes de pensar en la construcción de nuevas centrales. Debemos utilizar la infraestructura existente considerando que éstos son costos hundidos, situación que se da en muchos lugares de nuestro país.

El presente informe describirá evaluaciones y cálculos necesarios para justificar la viabilidad de implementación de la ampliación de Central Hidroeléctrica de Muyo **desde el punto de vista de un inversionista privado.**

En el capítulo 1, Se describe la memoria descriptiva del proyecto.

En el capítulo 2, Se detalla el estudio de demanda eléctrica para la zona del proyecto.

En el capítulo 3, Se describen las instalaciones existentes de Generación Eléctrica

En el capítulo 4, Se describe la ingeniería básica y preliminar del equipamiento necesario

En el capítulo 5, Se describe la especificación técnica de los equipos a ser suministrados.

En el capítulo 6, Se presenta el Metrado y Presupuesto estimado de la ampliación.

En el capítulo 7, Se realiza la Evaluación Económica y Financiera del Proyecto

En el capítulo 8, Se presenta el Estudio de Impacto Ambiental básico.

En el capítulo 9, Se adjuntan los planos del proyecto

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCION

### **1.1. Antecedentes**

La Central Hidroeléctrica de Muyo se encuentra en servicio desde el año 1992 con una capacidad de 5,400 kW., destinada a atender con energía eléctrica a las localidades de Bagua Chica, Bagua Grande, Jaén y anexos, en los departamentos de Amazonas y Cajamarca. Esta central está interconectada a la Central Hidroeléctrica de la Pelota (Jaén) de 3,000 kW a través de una línea transmisión eléctrica de 60 kV y 100 km de longitud.

La C. H. de Muyo fue construida a finales de los años ochenta y a comienzos del los años 90, inicialmente fue equipada con dos grupos turbogeneradores cada uno de 2,700 kW, con turbinas tipo Francis; quedando pendiente la instalación de una tercera unidad de la misma capacidad.

El diseño original considera tres turbogeneradores y las obras civiles fueron construidas para albergar las tres unidades. La casa de máquinas y la tubería forzada a presión está dimensionada y construida para la etapa final.

## **1.2. Objetivo**

El objetivo de presente informe es demostrar técnica y económicamente que la alternativa de ampliación de la Central Hidroeléctrica de Muyo es mas ventajosa frente a otras alternativas, para cubrir la demanda creciente de energía eléctrica de la región Bagua – Jaén, Para tal efecto se elaboran las proyecciones de demanda, los cálculos económicos, y la ingeniería preliminar del proyecto que nos permitirá sustentar la viabilidad de este proyecto.

Nuestra meta es instalar el tercer turbogenerador de 2,700 kW en la Central Hidroeléctrica Muyo.

## **1.3. Ubicación**

El proyecto se encuentra en la provincia de Bagua, departamento de Amazonas, que está ubicada en la región selva del Perú, cuyo acceso terrestre desde Lima es por la Panamericana Norte hasta Chiclayo aproximadamente 780 km, luego desde Chiclayo pasando por Olmos hacia Jaén – Bagua Chica

.El acceso terrestre por la Panamericana y hasta Bagua Chica es asfaltado en buen estado de conservación y es carretera afirmada desde Bagua Chica hasta la zona del Proyecto.

La central esta ubicada a pocos metros de la localidad de Muyo, distrito de Aramango, provincia de Bagua, departamento de Amazonas. La altitud de ubicación es 362 msnm y una distancia de 48 km desde la ciudad de Bagua Chica. Se encuentra ubicada sobre la margen derecha del río Muyo, el cual es un afluente del río Marañón. El área de captación recibe un alto volumen de lluvia, aproximadamente 2400 mm<sup>2</sup>, y se encuentra en una región de selva típica. El valle de Muyo, debajo del pueblo de Aramango, tiene flancos relativamente empinados, cubierto por pastos, aparte de plantaciones de plátanos, y árboles. El río Muyo tiene una pendiente natural de aproximadamente 4% y este potencial

hidroeléctrico es explotado por el proyecto. Existen diversos obstáculos naturales en la ruta del canal los cuales incluyen un cerro empinado, una quebrada lateral, gargantas profundamente cortadas y áreas de deslizamientos. La tubería forzada está instalada en un lomo y cruza la carretera de penetración y el Oleoducto Norperuano llegando a la casa de máquinas, la cual está ubicada encima del nivel de avenidas, sobre la margen derecha del río Marañón.

#### **1.4. Condiciones Ambientales**

En la ciudad de Bagua Chica (Jazán) la temperatura es alta, con promedio de 30 - 32 grados centígrados, una mínima de 18 grados centígrados y una máxima de 40 - 43 grados centígrados; estas condiciones tórridas se deben a que el valle se encuentra dentro de la ecorregión del bosque seco ecuatorial o conocido por otros como yunga.

Las precipitaciones pluviales son de 2400 mm. en promedio anual, en la región las lluvias se dan durante el primer semestre del año.

Las condiciones ambientales en la zona del proyecto son las siguientes:

Tabla Nro. 1

Temperatura máxima	35 °C
Humedad relativa	80%
Precitación pluvial	2400 mm
Contaminación	No hay

### **1.5. Memoria Descriptiva**

La Central Hidroeléctrica de Muyo actualmente está equipada con dos grupos turbogeneradores con turbina Francis y generador trifásico auto excitado ambos están acoplados en un eje donde además, tiene instalado una rueda volante.

La tercera unidad se instalará al costado de las dos unidades anteriores en la misma orientación tal como se muestra en planos.

Se ha estimado el costo del equipo de ampliación asumiendo que no se necesitará ampliar la casa de máquinas dado que esta fue prevista en la instalación de dos equipos de turbo generadores de 2.7MW. Este equipo adicional será suministrado completo con válvulas de ingreso y reguladores.

El proyecto incluye el suministro de una válvula de cierre del tipo mariposa, con sistema de cierre de emergencia, el accionamiento de la válvula debe ser automática desde el tablero del generador, controlado por una unidad óleo hidráulica. Adicionalmente de debe suministrar una junta de montaje y el tramo de tubería de ingreso a la turbina de diámetro nominal de 0.76m.

La turbina debe ser del tipo Francis de 2.7MW a 127m con caudal de 2.5m<sup>3</sup>/s y 900 rpm, de eje horizontal, diámetro del rodete 607mm que puede variar según los cálculos del fabricante. El suministro de la turbina incluye sistemas de refrigeración, volante de inercia, accesorios de montaje y la tubería de descarga.

El generador será del tipo síncrono 3.375 MVA 60 Hz, el nivel de generación debe ser 4.16kV para la puesta en paralelo con las turbinas existentes, el generador debe tener un



tablero de control equipado con módulos de protección, medición, señalizaciones y alarmas. También el tablero debe tener un interruptor automático para la puesta en paralelo.

Asimismo, la instalación inicial cuenta con una subestación de salida equipada con un transformador de 7MVA de 4.16 / 60kV de montaje exterior, con sistemas de protección mediante seccionadores de línea para 60kV.

El proyecto de ampliación incluye el suministro de un transformador de salida de 3.5MVA 4.16/60kV de montaje exterior, para el suministro de energía al Sistema Eléctrico Regional Bagua Jaén, constituido con una celda de protección y medición del transformador y seccionadores de línea de montaje exterior, asimismo el pórtico de salida.

La central cuenta con un sistema de servicios auxiliares para el suministro de energía interna, e iluminación de la casa de máquinas y el resto de las instalaciones de la central. El equipamiento nuevo debe llevar su propio tablero de servicios auxiliares para su sistema de control y protecciones.

El proyecto incluye la instalación de pozos de puesta a tierra adicionales a la red de tierra existente para poder mejorar los ohmios existentes, la puesta a tierra debe tener una red menor a 3 ohmios.

El tablero de maniobra principal tendrá controles de regulación de velocidad y tensión así como interruptores de circuito para cada generador y transformador principal. Los interruptores de circuito del generador tendrán relees de protección contra fallas a tierra, exceso de corriente, sobrecarga, sobrevoltaje, bajo voltaje, potencia inversa, kVar inversa, temperatura del bobinado y exceso de velocidad. El interruptor de circuito del transformador principal tendrá relees de protección contra fallas a tierra, exceso de corriente, Buchholtz, temperatura del bobinado y del aceite.

La frecuencia de generación de potencia es 60Hz y la tensión de la línea de transmisión 60kV.

Se instalará una celda completa con transformador de 3.5 MVA, 4.16/60 kV que operará en paralelo con la celda de transformación existente.

La subestación de salida se ampliará suministrando los Interruptores de potencia trifásicos, seccionadores de barra y de línea de salida, y pararrayos de protección.

Para la ampliación de la tercera unidad se implementará un sistema de control moderno con un sistema SCADA de monitoreo y control de la unidad generadora y la subestación de salida, para ello se suministrarán interfaces de hombre máquina del tipo industrial, conectados a los relees inteligentes de protección bajo protocolos abiertos de comunicaciones.

Los relees de protección tendrán sistemas de respaldo de alimentación de energía con sistema UPS con capacidad de autonomía de 30 minutos, a esta red estarán conectados todos los equipos de control e instrumentación del sistema.

El suministro de los relees será conforme a los planos unifilares del proyecto y las especificaciones que se detallan en las secciones correspondientes.

## CAPÍTULO 2

### CALCULO DE LA DEMANDA

#### **2.1. Estudios Primera Etapa**

En julio de 1984 ELECTROPERU S.A. (EP), efectuó los primeros estudios de demanda de electricidad en la región de Bagua Jaén. Dicho informe: "Estudio del Mercado Eléctrico del PSE Bagua Grande - Bagua Chica Jaén", pronostica las demandas máximas de energía y potencia para los años 1985-2000. El pronóstico fue preparado utilizando el método desarrollado por EP y la firma Montreal Engineering Company (MONENCO). El informe toma en consideración las demandas domésticas de la población e incluye las demandas comerciales, industriales y de alumbrado público. El pronóstico de demandas se encuentra resumido a continuación.

Tabla Nro. 2

AÑO	POTENCIA (MW)	ENERGIA (GWH)
1985	3.34	12.55
1990	5.36	20.37
1995	7.70	30.53
2000	10.19	42.34

El incremento de potencia entre los años 1986 y 1990 corresponde a un promedio de 13% anual, y 8% anual entre los años 1990 y 1995.

## 2.2. Estudios Segunda Etapa

Proyección de la demanda eléctrica para la segunda etapa período 2005- 2025. Para la proyección de la demanda, se ha tomado en cuenta la información de los tres últimos censos de las localidades de Jaén Bagua Grande, Bagua Chica (Jazán), Aramango, Cajaruro, Copallin, El Parco, Bellavista, Chamaya, El Milagro y otras localidades menores.

### 2.2.1. Estudios del Mercado Eléctrico

#### Población del Sistema Bagua Jaén

Censo del 1981	Población Urbana	33 738
	Viviendas	5 623
Censo del 1986	Población Urbana	37 250
	Viviendas	6 208
Censo del 1995	Población Urbana	44 126
	Viviendas	7 354

### 2.2.2 Proyección de la Población

Usamos la formula  $Y = a * X^b$  Tendencia optimista.

$$P_n = P_m * (1 + \alpha)^{n-m}$$

Donde :  $P_n$  = Población en el año "n" proyectada

$P_m$  = Población en el año "m"

$\alpha$  = Tasa de crecimiento Poblacional anual (en %)

Para nuestro caso:

$$P_{1995} = P_{1986} * (1 + \alpha)^{1995-1986}$$

$$44126 = 37250 * (1 + \alpha)^9$$

$$(1 + \alpha)^9 = 1.185$$

$$1 + \alpha = (1.185)^{1/9}$$

$$1 + \alpha = 1.019$$

$$\alpha = 0.019$$

$$\alpha = 1.9 \%$$

como  $\alpha < 4\%$  tomamos  $\alpha = 1.9 \%$

**Calculando la población en el año 2005**

Para nuestro caso "m" es 1995

$$P_{2005} = 44126 * (1 + 0.019)^{10}$$

$$P_{2005} = 44126 * (1.019)^{10}$$

$$P_{2005} = 53\ 263 \text{ hab.}$$

Población en el año 2025:

$$P_{2025} = P_{2005} * (1 + 0.019)^{2025-2005}$$

$$P_{2025} = 53\ 263 * (1.019)^{20}$$

$$P_{2025} = 78415 \text{ Habitantes.}$$

Densidad familiar: 6 habitantes por familia

### 2.2.3 Curva de Consumo Unitario Doméstico

Las poblaciones están ubicadas en zona de selva y tienen una población urbana mayor de 3000 habitantes y actualmente cuentan con servicio eléctrico, por lo que en función al consumo promedio anual se ha determinado la curva de proyección, de la curva de consumo unitario de energía eléctrica:

$$Y = aX^b \quad Y = 83.84 * X^{0.400}$$

Donde: Y = Consumo unitario doméstico (Kwh/año)

X = N° de abonados domésticos.

a y b = Constantes características.

Coeficiente de electrificación (CE):

Debido a que ya existe servicio eléctrico en la zona del proyecto y actualmente tiene un coeficiente de electrificación de 45 % y esperando que en el año 20 se alcance una electrificación del 75 %, se ha usado la siguiente curva par determinar el CE:

$$Y = CE = 0.45 + 0.0125 * X$$

Para determinar el número de abonado comercial se ha considerado la relación:

N° Abonado Sector Comercial Anual / N° abonado domestico igual a:

$$K_1 = 0.2$$

Se ha considerado la siguiente relación para:

Consumo Unitario Comercial Anual / Consumo Unitario Doméstico Anual igual a:

$$K_2=1.1$$

- Se ha considerado 80 Kwh / familia / año.
- Se ha considerado cargas especiales
- Horas de utilización anual.

Para nuestro caso, esta zona cuenta con consumo de energía eléctrica y siendo un poco conservadores se ha utilizado las siguientes horas de utilización (HU).

Año 1 = 1 800 HU Con un incremento gradual anual llegando al año 20 = 3320 HU.

También se ha considerado el consumo de cargas especiales que trata de reflejar el crecimiento del consumo de los centros de molinos de arroz que se han incrementado en los últimos años.

Con el ingreso de estos datos a nuestra hoja de EXCEL determinamos que la máxima demanda total y la energía que consumiría en los años 2005, 2010, 2015 y 2025 es la siguiente:

Tabla Nro. 3

<b>Año</b>	<b>Energía (Kwh-año)</b>	<b>Max. Demanda (Kw)</b>
2005	15,014,257	8,341
2010	20,349,036	10,175
2015	27,540,561	11,475
2025	46,643,701	14,049

Por lo que para abastecer la demanda de energía hasta el año 2025 se debería instalar una central de generación eléctrica de 8000 KW ya que existe una oferta actual de 8400 KW.

Sin embargo se tiene la alternativa de instalar un tercer grupo de generación en la Central Hidroeléctrica de Muyo ya que sus obras civiles y la casa de máquinas están preparadas para recibir una turbina de 2700 kW.



**DEMANDA DEL PEQUEÑO SISTEMA ELECTRICO BAGUA – JAEN**

**PROVINCIAS DE: JAEN, BAGUA**

**DEPARTAMENTOS DE: AMAZONAS Y CAJAMARCA**

**REGION NORORIENTAL DEL MARAÑON**

Nro.	Año	Poblacion	Densidad Familiar	N° de Familias	Coef. De Electrificación	N° Abonados Domésticos	Consumo unit Domestico Kwh/año	Consumo Neto Domestico Kwh/año	k1	N° de Abonados Comerciales	k2	Consumo Unitario Comercial	Consumo Neto Comercial	Consumo Neto (80Kwh/familia/año)	Consumo Neto General Kwh/año(5%)	Consumo Cargas Especiales Kwh/año	Energía Facturada KWh/año	Energía de Distribución KWh/año	Energía Bruta KWh/año	Horas de utilización anual	Máxima Demanda Total KW
0	2005	53265	6	8877	0.45	3995	2312	9237461	0.2	799	1.1	2544	2032241	710196	461873	810,000	13,251,771	14,576,948	15,014,257	1,800	8,341
1	2006	54295	6	9049	0.46	4185	2356	9859621	0.2	837	1.1	2591	2169117	723934	492981	810,000	14,055,653	15,461,219	15,925,055	1,840	8,655
2	2007	55346	6	9224	0.48	4382	2399	10513200	0.2	876	1.1	2639	2312904	737951	525660	810,000	14,899,715	16,389,687	16,881,378	1,880	8,979
3	2008	56419	6	9403	0.49	4584	2443	11199530	0.2	917	1.1	2687	2463897	752254	559976	810,000	15,785,656	17,364,222	17,885,149	1,920	9,315
4	2009	57514	6	9586	0.50	4793	2487	11919996	0.2	959	1.1	2736	2622399	766848	596000	810,000	16,715,243	18,386,767	18,938,370	1,960	9,662
5	2010	58630	6	9772	0.51	5008	2531	12676043	0.2	1002	1.1	2784	2788729	781740	633802	1,080,000	17,960,314	19,756,345	20,349,036	2,000	10,175
6	2011	59770	6	9962	0.53	5230	2575	13469170	0.2	1046	1.1	2833	2963217	796936	673459	1,080,000	18,982,782	20,881,060	21,507,492	2,080	10,340
7	2012	60933	6	10156	0.54	5459	2620	14300941	0.2	1092	1.1	2882	3146207	812442	715047	1,080,000	20,054,638	22,060,101	22,721,904	2,160	10,519
8	2013	62120	6	10353	0.55	5694	2665	15172980	0.2	1139	1.1	2931	3338055	828266	758649	1,080,000	21,177,950	23,295,745	23,994,617	2,240	10,712
9	2014	63331	6	10555	0.56	5937	2709	16086975	0.2	1187	1.1	2980	3539135	844414	804349	1,080,000	22,354,873	24,590,360	25,328,071	2,320	10,917
10	2015	64567	6	10761	0.58	6188	2755	17044686	0.2	1238	1.1	3030	3749831	860893	852234	1,800,000	24,307,644	26,738,409	27,540,561	2,400	11,475
11	2016	65828	6	10971	0.59	6446	2800	18047940	0.2	1289	1.1	3080	3970547	877710	902397	1,800,000	25,598,593	28,158,453	29,003,206	2,480	11,695
12	2017	67115	6	11186	0.60	6712	2846	19098638	0.2	1342	1.1	3130	4201700	894872	954932	1,800,000	26,950,142	29,645,156	30,534,511	2,560	11,928
13	2018	68429	6	11405	0.61	6985	2892	20198756	0.2	1397	1.1	3181	4443726	912387	1009938	1,800,000	28,364,808	31,201,289	32,137,327	2,640	12,173
14	2019	69770	6	11628	0.63	7268	2938	21350352	0.2	1454	1.1	3231	4697077	930263	1067518	1,800,000	29,845,209	32,829,730	33,814,622	2,720	12,432
15	2020	71138	6	11856	0.64	7558	2984	22555561	0.2	1512	1.1	3283	4962223	948506	1127778	2,160,000	31,754,068	34,929,475	35,977,360	2,820	12,758
16	2021	72534	6	12089	0.65	7858	3031	23816607	0.2	1572	1.1	3334	5239653	967125	1190830	2,160,000	33,374,216	36,711,638	37,812,987	2,920	12,950
17	2022	73960	6	12327	0.66	8166	3078	25135800	0.2	1633	1.1	3386	5529876	986129	1256790	2,160,000	35,068,594	38,575,454	39,732,717	3,020	13,157
18	2023	75414	6	12569	0.68	8484	3125	26515542	0.2	1697	1.1	3438	5833419	1005525	1325777	2,160,000	36,840,263	40,524,289	41,740,018	3,120	13,378
19	2024	76899	6	12817	0.69	8811	3173	27958330	0.2	1762	1.1	3490	6150833	1025322	1397917	2,160,000	38,692,401	42,561,641	43,838,490	3,220	13,614
20	2025	78415	6	13069	0.70	9148	3221	29466761	0.2	1830	1.1	3543	6482688	1045528	1473338	2,700,000	41,168,315	45,285,146	46,643,701	3,320	14,049

## CAPÍTULO 3

### ANALISIS DE OFERTAS

#### ***Oferta Hidráulica existente***

La oferta de energía disponible en la zona de Bagua es la siguiente:

- La Central Hidroeléctrica de Muyo y
- La Central Hidroeléctrica de La Pelota - Jaén.

Tabla Nro. 17

<b>Oferta Existente</b>		
MUYO	2x2700 kVA	5400 kVA
LA PELOTA	2x1500 kVA	3000 kVA
<b>Total</b>		<b>8400 kVA</b>
Efectiva	0.8x8400 kVA	6720 kW

### 3.1. Central Hidroeléctrica de Muyo

Esta central hidroeléctrica cuenta con equipos de las siguientes características:

Tabla Nro. 4

Ítem	Descripción	Unidad	MUYO
1	Numero de turbogeneradores		2
2	Tipo turbina		Francis
3	Potencia salida garantizada caída neta.	kW. (m)	2,804 (126.4)
4	Potencia a máxima / Caída neta	Kw. (m)	2,816 (127)
5	Velocidad nominal	Rpm	900
6	Velocidad de empalamiento	Rpm	1653
7	Nivel turbina sobre nivel descarga	Metro	3.25
8	Caudal nominal	m <sup>3</sup> /s	2.5
9	Eficiencia a potencia nominal y caída neta	%	90.5
10	Diámetro exterior del rotor	mm.	600
11	Diámetro de ingreso en la espiral	mm.	800
12	Tipo de válvula de ingreso		Mariposa
13	Diámetro válvula	mm.	800
14	Tipo gobernador		Hidráulico
15	Capacidad	Kg.m	1078.7
16	Mínimo efecto volante (GD <sup>2</sup> )	Kg.m <sup>2</sup>	9,460
17	Tipo generador		Autoexcitado
18	Voltaje nominal	Kv	4.16
19	Factor de potencia		0.80
20	Protección		IP21
21	Enfriamiento		ICO1
22	Eficiencia a 100% de carga	%	96.3
23	Reactancia sincronía Xd	%	189.2
24	Corriente de plena carga	A	485.8
25	Clase de aislamiento		F

### 3.2. Central Hidroeléctrica La Pelota – Jaén

Esta central hidroeléctrica cuenta con equipos de las siguientes características:

Tabla Nro. 5

Ítem	Descripción	Unidad	JAEN
1	Número de turbogeneradores		2
2	Tipo turbina		Pelton
3	Potencia salida garantizada caída neta.	kW. (m)	1590 (285)
4	Potencia a máxima / Caída neta	Kw. (m)	1620
5	Velocidad nominal	Rpm	900
6	Velocidad de empalamiento	Rpm	1487
7	Nivel turbina sobre nivel descarga	Metro	1.31
8	Caudal nominal	m <sup>3</sup> /s	0.65
9	Eficiencia a potencia nominal y caída neta	%	87.8
10	Diámetro exterior del rotor	mm.	747
11	Diámetro de ingreso en la espiral	mm.	350
12	Tipo de válvula de ingreso		Deslizamiento Paralelo
13	Diámetro válvula	mm.	350
14	Tipo gobernador		Hidráulico
15	Capacidad	Kg.m	107 kg.m
16	Mínimo efecto volante (GD <sup>2</sup> )	Kg.m <sup>2</sup>	1394
17	Tipo generador		Autoexcitado
18	Voltaje nominal	Kv	4.16
19	Factor de potencia		0.80
20	Protección		IP21
21	Enfriamiento		ICO1
22	Eficiencia a 100% de carga	%	95.4
23	Reactancia sincronía Xd	%	220
24	Corriente de plena carga	A	282
25	Clase de aislamiento		F

## CAPÍTULO 4

### INGENIERIA DEL PROYECTO

#### 4.1. Verificación Tubería de Presión

##### 4.1.1. Datos Básicos

Tabla Nro. 6

Descripción	Unid	
Flujo	m <sup>3</sup> /seg	7.5
Caída neta	metro	126.4
Longitud de tubería	metro	290

##### 4.1.2. Diámetro Económico

a) El método clásico muy utilizado es evaluando los gastos anuales.

El menor gasto total anual en tubería en plena operación de la central conducirá al diámetro óptimo más económico. En base al capital invertido en la adquisición y a los gastos por pérdidas en la tubería se obtiene la fórmula simplificada para el cálculo del diámetro.

$$D = \sqrt[7]{\frac{5.b.c.g.E.N.Q^3.f_c}{3063.H_b.c.i}}$$

Donde:

Símbolo	Valor	Descripción
B	0.002	Coeficiente Manning
C	0.06	Inversión central (\$/kw.h)
G	9.81	Gravedad (m/seg)

E	0.80	Eficiencia total
N	8400	Horas de operación
Q	7.5	Flujo de agua por la tubería (m <sup>3</sup> /seg)
f <sub>c</sub>	0.32	Factor de carga
H <sub>b</sub>	127	Presión media interna (m)
C	3.60	Costo específico de tubería (\$/kg)
I	0.12	Tasa interés

Reemplazando resulta **D=1.63 metros**

El pleno caudal no permanece constante durante el día..

b) El método de Mannesman Rohren Werke utiliza la fórmula que se indica a continuación, con la condición de que la caída neta supere 100 metros

$$D = \left( \frac{5.2 \times Q^3}{Hb} \right)^{1/7}$$

Donde:

Q	7.5 m <sup>3</sup> /s	Flujo nominal
HB	127 m	Caída neta

Reemplazando

**D=1.50 metros**

**Método GTZ**

El cálculo del diámetro económico, según el método utilizado por la Corporación técnica Alemana (GTZ) se determina utilizando la relación que se

presenta a continuación, en donde se involucra el costo específico de la central hidroeléctrica utilizando la siguiente fórmula:

$$0.07 * Q^3 * K = 2.568 * HB * Ca * D^7 + 123.308 * Ca * D^6$$

Donde:

K=	2,000	Costo de generación en US \$ / KW
Q=	7.5 m <sup>3</sup> /s	
HB=	127	Caída de máxima presión (1.5 x Hn)
Ca=	3.6	Costo específico de tubería (\$/kg)

Como es un proceso iterativo se debe estimar un diámetro base utilizando otros métodos y luego reemplazando se obtiene D=1.62 m

Tabla Nro. 7

RESUMEN CALCULO DIAMETRO TUBERIA		
1	AID	D=1.63 metros
2	MANNESMAN ROHREN WERKE	D=1.50 metros
3	GTZ	D=1.62metros

**Se propone utilizar el diámetro 1.60 m**

#### **4.1.3. Velocidad de Ingreso**

La velocidad de ingreso lo verificamos con la siguiente fórmula de Allieve:

$$v = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$$

$$V=3.3 \text{ m/s}$$

**Valor dentro del rango**

Velocidad recomendada = 2 - 4 m/s

- CALCULO ESPESOR

Calculamos por la siguiente fórmula:

$$e = \frac{k * Hb * D}{20 * \sigma_{adm}} + 0.15 \dots \text{cm}$$

Donde:

K =	1.5	Máxima sobrepresión (+50%) por golpe de ariete
$\sigma$ =	960 kg/mm <sup>2</sup>	Esfuerzo acero
D =	1.7 m	Diámetro

Reemplazando resulta  $e=0.136 <> 1/2"$

**4.1.4.Cálculo Golpe de Ariete**

Empleamos la siguiente fórmula de Allieve

$$h' = \frac{2 * L * v}{g * t}$$

Donde:

L =	330 metros	Longitud conducto forzado
v =	3.73 m/s	Velocidad ingreso
t =	4 s	Tiempo cierre



Reemplazando:

$$h'=62.73 \text{ m.}$$

**Equivale al 49% de sobre presión por golpe de ariete**

#### 4.1.5. Cálculo del Tiempo Crítico

Utilizamos

$$t_c = \frac{2 * L}{a} \quad \text{y} \quad a = \frac{c}{\sqrt{1 + \frac{\epsilon * D}{E * e}}}$$

Donde:

C= 1420 m/s Velocidad sonido en el agua

E= 12,000 Módulo elasticidad

$\epsilon/E=$  0.01

.e= 0.01588 m

Reemplazando

$$A = 1,002.2 \text{ m/s}$$

$$t_c = 0.66 \text{ m/s}$$

El tiempo obtenido es menor al  $t = 2.5 \text{ s}$

#### 4.2. Dimensionamiento Preliminar

Las turbinas hidráulicas están caracterizadas por el "Número Especifico" el cual es la velocidad en RPM de un rodete matemáticamente reducido a un

tamaño que produciría 1 KW para una caída de un metro de altura y está representado por la fórmula siguiente.

$$N_s = \frac{N(P)^{1/2}}{(H_n)^{5/4}}$$

$N_s$  : Velocidad específica

$N$ . PRM de la turbina

$P$ : Potencia en KW

$H_n$ : Altura neta de Diseño

Remplazando los datos de nuestro proyecto

$P$  aprox. =  $8QH_n = 2540$  Kw

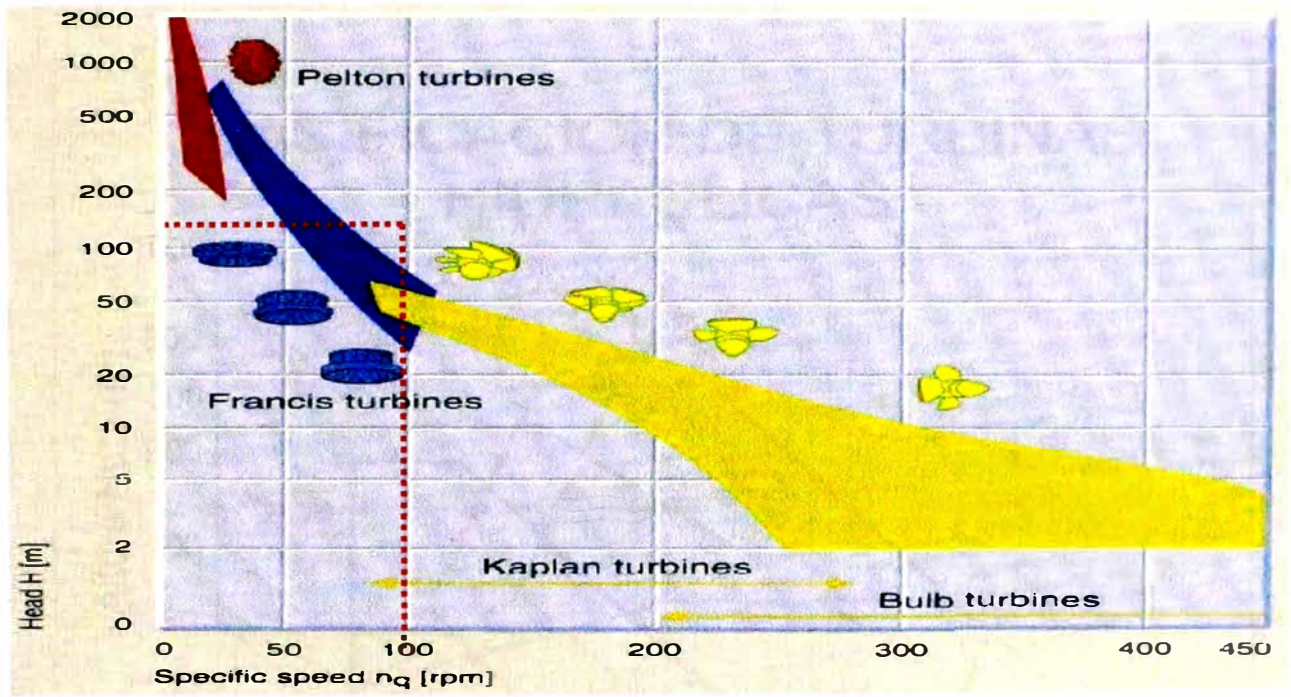
$H_n = 127$  m.

$N =$  primera aproximación 900 rpm

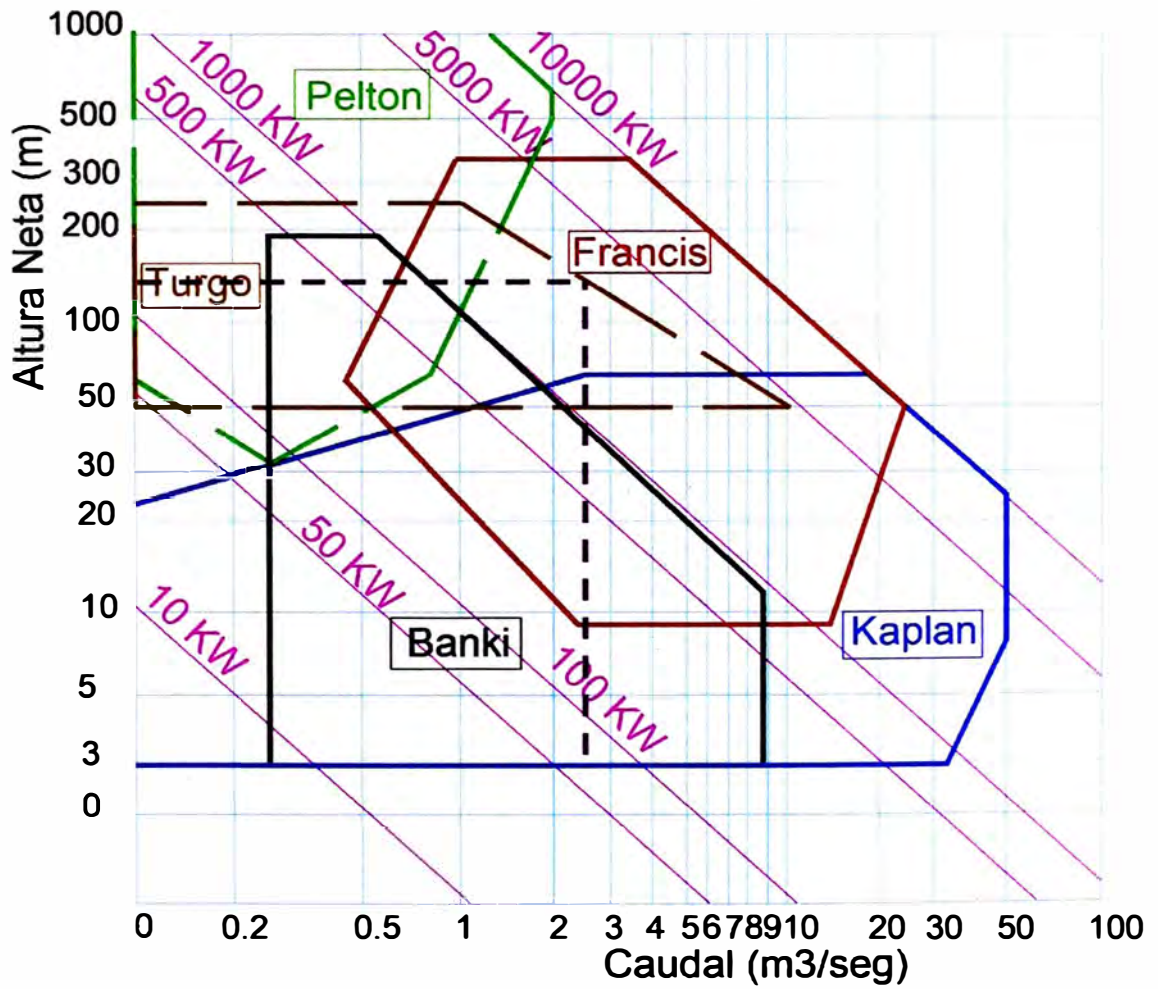
Frecuencia (en Hz)	Nº de polos	Velocidad Sincronía (RPM)
60	6	1200
60	8	900
60	10	720






Entonces tenemos:

$N_s = 106.4$  OK.



# CLASIFICACION DE TURBINAS HIDRAULICAS



-  KAPLAN, HELICE, BULBO
-  FRANCIS
-  PELTON
-  TURGO
-  BANKI

Referencia: European small Hidropower Association, 1998

#### 4.2.1. Diámetro del rotor

La disposición horizontal es la más económica

Diámetro rotor según la fórmula:

$$D = 84.6 * K * \frac{\sqrt{H_b}}{N}$$

$$K = 0.68 + \frac{n_s}{1500}$$

Donde:

$n_s =$	100	Velocidad específica (Gráfico)
$N =$	900 rpm	Velocidad angular
$H_b =$	126.4 m	Caída neta

Reemplazando

$K = 0.76$  y  $D = 0.78$  metros

Utilizando el programa de cálculo TURBOPRO (desarrollado por la firma americana MWH) se obtiene

$D = 0.66$  metros

#### 4.2.2. Diámetro ingreso al espiral

Según la fórmula

$$v_{in} = K * \sqrt{2 * g * H_b}$$

Donde:

$$K = 0.10 \text{ a } 0.12$$

$$H_b = 127 \text{ m (Caída neta)}$$

Reemplazando:

$$V_{in} = 5 \text{ m/s}$$

Diámetro ingreso

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v_{in}}}$$

Reemplazando

$$D = 0.75 \text{ m.}$$

#### **4.2.3. Diámetro interno espiral**

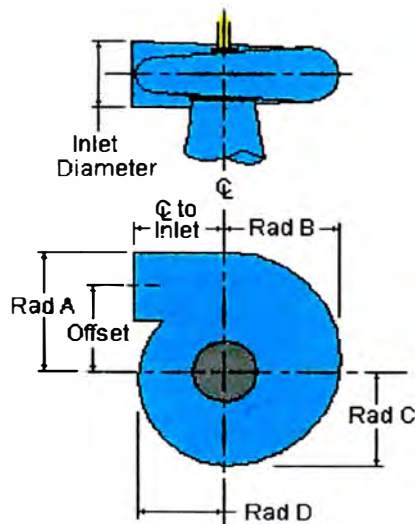
Primera curvatura

$$D_{sp} = 1.4 * D_{in}$$

Luego

$$D = 1.50 \text{ m}$$

Figura Nro. 1



A continuación utilizamos el programa TURBOPRO para verificar los cálculos manuales realizados para el dimensionamiento preliminar de la turbina.

Los datos de ingreso y resultados de cálculo se muestran a continuación:

Figura Nro. 2

User Data Input	
Characteristic	Entry
Rated Discharge in m <sup>3</sup> /s	2.500
Net Head in meters	127
Gross Head in meters	130
Site Elevation in meters	360
Water Temp in degrees C	10
Unit Setting to TW in meters	-1
Efficiency Priority (0 to 10)	1
System Freq (50 or 60 Hz)	60
Minimum Net Head in meters	120
Maximum Net Head in meters	130

Close

Figura Nro. 3

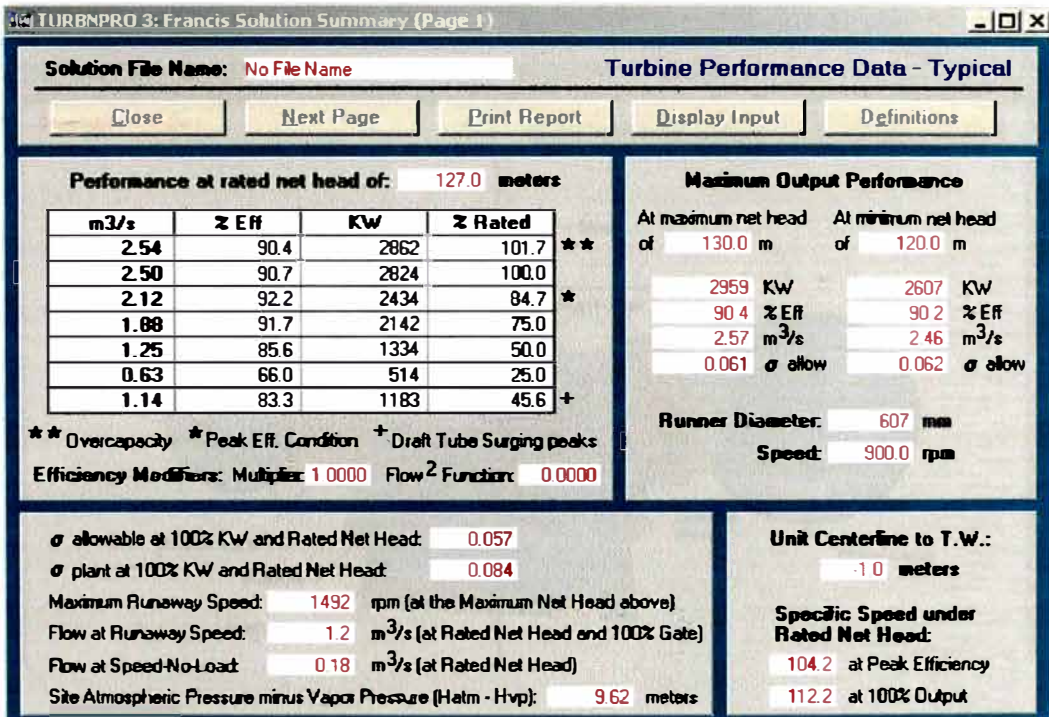


Figura Nro. 4

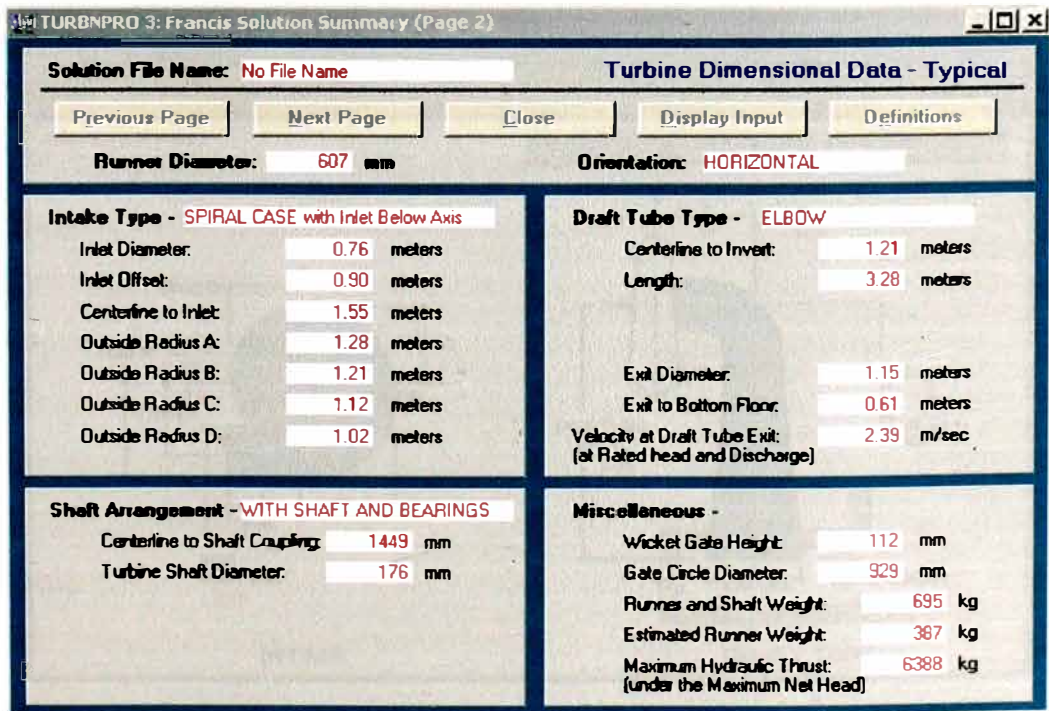




Figura Nro. 5

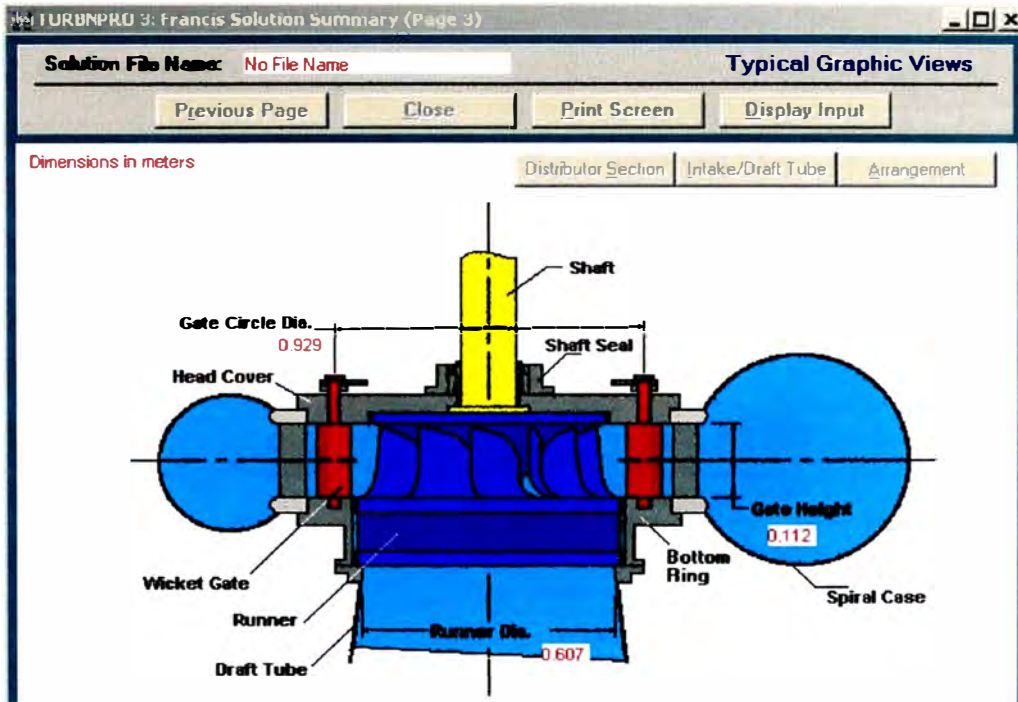


Figura Nro. 6

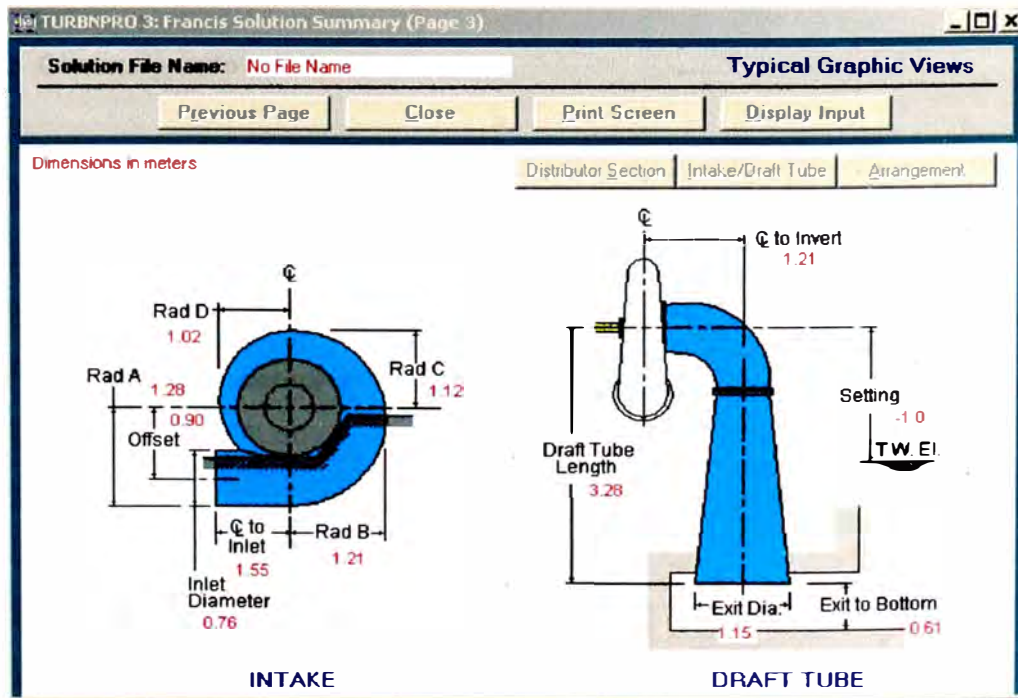
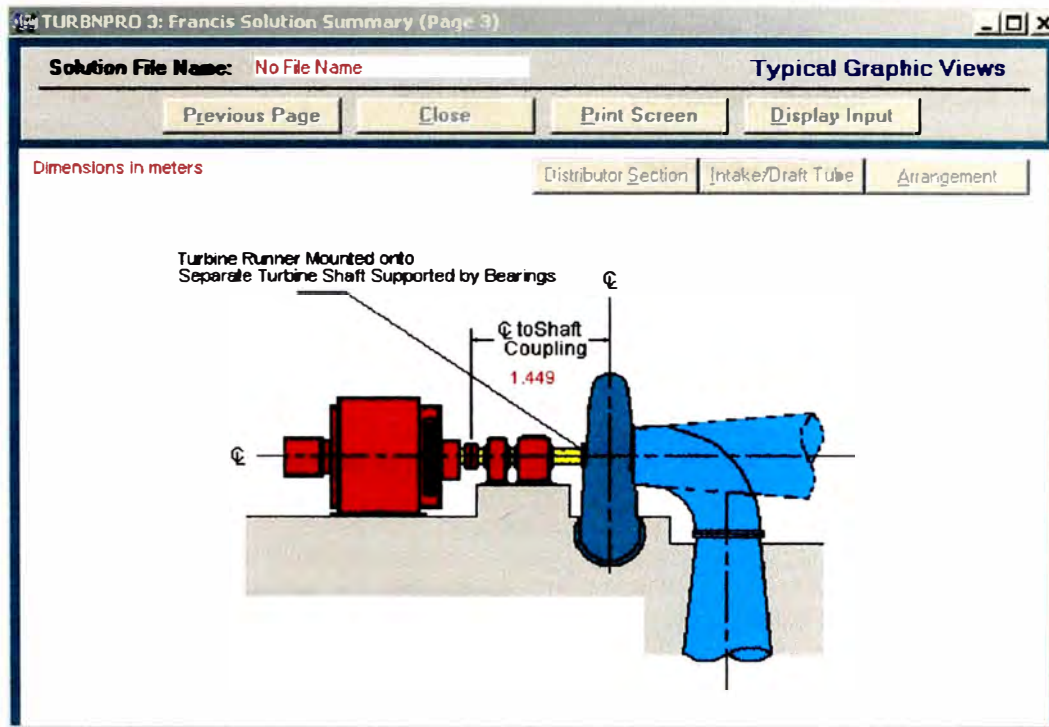


Figura No. 7



#### 4.3. Dimensionado del Generador

El sistema eléctrico es con neutro puesto a tierra a través del resistor, los niveles de aislamiento se regirán de acuerdo normas CEI 71-2.

##### 4.3.1. Diámetro del rotor

Utilizamos las siguientes fórmulas

$$KVA = \frac{B * l * D^2 * N * S}{6500} \quad (1)$$

$$D = \frac{v_{pr} * 60}{1.8 * \pi * N} \quad (2)$$

Donde:

D	: en m.	Diámetro rotor
N	: 900 rpm	Velocidad rotación
S	: 30,000 A/m	Intensidad campo
B	: 0.60 W/m <sup>2</sup>	Densidad de flujo magnético
L	: en m.	Longitud axial
V <sub>pr</sub>	: 50 a 70 m/s.	Velocidad periférica del rotor

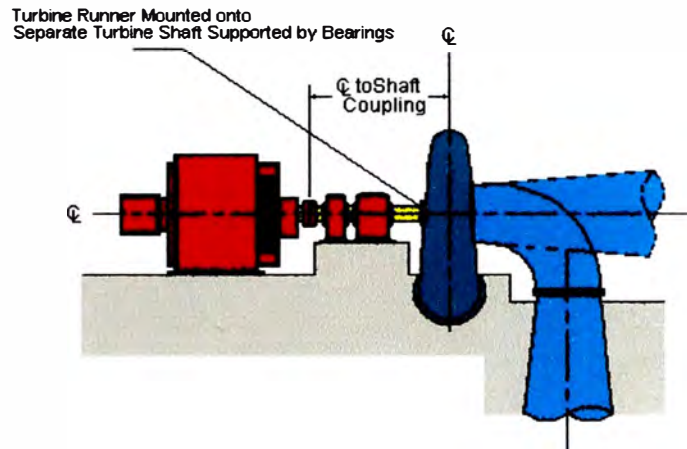
Reemplazando se obtiene el diámetro neto:

D = 0.71 m. y el ancho = 1.65 metros

Los resultados nos indican valores adecuados a la práctica de los fabricantes.

#### **4.3.2 Nivel de Tensión**

La tensión actual en barras del generador es 4.16 kV, por lo tanto por la condición obligatoria de poner en paralelo la tercera unidad nos obliga a que la tensión de este último sea 4.16 kV.

**Figura Nro. 8**

#### **4.4. Selección Celda Transformación**

Actualmente existen celdas con transformadores de la siguiente característica:

- 7 MVA, 4.16/60KV
- 1,5 MVA, 4.16/22.9 KV

En total tenemos 8.5 MVA que representa 6,800 kW.

La oferta total de potencia ascendería a  $3 \times 2,800 = 8,400$  kW.

Luego se deberá suministrar un transformador de 3 MVA, 4.16/60 KV con los mismos niveles de aislamiento y mismas características de transformador para la puesta en paralelo.

Se incluye en el suministro de la celda los aparatos de maniobra y protección.

El interruptor de potencia será del tipo SF6 de instalación extraíble para mantenimiento y soportará la corriente de cortocircuito del sistema eléctrico Jaén – Bagua.

#### 4.5. Verificación de Protección Eléctrica

Calculamos la corriente de falla en algunos puntos del sistema eléctrico que se ilustra:

Figura Nro. 9

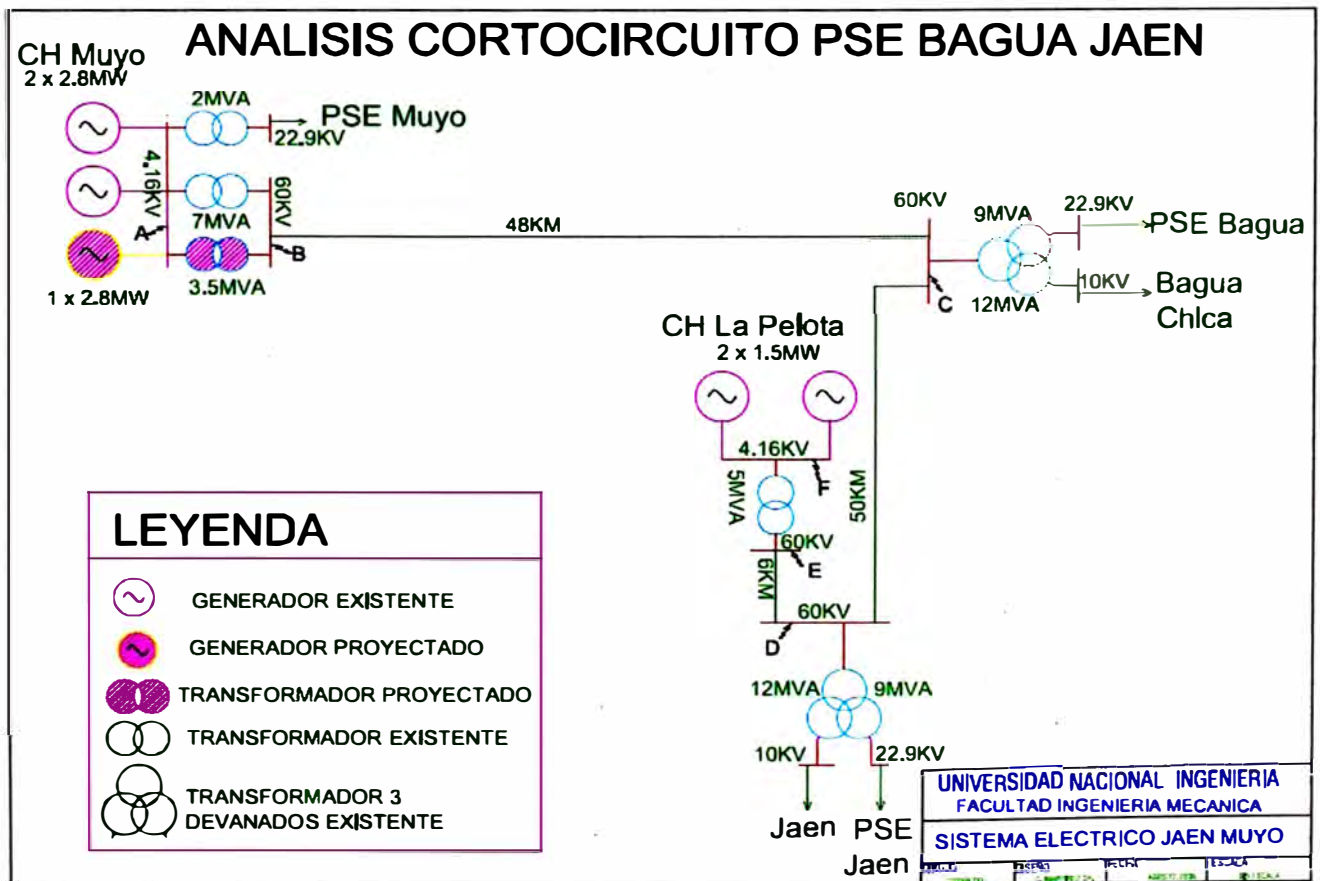


Tabla Nro. 9

Cálculo de la corriente de cortocircuito trifásico por el método de las impedancias

<b>A.- DATOS BASICOS</b>			
<b>1) CENTRAL HIDROELECTRICA DE MUYO</b>			
Potencia	=	10.5 MVA	10,500,000 VA
Reactancia Subtransitoria $X_{SUB}$	=	16 %	
Voltaje de Generación	=	4.16 KV	4,160 V
<b>2) CENTRAL HIDROELECTRICA DE LA PELOTA</b>			
Potencia	=	3.75 MVA	3,750,000 VA
Reactancia Subtransitoria $X_{SUB}$	=	15 %	
Voltaje de Generación	=	4.16 KV	4,160 V
<b>3) SUBESTACION MUYO</b>			
<b>3.1) BARRA 60 Kv</b>			
Potencia	=	10.5 MVA	10,500,000 VA
Bornes en medio voltaje	=	60 KV	60,000 V
Bornes en bajo voltaje	=	4.16 KV	4,160 V
Voltaje de Cortocircuito	=	7 %	
<b>3.2) BARRA 22.9 Kv</b>			
Potencia	=	7 MVA	7,000,000 VA
Bornes en medio voltaje	=	22.9 KV	22,900 V
Bornes en bajo voltaje	=	4.16 KV	4,160 V
Voltaje de Cortocircuito	=	6 %	
<b>4) SUBESTACION LA PELOTA</b>			
Potencia	=	3.75 MVA	3,750,000 VA
Bornes en medio voltaje	=	60 KV	60,000 V
Bornes en bajo voltaje	=	4.16 KV	4,160 V
Voltaje de Cortocircuito	=	7 %	

## Continuación Tabla Nro. 9

<b>5) LINEA TRANSMISION MUYO-BAGUA 60 Kv.</b>			
Material conductor	=	Aluminio	
Sección conductor	=	70 mm <sup>2</sup>	
Longitud	=	48 Km	

<b>6) LINEA TRANSMISION BAGUA-JAEN 60 Kv.</b>			
Material conductor	=	Aluminio	
Sección conductor	=	70 mm <sup>2</sup>	
Longitud	=	50 Km	

<b>7) LINEA TRANSMISION LA PELOTA-JAEN 60 Kv.</b>			
Material conductor	=	Aluminio	
Sección conductor	=	50 mm <sup>2</sup>	
Longitud	=	6 Km	

<b>8) SUBESTACION BAGUA</b>			
Potencia 1	=	12 MVA	12,000,000 VA
Potencia 2	=	9 MVA	9,000,000 VA
Bornes de alto voltaje	=	60 KV	60,000 V
Bornes en medio voltaje 1	=	10 KV	10,000 V
Bornes en medio voltaje 2	=	22.9 KV	22,900 V
Voltaje de Cortocircuito $\mu_{cc1}$	=	7 %	
Voltaje de Cortocircuito $\mu_{cc2}$	=	7 %	

<b>9) SUBESTACION JAEN</b>			
Potencia 1	=	12 MVA	12,000,000 VA
Potencia 2	=	9 MVA	9,000,000 VA
Bornes de alto voltaje	=	60 KV	60,000 V
Bornes en medio voltaje 1	=	10 KV	10,000 V
Bornes en medio voltaje 2	=	22.9 KV	22,900 V
Voltaje de Cortocircuito $\mu_{cc1}$	=	7 %	
Voltaje de Cortocircuito $\mu_{cc2}$	=	7 %	

<b>10) DATOS ELECTRICOS</b>			
Resistividad del Aluminio	=	0.029 $\Omega$ -mm <sup>2</sup> /m	
Reactancia Línea Aérea por Km	=	0.4 $\Omega$ /Km	

## Continuación Tabla Nro. 9

**B.- CALCULO DE IMPEDANCIAS****B.1 PARA CORTOCIRCUITO EN BARRAS DE 4.16 Kv****B.1.1 GENERADORES MUJO**

$$X_G = \frac{X_{SUB} * V^2}{100 * S}$$

$$X_G = \frac{16}{100} * \frac{(4.16 * 10^3)^2}{10.5 * 10^6}$$

$$X_G = 0.26 \ \Omega$$

$$R_G = 0.1 * X_G$$

$$R_G = 0.1 * 0.26$$

$$R_G = 0.03 \ \Omega$$

**B.1.2 GENERADORES LA PELOTA**

$$X_G = \frac{X_{SUB} * V^2}{100 * S}$$

$$X_G = \frac{15}{100} * \frac{(4.16 * 10^3)^2}{3.75 * 10^6}$$

$$X_G = 0.69 \ \Omega$$

$$R_G = 0.1 * X_G$$

$$R_G = 0.1 * 0.69$$

$$R_G = 0.07 \ \Omega$$

**B.1.3 LINEA DE TRANSMISION MUJO-BAGUA-JAEN-LA PELOTA**

$$\text{LONGITUD TOTAL LINEAS } L = L_{BV} + L_{CD} + L_{DE} = 48 + 50 + 6$$

$$L = 104 \ \text{Km}$$

$$X_L = 0.4 * L$$

$$X_L = 0.4 * 104$$

$$X_L = 41.6 \ \Omega$$

Conductor de aluminio

$$R_L = \rho * \frac{L_T}{s}$$

$$R_L = 0.029 * \frac{104,000}{70}$$

$$R_L = 43.09 \ \Omega$$



## Continuación Tabla Nro. 9

**B.2 PARA CORTOCIRCUITO EN BARRAS DE 60 Kv****B.2.1 TRANSFORMADOR MUJO 10.5 MVA**

$$X_T = \frac{X_{cc} * V^2}{100 * S}$$

$$X_T = \frac{7}{100} * \frac{(60 \times 10^3)^2}{10.5 * 10^6}$$

$$X_T = 24.00 \quad \Omega$$

$$R_T = 0.2 * X_T$$

$$R_T = 0.2 * 24$$

$$R_T = 4.8 \quad \Omega$$

**B.2.1 TRANSFORMADOR LA PELOTA 3.75 MVA**

$$X_T = \frac{X_{cc} * V^2}{100 * S}$$

$$X_T = \frac{7}{100} * \frac{(60 \times 10^3)^2}{3.75}$$

$$X_T = 67.20 \quad \Omega$$

$$R_T = 0.2 * X_T$$

$$R_T = 0.2 * 67.2$$

$$R_T = 13.44 \quad \Omega$$

## Continuación Tabla Nro. 9

## C.- CALCULO CORRIENTES DE FALLA EN 'A', BARRA 4.16Kv CH MUYO (PUNTO A)

## C.1 CONTRIBUCION DE LOS GENERADORES MUYO

La corriente de falla del generador de Muyo solo recorre la impedancia propia  $I_{1A}$

Conocemos  $R_G$  y  $X_G$  de los generadores Muyo, luego la impedancia:

$$Z_{GA} = \sqrt{R_{GA}^2 + X_{GA}^2} \quad Z_{GA} = \sqrt{0.26^2 + 0.03^2}$$

$$Z_{GA} = 0.27 \Omega$$

La corriente de falla en barra 4.16 Kv (punto A) se calcula por:

$$I_{1A} = \frac{V}{\sqrt{3} * Z_{GA}} \quad I_{1A} = \frac{4.16 * 10^3}{\sqrt{3} * 0.27}$$

$$I_{1A} = 9062.64 \text{ Amperios}$$

La máxima corriente se calcula por:

$$i_{\max 1A} = K * \sqrt{2} * I_{1A}$$

$$R/X = 0.1$$

donde K es función de R/X (ver gráfico respectivo)

R/X = 0.1 luego

$$K = 1.75$$

Reemplazando

$$i_{1A} = 1.75 * \sqrt{2} * 9,063$$

$$i_{1A} = 22,428.89 \text{ Amperios}$$

## Continuación Tabla Nro. 9

**C.2 CONTRIBUCION DE LOS GENERADORES LA PELOTA**

La corriente de falla recorre por transformadores y líneas hasta alcanzar la barra 4.16 Kv de Muyo la denominamos  $I_{2A}$ , los cálculos iniciamos en punto F y terminamos en punto A

**Falla en F, barras 4.16Kv S.E. La Pelota**

Conocemos  $R_G$  y  $X_G$  de los generadores La Pelota, luego la impedancia:

$$Z_{GF} = \sqrt{R_{GF}^2 + X_{GF}^2}$$

$$Z_{GF} = \sqrt{0.69^2 + 0.07^2}$$

$$Z_{GF} = 0.70 \Omega$$

La corriente de falla en barra 4.16 Kv (Punto F) se calcula por:

$$I_F = \frac{V}{\sqrt{3} * Z_{GF}}$$

$$I_F = \frac{4.16 * 10^3}{\sqrt{3} * 0.70}$$

$$I_{1F} = 3452.43 \text{ Amperios}$$

La máxima corriente se calcula por:

$$i_{\max F} = K * \sqrt{2} * I_F$$

$$R/X = 0.1$$

donde K es función de R/X (ver grafico respectivo)

R/X = 0.1 luego

$$K = 1.75$$

Reemplazando

$$I_F = 1.75 * \sqrt{2} * 3,452.$$

$$i_{2F} = 8,544.34 \text{ Amperios}$$

## Continuación Tabla Nro. 9

## Falla en E, barras 60 Kv S.E. La Pelota

Las reactancias y resistencia recalculamos para la barra 60 KV

Conocemos

Equipo	$X_F$ (Ohm)	$R_F$ (Ohm)
Generador	0.69	0.07
Transformador	67.20	13.44

$$X_E = X_F * \left( \frac{V_{HV}}{V_{LV}} \right)^2 + X_T$$

$$X_E = 0.69 * \left( \frac{60 \times 10^3}{4.16 \times 10^3} \right)^2 + 67.20$$

$$X_E = 211.20 \ \Omega$$

$$R_E = 0.07 * \left( \frac{60 \times 10^3}{4.16 \times 10^3} \right)^2 + 13.44$$

$$R_E = 27.84 \ \Omega$$

Luego

$$Z_E = \sqrt{R_E^2 + X_E^2}$$

$$Z_E = 213.03 \ \Omega$$

La corriente de falla en barra 60 Kv (Punto E) se calcula por:

$$I_E = \frac{V}{\sqrt{3} * Z_{GF}}$$

$$I_E = \frac{60 * 10^3}{\sqrt{3} * 213.03}$$

$$I_{2F} = 162.61 \text{ Amperios}$$

La máxima corriente se calcula por:

$$i_{\max E} = K * \sqrt{2} * I_E$$

$$R/X = 0.13$$

donde K es función de R/X (ver grafico respectivo)

$$R/X = 0.13 \quad \text{luego} \quad K = 1.61$$

Reemplazando

$$I_E = 1.61 \times \sqrt{2} \times 162.61. \quad i_{2E} = 370.25 \text{ Amperios}$$

## Continuación Tabla Nro. 9

**Falla en B, barras 60 Kv S.E. Muyo**

Ahora incluimos la impedancia de la Línea Transmisión Muyo-Bagua-Jaen-La Pelota Conocemos.

$$X_L = 41.6 \ \Omega$$

$$R_L = 43.09 \ \Omega$$

Luego

$$X_B = X_E + X_{Linea}$$

$$X_B = 211.2 + 41.6$$

$$X_B = 252.80 \ \Omega$$

$$R_B = 27.84 + 43.09$$

$$R_B = 70.93 \ \Omega$$

Luego

$$Z_B = \sqrt{R_B^2 + X_B^2}$$

$$Z_B = 262.56 \ \Omega$$

La corriente de falla en barra 60 Kv (Punto E) se calcula por:

$$I_B = \frac{V}{\sqrt{3} * Z_B}$$

$$I_B = \frac{60 * 10^3}{\sqrt{3} * 262.56}$$

$$I_{2B} = 131.94 \ \text{A}$$

La máxima corriente se calcula por:

$$i_{\max B} = K * \sqrt{2} * I_E$$

$$R/X = 0.28$$

donde K es función de R/X (ver gráfico respectivo)

$$R/X = 0.28 \quad \text{luego} \quad K = 1.4$$

Reemplazando

$$I_B = 1.41 \times \sqrt{2} \times 131.94$$

$$I_{2B} = 261.22 \ \text{Amperios}$$

## Continuación Tabla Nro. 9

## Falla en A, barras 4.16 Kv S.E. Muyo (Contribucion del generador CH La Pelota)

La reactancias y resistencia recalculamos para la barra 4.16 KV en Muyo

Conocemos

Equipo	$X_B$ (Ohm)	$R_B$ (Ohm)
Generador+Linea	252.80	70.93
Transformador Muyo	24.00	4.8

$$X_A = (X_B + X_{Trafo}) * \left( \frac{V_{LV}}{V_{HV}} \right)^2$$

$$X_A = (252.80 + 24) * \left( \frac{4.16 \times 10^3}{60 \times 10^3} \right)^2$$

$$X_A = 1.33 \ \Omega$$

$$R_A = (70.93 + 4.8) * \left( \frac{4.16 \times 10^3}{60 \times 10^3} \right)^2$$

$$R_A = 0.36 \ \Omega$$

Luego

$$Z_A = \sqrt{R_A^2 + X_A^2}$$

$$Z_A = 1.38 \ \Omega$$

La corriente de falla en barra 4.16 Kv (Punto A) se calcula por:

$$I_{2A} = \frac{V}{\sqrt{3} * Z_A}$$

$$I_{2A} = \frac{4.16 * 10^3}{\sqrt{3} * 1.38}$$

$$I_{2A} = 1741.04 \text{ Amperios}$$

La máxima corriente se calcula por:

$$i_{\max 2A} = K * \sqrt{2} * I_{2A}$$

$$R/X = 0.27$$

donde K es función de R/X (ver grafico respectivo)

$$R/X = 0.27 \quad \text{luego} \quad K = 1.56$$

Reemplazando

$$I_{2A} = 1.56 * \sqrt{2} * 1741.$$

$$i_{2A} = 3,841.05 \text{ Amperios}$$

## Continuación Tabla Nro. 9

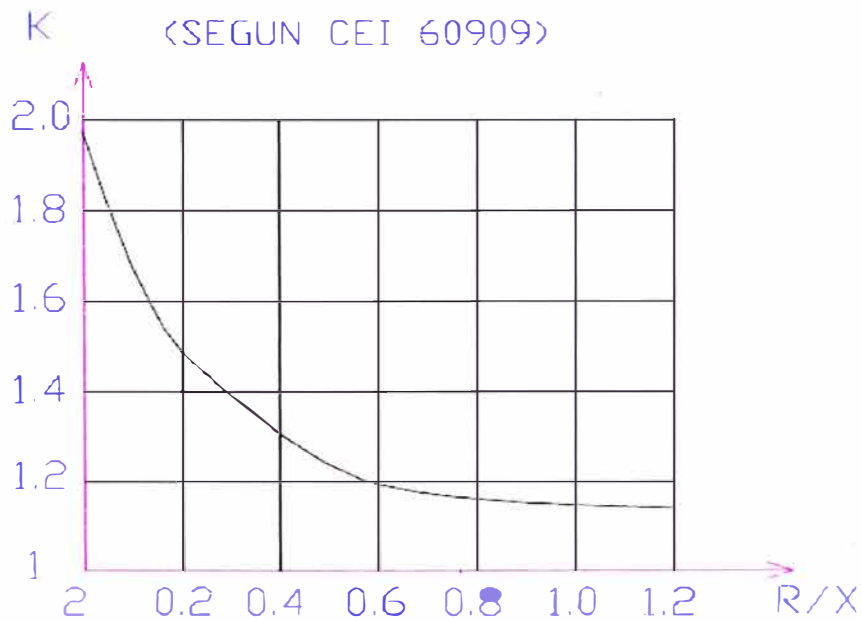
Corriente total de falla en "A" en las barras de 4.160Kv de CH Muyo

→ Corriente máxima instantánea

Contribución CH Muyo	$i_{1A} =$	22,428.89	Amperios
Contribución CH La Pelota	$i_{2A} =$	3,841.05	Amperios
CORRIENTE TOTAL $i_T = i_{1A} + i_{1B}$		<b>26,269.93</b>	<b>Amperios</b>
		$i_T =$	<b>26 KA OK</b>

Figura Nro. 10

Grafico Función K vs R/X



## CAPÍTULO 5

### ESPECIFICACIONES TECNICAS

#### 5.1. Válvula Mariposa

##### 5.1.1. Condiciones Generales

Aguas arriba de la turbina y en el interior de la casa de máquinas se instalará una válvula mariposa, para proveer servicio de cierre normal y de emergencia de la turbina. La válvula estará provista de una junta de desmontaje ubicada aguas debajo de la válvula, que permita desmontar el anillo de estanqueidad aguas abajo para su revisión o cambio sin que sea necesario el vaciado de la tubería de presión.

La válvula tendrá un diámetro no menor del diámetro de entrada al distribuidor (DN760), con extensiones y acoplamientos propios para conectar el distribuidor con la tubería forzada. La válvula deberá ser abierta y cerrada hidráulicamente por medio de un servomotor de doble efecto, accionado por aceite a presión. Esta deberá estar diseñada para ser instalada sobre pedestales de concreto y anclado por pernos de anclaje y accesorios, y deberá alojarse en espacios disponibles y suficientes para maniobras de montaje y mantenimiento.



## **5.1.2. Diseño**

### **5.1.2.1. Generalidades**

El suministrador será responsable del diseño detallado del equipamiento hidromecánico de la válvula mariposa, de acuerdo con las normas, reconocidas internacionalmente, tales como las siguientes:

- DIN 19705 Recomendaciones para el diseño, construcción e instalación de equipos para estructuras hidráulicas de acero.
- DIN 19704 Bases para el cálculo de estructuras hidráulicas de acero.

La válvula deberá ser diseñada para abrir y cerrar normalmente bajo una presión casi balanceada, con la válvula by-pass abierta. El tiempo de cierre de la válvula deberá estar determinado de tal manera que la presión máxima sobre el cuerpo y disco no sea mayor de la presión máxima especificada. La válvula mariposa estará diseñada para operar en las condiciones siguientes:

- Presión estática máxima de operación normal: 127.0 m.c.a.
- Presión máxima (incluyendo sobrepresión): 165.10 m.c.a.
- Caudal máximo en operación normal: 2.5 m<sup>3</sup>/s.

Todas las tuberías de aire, agua, aceite, bombas, actuadores del mecanismo de operación de la válvula y otros equipos deben de ser perfectamente estancas a prueba de fugas.

### **5.1.2.2. Operación Normal**

La válvula y sus mecanismos de operación, extensiones, acoplamiento y sistemas relacionados de derivación y drenaje deberán soportar con seguridad los esfuerzos máximos de operación normal.

Operación continua, con la válvula en la posición abierta para la descarga máxima de la turbina bajo el salto neto máximo de operación de la turbina.

Con la válvula en la posición abierta, soportando la presión total máxima de agua en el centro de la válvula, lo cual deberá incluir la elevación de presión de diseño permitida.

Con la válvula en la posición cerrada soportando la presión máxima estática del agua.

### **5.1.2.3. Cierre de Emergencia**

La válvula y su mecanismo de operación, extensiones, sistema de derivación, válvula de aire y acoplamiento deberán soportar los esfuerzos máximos de cierre bajo un flujo correspondiente a la descarga máxima de las dos turbinas del proyecto de ampliación de la central bajo la máxima presión. La válvula estará diseñada también para pequeñas aperturas, bajo máximo desbalance de presión en caso de emergencia. En estas condiciones los esfuerzos de la válvula y sus componentes deberán estar dentro de los valores especificados

### **5.1.3. Conexiones para Aceite a Presión**

Las conexiones para aceite a presión a los cilindros hidráulicos deberán ser de tubo rígido conectado a juntas flexibles en el cilindro.

#### **5.1.4. Topes, Enclavamiento e Indicador de Posición**

El mecanismo operador deberá incluir topes para limitar el movimiento del rotor en las posiciones totalmente abierta y totalmente cerrada. El mecanismo manual de enclavamiento tendrá que ser capaz de mantener el rotor en la posición cerrada. También deberá suministrarse un dispositivo mecánico de indicador de posición para indicar la posición del rotor. El mecanismo de indicador de posición deberá incluir contactos eléctricos, independientes normalmente abiertos y cerrados (NA; NC) para indicar el estado del rotor al tablero de control.

#### **5.1.5. Controles**

Los controles de las válvulas y el by-pass deberán ser arreglados para proveer los requisitos de operación descritos a continuación:

Deberá suministrarse un sistema automático de control local y remoto con control desde cualquiera de las dos ubicaciones en cualquier momento, excepto cuando la válvula está en movimiento bajo control manual local.

Señalización luminosa de posición de la válvula, local y remoto será como sigue:

- Luz verde encendida cuando la válvula esta cerrada.
- Luces rojas y verdes encendidas cuando la válvula esta en cualquier posición intermedia.
- Luz roja encendida cuando la válvula esta abierta.
- Otras señales luminosas para indicación de presión balanceada a través de la válvula (verde), alimentación eléctrica (roja), filtro de aceite sucio (rojo), sobrecarga de los motores de las bombas de aceite (rojo), alta temperatura del reservorio de

aceite (rojo), bajo nivel de aceite del tanque sumidero (rojo), alto nivel de aceite en el tanque sumidero (rojo)

Enclavamiento para prevenir la apertura de la válvula hasta que la presión diferencial de agua sea igual a un valor predeterminado durante la operación normal de la válvula.

Enclavamiento para prevenir el arranque de un ciclo de apertura si el volumen de aceite o la presión en el sistema del acumulador son insuficientes para completar un recorrido completo.

Contactos de alarma para anunciar, remotamente, que el volumen o la presión son insuficientes en el acumulador.

#### **5.1.6. Tableros de Control**

El sistema de aparatos de control de la válvula y by-pass deberá ser montado en un tablero de control proveído con puertas de acceso para ajustar y mantener el equipamiento. El tablero deberá contener todas las partes mecánico-hidráulicos del sistema de control. Todos los dispositivos montados en la cara del tablero deberán ser provistos de etiquetas permanentes de identificación. El cableado y tubería internos del tablero deberá ser completado en el taller. El cableado para conexiones externas deberá ser llevado a bloques terminales ubicados en el tablero.

El tablero de control local de la válvula contará con un PLC capaz de operar, controlar y supervisar en forma local y remota la válvula mariposa, la válvula by-pass y el sistema de suministro de aceite a presión de la unidad hidráulica.

El tablero de control remoto estará ubicado en la sala de control, y se adecuará en su forma a los tableros existentes para mantener la configuración existente. Desde este tablero de control remoto se podrá controlar y supervisar el tablero de control local.

En el tablero de control remoto se tendrá un PLC y un IHM que permitirá un monitoreo o control de equipamiento de la cámara de válvulas y tubería forzada.

El medio de comunicación entre los dos tableros será por medio de una línea de fibra óptica.

#### **5.1.7. Mecanismo de Operación**

El accionamiento del disco de la válvula para la apertura será efectuado por medio de un cilindro hidráulico, cuyo vástago estará articulado a una palanca fijada al muñón del disco. El cilindro hidráulico será abastecido por un sistema de suministro de aceite a presión independiente, con capacidad suficiente y con todas las provisiones necesarias para una operación confiable y segura. El cierre de la válvula se efectuará por medio de un contrapeso instalado en el extremo de la palanca de accionamiento, cuya masa será la necesaria para producir el cierre completo de la válvula.

Los controles para las bombas de aceite deberán ser arreglados para cargar automáticamente aceite en los tanques de presión. El control será realizado localmente desde el tablero de control de las válvulas y remotamente desde el centro de control de la planta.

La válvula mariposa tendrá un tablero de control local y monitoreo permanente de la presión de aceite del cilindro, que prevenga un cierre intempestivo de la válvula. Adicionalmente tendrá un sistema de auto compensación de presión de aceite, que prevenga un cierre intempestivo. No es aceptable un enclavamiento manual de la válvula.

## **5.2. Turbina**

### **5.2.1. Alcance**

Esta sección cubre los requisitos para el funcionamiento y las especificaciones detalladas para el diseño, fabricación, entrega, montaje, puesta en servicio y prueba de los equipos de turbo generadores hidráulicos incluyendo válvulas de ingreso y reguladores.

### **5.2.2. Descripción**

El proyecto de ampliación tiene como objeto complementar el suministro de energía al sistema eléctrico de Bagua y Jaén, para tal efecto se instalará un grupo turbogenerador de 2,700 kW en la Central Hidroeléctrica de Muyo.

Sistema de conducción de agua está construido para el flujo normal de 8.5 m<sup>3</sup>/s como se ilustra en las Láminas 4 y 5. Comprende las siguientes infraestructuras:

- Captación, diseñado para intenso caudal con barraje de represamiento. La longitud del Azud es 21 metros y la cota de Azud 502.75 metros
  
- Aducción, la bocatoma construida con concreto armado donde están instaladas las compuertas de regulación tipo deslizante. El desarenador, construido de concreto armado en dos naves de operación simultanea cuyas medidas son 57.25 x 9.40 metros, El canal de aducción de 2,725 metros construido de concreto armado y algunos tramos con mampostería de piedra. La cámara de carga construida de concreto cuya capacidad es 810 m<sup>3</sup>. Tubería forzada de 330 metros longitud.

### **5.2.3. Requisito diseño**

Los datos del diseño y especificación del equipo que se indican a continuación se consideran suficientes para que el contratista pueda ofrecer los equipos de turbo generadores de su propio diseño y que cumplan con los servicios especificados.

La central está diseñada y construida para operar con un caudal máximo de 7.5 m<sup>3</sup>/s con una caída neta de diseño de 127 m. Actualmente cuenta con dos grupos cuya potencia asciende a 5,400 kW y un caudal de 5 m<sup>3</sup>/seg. La ampliación será con un grupo de 2,700 kW.

Asimismo, se está considerando una placa de base/bastidor común para cada equipo de turbo generador.

Se deberán suministrar controles é instrumentos a fin de proveer una operación segura de los equipos pero el contratista deberá incluir todos los dispositivos especificados en las diversas secciones.

El equipo será de un diseño ya probado, seguro y adecuado para ser operado desde un tablero de control, poniendo especial énfasis en que sea de operación y mantenimiento sencillo.

La turbina deberá ser suministrada con válvula de ingreso para su aislamiento durante su mantenimiento o cierre prolongado. El turbogenerador deberá ser adecuado para una operación en paralelo y en sincronización con los equipos diesel e hidroeléctricos existentes.

#### **5.2.4. Condiciones suministro**

**Tabla Nro. 10**

#### Información del Diseño Hidráulico y Turbinas

##### (a) Niveles del Agua

Nivel del vertedero en la cámara de carga (msnm)	502.75
Nivel en la casa de máquinas (msnm)	362

##### (b) Caídas

Caída bruta	140	M
Pérdida estimada de la caída a 7.5m <sup>3</sup> /s	13	M
Diseño de la caída neta para una potencia y eficiencia garantizada de salida del generador de 2,700 kW	126.4	M
Caída neta con una máquina en operación	127	M

##### (c) Dimensiones del Conducto de Agua

Las turbinas serán alimentadas por una tubería simple que se bifurcara hacia las turbinas

Diámetro de la tubería	1.42	M
Longitud de la tubería	330	M

##### (d) Velocidad y Alza de Presión

Máxima alza de velocidad y presión garantizadas, con un rechazo simultáneo de carga completa de las tres máquinas con una caída neta de 127m será 50%.

#### **5.2.5. Cavitación**

Las turbinas deberán estar garantizadas para una operación sin excesivo desgaste debido a cavitación. En general, se definirán dichos desgastes como excesivos cuando éstos perjudiquen el funcionamiento, eficiencia, potencia ó seguridad de la turbina. Se deberá garantizar la profundidad máxima producida por cavitación de acuerdo a las Normas IEC.



### **5.2.6. Materiales fabricación**

El sistema de conducción de agua incluirá un desarenador a fin de minimizar el ingreso de sedimento abrasivo a la turbina. Sin embargo, se espera que el agua que ingrese a la turbina contenga aún cierta cantidad de sedimento y se puede esperar un desgaste por abrasivos en algunas partes de la turbina. Por lo tanto, los materiales de la turbina se seleccionarán por su resistencia a la abrasión.

### **5.2.7. Gobernador**

El regulador deberá proveer un control de velocidad simple para el generador de la turbina y ajustes para la caída de velocidad, límite y control de carga y sincronización desde el tablero de control.

Deberá tener suficiente capacidad para funcionar sin inestabilidad en toda circunstancia a fin que se pueda obtener un rápido ajuste que asegure el mejor control posible de velocidad.

El regulador deberá ser adecuado para arranque en frío y se proveerá facilidades para cierres de emergencia las cuales incluirán cierres en caso de pérdida de presión del aceite del regulador.

La característica de caída de velocidad con carga deberá ser regulable con un alcance de 0-8%. El equipo de bombeo de aceite del regulador será adecuado para operar con un suministro eléctrico de 380V 3ph 60Hz. El contratista suministrará un arrancador para el motor de la bomba de aceite del regulador. El control de la bomba deberá ser manual con un mecanismo de disparo automático del motor en el caso de bajo nivel del aceite.

El cierre solenoide y el motor de control de velocidad del regulador deberán ser adecuados, en lo posible, para operar con un suministro eléctrico de 220V monofásica 60Hz.

El contratista deberá efectuar el diseño tomando en cuenta la sobre presión y velocidad especificadas en las condiciones garantizadas y la estabilidad reguladora con el actual diseño de la tubería forzada y la inercia de volante de la maquinaria, ya sea del generador o del generador con volante. El contratista suministrará un volante de ser necesario. Los periodos de apertura y cierre del servomotor serán regulables.

El regulador será adecuado para limitar las variaciones de frecuencia a 56-64Hz y para la operación en paralelo y aceptará con facilidad cambios instantáneos de carga del 30% sobre una base de una a dos veces diarias.

### **5.3. Generador**

#### **5.3.1. Alcances**

La planta prevé la instalación de un generador síncrono de 3000 kVA, factor de potencia 0.9, tensión de generación  $4.16 \text{ kV} \pm 5\%$ , aislamiento del rotor y del estator Clase F, serán autoventilados, grado de protección IP 41, velocidad de rotación 450 rpm, acoplados directamente a la turbina Francis de eje horizontal. El equipamiento principal del generador será el siguiente:

#### **5.3.2. Estator**

La estructura del estator será de construcción soldada y el núcleo será construido con láminas delgadas de acero al silicio, de alta calidad y resistente al envejecimiento,

revestida por ambos lados con barniz u otro material aislante, para reducir las pérdidas por corrientes parásitas.

El devanado del estator será de cobre electrolítico recocido, de alta conductividad, conectado en estrella, con aislamiento Clase F y con protección contra el efecto corona y estará protegido contra conexiones a tierra y cortocircuitos entre fases por relees de protección, los cuales serán instalados en el tablero de mando y protecciones del generador.

Los terminales de línea deberán estar ubicados al lado posterior del generador y deberán estar convenientemente dispuestos para conexiones a los terminales colectores de la barra de fase aislada.

Las bobinas deben ser intercambiables y deben estar tratadas para prevenir daño permanente, por la exposición temporal a la humedad durante el transporte y montaje.

### **5.3.3. Rotor**

Todo el rotor deberá estar diseñado y construido para resistir en forma segura, durante 45 minutos como mínimo, la velocidad máxima de embalamiento. La primera velocidad crítica deberá ser de por lo menos 25 % sobre la máxima velocidad de embalamiento.

El núcleo de los polos será fabricado de láminas de acero de alta calidad y permeabilidad magnética. El devanado de campo será fabricado con platinas de cobre electrolítico recocido, y tendrá aislamiento Clase F según IEC 85, impregnado con resina epóxica.

El devanado amortiguador debe ser de baja resistencia y construcción fuerte, capaz de soportar las fuerzas centrífugas máximas y diseñado para una relación de la reactancia

subtransitoria de eje en cuadratura a la reactancia subtransitoria de eje directo ( $X''_q/X''_d$ ) no superior a 1.30.

#### **5.3.4. Eje principal**

El eje principal del generador será de acero al carbono forjado con tratamiento térmico apropiado, construido de una sola pieza que atraviesa el rotor. El eje será sometido a pruebas no destructivas incluyendo pruebas de ultrasonido para detectar posibles fisuras o deformación.

Las bridas de acoplamiento deberán estar en concordancia con las normas ANSI B 49-1.

La velocidad crítica del eje debe ser no menor de 115 % de la velocidad de embalamiento máxima de la turbina.

El eje deberá ser maquinado con precisión y las partes en contactos con los cojinetes deberán ser pulidas.

El contratista en coordinación con el fabricante de la turbina, diseñará la brida del eje (juntas de unión) que se conectará al eje del rodete de la turbina.

#### **5.3.5. Cojinetes del Generador**

Los cojinetes serán del tipo sumergido, lubricados con aceite, diseñados para operar sin perjuicio alguno de sus componentes bajo las condiciones de carga más exigentes de la unidad, desde velocidades bajas hasta la velocidad de embalamiento. Los cojinetes tendrán capacidad para operar sin daño, durante 15 minutos, a la velocidad nominal y a plena carga sin suministro de agua de enfriamiento a los enfriadores de aceite.

Los cojinetes deberán ser diseñados considerando la facilidad de inspección y ajustes cuando la unidad se encuentre fuera de operación.

Los segmentos y casquetes de los cojinetes tendrán recubrimiento con metal antifricción.

El enfriamiento del aceite de los cojinetes se hará mediante la circulación de agua por los intercambiadores instalados en sus recintos o cubas. El fluido para enfriamiento del aceite será agua turbinada tomada del pozo de refrigeración existente y descargada al canal de descarga, luego de haber pasado por el intercambiador del cojinete.

Los cojinetes serán aislados para evitar la circulación de corrientes inducidas a través de ellos.

#### **5.3.6. Detector de vibración.**

Serán suministrados detectores de vibración del tipo inductivo para cada uno de los cojinetes del generador, que permita detectar la vibración en X e Y del eje del grupo en el arranque y funcionamiento. Las señales de los detectores de vibraciones serán enviadas al PLC y mostradas en el IHM del Sistema de Control.

#### **5.3.7. Sistema de Enfriamiento de Aire**

El generador tendrá enfriadores mediante un sistema de auto enfriado.

La circulación del aire será efectuada por medio de ventiladores formados por aletas axiales instalados en el rotor del generador.

### **5.3.8. Tablero de Control y Protecciones del Generador**

El tablero de control y protecciones del generador estará equipando con los siguientes módulos principales, los mismos que son especificados en la Sección 6.8 Sistema de Control SCADA:

- Relees multifunción principal y backup de protección
- Control y Protecciones del regulador de velocidad
- Control y Protecciones del Regulador de tensión.
- Control y Protecciones de la Celda del Generador.
- Módulos multifunción de medición.
- Módulos de Sincronismo
- Panel de señalización y alarmas
- Controlador Lógico Programable (PLC)
- Pantalla Interfase Hombre-Maquina (IHM)
- Equipos adicionales según requerimientos de suministro.

Los conductores provenientes de los distintos circuitos auxiliares del generador deberán tener sus terminales sobre borneras. Las borneras deberán ser montadas en el tablero terminal del generador.

Se usarán cajas de pasos, terminales intermedios, para permitir efectuar mediciones o pruebas intermedias de dispositivos sensores del generador, las cuales serán dispuestos por el suministrador durante la ingeniería de detalle, y serán montados en ubicaciones accesibles con amplio espacio para trabajar. Dichas cajas tendrán ductos metálicos de extensión hasta el tablero de conexión.

### **5.3.9. Termómetros, Sensores de Temperatura y Reles Térmicos**

Se suministrará termómetros, sensores de temperatura y reles térmicos como parte del suministro eléctrico del generador.

Indicador tipo termómetro con alarma de tipo contacto. Los contactos de estos termómetros serán cableados al panel de alarmas del tablero de control y protecciones del Generador, así como al PLC.

Sensores de temperatura para medición. Estos sensores deberán tener salida en 4 -20 mA, para entradas al PLC y además tendrán un modulo digital para mostrar las lecturas en forma local.

Reles Térmicos. Estos reles se usarán para el sistema de protección de generador.

## **5.4. Celda de Generador 4.16 kV**

### **5.4.1. Condiciones de Diseño**

La celda del generador 4.16kV consistirá de dispositivos blindados para uso en interior de interruptores de circuito SF6 o vacío que incluyen transformadores de corriente y voltaje, reles, controles e instrumentos.

El equipo será diseñado de acuerdo con el siguiente criterio:

**Tabla Nro. 11**

(i)	Tensión nominal	4.16 kV
(ii)	Frecuencia	60 Hz
(iii)	No. de fases	3
(iv)	No. de cables	3
(v)	Capacidad de disparo simétrico de los interruptores	12.5kA r.m.s.
(vi)	Capacidad de conexión de los interruptores	31.5kA primera mitad ciclo
(vii)	Clasificación de duración de corriente de corto circuito	1 segundo
(viii)	Duración del disparo	menos de 6 ciclos
(ix)	Tensión circuitos de control	110 V CC
(x)	Distancias mínimas de separación entre fases y fase y fase neutro	Según IEC
(xi)	Voltaje máximo de resistencia durante un minuto (a frecuencia normal)	28 kV
(xii)	B. I. L	75 kV

#### **5.4.2. Normas**

Todos los tableros de 4.16kV y equipos asociados se adecuarán a las últimas Normas del IEC o las equivalentes.

#### **5.4.3. Construcción**

El tablero será de construcción de tipo unidad blindada a prueba de polvo, insectos y otras alimañas, adecuado para una instalación interna en zona no peligrosa. Las unidades



individuales estarán conectadas para formar un tablero capaz de ser atendido en cualquier extremo y será diseñado para recibir cables de entrada vertical ya sea encima o debajo en la parte posterior, dependiendo del diseño de maquinaria individual para cada proyecto. En los proyectos en los que el ingreso de cables es vertical por lo bajo, el tablero será adaptable para su ubicación con un ingreso de cables sobre colgando una zanja de cables.

El tablero será de diseño y construcción normalizada, dentro de lo posible, permitiendo un acceso total a todos los componentes para mantenimiento y al mismo tiempo estará diseñado para prevenir cualquier contacto accidental con corriente.

Las unidades serán de confiabilidad probada y completamente capaces de contrarrestar las sobrecargas eléctricas o mecánicas producidas bajo condiciones de falla. Todas las unidades interruptoras de circuito serán de tipo cajón extraíble.

#### **5.4.4. Interruptor de Potencia**

El interruptor de potencia del circuito principal será tripolar de tipo SF6 o vacío. El tablero será diseñado de tal forma que permita el retiro y reemplazo de los recipientes tipo botellas de SF6 o vacío. Los terminales de contactos móviles y fijos mostrarán visibilidad o acción mecánicas que permita verificar el desgaste del referido contacto. El equipo de maniobra e interruptor de potencia, se suministrarán con todos los accesorios completos, donde se incluye todos los dispositivos de protección, controles, bloqueadores, placas grabadas con nombre e identidad. En el tablero se contemplará dispositivos para cerrar la celda con llave.

Los interruptores de potencia estarán equipados con los contactos auxiliares necesarios (incluyendo 4 repuestos) para la correcta operación del equipo.

#### **5.4.5. Mecanismo de Funcionamiento**

Todos los interruptores de potencia incluirán un mecanismo de maniobra por solenoide, incluyendo un rele anti-bombeo (anti-pumping). La operación de cierre se iniciará por medio de un solenoide de cierre de 110V DC. El dispositivo de disparo del interruptor de circuito-será mediante una bobina de disparo tipo "shunt" de 110V DC. Todos los interruptores de potencia tendrán un botón de contacto para la operación de apertura mecánica del interruptor de circuito, cuando el sistema DC esté fuera de servicio. Se preverá la desconexión remota de los interruptores de circuito del generador.

#### **5.4.6. Bloqueadores y Candados**

Se proveerán bloqueadores que permitan prevenir la apertura de puertas o ingresos que conduzcan a partes vivas con corriente hasta que el equipo de maniobra haya sido aislado y puesto a tierra.

Todas las conexiones existentes entre las celdas y las barras colectoras serán completamente protegidas y se proveerán avisos de peligro. Cuando se suministre equipo extraíble desde el tablero se proveerán portezuelas de seguridad con mecanismo de cierre para todas las barras colectoras y cables energizados. También se proveerá portezuelas de seguridad con mecanismo de cierre que cubran automáticamente los contactos energizados al retirar los transformadores de voltaje.

El fabricante del tablero suministrará todos los candados de seguridad requeridos para el equipo. Todos los candados para un mismo proyecto deberán ser operados por una llave maestra.

#### **5.4.7. Interruptores y Selectores**

El interruptor de potencia tendrá un interruptor selector de tres posiciones o un mecanismo de acoplamiento extraíble que permita conectar a las posiciones de puesta a tierra, aislado y servicio. El esquema de control será de tal forma que el rele maestro de disparo esté en posición de disparo cuando el selector del interruptor de potencia del generador esté en posición a tierra. Dicho selector deberá incluir aditamentos para cierre con candado.

Se incluirán dispositivos en el tablero para la puesta a tierra selectiva de las barras colectoras. Solamente será necesario proveer dicho dispositivo en uno de los interruptores de circuito.

#### **5.4.8. Barras de Distribución**

Las barras colectoras y todas las conexiones del circuito serán fabricadas de cobre de alta conductividad eléctrica, estirado sólido y conforme a las normas pertinentes del IEC. Las superficies de contacto en los puntos de conexión y los "fish plates" deberán ser laminadas en plata. Las barras colectoras principales estarán completamente blindadas en una cámara de metal separada y puesta a tierra. Todas las barras colectoras y conexiones principales tendrán aislamiento de PVC y todas las conexiones de entrada y salida serán completamente protegidas.

#### **5.4.9. Cableado en el Tablero**

Todo el tablero será fabricado completamente cableado en fábrica y listo para conexión externa. El cableado será realizado con cables unipolares, con aislamiento de PVC, conforme a IEC, grado 1000/600 voltios, teniendo el conductor de cobre un área de

sección transversal mínima de 1.5 mm<sup>2</sup>. Ambos extremos de todos los cables llevarán manguitos de identificación.

En todos los tableros los terminales de los cables serán del tipo compresión, adecuadamente numerados. Cada grupo tendrá un 10% de terminales de reserva. Cuando éstos se especifiquen, se incluirán bornes de prueba para los transformadores de corriente en la parte frontal del tablero.

#### **5.4.10. Equipos Auxiliares**

Se suministrarán los siguientes equipos auxiliares:

- Un juego de conectores para pruebas de alto voltaje.
- Facilidades para pruebas de relees, incluyendo los respectivos conectores y medios para corto circuito.
- Extensiones adecuadas para pruebas de inyección primaria y secundaria de los relees.

También se suministrarán los siguientes transformadores de corriente:

- Un juego de tres transformadores clase X, para protección diferencial del generador.
- Un juego de tres transformadores sueltos clase X, para protección diferencial del generador que serán entregados al fabricante sin costo e instalados en la caja terminal neutro del generador.
- Un transformador suelto de clase protección será instalado en la caja terminal del generador para protección contra las fallas a tierra del generador. La clase de precisión será 5 P.
- Un juego de tres transformadores clase protección para la sobrecarga e instrumentos. La clase de precisión será 5 P.

- Un transformador conectado en la fase roja para protección contra energía inversa. La clase de precisión de protección será 5 P.
- Un juego de tres transformadores para medición. La clase de precisión será 0.2.
- Un transformador conectado a la fase azul para control AVR, clasificación 5VA y clase de precisión 3 o 5.
- Todos los transformadores de corriente serán diseñados para el total de las cargas conectadas y tendrán bobinas secundarias de 1 A. Las clases de precisión serán conforme a las especificaciones IEC 185 3938. Se proveerá una curva de magnetización para cada transformador suministrado.

Un transformador trifásico de voltaje de tipo conectado a circuito, de proporción 4.16kV - 110V, para sincronización, control AVR, protección, indicación y medición, incluyendo un dispositivo de aislamiento y fusibles primarios y secundarios.

#### **5.4.11. Dispositivos de los Terminales**

Las cajas terminales serán adecuadas para aislamiento en aire, con barreras adaptables a las fases y adecuadas para uso con terminales tipo termo - contraibles. El tablero tendrá provisto ojos ciegos y dispositivos para sujetar tanto los cables de potencia y los de control. Los ojos ciegos se proveerán sin perforar y de fácil apertura, adaptados para los cables principales de potencia arriba especificados.

Se incluirá el suministro de los terminales y collarines de los cables.

#### **5.4.12. Calentadores Anti-Condensación**

Todas las celdas vendrán instaladas con calentadores de anti-condensación., adecuados.

Un interruptor maestro para el control de todos los calentadores será suministrado en el

tablero, colocado en una posición accesible. Los calentadores de anti-condensación usarán 220V y 60Hz, monofásico.

#### **5.4.13. Rotulado**

Todos los relees, instrumentos de medida y dispositivos de control deberán ser adecuadamente rotulados, utilizando letras negras en un fondo blanco. Las etiquetas para prevención y peligro serán con letras negras en fondo amarillo. Todas las etiquetas deberán ser escritas en español.

#### **5.4.14. Puesta a Tierra**

El tablero vendrá provisto de una barra principal de conexión a tierra, fabricada en cobre de alta conductividad, estirado en sólido y colocada a todo lo largo del tablero. El conductor tendrá un tamaño adecuado para llevar las corrientes de falla a tierra previstas. Todas las puertas, interruptores, relees e instrumentos serán conectados solidamente a tierra en la barra principal. Se proveerán dispositivos en la barra para la conexión de cintas de cobre de puesta a tierra en cada extremo del tablero.

#### **5.4.15. Acabado**

En el proceso de fabricación del tablero antes de pintar, todas las superficies metálicas lisas deberán pasar por un proceso de limpieza con chorro abrasivo, en seco, a fin de quitar los vestigios de óxidos, residuos de laminación, grasa y otros elementos nocivos.

Los paneles, bastidores y cuadros de soporte deberán ser preparados, limpiándolos cuidadosamente, desengrasándolos e imprimándolos con una mano de pintura base de protección contra óxido. El acabado final será del color normalmente utilizado por el fabricante y de la mejor calidad de pintura anti-corrosiva.

**5.4.16. Relees**

Los relees de protección serán de tipo estático o del tipo disco de inducción electromagnética. Todos serán auto-restaurables y vendrán acondicionados con indicadores para reajuste manual. Todos los relees de protección tendrán dispositivos de prueba adaptables para inyección de corriente primaria y secundaria.

Todos los relees serán adecuados para funcionamiento con transformadores de corriente que lleven una corriente secundaria de 1 A.

**5.4.17. Alarmas**

Se acondicionará un dispositivo audible de alarma con un interruptor silenciador en el tablero, cuya función será iniciada por cualquier disparo automático u operación de alarma. Se proporcionarán facilidades para la instalación de una alarma en la parte exterior de la planta.

**5.4.18. Pruebas**

A menos que se especifique lo contrario, todas las pruebas serán realizadas de acuerdo a lo prescrito en la especificación IEC.

Las pruebas rutinarias completas se realizarán a todos los equipos suministrados. Consistirán entre otras de las siguientes:

**Tabla Nro. 12**

( i )	Verificación visual
( ii )	Pruebas de rendimiento operacional
( iii )	Pruebas de resistencia aislamiento
( iv )	Prueba de resistencia de potencia/frecuencia durante un minuto
( v )	Prueba de resistencia de los contactos
( vi )	Pruebas de las características de proporción CT, polaridad y magnetización
( vi )	Pruebas de las características de proporción CT, polaridad y magnetización
( vii )	Prueba de inyección primaria
(viii)	Prueba de inyección secundaria

## **5.5. Tablero Seccionador de Salida**

### **5.5.1. Condiciones de Diseño**

El tablero seccionador de salida de 4.16kV consistirá de dispositivos blindados para uso en interior con un seccionador tripular de operación manual.



El equipo será diseñado de acuerdo con el siguiente criterio:

**Tabla Nro. 13**

(i)	Tensión nominal	4.16kV
(ii)	Frecuencia	60 Hz
(iii)	No. de fases	3
(iv)	No. de cables	3
(v)	Tensión	6 kV
(vi)	B. I. L	75 kV
(vii)	Operación	manual
(viii)	Capacidad de corriente	800A

### **5.5.2. Normas**

Todos los tableros de 4.16kV y equipos asociados se adecuarán a las últimas normas del IEC o las equivalentes.

### **5.5.3. Construcción**

El tablero será de construcción de tipo unidad blindada a prueba de polvo, insectos y otras alimañas, adecuado para una instalación interna en zona no peligrosa. Las unidades individuales estarán conectadas para formar un tablero capaz de ser atendido en cualquier extremo y será diseñado para recibir cables de entrada vertical por la parte inferior.

El tablero será de diseño y construcción normalizada, dentro de lo posible, permitiendo un acceso total a todos los componentes para mantenimiento y al mismo tiempo diseñado para prevenir cualquier contacto accidental con corriente.

Las unidades serán de confiabilidad probada y completamente capaces de contrarrestar las sobrecargas eléctricas o mecánicas producidas bajo condiciones de falla. Todas las unidades interruptoras de circuito serán de tipo cajón extraíble.

#### **5.5.4. Seccionador Trifásico de Potencia**

El seccionador trifásico de potencia del circuito principal será tripolar de operación manual. Los terminales de contactos móviles y fijos mostrarán visibilidad o acción mecánica que permita verificar el desgaste del referido contacto. El equipo de maniobra, seccionador de potencia, se suministrará con todos los accesorios completos, donde se incluye todos los dispositivos de protección, controles, bloqueadores, placas grabadas con nombre e identidad. En el tablero se contemplará dispositivos para cerrar el tablero con llave.

#### **5.5.5. Mecanismo de Funcionamiento**

Con el seccionador de potencia se incluirá un mecanismo de maniobra manual.

### **5.6. Tablero de Puesta a Tierra Neutro**

#### **5.6.1. Generalidades**

El interruptor aislador del neutro y los del circuito neutro, vendrán instalados en un sólo tablero. El tablero y todo su equipo serán aislados para operar con un nivel de voltaje de 4.16kV.

### **5.6.2. Condiciones de Diseño y Construcción**

El equipo será diseñado de acuerdo con el siguiente criterio:

**Tabla Nro. 14**

(i)	Tensión nominal	4.16kV
(ii)	Altitud de instalación	365 msnm
(iii)	Frecuencia:	60Hz
(iv)	Duración de la corriente de ensayo	10 s.
(v)	Tensión de Control:	110 V cc

El tablero será adecuado para instalación interna en un área no peligrosa. Será de construcción de tipo unidad con celdas blindadas, a prueba de polvo, insectos y otras alimañas. Será diseñado y acondicionado para recibir cables de entrada vertical ya sea de encima o debajo.

En los proyectos en que el ingreso de cables es vertical por lo bajo, el tablero será adaptable para su ubicación con un ingreso de cables sobrecolgando una zanja de cables. La celda de puesta a tierra neutro, será de diseño y construcción normalizada, permitiendo en lo posible el acceso a todos los componentes para su mantenimiento e igualmente diseñada para prevenir contactos accidentales con cualquier parte con corriente viva. Las unidades ofrecerán una confiabilidad probada capaces de soportar cualquier carga, eléctrica o mecánica, producida bajo condiciones de falla.

Todas las barras de distribución y materiales conductores de corriente serán de cobre estirado en sólido, de alta conductividad y se conformarán a las Normas IEC relevantes.

### **5.6.3. Interruptor manual del neutro**

Los interruptores de aislación serán operados por un mecanismo manual ayudado por resorte en la parte frontal de la celda del tablero. Los interruptores de aislación mostrarán claramente su status por medio de un indicador mecánico. Se proveerán interbloques "Castell" o similares en cada interruptor para la operación arriba descrita.

Los interruptores de aislamiento serán monofásicos y capaces de conectar e interrumpir la corriente. Cada interruptor llevará un contacto auxiliar, conectado a los terminales para el disparo selectivo del interruptor de circuito neutro.

### **5.6.4. Interruptor del circuito neutro**

Cada interruptor será unipolar de tipo SF6 o vacío y capaz de conectar e interrumpir la corriente de falla a nivel de la clasificación del sistema. El diseño del tablero permitirá retirar y reemplazar fácilmente las botellas (de SF6 o vacío). Los contactos de arco y fijos tendrán medios visibles o mecánicos para chequear el desgaste.

El interruptor de circuito deberá incluir todos los dispositivos necesarios para protección, control, interbloques y con placas de identificación y mecanismo para cierre con llave de la celda.

El interruptor tendrá un mecanismo de operación solenoide. El cierre será iniciado a través de un solenoide de cierre de 110V DC. El disparo del interruptor de circuito será a través de una bobina de disparo "shunt" de 110V DC.

Todos los interruptores de circuito tendrán un botón de contacto para la operación de apertura mecánica del interruptor de circuito cuando el sistema DC esté fuera de servicio. Se proveerá la desconexión remota del interruptor de circuito neutro desde el relee

diferencial de protección del generador a través de los contactos auxiliares del interruptor manual neutro.

El status del interruptor de circuito será indicado claramente por medio de lámparas indicadoras, roja, verde y ámbar.

#### **5.6.5. Cableado interno**

Cada tablero de puesta a tierra neutro, vendrá cableado de fábrica y listo para conexiones externas. Se utilizará cable de núcleo simple aislado tipo PVC, según IEC, clasificado para 1000/600 voltios, teniendo el conductor de cobre un área mínima de sección transversal de 1.5 mm<sup>2</sup>. Ambos extremos de todos los cables tendrán manguitos de identificación.

En todo el tableros los terminales serán de tipo compresión y adecuadamente numerados.

Cada banco de terminales contendrá un 10% de terminales de repuesto.

#### **5.6.6. Rotulado**

Todos los aisladores e interruptores de circuito deberán ser adecuadamente rotulados utilizando letras negras en un fondo blanco, e indicando la función de cada dispositivo. La etiqueta para prevención y peligro serán con letras blancas en fondo rojo. Todas las etiquetas deberán ser escritas en español. El fabricante suministrará una lista de las etiquetas con su traducción en español para aprobación del cliente.

#### **5.6.7. Tapas ciegas para cable**

Cada tablero incluirá los ojos ciegos y puntos de soporte necesarios para el cable principal y el de control. Las tapas ciegas vendrán sin perforar y fácilmente removibles.

**5.6.8. Conexión a tierra**

El tablero tendrá una barra principal de puesta a tierra de cobre estirado en sólido, de alta conductividad que atraviese el largo del tablero. El conductor será de tamaño adecuado para llevar las corrientes de falla a tierra previstas. Todas las puertas, interruptores, relees e instrumentos serán solidamente conectados a la barra principal de puesta a tierra. Se proveerán facilidades para la conexión de la cinta de cobre en la barra en cada extremo del tablero.

**5.6.9. Calentadores anti-condensacion**

Cada tablero tendrá calentadores de anti-condensación adecuados. Se suministrará igualmente un interruptor maestro para el control de los calentadores, ubicado en un lugar de fácil acceso.

La clasificación de voltaje de los calentadores será monofásica, de 220 voltios.

**5.6.10. Resistencia de Conexión a Tierra, Neutro**

Se suministrará una resistencia de conexión a tierra tipo interior para conectar las conexiones de puesta a tierra neutral del generador. La resistencia tendrá una clasificación que limitará la corriente de falla a tierra a la carga máxima normal de un generador durante 10 segundos.

La resistencia incluirá una caja terminal para cables al lado neutro y una conexión apropiada a un cable o cinta de cobre de tamaño adecuado en el lado de puesta a tierra. La caja y estructura de soporte de la resistencia serán conectadas a tierra.

La resistencia de puesta a tierra será del tipo enrejado metálico encerrado en una caja de metal con ventilación. La resistencia será no inductiva y no sobrepasará una temperatura de 650°C durante la condición de falla a tierra.

#### **5.6.11. Acabado del Equipo**

Antes de pintar todas las superficies metálicas lisas, estas deberán pasar por un proceso de limpieza con chorro abrasivo en seco a fin de quitar los vestigios de óxidos, residuos de laminación, grasa y otros elementos nocivos.

Todos los paneles, bastidores y cuadros de soporte deberán ser preparados limpiándolos cuidadosamente, desengrasándolos e imprimándolos con una mano de pintura de óxido rojo. El acabado final será del color normalmente utilizado por el fabricante, y de la mejor calidad de pintura anti-corrosiva.

#### **5.6.12. Candados**

El fabricante del equipo de puesta a tierra proveerá todos los candados necesarios para su equipo.

#### **5.6.13. Cajas de Terminales y Cables**

Todos los cables eléctricos principales serán del tipo PIIC .Las cajas de terminales serán de tipo aislamiento de aire con barreras de fase adaptadas y adecuadas para uso de terminales tipo termo - contraibles.

En esta etapa, no se incluye el suministro de los terminales y collarines de los cables; sin embargo, el fabricante deberá estar listo a proporcionarlos en una etapa posterior, si fuera requerido.

#### **5.6.14. Pruebas**

A menos que se especifique lo contrario, todas las pruebas serán realizadas de acuerdo a lo indicado en las Especificaciones IEC.

Las pruebas rutinarias completas se realizarán en todos los equipos suministrados. Consistirán, entre otras, de las siguientes:

- Verificación visual.
- Pruebas de rendimiento operacional.
- Pruebas con Meghometro.
- Prueba de resistencia de potencia/frecuencia eléctrica durante un minuto.
- Prueba de medición de la resistencia.

#### **5.7. Equipamiento Eléctrico Auxiliar**

##### **5.7.1. Alcances**

La central cuenta con una barra de servicios auxiliares suministrados por dos transformadores de 10kVA 4.16/0.38kV, con suficiente capacidad para los requerimientos de ampliación, el proyecto incluye desde el suministro de un nuevo tablero de ampliación de la barra de servicios auxiliares existente, que estará ubicado en la sala de control.

El suministrador diseñará un sistema de Servicios Auxiliares previendo todos los requerimientos para todos los equipos del proyecto de ampliación incluyendo los requerimientos para los equipos de la Subestación.



### **5.7.2. Tablero de Servicios Auxiliares**

Tablero de Servicios Auxiliares, que será la ampliación de la barra existente, Será dimensionado para cubrir todas las cargas necesarias del proyecto, tendrá un módulo de protección y medición con salida para integrarse al Sistema de Control.

En este tablero se debe tener un modulo de protección y medición del sistema de servicios auxiliares, que debe interconectarse con el Sistema de Control bajo un protocolo de comunicaciones.

Se requiere el siguiente equipamiento:

- **Barras colectoras:** Serán de cobre electrolítico, elegidos según Norma DIN 43671.
- **Barras de puesta a tierra:** A lo largo de todo el tablero se colocará una barra de cobre eléctricamente conectada a la estructura, con un mínimo de 100 mm<sup>2</sup> de sección y con 5 mm de espesor como mínimo.
- **Aisladores:** Estos serán de resina epóxica, poliéster o fibra de vidrio y será auto extingüibles.
- **Canaletas:** Todo el cableado interior deberá alojarse en canales de material plástico auto extingüible. Los canales deben ir cerrados con tapas del mismo material.
- **Bomeras:** Todos los circuitos del tablero deberán terminar en bomeras convenientemente enumeradas. El acceso a éstas será fácil y seguro aún con el tablero en servicio.
- **Cableado:** Será con cables aptos para tableros, unipolares, flexibles y apantallados, con aislamiento para 1,000 V. No se permitirá empalme de los cables en su recorrido interior del tablero. La sección mínima de los cables será de 1.5 mm<sup>2</sup> para circuitos de comando, señalización y alarma, para los circuitos medición, control y protección serán de 2.5 mm<sup>2</sup> y 4 mm<sup>2</sup> para los de fuerza o potencia.

- Interruptores: Todas las salidas serán controladas con interruptores termo magnético del tipo atomillables para 600 V y 25 kA.

### **5.7.3. Servicios Auxiliares 110 Vcc**

El suministrador deberá diseñar el sistema de 110 Vcc teniendo en cuenta el sistema actual. Este diseño debe incluir:

- 01 Juego de baterías libre de mantenimiento
- 01 Estante de baterías
- 01 Cargador de baterías
- 01 Inversor
- 01 Tablero principal DC

### **5.7.4. Banco de Baterías**

El suministrador diseñará un banco de baterías considerando todas las cargas del proyecto de ampliación de la central incluyendo los requerimientos de la casa de maquinas y subestación.

Las baterías serán selladas libre de mantenimiento que pueden ser del tipo plomo-acida.

Además el banco de baterías debe contener los siguientes accesorios:

- Conectores de celdas
- Terminales
- Estructura soporte
- Voltímetro para medición de la tensión de celda, con escala  $\pm 3$  voltios.
- Sensor de temperatura para protección del banco de batería.

### **5.7.5. Estante de Baterías**

Se suministrará una estructura de soporte de baterías conjuntamente con las baterías. La estructura será de acero y tendrá un máximo de 2 pasos. Permitirá el fácil mantenimiento y limpieza de las celdas así como un ensamblaje compacto de las celdas para asegurar el voltaje máximo a través de la batería. Se pintarán los bastidores con 2 capas de pintura resistentes al ácido.

### **5.7.6. Rectificador – Cargador**

Será suministrado con todos los accesorios necesarios para cumplir plenamente con las funciones especificadas, e incluirá entre otros los siguientes:

- Sistema de control y transferencia de carga entre el cargador principal y de respaldo.
- Sistema de regulación de la tensión de cargas sensibles a la variación de tensión.
- Protección de los sistemas de corriente alterna y corriente continua, por medio de interruptores termo magnéticos de capacidades apropiadas.
- Voltímetro en corriente continua con selector para medición de la tensión de la batería y de la carga.
- Amperímetro en corriente continua con selector para medición de la corriente de la batería y de la carga.
- Filtros de salida (L-C) para reducción del rizado.
- Reles de protección y elementos de señalización y alarmas.

### **5.7.7. Inversor**

Se suministrará un módulo inversor para el sistema de respaldo de las cargas esenciales del Sistema de Control.

Será suministrado con todos sus accesorios:

- Tablero de Inversor.
- Sistema de regulación de la tensión de cargas sensibles a la variación de tensión.
- Protección de alimentadores de corriente alterna, por medio de interruptores termo magnéticos de capacidades apropiadas.
- Voltímetro de tensión alterna.
- Amperímetro en corriente alterna.
- Reles de protección y elementos de señalización y alarmas.
- Conectores.
- Terminales.

### **5.7.8. Tablero 110 Vcc**

Se suministrará un Tablero de 110 Vcc para los servicios de corriente continua de todo el equipamiento necesario en la subestación y casa de máquinas.

Será diseñado y fabricado según los estándares internacionales y normas de seguridad.

Este tablero tendrá una barra y salida de capacidad para todos los requerimientos del proyecto de ampliación incluyendo los requerimientos de la casa de máquinas y subestación.

Este tablero deberá tener visualizadores de tensión y corriente, además de un sistema de protección que deberá integrarse al sistema de monitoreo del sistema de servicios auxiliares.

### **5.7.9. UPS**

El suministrador estimará la capacidad del UPS previendo los requerimientos de las cargas esenciales de la Central, principalmente los módulos del Sistema de Control de la planta.

El diseño del UPS debe tener flexibilidad y eficiencia para proteger los ordenadores y otros equipos críticos que necesiten alto respaldo de energía, debe ser de doble conversión online con salida monofásica, tener un sistema de by-pass automático, y una amplia ventana de voltaje de entrada, aún con máximas cargas.

El voltaje de salida debe ser 220/230/240 Vac, seleccionable, protecciones de sobrecarga, sobre temperatura, barras de carga para los servicio requeridos y alarmas audibles.

## **5.8. Cableado De Fuerza Y Control**

### **5.8.1. Alcances**

El alcance será el suministro de todos los cables necesarios para los conexiones y cableados durante el montaje de todos los tableros, equipos, módulos y sistemas en campo.

### **5.8.2. Cables de Potencia para Baja Tensión**

Los cables de potencia serán unipolares, tripolares o tetrapolares según el destino, aislados para una tensión de servicio de 1,000 V. Los cables consistirán de conductores de cobre trenzados de la clase IEC 2, con un aislamiento de polietileno reticulado o PVC,

resistentes al calor y a la humedad. No se deberán usar conductores con menos de 4 mm<sup>2</sup> de sección. Estos cables deberán ser diseñados para instalación en cañerías eléctricas, conductos y bandejas para cables. Para secciones de hasta 25 mm<sup>2</sup> se permitirá el uso de cables tripolares o tetrapolares, para secciones mayores sólo unipolares. Donde sea necesario protección mecánica, se utilizarán cables con armadura metálica.

### **5.8.3. Cables de Comando, Control y Señalización**

Los cables de comando, control y señalización serán del tipo de conductores múltiples, aislados para una tensión de servicio de 1,000 V. Los cables consistirán de conductores de cobre trenzados de la Clase IEC 2, blindados con cinta de cobre en forma longitudinal y aislamiento PVC. Los conductores individuales del cable de conductores múltiples deberán estar codificados por colores o deberán estar provistos de sistemas de designación equivalente.

### **5.8.4. Cables de Iluminación**

Los cables para alumbrado e iluminación serán del tipo unifilar con un aislamiento para una tensión de servicio de 1,000 V. En los circuitos de iluminación no se deberán usar cables menores de 2,5 mm<sup>2</sup>. Estos cables deberán ser diseñados para instalación en tuberías eléctricas.

Las derivaciones para las conexiones de los artefactos de iluminación, utilizarán cables flexibles de sección circular, aislados para una tensión de servicio de 500 V; con aislamiento de goma siliconada recubierta con una capa protectora de fibra de vidrio tejida o tipo THW.

#### **5.8.5. Cables Telefónicos para el Interior de la Central**

Los cables telefónicos para el interior de la planta deberán ser del tipo multipar, blindados, adecuados para instalación en ductos, tuberías eléctricas o bandejas para cables. Los conductores serán de alambre, de cobre recocido estañado, de no menos de 0.75 mm<sup>2</sup> de sección transversal con aislamiento de PVC, en pares y trenzados.

Los conductores deberán ser de colores codificados o provistos de un sistema de identificación equivalente. Cada uno de los pares estará trenzado, encintado y blindado mediante una lámina de aluminio con una base de "mylar" y tendrán fuera de la pantalla un cable trenzado de cobre estañado como blindaje. El cable deberá tener una cubierta completa de neoprene o PVC.

#### **5.8.6. Cable de Telefónico Externo y Enterrados**

El cable de comunicaciones externas para colocación bajo tierra deberá ser un cable armado, multipar, trenzado con pantalla de blindaje y cubierta de protección. Los conductores serán de cobre sólido recocido estañado de no menos de 1 mm<sup>2</sup> de sección transversal, con aislamiento de polietileno, en pares y trenzados.

Los conductores serán de colores codificados o provistos con un sistema de identificación equivalente. Los pares deberán estar cubiertos con una cinta no higroscópica y estar provistos con una pantalla de lámina de aluminio adosada a una película de polietileno. El cable deberá tener una cubierta completa de polietileno negro de elevado peso molecular.

## **5.9. Equipamiento Mecánico Auxiliar**

### **5.9.1. Alcance**

Los sistemas mecánicos auxiliares incluyen:

- Sistema de drenaje de agua del conducto
- Sistema contra incendio

### **5.9.2. Sistema de drenaje de agua del conducto**

Para efectuar las operaciones de inspección y mantenimiento de la turbina, válvula esférica y tubería forzada, es necesario vaciar el agua de su interior. Para ello se procederá a la apertura de las válvulas compuertas y evacuar el agua por gravedad al canal de descarga.

El sistema deberá ser independiente de las secuencias de arranque y paro de las unidades. Sin embargo se deberá tener un sistema de enclavamiento para impedir el vaciado del sistema cuando la unidad esté operando.

### **5.9.3. Sistema contra incendio**

Se utilizarán extintores para montaje en pared, que consistirán en extintores de CO<sub>2</sub> de 10 kilogramos de tipo para montaje en paredes con ménsulas de pared. Las características y cantidad finales de extintores de incendios de pared deberán ser determinadas por el suministrador.



## **5.10. Sistemas de Control SCADA**

### **5.10.1. Alcances**

El sistema incorporará las funciones de medición, control, automatización, protecciones, monitoreo (presentación de información al operador), registro, almacenamiento, procesamiento de información, de comportamiento, de registro secuencial de eventos, así como comunicación entre subsistemas.

La instrumentación para medición de variables mecánicas y eléctricas será suficiente para que permita la protección y operación automática segura.

Todos los sistemas eléctricos serán diseñados a fin de tener un proyecto con filosofía operativa desatendida.

El alcance del Sistema de Control será únicamente para la unidad nueva Nro. 3 (ampliación), y será un sistema integrado por medio de una red simple estándar con protocolo Ethernet Industrial en fibra óptica.

El sistema de control estará basado en la integración por un arreglo de PLCs y módulos de entradas y salidas, comunicaciones y fuentes de alimentación dedicados para cada equipo principal.

Tal como se indica en los planos, el Sistema de Control (LAMINA 12) incluirá como mínimo los siguientes equipos:

- PLCs, fuente de alimentación redundante, módulos de comunicaciones y módulos de entradas y salidas analógicas y digitales.
- Interfaz Hombre Máquina (IHM).

- Una PC portátil para el mantenimiento y programación.
- Impresora tipo láser de red
- Un sistema de sincronización de tiempo global GPS.
- Un UPS para garantizar la estabilidad de la alimentación eléctrica de los equipos de control.
- Inversor para la alimentación de los equipos de la sala de control 110Vcc / 220 Vac.
- Switch red de comunicación de alta velocidad Industrial Ethernet.
- Licencias de Software.

Sistema de Control deberá integrar los siguientes equipos y sistemas:

- Regulación de Velocidad (Sistema hidráulico y electrónico).
- Sincronización.
- Sistema de Excitación.
- Sistema de Control Automático de Generación (AGC) a través de RTU.
- Medición Generación.
- Protecciones de Generador.
- Sistema de Medición de Temperaturas
- Sistema de Servicios Auxiliares Eléctricos.
- Monitoreo de las señales de medición de presiones en la tubería.

#### **5.10.2. Normas aplicables**

A menos que se especifique de otra manera, los materiales y equipos deberán tener propiedades y características equivalentes o mejores que las requeridas en las ediciones más recientes de las normas y publicaciones especificadas a continuación.

- ANSI Instituto Americano de Estándares Nacionales
- IEEE Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

- ASTM Asociación Americana de Pruebas de Materiales
- EIA Asociación de Industrias Electrónicas
- NEMA Asociación Nacional de Fabricantes de Productos Eléctricos
- UL Laboratorios Underwriters
- ISA Para sistemas de control.
- CNE Código Nacional de Electricidad Suministro y Utilización

### **5.10.3. Modos de Control y Operación**

El sistema de control permitirá operar la planta desde DOS niveles.

Control Local Manual. El control local será el nivel inferior de control de la planta y se llevará a cabo desde los tableros locales de los distintos equipos principales y auxiliares como válvulas, regulador de la turbina, excitación del generador, bombas del sistema de refrigeración, sistema de enfriamiento, presión de aceite, aire comprimido, protecciones eléctricas, servicios auxiliares, celda de generador, y otros donde se debe proporcionar los manuales de las secuencias de operación.

El control y supervisión local / automático desde el IHM (Interfaz hombre máquina), selectores, botoneras, módulos de sincronismo y accesorios auxiliares dispuestos en el tablero de mando y control del generador.

En este nivel se centralizarán las funciones de supervisión y control de todos los sistemas y equipos de la casa de máquinas, tubería de presión y patio de llaves de la planta; incluirá además las aplicaciones para el control automático de los tableros de transferencia de los servicios auxiliares, sistema de medición, entre otros.

Para la realización de las funciones de control, el PLC debe tener la capacidad de manejar los dispositivos de E/S en lo posible mediante un bus en protocolo estándar.

Para el control de las unidades, se garantizará el funcionamiento mediante la IHM, donde se debe mostrar una vista general y debe ofrecer las opciones de control:

- **Modo Paso a Paso:** En este modo el operador debe controlar en forma secuencial semi - automática el arranque y parada de la unidad, permitiendo un modo de control con diagnóstico y pedido de confirmación.
- **Modo Automático:** En este modo el operador sólo inicia o programa el arranque y parada de la unidad y el PLC debe realizar la secuencia total y automática bajo los parámetros y consignas establecidas en el PLC.

El sistema de control debe permitir la optimización de ajuste de la producción de energía.

En caso de indisponibilidad del PLC, el sistema de control debe permitir un control y operación total desde los tableros de mando y control del generador y tableros locales.

#### **5.10.4. Software de Control**

El sistema de control deberá cumplir con los siguientes requerimientos de diseño:

- Incorporación las tecnologías actuales de los sistemas de control industrial más modernos y haber sido aplicados exitosamente en plantas hidroeléctricas.
- Operación en tiempo real, incluyendo el procesamiento, adquisición de datos, cálculos y presentaciones a través de la interfase hombre máquina (IHM). Las pantallas y unifilares deben permitir el monitoreo integral con sub ventanas interactivas.
- Completa independencia entre el control manual y el control automático de las unidades generadoras.

- El sistema debe contar con funciones de diagnóstico en línea y fuera de línea, de tal forma que prevenga la ejecución de comandos falsos e incorrecta información, en cuanto a indicaciones para el caso de fallas o ruido aleatorio de manera que se generen alarmas y mensajes.

El suministrador proveerá todas las licencias de software dedicados para los diferentes equipos electrónicos.

#### **5.10.5. Equipos del Sistema de Control**

##### **i). Controladores Lógicos Programables (PLC)**

Los controladores lógicos programables deberán ser construidos en forma modular; y serán controlados por un microcontrolador y poseer funciones de supervisión y auto prueba para detectar fallas en el equipo, y así evitar operaciones erróneas y para suministrar información sobre el tipo de falla por medio de indicaciones o "displays". Los controladores lógicos deberán ser suministrados con los programas necesarios para la programación de su CPU y módulos de comunicaciones, así como protocolos de comunicación que permitan su futura interconexión con otros equipos de supervisión o control (IEC, DNP3, etc).

Los programas deberán ser almacenados en memorias de estado sólido del tipo compac flash. Los controladores lógicos deberán suministrarse con todos los medios y equipos para efectuar la programación. El lenguaje de programación deberá ser por medio de bloques funcionales de acuerdo al estándar IEC1131.

La interfaz con los diferentes módulos dedicados será a través de puertos de comunicaciones bajo un protocolo estándar y abierto, propuesto por el suministrador. Además tendrá módulos de entrada y salida para sensores y actuadores con

protecciones. Cada módulo deberá incluir diodos emisores de luz (LEDs) para indicar el estado de las señales de entrada y de salida.

La capacidad de los controladores lógicos programables deberá estar de acuerdo con las secuencias finales de control de los equipos, y poseer capacidad adicional de 50% como mínimo para permitir cambios y modificaciones posteriores.

El suministrador deberá presentar información completa acerca de los equipos suministrados, en cuanto a su estructura, unidad central de proceso (CPU), tipos y módulos de memoria, módulos de entrada/salida, equipos y lenguajes de programación, interfaces de comunicación con otros sistemas, capacidad y expansión.

Funciones de Operación:

- Adquisición y Control de Datos
- Control de Potencia Activa, Reactiva y Tensión.
- Arranque y parada Automática de la unidad de generación
- Intercambio de información con los medidores Multifunción.
- Intercambio de información con sistema digitales de protección.
- Intercambio de información con los sistemas digitales e excitación.
- Intercambio de información con los Regulador de velocidades.
- Sincronización automática.
- Operación mediante la IHM.

**ii). IHM (Interfaz Hombre Maquina) para el PLC**

El IHM deberá permitir la gestión local del proceso de control de la planta para operación secuencial manual y automático mediante el PLC.

El IHM deberá permitir la visualización mediante aplicaciones gráficas de los diferentes procesos de control, monitoreo y supervisión de la planta.

Principales aplicaciones de la IHM (mínimas):

- Vista esquemática general del sistema de control.
- Seguimiento de las secuencias del proceso para los modos de control.
- Indicaciones de alarmas y eventos.
- Permitir la realización de envío de consignas con órdenes.

El IHM debe presentar como mínimo las siguientes pantallas gráficas:

- Diagrama unifilar del circuito de la unidad
- Diagrama de la red de comunicaciones
- Pantalla de arranque y paro de la unidad.
- Pantalla de supervisión de la turbina y sistema de regulación.
- Pantalla de supervisión del generador y sistema de excitación.
- Pantallas de supervisión de los diferentes sistemas auxiliares.
- Pantalla de eventos y alarmas.

**iii). Medidores Multifunción Digitales**

Los medidores multifunción digitales para medición de parámetros eléctricos deberán estar basados en un microprocesador, e incorporarán un procesador digital de señales. Deberán aceptar entradas de voltaje y corriente provenientes de los transformadores de potencia y de los transformadores de corriente por medio de un módulo de aislamiento, el cual deberá convertir estas señales de entrada en señales aisladas de voltaje o corriente, adecuadas para su conexión a los módulos de medición de parámetros eléctricos.

Los módulos deberán ser programables para registrar potencia y energía activa, potencia y energía reactiva, factor de potencia, frecuencia, voltaje y corriente. La medición de energía deberá tener capacidad de indicar la energía importada y exportada (kWh), la energía activa y reactiva absoluta y neta exportada (kWh, kVARh)) y la energía reactiva importada (kVARh).

Los medidores deberán incorporar una memoria no volátil para el almacenamiento de la energía exportada/importada. Los medidores calcularán la demanda y los picos de demanda para cualquier valor instantáneo. Los medidores deberán incorporar la opción de grabar y registrar para ver tendencias y realizar reportes de generación.

Los módulos deberán ser adecuados para medir con precisión los parámetros trifásicos a 60 Hz y deberán procesar las señales de los transformadores de potencial y de corriente utilizando técnicas de procesamiento digital de señales. El error no deberá exceder 0.5 %.

La clase de precisión de cada uno de los componentes deberá ser igual o mejor que las indicadas a continuación:

**Tabla Nro. 15**

Componente	Normas IEC		Normas ANSI/IEEE	
	N°	Clase	N°	Clase
Transformadores de corriente	60044	Isec = 5 A 0.2 S	C 12.11	0.2
Transformadores de voltaje	60186	0.2	C 12.11	0.2
Medidor(es) de energía	60687	0.2 S	C 12.16	



Los medidores deberán ser aptos para comunicarse con otros medidores o dispositivos a través de un puerto de comunicaciones estándar: RS485 o Ethernet. Todos los dispositivos necesarios para establecer el enlace de comunicaciones, como por ejemplo: transceptores para comunicaciones serie, módems e interfaz de comunicaciones Ethernet, deberán ser incluidos en la provisión según sea requerido.

Los medidores de energía deberán poder conectarse en red (RS-485) o Ethernet y disponer de un MODEM para comunicación remota vía línea telefónica.

***iv). Relees de Protección***

EL suministrador deberá proveer un sistema de protección redundante, del tipo numérico y de alta velocidad.

Cada sistema deberá incluir todos los equipos y programas necesarios para realizar las tareas de ingeniería y mantenimiento, incluyendo un computador personal portátil.

El suministro deberá incluir todos los dispositivos, incluyendo los relees auxiliares y de enclavamiento, necesarios para realizar los esquemas de disparo de las unidades generadoras y de los transformadores elevadores de potencia. Todo el cableado asociado a los esquemas de protección deberá ser blindado é inmune al ruido.

La redundancia se deberá realizar bajo la condición fundamental de evitar que las unidades generadoras y los transformadores elevadores de potencia operen sin protección ante la ocurrencia de una falla simple en el sistema de protección.

El sistema de protección deberá operar adecuadamente en un rango de temperatura de 0°C a 55°C.

**Contactos de Disparo.** Los contactos de disparo de los sistemas deberán ser adecuados para su conexión directa a los circuitos de disparo de los interruptores de la celda del generador y a los relees de enclavamiento. Los contactos deberán ser revestidos de plata pura y ser de alta calidad.

**Relees de Enclavamiento.** Los relees de enclavamiento deberán ser de alta velocidad, de contactos múltiples, a prueba de vibración y de impactos, con un tiempo de respuesta menor o igual a 4 milisegundos, con bobinas para operación continua en 110 Vc.c. y deberán estar equipados con indicadores luminosos del tipo LED del tipo oprimir para probar.

**Relees Auxiliares:** Los relees auxiliares deberán ser del tipo modular, enchufables, y a prueba de vibraciones e impactos. Los relees deberán ser adecuados para operación continua a una tensión en 110 Vcc.

**Comunicaciones.** Cada sistema deberá tener un puerto de comunicación estándar del tipo serial RS232 (adicional al usado para la conexión del computador portátil) o Ethernet.

Los relees deberán de disponer de entradas de señales de temperatura (PT100) del generador.

La operación de los equipos del sistema de protección deberá ser insensible a las variaciones de frecuencia que ocurran durante una falla, a las distorsiones en las señales de entrada provenientes de los transformadores de corriente y voltaje causadas por la saturación de los transformadores de corriente, la impedancia de los cables, altas corrientes de cortocircuito, equipos electrónicos de alta potencia, etc. El sistema de protección deberá equiparse con los transformadores de acoplamiento y de aislamiento, protectores contra impulsos y filtros adecuados para protección contra ondas transitorias e interferencia electromagnética.

La disposición de los componentes del sistema de protección deberá cumplir con la separación física mínima necesaria entre las interfaces y los módulos de procesamiento de señales, con el fin de garantizar la inmunidad a las interferencias electromagnéticas.

El sistema de protección deberá estar basado en microprocesadores, con una velocidad de procesamiento, capacidad de memoria y capacidad de cómputo suficientes para cumplir satisfactoriamente con los requisitos funcionales descritos en esta cláusula.

El sistema de protección deberá ser capaz de auto supervisar y auto diagnosticar continuamente tanto su programación como su equipamiento. En este sentido, se deberán detectar y alarmar automáticamente condiciones anormales, tales como: funcionamiento defectuoso de cualquier módulo, errores en la transmisión de datos ó en el bus de datos, falla en los circuitos de los transformadores de medida y de disparo, falla en la fuente de alimentación, pérdida de la señal de sincronización, falla de procesamiento de una función de protección, etc. Todas estas alarmas deberán estar integradas en el PLC.

El sistema de protección deberá poseer funciones de prueba de la programación, basadas en valores numéricos simulados capaces de chequear las funciones de protección, las salidas de disparo y las salidas para señalización.

El sistema de protección tendrá una función de registro de eventos, la cual deberá tener un tiempo de etiquetamiento con una resolución de un (1) milisegundo.

Todos los parámetros, ajustes y registros de eventos deberán ser almacenados en memoria no volátil, la cual deberá mantenerse en el caso de una pérdida de alimentación.

**v). Sistema de Sincronismo**

Los dispositivos y accesorios necesarios para realizar el proceso de sincronización de las unidades al sistema eléctrico, estarán alojados en los tableros de control de línea ubicados en la sala de control.

Los equipos deberán cumplir con los requerimientos establecidos en la norma IEEE C37.90.1 "Surge Withstand Capability (SWC) Tests for Protective Relays and Relay Systems". Las partes que conformen el Sistema de Sincronización no deberán ser afectadas por la operación cercana de equipos de radio frecuencia VHF o UHF.

El sistema debe contar con los equipos necesarios para la sincronización manual.

El sincronizador automático deberá ser de tecnología numérica, de diseño modular, fácilmente extraíble y enchufable, tipo bastidor, para ser instalado al ras.

El sincronizador automático deberá estar programado para controlar automáticamente el voltaje y la velocidad de la unidad e iniciar el cierre del interruptor de la línea del generador a una diferencia de frecuencia, una diferencia de tensión y un ángulo de fase apropiado para la sincronización de la unidad con el sistema de potencia.

Los módulos que conformen el sincronizador automático deberán tener fuentes de alimentación independientes.

El sincronizador automático deberá estar equipado con dispositivos de ajuste desde el frente del equipo de los siguientes parámetros de sincronización:

- El límite superior del voltaje de referencia deberá ser ajustable en un rango del 80 al 130% de la tensión nominal proveniente de los transformadores de potencial. La

precisión del dispositivo de ajuste deberá ser igual o menor de 0.5%. Se deberán suministrar diodos LED para indicación de voltajes altos.

- El límite inferior del voltaje deberá ser ajustable en un rango del 70 al 100% de la tensión nominal proveniente de los transformadores de potencial. La precisión del dispositivo de ajuste deberá ser igual o menor de 0.5%. Se deberán suministrar diodos LED para indicación de voltajes bajos.
- Diferencia de tensión. La precisión del dispositivo de ajuste deberá ser igual o menor de 0.5%. Se deberá suministrar un (1) diodo LED para indicar que la diferencia de voltaje está dentro del límite fijado.
- Diferencia de frecuencia. La precisión del dispositivo de ajuste deberá ser igual o menor de 0.5%. Se deberá suministrar un (1) diodo LED para indicar que la diferencia de frecuencia está dentro del rango de ajuste.
- Tiempo de avance de cierre del interruptor. El rango de ajuste deberá ser una entrada programable entre 0 a 300 mseg, en pasos continuos, de tal forma de adaptarlo al tiempo de operación del interruptor. El ángulo de cierre del interruptor deberá tener una precisión de  $\pm 2$  grados o mejor para una diferencia de frecuencia por debajo de 0,5 Hz.

Los contactos de salida del sincronizador automático deberán cerrar al menos 200 mseg después de la activación. Luego de la operación de cada relee de salida del equipo, el sistema deberá ser bloqueado para prevenir una operación errónea por rebotes en estos relees.

Si las condiciones de diferencia de voltaje y de frecuencia se encuentran dentro del rango permitido el sincronizador automático deberá ser capaz de cerrar el interruptor del generador una vez que la diferencia de fase alcance el valor más cercano a cero grados, tomando en cuenta el tiempo de avance de cierre del interruptor.

El sincronizador automático deberá tener una función programable de anti-motorización que permita la sincronización de la unidad únicamente cuando la frecuencia del generador es mayor que la del sistema.

El rele de verificación de sincronismo será utilizado como respaldo a la sincronización manual y automática y deberá ser de tecnología numérica. Su principal función será verificar que los ángulos de fase entre las tensiones del generador y las del devanado de baja tensión respectivo del transformador de potencia estén dentro de los límites permitidos, aún cuando deberá estar programado para supervisar otros parámetros de sincronización tales como frecuencia, diferencia de tensiones, red muerta, etc., en condiciones diferentes de topología de la red.

Las tensiones de entrada a ser tomadas como referencia para la sincronización, deberán ser programables por software.

**CAPÍTULO 6**  
**METRADO Y PRESUPUESTO**

Tabla Nro. 16

METRADO Y PRESUPUESTO						
AMPLIACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE MUYO						
ITEM	DESCRIPCION	UNID	CANT	C. UNIT.	C. PARC	C. TOTAL
<b>A. SUMINISTRO DE EQUIPO Y MATERIALES</b>						
1	Turbina Francis H=127 m, Q=2.5 m3/seg fabricado en acero y fierro fundido	u	1	135,000	135,000	
2	Gobernador hidráulico en aceite con control electrónico para turbina Francis		1	35,000	35,000	
3	Generador síncrono trifásico, 2,800 kW, 4.16 kV, 60 Hz auto excitado sin escobillas y regulación de tensión AVR	u	1	95,000	95,000	
4	Válvula de ingreso de turbina DN=0.75 m	u	1	25,000	25,000	
5	Tubería de acero d= 0.75 m x 10 m espesor =1/2"	u	1	10,000	10,000	
	Bridas de acero para tubería 0.75 m	u	4	14,000	56,000	
6	Placa base de montaje	u	1	8,000	8,000	
7	Tablero Control y Protección Generador	u	1	30,000	30,000	
8	Tablero del transformador de salida	u	1	30,000	30,000	
9	Tablero de servicios auxiliares	u	1	11,000	11,000	
10	Caja de resistencia de puesta tierra	u	1	6,000	6,000	
11	Banco de baterías	u	1	2,000	2,000	
12	Cargador automático	u	1	2,000	2,000	445,000

## Continuación Suministro Equipos Eléctricos

ITEM	DESCRIPCION	UNID	CANT	C. UNIT.	C. PARC	C. TOTAL
13	Cables de energía y de control	Cjto	1	25,000	25,000	
14	Transformador trifásico 3.5MVA 60/4.16kV, 60Hz	u	1	50,000	50,000	
15	Interruptor trifásico 75kV, 400A, 31.5kA	Cjto	2	25,000	50,000	
16	Seccionadores Trifásicos 6kV, 800A	Cjto	1	10,000	10,000	
17	Seccionadores Trifásicos 75kV, 400A, barras y línea	Cjto	3	10,000	30,000	
18	Pararrayos para 4.16kV y 60kV	Cjto	1	40,000	40,000	
19	Sistema de Control SCADA y relees de protección	Cjto	1	30,000	30,000	
		TOTAL				235,000
<b>B MONTAJE ELECTROMECHANICO (incluye obras civiles)</b>						
1	Grupo turbogenerador 2,800 Kw (Incluye cimentación)	u	1	25,000	25,000	
2	Tubería mas válvula de ingreso	u	1	8,000	8,000	
3	Tableros eléctricos	u	1	12,000	12,000	
4	Equipo de corriente continua	u	1	2,000	2,000	
5	Pruebas de puesta en marcha	u	1	12,000	12,000	
6	Equipo de puesta a tierra	u	1	3,000	3,000	
7	Otros gastos	Gbl	1	12,000	12,000	
		TOTAL				74,000
<b>C TRANSPORTE</b>						16,000
<b>TOTAL GENERAL</b>					<b>US\$</b>	<b>770,000</b>



## **CAPÍTULO 7**

### **ANALISIS ECONOMICO Y FINANCIERO**

#### **7.1. *Evaluación Económica de las Alternativas***

##### **7.1.1. *Pequeña Central Hidráulica***

A continuación desarrollamos la evaluación económica y financiera desde el punto de vista de inversión privada; de la alternativa de ampliar la Central hidroeléctrica de Muyo, considerando que las obras civiles principales, capacidad de la bocatoma, canales de conducción, así como la tubería de presión y casa de máquinas están construidos; por lo tanto el costo de estas instalaciones se consideran como costos hundidos considerando los costos necesarios para completar la ampliación de la CH Muyo con una unidad adicional de 2700 kW.

Tabla Nro. 18

## Inversiones A/F

		Año
Inversión		0
Turbogenerador	unidades	1
<b>Inversión Unidad</b>		
Suministro de equipos principales	US\$	445,000
Suministro de equipos eléctricos	US\$	235,000
Montaje y pruebas (incluye Cimentación)	US\$	74,000
Transporte	US\$	16,000
<b>Inversión Total</b>	<b>US\$</b>	<b>770,000</b>
Vida Útil	años	30
% Depreciac. Anual	%	3.33%
Depreciac. Anual	US\$	25,667
Potencia actual del Sistema	kW	8,400
Potencia del Nuevo Grupo	kW	2,700
<b>Mantenimiento Mayor (Overhaule)</b>	<b>10 años</b>	<b>50,000</b>

**Tabla Nro. 19**  
**Producción de Energía**

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Energía requerida (kW-h)	15,014,257	15,925,055	16,881,378	17,885,149	18,938,370	20,349,036	21,507,492	22,721,904	23,994,617	25,328,071	27,540,561	29,003,206	30,534,511	32,137,327	33,814,622	35,977,360	37,812,987	39,732,717	41,740,018	43,838,490	46,643,711
Horas de operación	1,800	1,840	1,880	1,920	1,960	2,000	2,080	2,160	2,240	2,320	2,400	2,480	2,560	2,640	2,720	2,820	2,920	3,020	3,120	3,220	3,320
Potencia requerida	8,341	8,655	8,979	9,315	9,662	10,175	10,340	10,519	10,712	10,917	11,475	11,695	11,928	12,173	12,432	12,758	12,950	13,157	13,378	13,614	14,041
Potencia por cubrir	-59	255	579	915	1,262	1,775	1,940	2,119	2,312	2,517	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700
Producción de Energía		469,055	1,089,378	1,757,149	2,474,370	3,549,036	4,035,492	4,577,904	5,178,617	5,840,071	6,480,000	6,696,000	6,912,000	7,128,000	7,344,000	7,614,000	7,884,000	8,154,000	8,424,000	8,694,000	8,964,000

**Presupuesto de Ventas**

Energía Producida por Equipos Nuevos		469,055	1,089,378	1,757,149	2,474,370	3,549,036	4,035,492	4,577,904	5,178,617	5,840,071	6,480,000	6,696,000	6,912,000	7,128,000	7,344,000	7,614,000	7,884,000	8,154,000	8,424,000	8,694,000	8,964,000
Costo Unitario (US\$/kW-h)	0.040																				
Ventas US\$		18,762	43,575	70,286	98,975	141,961	161,420	183,116	207,145	233,603	259,200	267,840	276,480	285,120	293,760	304,560	315,360	326,160	336,960	347,760	358,560

**Costos y Gastos**

Costos de Operación	1%	Anual
Costos de Mantenimiento	2%	Anual
Impuestos	30%	

**Financiamiento**

Deuda	40%
Tasa de Interés (Ki)	9.00%
Capital	60%
D/C	0.67

**Costo de Capital**

Rf	3.96%
Rm	12.10%
<b>En Estados Unidos</b>	
Be	1.20
D/C	0.75
T	34%
<b>En Perú</b>	
Boa	0.80
Koa	10.49%
Be	1.18
Ke	13.54%

CPPC (Ko)	%	K	K(1-t)
Deuda	40%	9.00%	6.30%
Capital	60%	13.54%	13.54%
		Ko	10.65%

Estructura de Inversiones																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Activo Tangible	770,000																				
Activo Total	770,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mantenimiento mayor											50,000										
Aportes a Cap. Trab.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total Inversiones</b>	<b>770,000</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>50,000</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Estado de Ganancias y Pérdidas																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>Ingresos</b>		18,762	43,575	70,286	98,975	141,961	161,420	183,116	207,145	233,603	259,200	267,840	276,480	285,120	293,760	304,560	315,360	326,160	336,960	347,760	358,560

Egresos																					
Costos de Operación	1%	(188)	(436)	(703)	(990)	(1,420)	(1,614)	(1,831)	(2,071)	(2,336)	(2,592)	(2,678)	(2,765)	(2,851)	(2,938)	(3,046)	(3,154)	(3,262)	(3,370)	(3,478)	(3,586)
Costos de Mantenimiento	2%	(375)	(872)	(1,406)	(1,979)	(2,839)	(3,228)	(3,662)	(4,143)	(4,672)	(5,184)	(5,357)	(5,530)	(5,702)	(5,875)	(6,091)	(6,307)	(6,523)	(6,739)	(6,955)	(7,171)
Depreciación Econ.		(25,667)	(25,667)	(25,667)	(25,667)	(25,667)	(25,667)	(25,667)	(25,667)	(25,667)	(25,667)	(25,667)	(25,667)	(25,667)	(25,667)	(25,667)	(25,667)	(25,667)	(25,667)	(25,667)	(25,667)
<b>Total Egresos</b>		<b>(26,230)</b>	<b>(26,974)</b>	<b>(27,775)</b>	<b>(28,636)</b>	<b>(29,926)</b>	<b>(30,509)</b>	<b>(31,160)</b>	<b>(31,881)</b>	<b>(32,675)</b>	<b>(33,443)</b>	<b>(33,702)</b>	<b>(33,961)</b>	<b>(34,220)</b>	<b>(34,479)</b>	<b>(34,803)</b>	<b>(35,127)</b>	<b>(35,451)</b>	<b>(35,775)</b>	<b>(36,099)</b>	<b>(36,423)</b>
Utilidad Antes Imp.		(7,467)	16,601	42,511	70,339	<b>112,036</b>	130,910	151,956	175,264	200,928	225,757	234,138	242,519	250,900	259,281	269,757	280,233	290,709	301,185	311,661	322,137
Impuestos	30%	-	(4,980)	(12,753)	(21,102)	(33,611)	<b>(39,273)</b>	(45,587)	(52,579)	<b>(60,278)</b>	<b>(67,727)</b>	<b>(70,241)</b>	<b>(72,756)</b>	<b>(75,270)</b>	<b>(77,784)</b>	<b>(80,927)</b>	<b>(84,070)</b>	<b>(87,213)</b>	<b>(90,355)</b>	<b>(93,498)</b>	<b>(96,641)</b>
<b>Utilidad Neta</b>		<b>(7,467)</b>	<b>11,621</b>	<b>29,757</b>	<b>49,237</b>	<b>78,425</b>	<b>91,637</b>	<b>106,369</b>	<b>122,685</b>	<b>140,650</b>	<b>158,030</b>	<b>163,897</b>	<b>169,763</b>	<b>175,630</b>	<b>181,496</b>	<b>188,830</b>	<b>196,163</b>	<b>203,496</b>	<b>210,829</b>	<b>218,162</b>	<b>225,496</b>

Cálculo de los Tributos Efectivos a Pagar																					
Crédito Fiscal Per.	30%	2,240	-	-	-	-															
Créd. Fis. Acum. (form.)	30%	2,240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Tributos a Pagar</b>		<b>-</b>	<b>(2,740)</b>	<b>(12,753)</b>	<b>(21,102)</b>	<b>(33,611)</b>	<b>(39,273)</b>	<b>(45,587)</b>	<b>(52,579)</b>	<b>(60,278)</b>	<b>(67,727)</b>	<b>(70,241)</b>	<b>(72,756)</b>	<b>(75,270)</b>	<b>(77,784)</b>	<b>(80,927)</b>	<b>(84,070)</b>	<b>(87,213)</b>	<b>(90,355)</b>	<b>(93,498)</b>	<b>(96,641)</b>



## a) Evaluación Económica

## Valor de recupero de los Activos Fijos (A/F)

Koa Anual	10.49%
Horizonte de Eval. (años)	20
V. Rec. A/F (Koa)	Equipos
Valor	770,000
Vida útil	30
Costo anual equivalente (CAE)	S/. 85,064.08
V. Recup. A/F en HE	S/. 511,776.22

Ko	10.65%
----	--------

V. Rec. A/F (Ko)	Equipos
Valor	770,000
Vida útil	30
CAE	S/. 86,112.33
V. Recup. A/F en HE	S/. 514,758.21

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>Flujo de Fondos (KOA)</b>																					
Flujo de Caja Oper.	0	18,199	37,287	55,424	74,904	104,092	117,304	132,036	148,351	166,316	183,697	189,563	195,430	201,296	207,163	214,496	221,829	229,163	236,496	243,829	251,162
Valor de Recupero de A/F																					511,776
Flujo de Inversiones en A/F	(770,000)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(50,000)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Flujo de Caja Economico(KOA)</b>	<b>(770,000)</b>	<b>18,199</b>	<b>37,287</b>	<b>55,424</b>	<b>74,904</b>	<b>104,092</b>	<b>117,304</b>	<b>132,036</b>	<b>148,351</b>	<b>166,316</b>	<b>133,697</b>	<b>189,563</b>	<b>195,430</b>	<b>201,296</b>	<b>207,163</b>	<b>214,496</b>	<b>221,829</b>	<b>229,163</b>	<b>236,496</b>	<b>243,829</b>	<b>762,938</b>

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>Flujo de Fondos (KO)</b>																					
Flujo de Caja Oper.	0	18,199	37,287	55,424	74,904	104,092	117,304	132,036	148,351	166,316	183,697	189,563	195,430	201,296	207,163	214,496	221,829	229,163	236,496	243,829	251,162
Valor de Recupero de A/F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	514,758
Flujo de Inversiones en A/F	(770,000)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(50,000)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Flujo de Caja Economico(KOA)</b>	<b>(770,000)</b>	<b>18,199</b>	<b>37,287</b>	<b>55,424</b>	<b>74,904</b>	<b>104,092</b>	<b>117,304</b>	<b>132,036</b>	<b>148,351</b>	<b>166,316</b>	<b>133,697</b>	<b>189,563</b>	<b>195,430</b>	<b>201,296</b>	<b>207,163</b>	<b>214,496</b>	<b>221,829</b>	<b>229,163</b>	<b>236,496</b>	<b>243,829</b>	<b>765,920</b>

	K	VANE	TIRE
<b>Eval. Económica (KOA)</b>	<b>10.5%</b>	<b>288,498</b>	<b>16.7%</b>
<b>Eval. Financiero (KO)</b>	<b>10.6%</b>	<b>273,010</b>	<b>13.9%</b>

### 7.1.2. Pequeña Central Térmica

A continuación desarrollamos la evaluación económica y financiera de la alternativa de instalar una central térmica, consumiendo combustible residual N° 6, cuyos costos de inversión son relativamente bajos, sin embargo los costos de operación y mantenimiento en el tiempo son mayores que los de una central hidráulica, principalmente por las variaciones de los precios del petróleo en el tiempo.

**Tabla Nro. 19.**  
**Alternativa de la Central Térmica**

<b>Inversiones A/F</b>		<b>Año</b>
Inversión		0
Turbogenerador	unidades	1
<b>Inversión Unidad</b>		
Suministro de equipos principales	US\$	1,046,000
Suministro de equipos electricos	US\$	250,000
Casa de Maquinas y Obras Civiles (incluye Monataje y Pruebas)	US\$	299,000
Transporte	US\$	25,000
<b>Inversión Total</b>	<b>US\$</b>	<b>1,620,000</b>
Vida Útil	Años	10
% Depreciac. Anual	%	10.00%
Depreciac. Anual	US\$	162,000
Potencia actual	Kw	8,400
Potencia del Nuevo Grupo	kW	2,700
<b>Mantenimiento Mayor (Overhaule)</b>	<b>Años</b>	<b>80,000</b>
Costo Unitario x kW	US\$/kW	600



**Tabla Nro. 20**  
**Producción de Energía**

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Energía requerida (kW-h)	15,014,257	15,925,055	16,881,378	17,885,149	18,938,370	20,349,036	21,507,492	22,721,904	23,994,617	25,328,071	27,540,561	29,003,206	30,534,511	32,137,327	33,814,622	35,977,360	37,812,987	39,732,717	41,740,018	43,838,490	46,643,701
Horas de operación	1,800	1,840	1,880	1,920	1,960	2,000	2,080	2,160	2,240	2,320	2,400	2,480	2,560	2,640	2,720	2,820	2,920	3,020	3,120	3,220	3,320
Potencia requerida	8,341	8,655	8,979	9,315	9,662	10,175	10,340	10,519	10,712	10,917	11,475	11,695	11,928	12,173	12,432	12,758	12,950	13,157	13,378	13,614	14,049
Potencia por cubrir	-59	255	579	915	1,262	1,775	1,940	2,119	2,312	2,517	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700
Producción de Energía		469,055	1,089,378	1,757,149	2,474,370	3,549,036	4,035,492	4,577,904	5,178,617	5,840,071	6,480,000	6,696,000	6,912,000	7,128,000	7,344,000	7,614,000	7,884,000	8,154,000	8,424,000	8,694,000	8,964,000
<b>Presupuesto de Ventas</b>																					
Energía Producida por Equipos Nuevos		469,055	1,089,378	1,757,149	2,474,370	3,549,036	4,035,492	4,577,904	5,178,617	5,840,071	6,480,000	6,696,000	6,912,000	7,128,000	7,344,000	7,614,000	7,884,000	8,154,000	8,424,000	8,694,000	8,964,000
Precio Unitario (US\$/kW-h)	0.110																				
Ventas US\$		51,596	119,832	193,286	272,181	390,394	443,904	503,569	569,648	642,408	712,800	736,560	760,320	784,080	807,840	837,540	867,240	896,940	926,640	956,340	986,040

**Costos y Gastos**

Costos de Operación	3%	Anual
Costos de Mantenimiento	6%	Anual
Impuestos	30%	
Consumo de Combustible	0.30	Kg/kW-h
Costo de Combustible	0.40	US\$/kg
<b>Costo Variable por Combustible</b>	<b>0.12</b>	<b>US\$/kW-h</b>

**Financiamiento**

Deuda	40%
<b>Tasa de Interés (Ki)</b>	<b>9.00%</b>
Capital	60%
D/C	0.67

**Costo de Capital**

Rf	3.96%
Rm	12.10%
<i>En Estados Unidos</i>	
Be	1.20
D/C	0.75
T	34%
<i>En Perú</i>	
Boa	0.80
<b>Koa</b>	<b>10.49%</b>
Be	1.18
<b>Ke</b>	<b>13.54%</b>

CPPC (Ko)	%	K	K(1-t)
Deuda	40%	9.00%	6.30%
Capital	60%	13.54%	13.54%
		<b>Ko</b>	<b>10.65%</b>

**Estructura de Inversiones**

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Activo Tangible	1,620,000										1,620,000											1,620,000
Mantenimiento mayor						80,000										80,000						
Aportes a Cap. Trab.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total Inversiones</b>	<b>1,620,000</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>80,000</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1,620,000</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>80,000</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1,620,000</b>

**Estado de Ganancias y Pérdidas**

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
<b>Ingresos</b>		<b>51,596</b>	<b>119,832</b>	<b>193,286</b>	<b>272,181</b>	<b>390,394</b>	<b>443,904</b>	<b>503,569</b>	<b>569,648</b>	<b>642,408</b>	<b>712,800</b>	<b>736,560</b>	<b>760,320</b>	<b>784,080</b>	<b>807,840</b>	<b>837,540</b>	<b>867,240</b>	<b>896,940</b>	<b>926,640</b>	<b>956,340</b>	<b>986,040</b>	
<b>Egresos</b>																						
Costos de Operación	3%	(1,548)	(3,595)	(5,799)	(8,165)	(11,712)	(13,317)	(15,107)	(17,089)	(19,272)	(21,384)	(22,097)	(22,810)	(23,522)	(24,235)	(25,126)	(26,017)	(26,908)	(27,799)	(28,690)	(29,581)	
Costos de Mantenimiento	6%	(3,096)	(7,190)	(11,597)	(16,331)	(23,424)	(26,634)	(30,214)	(34,179)	(38,544)	(42,768)	(44,194)	(45,619)	(47,045)	(48,470)	(50,252)	(52,034)	(53,816)	(55,598)	(57,380)	(59,162)	
Costo Variable por Combustible (US\$/kW-h)	0.12	(6,192)	(14,380)	(23,194)	(32,662)	(46,847)	(53,268)	(60,428)	(68,358)	(77,089)	(85,536)	(88,387)	(91,238)	(94,090)	(96,941)	(100,505)	(104,069)	(107,633)	(111,197)	(114,761)	(118,325)	
Depreciación Econ.		(162,000)	(162,000)	(162,000)	(162,000)	(162,000)	(162,000)	(162,000)	(162,000)	(162,000)	(162,000)	(162,000)	(162,000)	(162,000)	(162,000)	(162,000)	(162,000)	(162,000)	(162,000)	(162,000)	(162,000)	(162,000)
<b>Total Egresos</b>		<b>(172,835)</b>	<b>(187,165)</b>	<b>(202,590)</b>	<b>(219,158)</b>	<b>(243,983)</b>	<b>(255,220)</b>	<b>(267,750)</b>	<b>(281,626)</b>	<b>(296,906)</b>	<b>(311,688)</b>	<b>(316,678)</b>	<b>(321,667)</b>	<b>(326,657)</b>	<b>(331,646)</b>	<b>(337,883)</b>	<b>(344,120)</b>	<b>(350,357)</b>	<b>(356,594)</b>	<b>(362,831)</b>	<b>(369,068)</b>	
Utilidad Antes Imp.		(121,239)	(67,333)	(9,304)	53,023	146,411	188,684	235,820	288,022	345,502	401,112	419,882	438,653	457,423	476,194	499,657	523,120	546,583	570,046	593,509	616,972	
Impuestos	30%	-	-	-	(15,907)	(43,923)	(56,605)	(70,746)	(86,407)	(103,651)	(120,334)	(125,965)	(131,596)	(137,227)	(142,858)	(149,897)	(156,936)	(163,975)	(171,014)	(178,053)	(185,091)	
<b>Utilidad Neta</b>		<b>(121,239)</b>	<b>(67,333)</b>	<b>(9,304)</b>	<b>37,116</b>	<b>102,488</b>	<b>132,079</b>	<b>165,074</b>	<b>201,615</b>	<b>241,851</b>	<b>280,778</b>	<b>293,918</b>	<b>307,057</b>	<b>320,196</b>	<b>333,336</b>	<b>349,760</b>	<b>366,184</b>	<b>382,608</b>	<b>399,032</b>	<b>415,456</b>	<b>431,880</b>	

**Cálculo de los Tributos Efectivos a Pagar**

Crédito Fiscal Per.		36,372	20,200	2,791	-	-															
Créd. Fis. Acum. (form.)	30%	36,372	56,572	59,363	43,456	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tributos a Pagar		-	-	-	-	(467)	(56,605)	(70,746)	(86,407)	(103,651)	(120,334)	(125,965)	(131,596)	(137,227)	(142,858)	(149,897)	(156,936)	(163,975)	(171,014)	(178,053)	(185,091)



## a) Evaluación Económica

## Valor de recupero de los Activos Fijos (A/F)

Koa Anual	10.49%
Horizonte de Eval. (años)	20
V. Rec. A/F (Koa)	Equipos
Valor	1,620,000
Vida útil	10
Costo anual equivalente (CAE)	S/. 269,265.75
<b>V. Recup. A/F en HE</b>	<b>S/. 1,520,733</b>

Ko	10.65%
	20
V. Rec. A/F (Ko)	Equipos
Valor	1,620,000
Vida útil	10
CAE	S/. 271,004.87
<b>V. Recup. A/F en HE</b>	<b>S/. 1,521,456</b>

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>Flujo de Fondos (KOA)</b>																					
Flujo de Caja Oper.	0	40,761	94,667	152,696	199,116	264,488	294,079	327,074	363,615	403,851	442,778	455,918	469,057	482,196	495,336	511,760	528,184	544,608	561,032	577,456	593,880
Valor de Recupero de A/F																					1,520,733
Flujo de Inversiones en A/F	(1,620,000)	-	-	-	-	(80,000)	-	-	-	-	(1,620,000)	-	-	-	-	(80,000)	-	-	-	-	(1,620,000)
<b>Flujo de Caja Economico(KOA)</b>	<b>(1,620,000)</b>	<b>40,761</b>	<b>94,667</b>	<b>152,696</b>	<b>199,116</b>	<b>184,488</b>	<b>294,079</b>	<b>327,074</b>	<b>363,615</b>	<b>403,851</b>	<b>(1,177,222)</b>	<b>455,918</b>	<b>469,057</b>	<b>482,196</b>	<b>495,336</b>	<b>431,760</b>	<b>528,184</b>	<b>544,608</b>	<b>561,032</b>	<b>577,456</b>	<b>494,814</b>

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>Flujo de Fondos (KO)</b>																					
Flujo de Caja Oper.	0	40,761	94,667	152,696	199,116	264,488	294,079	327,074	363,615	403,851	442,778	455,918	469,057	482,196	495,336	511,760	528,184	544,608	561,032	577,456	593,880
Valor de Recupero de A/F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,521,456
Flujo de Inversiones en A/F	(1,620,000)	-	-	-	-	(80,000)	-	-	-	-	(1,620,000)	-	-	-	-	(80,000)	-	-	-	-	(1,620,000)
<b>Flujo de Caja Economico(KO)</b>	<b>(1,620,000)</b>	<b>40,761</b>	<b>94,667</b>	<b>152,696</b>	<b>199,116</b>	<b>184,488</b>	<b>294,079</b>	<b>327,074</b>	<b>363,615</b>	<b>403,851</b>	<b>(1,177,222)</b>	<b>455,918</b>	<b>469,057</b>	<b>482,196</b>	<b>495,336</b>	<b>431,760</b>	<b>528,184</b>	<b>544,608</b>	<b>561,032</b>	<b>577,456</b>	<b>495,336</b>

	K	VANE	TIRE
<b>Eval. Económica (KOA)</b>	<b>10.49%</b>	<b>170,208</b>	<b>11.6%</b>
<b>Eval. Financiero (KO)</b>	<b>10.65%</b>	<b>145,100</b>	<b>11.58%</b>

## 7.2. Análisis de las Alternativas más Convenientes Económicamente

Para esto analizamos los índices de rentabilidad para cada tipo de central y los comparamos.

Condiciones de rentabilidad:

$$VAN > 0.0$$

$$B/C > 1$$

$$TIR > 12\%$$

Resumen comparativo de los análisis económico y financiero de las dos alternativas:

Ampliación de la Central Hidroeléctrica de Muyo y alternativa de Instalación de una Central Térmica

Tabla Nro. 21

### Central Hidráulica

	K	VANE/F	TIRE/F
<b>Eval. Económica (KOA)</b>	<b>10.5%</b>	<b>288,498</b>	<b>16.7%</b>
<b>Eval. Financiera (KO)</b>	<b>10.6%</b>	<b>273,010</b>	<b>13.9%</b>

### Central Térmica

	K	VANE/F	TIRE/F
<b>Eval. Económica (KOA)</b>	<b>10.49%</b>	<b>170,208</b>	<b>11.6%</b>
<b>Eval. Financiera (KO)</b>	<b>10.65%</b>	<b>145,100</b>	<b>11.58%</b>

## 7.3. Conclusión

La alternativa de instalar el tercer grupo de la Central Hidroeléctrica de Muyo es la mejor; comparada con la Instalación de un grupo térmico; ya que presenta mejores indicadores económicos.

## **CAPÍTULO 8**

### **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

#### **8.1. DESCRIPCION DEL PROYECTO**

##### **8.1.1. Ubicación del Proyecto**

La Central Hidroeléctrica de El Muyo se encuentra ubicada en la región nor-oriental del Perú, en el distrito de Aramango, provincia de Bagua, departamento de Amazonas.

La provincia de Bagua está situada a una altitud de 300 a 600 metros sobre el nivel del mar, en el valle del río Utcubamba; el cual es relativamente plano; y yace entre las altitudes 5°20' y 5°80' sur y 78°00' y 78°40' este de Greenwich.

Bagua se encuentra a aproximadamente 360km hacia el noreste de Chiclayo, por carretera, y a 155km hacia el noroeste de Chachapoyas. La zona alrededor de Bagua es, en su mayoría, desierto con cierta cantidad de matorrales, y el territorio presenta una lluvia anual menor de 750mm, en comparación a la región cercana a Muyo, en donde la lluvia anual se aproxima a los 2000mm además de existir condiciones de Selva.

**Cuadro Nro 1**  
**Ubicación del Proyecto**

ALTITUD (msnm)	UBICACIÓN POLÍTICA			ALTITUD	
	Dpto.	Provincia	Distrito	Sur	Este
300	Amazonas	Bagua	Aramango	5°20' y 5°80'	78°00' y 78°40'

### **8.1.2. Potencial Hidroeléctrico del Área**

Los ríos principales de la zona son el Utcubamba y el Marañón. El río Utcubamba tiene un área de captación de 3660km<sup>2</sup>, una altitud promedio de 1875m y una lluvia anual de 838mm. Este río es demasiado grande y tiene una pendiente demasiado leve para las necesidades de una hidroeléctrica. Lo mismo ocurre con el río Marañón el cual tiene un área de captación de 7500km<sup>2</sup>, una altitud promedio de 1900m y un promedio anual de lluvia de 840mm. Se investigaron diversos proyectos en los ríos laterales y quebradas del Utcubamba.

El proyecto de Muyo, está ubicado en un afluente del río Marañón, hacia la parte norte de la región.

### **8.1.3. Planeamiento del Proyecto**

Debido a que el río Muyo es la mejor fuente de potencia hidroeléctrica identificada en el área, la disposición de un primer proyecto fue desarrollado para realizar la construcción de la Central Hidroeléctrica de El Muyo con capacidad para explotar 8.1 MW, siendo su primera etapa de 5.4 MW, en la actualidad se desarrolla el presente proyecto que consiste en la ampliación de dicha Central Hidroeléctrica en 2.7 MW adicionales, de tal manera que se pueda utilizar al máximo este recurso hídrico de nuestra amazonía. La ampliación del



proyecto utiliza una caída de 127m y un caudal de 2.5m<sup>3</sup>/seg. para producir 2.7MW. Esta instalación, en conjunto con la capacidad térmica existente alcanzará 8.1MW, para cubrir la demanda de los próximos 10 años.

Se tuvieron en consideración dos alternativas para cubrir esta demanda:

#### Alternativa 1.

La ampliación de la central hidroeléctrica existente de 5.4 MW instalada en 1987, con un grupo de 2.7 MW con lo que se alcanzará la capacidad de 8.1 MW.

#### Alternativa 2:

Cobertura de la demanda eléctrica con la instalación de una central térmica con un grupo de 2700 KW que consumiría petróleo residual 6, que tendrá una vida útil de 10 años al cabo de dicho periodo se reemplazará por un equipo nuevo.

### **8.1.4. Descripción de las Instalaciones Existentes**

Las instalaciones existentes a la fecha se encuentran en buenas condiciones.

#### **i. Bocatoma**

La bocatoma está ubicada en la margen derecha del río Muyo, aproximadamente a 300 metros aguas arriba del pueblo de Aramango. donde existe un barraje de concreto, el cual está diseñado para soportar una avenida de 1 en 100 años de aproximadamente 67m<sup>3</sup>/seg.

***ii. Desarenador***

El desarenador está ubicado aguas debajo de la bocatoma, en la margen derecha, donde el valle se ensancha.

***iii. Sistema de Conducción***

Existe un canal para conducir el agua, para los efectos de la generación de potencia, desde la bocatoma a la cámara de carga; a una distancia de aproximadamente 2750m. Existen diversas gargantas y otros drenajes transversales a lo largo de la ruta del canal.

***iv. Cámara de Carga***

Existe una cámara de carga y un canal de vertedero para asegurar la transición uniforme del caudal desde el canal de evacuación a la tubería forzada. Un almacenaje de aproximadamente 12,000 m<sup>3</sup>.

***v. Tubería Forzada***

Existe una tubería forzada de aproximadamente 330m de longitud para desarrollar la caída de 127m entre la cámara de carga y la casa de máquinas. Esta tubería está calculada para transportar el caudal total para los tres grupos.

***vi. Casa de Máquinas***

La casa de máquinas de superficie está ubicada encima del nivel de avenida, en la margen derecha del río Marañón. Desde el inicio se ha tomado en consideración en la disposición del proyecto la instalación de un tercer equipo; por lo que esta casa de

máquinas ha sido construida para la etapa total del proyecto que incluye las obras civiles del tercer grupo.

#### **vii. Equipo**

Actualmente existen dos grupos hidroeléctricos tipo Francis de 2.7 MW cada uno y en el presente proyecto se prevé instalar el tercer grupo de similares características. Este equipo será suministrado completo con válvulas de ingreso y reguladores. Asimismo, se requerirán un tablero de control de 4.16kV, un transformador principal 3500kVA, 4.16/60kV de uso en el exterior y equipo de puesta a tierra neutro.

#### **viii. Acceso**

Existe buen acceso vehicular a todas las secciones del proyecto, por ser un central existente, que cuenta con operadores que mantienen los accesos en buen estado de conservación.

#### **8.1.5. Objetivos del Proyecto**

La finalidad del presente proyecto, que plantea la Ampliación de la Central Hidroeléctrica de El Muyo, es suministrar potencia eléctrica a la microregión de Bagua, la que incluye los pueblos principales de Bagua Chica y Bagua Grande, los cuales utilizarían el 75% de la demanda de energía de la zona, en conjunto con diversas otras aldeas y villas existentes.

## **8.2. MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL**

### **8.2.1. Marco Legal**

El estudio de Impacto Ambiental del Proyecto "Ampliación de la Central Hidroeléctrica de El Muyo" ha sido desarrollado teniendo como marco jurídico las normas legales de conservación y de protección ambiental vigentes en el Estado Peruano.

En el presente capítulo se presenta la relación de las normas legales que tienen como objetivo principal ordenar las actividades económicas dentro del marco de la conservación ambiental, así como promover y regular el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y no renovables.

### **8.2.2. Normas generales**

#### ***i. Constitución Política del Perú (1993)***

La Constitución Política del Perú constituye, dentro del ordenamiento jurídico, la norma legal de mayor jerarquía e importancia en el Estado Peruano. En ella se resaltan los derechos fundamentales de la persona humana, como es el derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida.

#### ***ii. Código Penal (Decreto Legislativo N° 635 del 8/4/91)***

Este Código tiene por objeto la prevención de delitos y faltas como medio protector de la persona humana y de la sociedad. La Ley Penal peruana se aplica a todo el que comete un hecho punible en el territorio de la República, salvo excepciones contenidas en el Derecho Internacional.

Dicha norma legal establece ciertas conductas que los encargados del proyecto "Ampliación de la Central Hidroeléctrica de El Muyo" deben tener en cuenta, puesto que su incumplimiento merecería la imposición de una sanción, sea esta pena privativa de la libertad u otra medida coercitiva.

En el artículo 304° se señala que la persona que, infringiendo las normas sobre protección del medio ambiente, lo contamina vertiendo residuos sólidos, líquidos, gaseosos o de cualquier otra naturaleza por encima de los límites establecidos, y que causen o puedan causar perjuicio o alteraciones en la flora, fauna y recursos hidrobiológicos, será reprimida con una pena privativa de libertad, no menor de uno ni mayor de tres años y con ciento ochenta a trescientos sesenta y cinco días-multa.

En el artículo 307° se establece que la persona que deposita, comercializa o vierte desechos industriales o domésticos en lugares no autorizados o sin cumplir con las normas sanitarias y de protección del medio ambiente, será reprimida con pena privativa de libertad no mayor de dos años.

El artículo 308° indica que la persona que caza, captura, recolecta, extrae o comercializa especies de flora o fauna que están legalmente protegidas, será reprimida con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de tres años.

El artículo 313° determina que la persona que, contraviniendo las disposiciones de la autoridad competente, altera el ambiente natural o el paisaje urbano o rural, o modifica la flora o fauna, mediante la construcción de obras o tala de árboles que dañan la armonía de sus elementos, será reprimida con pena privativa de libertad no mayor de dos años y con sesenta a noventa días-multa.

**8.2.3. Normas sobre recursos naturales**

- i. Ley General de Aguas (Ley N° 17752 del 24/7/69)
- ii. *Código del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales (Decreto Legislativo N° 613 del 8/9/90)*
- iii. *Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada (Decreto Legislativo N° 757 del 13/11/91)*
- iv. *Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales (Ley N° 26821 del 26/6/97)*
- v. *Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica (Ley N° 26839 del 16/7/97)*
- vi. *Ley de Areas Naturales Protegidas (Ley N° 26834 del 4/7/97)*
- vii. *Ley Forestal y de Fauna Silvestre (Ley N° 27308 del 16/7/00)*

**8.2.4. Normas sobre el Sub-Sector Electricidad**

- i. *Reglamento de Seguridad e Higiene Ocupacional del Sub-Sector Electricidad (Resolución Ministerial N° 157-88-EM/DGE del 26/7/88)*
- ii. *Ley de Concesiones Eléctricas (Decreto Ley N° 25844 del 19/11/92)*
- iii. *Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas (Decreto Supremo N° 009- 93-EM del 25/2/93)*
- iv. *Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas (Decreto Supremo N° 29-94-EM del 8/6/94)*

**8.2.5. Normas sobre el Sector Salud**

- i. *Ley General de Salud (Ley N° 26842 del 20/7/97)*
- ii. *Ley General de Residuos Sólidos (Ley N° 27314 del 21/7/00)*

**8.2.6. Normas sobre Impacto Ambiental**

- i. *Ley del Consejo Nacional del Ambiente (Ley N° 26410 del 16/12/94)*
- ii. *Ley de Evaluación de Impacto Ambiental para Obras y Actividades (Ley N° 26786)*

*del 13/5/97)*

- iii. Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (Ley N° 27446 del 23/4/01)*

#### **8.2.7. Normas sobre gobiernos locales**

- i. Ley Orgánica de Municipalidades (Ley N° 23853 del 9/6/84)*
- ii. Reglamento de Acondicionamiento Territorial, Desarrollo Urbano y Medio Ambiente (D.S. N° 007-85-VC del 26/2/85)*

#### **8.2.8. Marco Institucional**

##### **8.2.8.1. Gobierno Central**

##### **i. Presidencia del Consejo de Ministros (PCM)**

- a) Consejo Nacional del Ambiente (CONAM)
- b) Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

##### **ii. Ministerio de Energía y Minas (MEM)**

##### **iii. Ministerio de Agricultura**

*Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA)*

##### **iv. Ministerio de Salud**

##### **8.2.8.2. Gobierno Local**

#### **8.3. LINEA BASE AMBIENTAL**

El análisis de las variables naturales, económicas, sociales y culturales, existentes en el área de influencia del Proyecto "Ampliación de la Central Hidroeléctrica de El Muyo", sirve para determinar los impactos ambientales generados por el proyecto sobre el ambiente y

viceversa. Sobre la base de esta identificación se elabora el Plan de Manejo Ambiental, con el fin de mantener la armonía del proyecto con su entorno natural.

Por ello resulta importante el desarrollo de una Línea Base Ambiental que considere las siguientes áreas temáticas: Clima y Meteorología, Hidrología, Geología, Suelos, Ecología y Zonas de Vida, Fauna, Flora y Aspectos Socioeconómicos del ámbito de influencia del proyecto.

### **8.3.1. Ubicación Geográfica**

El proyecto se ubica en la región nor-oriental del Perú, en el distrito de Aramango, provincia de Bagua, departamento de Amazonas. La provincia de Bagua está situada a una altitud de 300- 600m sobre el nivel del mar, aproximadamente 360 km hacia el noreste de Chiclayo, por carretera, y a 155 km hacia el noroeste de Chachapoyas.

### **8.3.2. Área de Influencia del Proyecto**

El área de influencia fue determinada en base a aspectos climáticos, hidrológicos, geológicos, fisiográficos, de suelos, biológicos y socioeconómicos, que influyen sobre la zona de estudio.

Considerando el grado de interrelación que tendrá el proyecto con las distintas variables ambientales, el área de influencia se ha subdividido en dos áreas: directa e indirecta. Esta subdivisión permitirá una mayor comprensión y análisis de la situación ambiental en la zona.



**a). Área de Influencia Directa**

El área de influencia directa es aquel donde los impactos ambientales se darán en forma directa e inmediata, durante el proceso de construcción y operación del proyecto. Específicamente comprende el sector en donde se construirán las diversas obras del proyecto (Construcción de la bocatoma, el desarenador, la extensión del sistema de conducción, la cámara de carga, instalación de la casa de máquinas, del equipo, las diversas líneas de transmisión, etc.), así como los lugares en donde se instalará el campamento de obreros, almacenes, botaderos, entre otros.

**b). Área de Influencia Indirecta**

El área de Influencia Indirecta es una zona mayor que la anterior, en la que se han considerado diversos elementos y criterios, tal como la hidrografía, meteorología, la topografía de la región, la geología entre otros.

Esta área involucra al distrito de Aramango, en la provincia de Bagua, departamento de Amazonas; distrito donde para el 2003 según estimaciones de la oficina de estadísticas del Ministerio de Salud, existe una población de 18 566 personas, siendo para la provincia de Bagua en general unos 271 300 habitantes, para una superficie de 5,745.72 km<sup>2</sup>; es decir se cuenta con una densidad poblacional de 16.27 habitantes por km<sup>2</sup>.

La determinación de esta área permite obtener una mejor visión del ecosistema en donde se desarrolla el Proyecto, y determinar las posibles implicancias de tipo indirecto que se pudieran originar por la interacción del proyecto y el ambiente.

**Cuadro Nro. 2****Relación de distritos en el área de influencia**

<b>Provincia</b>	<b>Distrito</b>
Bagua	La Peca
	Aramango
	Copallín
	El Parco
	Imaza

**8.3.3. Clima**

El estudio del clima en el área de influencia del proyecto "Ampliación de la central Hidroeléctrica de El Muyo", tiene por finalidad conocer las características de sus principales elementos meteorológicos y de su influencia en el entorno.

El clima de Bagua es muy cálido, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada.

La media anual de temperatura máxima y mínima (periodo 1966-1980) es 31.7°C y 20.8°C, respectivamente. La precipitación media acumulada anual para el periodo 1966 - 1980 es 674.0 mm.

**8.3.4. Hidrología y Meteorología****a). Lluvia**

La estación pluviométrica más cercana al proyecto se encuentra ubicada en Chinganza, sobre la margen izquierda del río Marañón, aproximadamente a 16kms

aguas abajo de Muyo. Los registros existentes en esta estación corresponden a un periodo de 18 años (1965 a 1982). El análisis realizado en dichos registros indica un promedio anual de lluvia de 2400mm. Los 1772mm de lluvia registrados en 1982 indican que este fue un año más seco que uno promedio con un periodo de retorno de 1 de cada 10 años.

#### **b). Caudales Firmes**

Existe una estación hidrométrica en el río Muyo de la cual existen registros disponibles desde diciembre 1981 a mayo 1984. El área de captación en dicha estación es de 147.5km<sup>2</sup>.

#### **c). Caudales de Avenida**

Los siguientes son los resultados del modelo matemático definido en el "Estudio de la Hidrología del Perú" (Ref. 3) marzo 1983:

**Cuadro Nro. 3**

<b>PERIODO DE RETORNO</b>	<b>RIO MUYO (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>RIO MARAÑÓN (m<sup>3</sup>/s)</b>
(años)	(Bocatoma)	(Casa de Máquinas)
5	24	541
10	34	873
25	47	1314
50	57	1645
100	67	1977
1000	100	3082

### **8.3.5. Topografía**

El proyecto se encuentra ubicado sobre la margen derecha del río Muyo, el cual es un afluente del río Marañón. El área de captación recibe un alto volumen de lluvia, aproximadamente 1800mm, y se encuentra en una región de selva típica. El valle de Muyo, debajo del pueblo de Aramango, tiene flancos relativamente empinados, cubierto por pastos, aparte de plantaciones de plátanos, y árboles. El río Muyo tiene una pendiente natural de aproximadamente 4% y este potencial hidroeléctrico será explotado por el proyecto.

Existen diversos obstáculos naturales en la ruta del canal los cuales incluyen un cerro empinado, una quebrada lateral, gargantas profundamente cortadas y áreas de deslizamientos extensos. La tubería forzada sería llevada hacia abajo por un lomo y atraviesa un camino hacia el sitio de la casa de máquinas, la cual está ubicada encima del nivel de avenidas, sobre la margen derecha del río Marañón.

La topografía del departamento es muy variada, con una diversidad admirable de pisos ecológicos que presentan aproximadamente 21 zonas de vida.

Según la ONERN, en el departamento de Amazonas existen cuatro tipos de suelos: la parte baja que se extiende a lo largo del río Marañón constituyendo la zona de vida matorral desértico subtropical (md-S), cuya altitud oscila entre los 180 y 1450 msnm., esta área es con espesa vegetación y abundante recurso forestal, maderero principalmente y zona apropiada para la agricultura de productos tropicales y la ganadería; la zona de vida inmediata viene a ser el matorral desértico montano bajo subtropical (md-MBS), cuya altitud está comprendido entre los 1450 y 1950 m.s.n.m. zona apta para el desarrollo de la

agricultura con limitaciones topográficas y la existencia de disponibilidad de recurso hídrico.

La siguiente zona de vida es la estepa montano subtropical (e-MS), comprendido entre los 1950 y 3500 m.s.n.m. con vocación para el cultivo bajo riego de productos criofílicos; y finalmente está la zona de vida páramo húmedo subalpino subtropical (ph-SAS), cuya altitud oscila entre los 3500 y 4200 m.s.n.m. esta zona es apta para el desarrollo de la ganadería.

### **8.3.6. Geología y Geomorfología**

Morfológicamente la central Hidroeléctrica El Muyo se encuentra ubicada en la Cordillera Oriental, en un punto donde la cadena de montañas es interrumpida por el flujo del río Marañón hacia el noreste.

De acuerdo al Mapa Geológico del Perú, edición 1975, a escala 1:100,000, la Central Hidroeléctrica se encuentra dentro de la zona de sedimentos marinos y continentales de las eras Permiana y Carbonífera. Estos estratos, los cuales probablemente están compuestos de lodolitos, limolitos, piedra arenisca y conglomerados, han sufrido plegamientos durante el período Hercínico de actividad tectónica; el mapa indica un curso estructural regional NO por SE. Estos estratos dan paso a una formación más joven de la era Triásica, inmediatamente al noreste de Aramango, la que está limitada hacia el sudeste por una falla importante que corre del NO al SE, es decir paralela al curso regional.

Afloramientos de rocas sedimentarias disyuntadas han sido observados, a lo largo del camino a Aramango y en la vecindad del sitio de la cámara de carga. Las fotografías de superficie, tomadas durante la visita de campo, indican que son pocas las exposiciones naturales de roca pero existen trazos de un estrato con buzamiento leve expuesto en la

margen derecha del río Muyo, al lado opuesto del sitio propuesto para la ubicación del desarenador.

La pequeña escala y traslape limitado de las aerofotografías disponibles impidieron una evaluación completa de la totalidad de la geomorfología y de la estabilidad de pendientes del proyecto. Sin embargo, se ha podido confirmar que el proyecto de Ampliación de la central Hidroeléctrica de El Muyo esta situado dentro de un triángulo de cerros generalmente bajos y ligeramente redondeados, limitados por el oeste por el río Marañón y elevándose en forma empinada hacia el norte y sudeste de la zona.

Tanto el río Marañón como su afluente, el río Muyo, han sufrido una erosión gradual en respuesta al rebajamiento de su nivel base. Como consecuencia de esto, las laderas de los cerros, en su mayoría, tienen un perfil convexo, empinándose hacia el fondo del valle.

La erosión en la parte exterior de la curva de meandro ha causado localmente un exagerado talud vertical, lo cual ha resultado en laderas empinadas marginalmente estables, por ejemplo: en la margen izquierda del río Marañón; en el lado opuesto de su confluencia con el río Muyo; y en la margen derecha del río Muyo, a continuación de su confluencia con la quebrada Ispingo. Esta última ladera, la cual deberá ser atravesada por el canal, representa un deslizamiento de colluvium sobre basamento de roca poco profundo.

Mientras que las fotografías de superficie no muestran basamento de roca expuesto en el lomo adoptado para la ruta de la tubería forzada, este basamento de roca es visible a 50m. en el lado aguas arriba del lomo, en una excavación detrás de una vivienda al lado del camino. No existen indicios de basamento de roca expuesto en el sitio propuesto para la ubicación de la casa de máquinas.

### **8.3.7. Regiones Naturales**

En Amazonas el 81.5% del territorio es zona de selva y el 18.5% restante es sierra, correspondiente al espacio de transición de la cordillera andina hacia la llanura amazónica.

Los aspectos determinantes de la geomorfología del territorio son: el alineamiento estructural de los flancos oriental y occidental de los andes denominada cordillera, la depresión tectónica de los ríos Marañón, Utcubamba y Jucusbamba y la escorrentía hídrica que presentan ambas zonas.

Las montañas más elevadas alcanzan elevaciones cercanas a los 4200 m.s.n.m. mientras que la terraza más baja en su límite con el río Marañón, se ubica a una altitud de 180 m.s.n.m. en su desembocadura en el Amazonas.

Fisiográficamente se observan cuatro grandes paisajes. El primero está constituido por las montañas escarpadas de la cordillera frontera. El segundo presenta colina bajas, es decir, las elevaciones del relieve con formas suaves y redondeadas, siendo su continuidad topográfica cortada por quebradas pequeñas que se disectan. El otro paisaje, la parte baja, está conformado por colinas más bajas y finalmente una llanura aluvial a lo largo del río Marañón.

### **8.3.8. Fauna Silvestre**

La fauna de Amazonas es una mezcla de grupos restringidos a América del Sur, compartidos con Centro América y Norte América. La mayoría de las especies de la fauna amazónica son de amplia distribución en la cuenca. La fauna de la Selva oriental del Perú

es representativa, en términos cualitativos, de la fauna de otros bosques tropicales húmedos de América. Pero el número y la variedad de las especies son peculiares, debido a los ecosistemas montañosos y antrópicos que se encuentran en ella.

La mayor parte de la fauna silvestre de la región está constituida por invertebrados, incluyendo quizá dos millones de especies de insectos y un número mucho menor de vertebrados (unas 250 especies de mamíferos, 1,200 de aves y 300 especies de reptiles y batracios). Se ha estimado que hasta un 85 por ciento de las aves y un 82 por ciento de los mamíferos neotropicales serían endémicos de esta región.

Otra característica de la fauna es su gran diversidad, encontrándose extraordinarias cantidades de especies concentradas en reducidas superficies. Esta diversidad se ve acompañada generalmente de un reducido número de ejemplares de cada especie en una determinada región.

En general, los mamíferos son de pequeño tamaño en comparación con los que se encuentran en los trópicos húmedos de Asia o Africa. El animal de mayor tamaño es el tapir, que apenas alcanza a unos 300 kg de peso. Los pecaríes pesan de 20 a 30 kg y los venados de 16 a 21 kg. Igualmente, la biomasa de vertebrados terrestres es reducida, alcanzando de 10 a 30 kg/ha en promedio. El resto de la biomasa animal está constituido por invertebrados tales como ácaros, colémbolos del suelo, termitas y hormigas, y puede llegar a menos de 200 kg/ha (Fittkau y Klinge, 1973).

El catálogo de anfibios del Perú señala la existencia de 315 especies para el Perú, de las cuales 262 pertenecen a la Amazonía (Rodríguez et al, 1993). Dixon y Soini (1986) registraron, sólo para la región de Iquitos 140 especies de reptiles, constituyéndose en la región más biodiversa del mundo.



### **8.3.9. Flora Natural**

El catálogo de Angiospermas y Gimnospermas del Perú indica que en nuestro territorio existen 17,144 especies repartidas en 2458 géneros y 224 familias, de éstas, aproximadamente 7372 especies, es decir, el 43% de las plantas son Amazónicas (Brako y Zaruchi, 1993)

Aunque se reconoce que actualmente, la Amazonía Peruana es una de las regiones del planeta más ricas en diversidad vegetal, esta región permanece aún poco conocida florísticamente. Estudios detallados en diversas áreas han permitido reportar nuevos registros para la flora peruana y descubrir nuevas especies para la ciencia.

El departamento de Amazonas cuenta con una flora exuberante, útil para el aprovechamiento racional del hombre; así tenemos especies que se utilizan como productos alimenticios, plantas medicinales, pastos naturales, materiales de construcción para viviendas, entre las principales.

Las características ambientales determinan la presencia y desarrollo de diversas especies de flora; la presencia de una especie de flora en la zona de estudio está condicionada por factores ecológicos como también por la influencia directa del hombre, quien cada día ejerce mayor acción sobre la naturaleza.

### **8.3.10. Aspectos Socioeconómicos**

El análisis de los factores del medio socioeconómico y cultural en el área de influencia del Proyecto, tiene por objetivo, establecer las características actuales de la población, las cuales, podrían ser modificadas de forma positiva o negativa por la ejecución del Proyecto

**a) Características Sociales**

- POBLACION DEL DEPARTAMENTO DE AMAZONAS (al 30 de Junio del 2005):  
**450538**
- POBLACION DE LA PROVINCIA DE BAGUA ( al 30 de Junio DEL 2005): **102608**
- POBLACION DEL DISTRITO DE ARAMANGO (al 30 de junio del 2005): **15536**

**b) Población rural y PEA agraria**

La población del departamento de Amazonas es joven. Los menores de 25 años conforman el 59% de la población del departamento, predominando la población menor de 15 años, con 41%.

La población con edad de trabajar, 15 a 64 años representa el 54% de la población total del departamento, concentrándose la mayor proporción en los menores de 35 años.

Las personas de 65 años y más edad conforman el 5% de la población total de la región; en esta edad, el porcentaje de mujeres (5%) predomina con relación a la de los hombres (4%).

Los varones constituyen el 51% de la población y las mujeres el 49%.

INDICADORES DE POBLACIÓN PROYECTADA AL 2000		
INDICADOR	PAIS	AMAZONAS (por mil)
Población Total	23'946,800	406,060
Población Rural (%)	28.5	61.0
Población menores de 15 años (%)	35.4	44.5
Mujeres en edad fértil (15 a 49 años)	6'258,644	82,820
Hijos por mujer	3.4	5.0
Defunciones en menores de 1 año 1993	58.3	67.7
Fuente : Instituto Nacional de Estadística e Informática		

Según el III CENAGRO en Amazonas existe una Población Económicamente Activa de 63,866 habit., que representa una tasa de 55.9% (hombres 85.7% y mujeres 22.6%), la población ocupada en la agricultura, ganadería, caza y silvicultura representa el 89.7%.

### c) Educativos

La atención educativa rural en Amazonas sigue siendo un problema que aun no se ha podido coberturar en un 100% de la demanda, debido a dificultades de accesibilidad, dispersión de los centros poblados y la presencia de poblaciones rurales pequeñas. Las características geográficas de selva, ceja de selva y sierra, con sus particularidades étnicas culturales, dan lugar para que la asistencia a la escuela y la atención con un servicio educativo adecuado sea todavía una limitante para nuestra región. En el cuadro siguiente se aprecia de un total de 126,949 habitantes en edad escolar de 3 a 17 años, el 39% se ubica en la zona urbana y el 61% en la zona rural. En la zona rural existe mayor concentración en el nivel primario, con el 46% del total y caso contrario se da en el nivel secundario donde el 12% se concentra en la zona urbana. Con respecto a la concentración poblacional por nivel educativo, el 67% de la población se ubica en primaria, el 19% en secundaria y el 14% en el nivel inicial.

Cuadro Nro. 5

POBLACIÓN ESCOLAR					
NIVEL EDUCATIVO	TOTAL	URBANO		RURAL	
		N°	%	N°	%
INICIAL	17,797	7,739	6	10,058	8
PRIMARIA	84,590	26,121	21	58,469	46
SECUNDARIA	24,562	15,858	12	8,704	7

Fuente : Instituto Nacional de Estadística e Informática

Según el III CENAGRO 1994 el 82.7% de los productores agropecuarios individuales saben leer y escribir y el 15.4 % restante tiene la condición de analfabetos estando en desventaja para asimilar la capacitación en tecnologías y en un manejo empresarial de sus respectivas unidades productivas. De los productores que saben leer y escribir el 70.2% tienen algún año de educación primaria, el 11.5% estudiaron secundaria, el 2% cursaron superior no universitaria, el 0.8% superior universitaria y el 13% no tienen nivel de educación formal, reflejando bajos niveles educativos que se evidencian en su desempeño económico y en su calidad de vida.

#### **d) Características económicas**

La principal actividad económica de la región del proyecto es la agricultura, siendo el arroz (el cual se cultiva a gran escala) el cultivo más importante. Debido a la disponibilidad de tierras de cultivo y suministros de agua también se cultivan café, cacao, yuca y gran variedad de árboles frutales. Con la introducción de vacunas para el ganado, la producción de carne y de leche se convertirían en una actividad de importancia en el área, la cual tiene abundantes recursos naturales.

Existe una propuesta para irrigar a unas 3,000 hectáreas ubicadas en el lado sur del río Utcubamba; habiéndose ya iniciado los cortes de los canales necesarios. La conclusión de éste proyecto (Magunchal) ocasionará un incremento de población, comercio é industrias en el área, lo cual, a la vez, aumentaría la demanda de electricidad.

El comercio, el cual es la segunda actividad en importancia, también aumentaría al ser mejorados los principales caminos de acceso a la zona.

El procesamiento primario de productos es llevado a cabo en Bagua Grande donde existen molinos de arroz, y en Bagua Chica la actividad industrial, especialmente la agroindustrial, se encuentra impedida por la falta de un suministro de electricidad confiable y barata.

La actividad agropecuaria se encuentra muy dispersa en el departamento de Amazonas producto del clima imperante, la poca ayuda técnica y crediticia, la distancia a los principales mercados consumidores y sobre todo la difícil accesibilidad de las zonas productoras del departamento, cuyas vías de comunicación se vuelven prácticamente intransitable en épocas de lluvias. Es por esta situación que la mayor parte de la actividad agrícola se desarrolla bajo secano, con solo una cosecha al año a excepción de las provincias de Bagua y Utcubamba, donde un buen porcentaje de la actividad agrícola se desarrolla bajo riego, obteniéndose buenos rendimientos y realizándose hasta dos campañas al año.

#### **e) Principales productos de la región**

El departamento de Amazonas debido a su biodiversidad cuenta con un gran potencial agrícola y entre sus principales cultivos podemos mencionar al café (32,000 has), arroz (26,000 has), maíz amiláceo (15,000 has), frijol grano seco (12,000 has), maíz amarillo

duro (9,000 has), plátano (7,000 has), yuca (6,500 has), papa (5,000 has) y cacao (3,800 has) (La cantidad de hectáreas cosechadas pertenecen al año 2001).

En Amazonas el café es el cultivo permanente mas importante, cuya participación en el VBP agropecuario es del orden del 46% y representa el 24.37% del área total instalada a nivel nacional, constituyéndose en la tercera región cafetalera del país en importancia y la segunda en producción de café orgánico. La producción en los últimos seis años se ha incrementado debido a la creciente organización de los productores cafetaleros. El rendimiento promedio de este cultivo es del orden de 12 qq/ha, y casi el 90% de la producción es comercializada para el mercado externo.

Otro de los cultivos en importancia es el arroz cultivándose cerca de 26,000 has que involucra una producción aproximada de 150,000 TM, el rendimiento promedio que se obtiene en estos valle es de 6,000 kg/ha. Este cultivo cubre el 90% de la superficie bajo riego en Amazonas y casi el 80% de la producción es comercializada a la ciudad de Chiclayo como arroz cáscara. En los últimos años la producción se ha ido incrementando debido a favorables condiciones climáticas y comerciales.

En Amazonas se cultivan aproximadamente 5,000 has de papa con un rendimiento promedio de 12,000 kg/ha. La producción se comercializa en los mercado de Jaén, San Ignacio, Rioja, Moyobamba, Tarapoto y Yurimaguas.

La forma de comercialización de los principales productos agropecuarios en el departamento en términos generales tiene muchos problemas, especialmente en las provincias de Bongará, Chachapoyas, Rodríguez de Mendoza y Luya, donde la comercialización de los productos agrícolas la realizan comerciantes particulares que operan como acopiadores a nivel distrital e inclusive a nivel de anexo; estos comerciantes compran los productos directamente de los productores quienes se juntan los días domingos en ferias locales, ahí venden sus productos a la vez que compran lo

que necesitan. Una vez acopiados los productos son trasladados a Jaén, Rioja, Moyobamba, Chiclayo donde intermediarios obtienen mejores precios para los productos.

Generalmente el 85% de la producción de arroz en Amazonas es comercializada en arroz cáscara y traslada a las ciudades de Chiclayo y Lambayeque para su transformación, así mismo la producción cafetalera es comercializada por los agricultores como café pergamino siendo su destino los mercados internacionales en un 90% de la producción total.

Por otro lado la comercialización de los productos pecuarios, específicamente del ganado vacuno para carne, está sujeta a los intermediarios que valiéndose del poder económico y sus medios de transporte propios aprovechan para acaparar la producción. Esto tiene también su explicación en el hecho de la poca capacidad adquisitiva de los "lugareños" y lógicamente los mejores precios que se obtienen en los mercados de la costa.

#### **8.4. IDENTIFICACION Y EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES**

La identificación y la evaluación de los impactos ambientales que se puedan presentar durante la realización del Proyecto "Ampliación de la Central Hidroeléctrica de El Muyo" es parte fundamental en lo que se refiere a Impacto Ambiental ya que nos permitirá diseñar los instrumentos necesarios para la conservación y protección del medio ambiente.

Por ello, en el presente capítulo se ha realizado un análisis de las posibles implicancias ambientales que pudieran generarse en el área de influencia del proyecto, como consecuencia de las actividades y obras que se ejecutarán en la etapa de ejecución del proyecto. Este análisis se ha desarrollado considerando la naturaleza del proyecto, el conocimiento de los diferentes componentes ambientales y las relaciones que se establecen entre el proyecto y su entorno.

#### **8.4.1. Problemas Ambientales Identificados**

**A. PROBLEMA AMBIENTAL:** *Durante el traslado y almacenaje temporal de los equipos y la cimentación de segunda fase e instalación de los diversos sistemas, se puede afectar la calidad del agua superficial y subterránea.*

##### **Causas del Problema**

- La falta de conciencia ambiental de los trabajadores de la obra, podrían generar la contaminación de las aguas superficiales, a través del lavado del equipo y materiales de construcción, derrames accidentales de lubricantes y aceites, disposición inadecuada de materiales excedentes, etc.
- El alto nivel freático del agua subterránea en esta zona.

##### **Medidas de Mitigación**

- Se debe instruir a los obreros, sobre la manera adecuada de maniobrar los equipos y maquinarias, así como la correcta manipulación de las sustancias peligrosas (aceites, lubricantes, entre otras).
- No se debe permitir que se realicen lavados de maquinarias y vehículos sobre las aguas del río, u otro curso de agua.

**B. PROBLEMA AMBIENTAL:** *Durante la explotación de los materiales se puede desestabilizar los depósitos de alguna de las partes altas, que podrían caer ocasionando accidentes y cerrando el camino de acceso existente.*



### **Causas del Problema**

- La falta de un plan de explotación adecuado a las condiciones morfológicas de la zona.

### **Medidas de Mitigación**

- Se debe instruir a los obreros sobre la adecuada forma de realizar la explotación, evitando los cortes de grandes alturas (superiores a 3 m) que puedan desestabilizar los taludes, recomendándose la extracción por banquetas. Las pendientes estarán de acuerdo con las características del material.
- Señalizar adecuadamente los frentes de trabajo, para evitar el ingreso de personas ajenas a la construcción.

### ***C. PROBLEMA AMBIENTAL: Riesgo de ocurrencia de accidentes laborales, sobretudo durante el uso de explosivos.***

#### **Causas Del Problema**

- Falta de capacitación sobre aspectos concernientes a la seguridad y evaluación de riesgos en el trabajo, especialmente en el uso de explosivos. Así también, el personal tendrá una mayor exposición si no dispone y utiliza los respectivos instrumentos e indumentaria de protección.

#### **Medidas de Mitigación**

- Se establecerán cuadrillas de seguridad para garantizar que no ingresen personas al área de influencia de las voladuras, considerando que en el entorno del lugar se ubica algún camino de acceso.

- Establecer la correspondiente señalización de seguridad correspondiente.

***D. PROBLEMA AMBIENTAL: Desbroce y limpieza de la zona donde se almacenará temporalmente las cajas de los equipos y herramientas.***

#### **Causas del Problema**

- La realización de las obras en la margen del río Muyo requiere de un acceso temporal, que permita el transporte de los equipos y materiales desde el lugar de almacenamiento del material hasta el lugar en que se está realizando la ampliación. Este acceso será de tipo carrozable.

#### **Medidas de Mitigación**

- La remoción de especies herbáceas y matorrales o arbustos se efectuará con anterioridad al inicio de los trabajos.
- No deberá talarse ningún árbol fuera de las zonas de trabajo indicadas en los planos.
- Por ningún motivo el volumen de material obtenido en esta labor se dispondrá en lugares donde se interrumpan caminos o zonas utilizadas por la población.
- El área de acopio debe ser aprobada por la Supervisión Ambiental.

***E. PROBLEMA AMBIENTAL: Existe la posibilidad de accidentes, tales como caídas, maniobras inadecuadas y otros percances que puedan ocurrir durante la realización de las obras.***

**Causas del Problema**

- Falta de consideraciones mínimas de seguridad durante las labores constructivas.

**Medidas de Mitigación**

- Capacitación a los profesionales y técnicos de la empresa contratista. Esta capacitación se orientará a los fundamentos de salud y seguridad ocupacional.
- Cercar el área de trabajo y no permitir el acceso a personal no autorizado.
- El Contratista tiene la responsabilidad de establecer un servicio médico, con su respectivo botiquín de primeros auxilios.

***F. PROBLEMA AMBIENTAL: Probable afectación de la flora y fauna local.*****Causas del Problema**

- Las actividades constructivas (excavaciones, demoliciones, voladuras, movimiento de tierras, etc.), así como la mayor presencia de trabajadores puede afectar a la fauna local.
- En cuanto a la flora local, esta puede ser afectada por el desbroce y limpieza de las áreas en donde se construirán las instalaciones temporales, caminos de acceso y en donde se colocará las tuberías de desvío provisional.

**Medidas de Mitigación**

- La cobertura vegetal retirada de las zonas que serán ocupadas temporalmente, se conservará para su posterior uso en la restauración de dichas áreas.
- Todas las áreas afectadas serán restauradas a su condición original.
- Se exigirá el uso de silenciadores para aminorar la emisión de ruidos que puedan

espantar a la fauna.

- Se prohibirá la caza y el tráfico de animales (vivos, embalsamados o pieles).
- El contratista debe efectuar la concientización de los trabajadores, colocando letreros y señales que los motiven a conservar el ambiente.

***G. PROBLEMA AMBIENTAL: Posible contaminación de los suelos y el agua durante la instalación y el funcionamiento del campamento de obreros.***

**Causas del Problema**

- Derrames accidentales de cemento, grasas y aceites en los campamentos y talleres.
- Inadecuada disposición del material excedente y de los residuos sólidos domésticos generados por los trabajadores.

**Medidas de Mitigación**

- Se dotará al campamento de un sistema de tratamiento de aguas residuales (pozos sépticos o silos artesanales). Su construcción debe incluir la impermeabilización de las paredes laterales y del fondo de los mismos, usando membranas impermeabilizantes, cemento y/o mezcla bituminosa.
- Se dispondrá de un sistema de limpieza, que incluya recipientes para residuos sólidos domésticos (basura) en número suficiente, su recojo sistemático y su traslado a un relleno sanitario.

**8.4.2. Lista de Categorías Ambientales**

Se incluye esta metodología de identificación de problemas ambientales, utilizada por el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo e instituciones científicas como el

Batelle Institute, la misma que ha sido adaptada a la realidad ambiental del proyecto.

Caracteriza a esta lista de categorías la globalidad de su enfoque, que permite interrelacionar todos los aspectos de interés referidos al proyecto con los componentes del medio ambiente.

### **Lista de Categorías Ambientales**

**Cuadro Nro. 6**

<b>Categoría I</b>	Clima y Calidad de Aire
<b>Categoría II</b>	Geología y Geomorfología
<b>Categoría III</b>	Recursos Hídricos y Calidad del Agua
<b>Categoría IV</b>	Suelos y Capacidad de Uso de las Tierras
<b>Categoría V</b>	Ecosistemas y Ecología
<b>Categoría VI</b>	Áreas de Sensibilidad Ambiental
<b>Categoría VII</b>	Ruidos y Vibraciones
<b>Categoría VIII</b>	Calidad Visual
<b>Categoría IX</b>	Salud y Enfermedades
<b>Categoría X</b>	Aspectos Socioeconómicos, Culturales y Arqueológicos

#### **Categoría I: Clima y Calidad de Aire**

##### **a) Precipitación / Humedad**

¿Los niveles de precipitaciones tendrían efectos sobre las obras de ampliación propuestas?

En esta zona la ocurrencia de precipitaciones es moderadamente intensa debido a su proximidad a la cuenca del gran marañón. Los deslizamientos que se puedan presentar tienen relación con los periodos de lluvias. Los materiales arrastrados durante estos eventos están conformados por gravas y bloques sub redondeados en matriz areno arcillosa que proviene de la parte alta y media de las sub cuencas que aporta el río Muyo.

Las obras han sido diseñadas teniendo en cuenta estas características climáticas, por eso se debe mantener el cauce del río libre de obstáculos, diseñando un plan de eliminación de los residuos sólidos provenientes de las obras de ampliación.

**b) Calidad del Aire**

¿Se producirá la contaminación del aire por la presencia de maquinarias, equipos y/o vehículos durante la realización del proyecto? En caso afirmativo, ¿cómo será controlada?

Actualmente, no existen actividades que generen emisión de material particulado ni de gases en la zona de trabajo, lo que permite estimar que la calidad del aire no ha sufrido ninguna clase de afectación significativa.

La construcción de las obras proyectadas requerirá la presencia de maquinarias y vehículos que temporalmente descargarán gases al ambiente. Esta situación no constituirá un problema grave de contaminación del aire, toda vez que los trabajos se realizarán al aire libre y la concentración de los gases de combustión interna se disipará rápidamente.

Sin embargo, el Contratista tiene la obligación de trabajar con maquinarias, equipos y vehículos en buenas condiciones y con su respectiva tarjeta de control, así como de

darles el mantenimiento adecuado, a fin de atenuar las implicancias ambientales por la emisión de gases.

### **Categoría II: Geología y geomorfología - Derrumbes / deslizamientos**

¿Las actividades de construcción de las obras podrían originar problemas de inestabilidad de taludes?

Las obras existentes no han fallado por falta de capacidad de soporte de los suelos, los mismos que corresponden a una matriz areno-limosa compacta, que engloba a piedras y bloques. De la misma manera, la capacidad de soporte del terreno es adecuada para las cargas que serán inducidas al terreno durante el desarrollo de las obras.

### **Categoría III: Recursos hídricos y calidad del agua**

¿Las acciones relacionadas con el proyecto afectarán la calidad de los cuerpos de agua superficiales?

La inadecuada información y la falta de conciencia ambiental de los trabajadores de la obra, podrían generar la contaminación de las aguas superficiales, a través del lavado del equipo y materiales de construcción, derrames accidentales de aceites y lubricantes, disposición inadecuada de materiales excedentes, etc.

### **Categoría IV: Suelos y Capacidad de uso de las tierras - Contaminación**

¿Los métodos de eliminación de desechos (residuos domésticos, grasas y aceites lubricantes, entre otros) minimizan el riesgo de contaminación del suelo?

En el Plan de Manejo Ambiental se dará especial importancia a las medidas que se tienen que adoptar para evitar la contaminación, no solo de los suelos, sino también de los cuerpos de agua y aire, estando la Empresa Contratista en la obligación de cumplir con todas las medidas recomendadas.

### **Categoría V: Ecosistemas y Ecología**

¿Es probable que las especies de fauna sean afectadas por las acciones del proyecto?

En la zona donde se encuentra la Central Hidroeléctrica de El Muyo, la fauna es muy reducida debido a que la zona ya ha sido intervenida por el hombre, por lo que la fauna que probablemente existió en el lugar ha migrado, observándose esporádicamente algunos animales. Por otro lado, las obras son solo temporales, por lo que cualquier posible afectación a la fauna local no sería definitiva.

¿Las acciones propuestas afectarán áreas con vegetación silvestre?

La realización de las obras para la ampliación de la Central hidroeléctrica requiere de un acceso temporal, que permita el transporte de los equipos y materiales. Este acceso será de tipo carrozable, alcanzando una longitud aproximada de 700 m., para lo cual se eliminarán las hierbas y arbustos que se encuentren en la zona.



En el lugar donde se construirá el campamento de obreros y en los lugares donde se extraerá el material de construcción, también se realizará la remoción de la cobertura vegetal. Sin embargo, esto ocasionará sólo un impacto leve y temporal, por cuanto estas áreas serán restauradas y acondicionadas siguiendo las medidas recomendadas en el Plan de Manejo Ambiental, entre las que se considera la reposición de la cobertura vegetal al finalizar las obras.

#### **Categoría VI: Áreas de sensibilidad ambiental**

¿Qué tipo de fenómenos naturales predomina en la zona del proyecto?

Como se mencionó líneas arriba, los fenómenos naturales que priman en la zona donde desarrollarán las obras propuestas son las precipitaciones pluviales.

#### **Categoría VII: Ruidos y vibraciones**

¿Las vibraciones y los ruidos provocados por los trabajos a efectuarse generarán una perturbación significativa a la fauna o a los habitantes de las zonas colindantes a las obras?

El nivel de las acciones a ejecutarse en el proyecto no provocará vibraciones y/o ruidos significativos que puedan generar procesos de inestabilidad. De cualquier manera, los explosivos que se usarán, originarán ruidos y vibraciones cuyos efectos deben preverse.

**Categoría VIII: Calidad Visual**

¿La construcción de las obras afectará la calidad paisajística natural?

La realización de las obras se hará en la misma zona donde actualmente existe ya la Central Hidroeléctrica de El Muyo, por lo cual la afectación del paisaje natural no será significativa.

Durante la construcción del campamento de obreros y la explotación de materiales de construcción se afectará negativamente la calidad paisajística a consecuencia de movimiento de tierras, presencia de personal de obra, herramientas, perforaciones, remoción de cobertura vegetal, etc. Sin embargo, esta alteración del paisaje, no será definitiva pues al terminar las obras se reacondicionarán estas áreas para devolverlas a su estado original.

**Categoría IX: Salud y enfermedades**

¿Surgirán problemas de salud como consecuencia del proyecto?

No se prevé que aparezcan problemas de salud pública, debido a que las obras del proyecto no generarán la aparición de vectores patógenos portadores de enfermedades transmisibles.

¿Se someterá a los trabajadores contratados a un examen médico a fin de evitar la presencia de nuevas enfermedades?

A fin de evitar la transmisión de enfermedades infecto contagiosas, se ha previsto efectuar un control adecuado de la salud de todo el personal que sea admitido, en coordinación con las autoridades de salud en la zona.

#### **Categoría X: Aspectos socioeconómicos y culturales**

¿La construcción de las obras propuestas tendrá efectos adversos sobre las actividades agropecuarias, económicas o comerciales?

Por el contrario se generarán puestos de trabajo para los habitantes de poblados cercanos, en las labores que no requieran mano de obra calificada. En la etapa de operación, el funcionamiento normal de la Central Hidroeléctrica permitirá garantizar la generación de energía eléctrica para los poblados que se encuentran dentro del alcance del proyecto. Esto representará un impacto positivo, pues permitirá asegurar las actividades económicas en las zonas abastecidas por esta central hidroeléctrica ya ampliada.

¿La construcción de las obras causará el desplazamiento de personas y/o familias de una zona a otra?

La construcción de las obras no causará desplazamiento de personas y/o familias de una zona a otra, debido a que las obras de ampliación se realizan en las zonas donde actualmente se encuentra la Central Hidroeléctrica de El Muyo.

### **8.4.3. Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales**

Analizando los resultados obtenidos al utilizar las metodologías señaladas anteriormente, se han identificado los siguientes impactos ambientales:

#### **i. Expectativa de generación de empleo**

La ejecución del proyecto propiciará expectativas de empleo entre la población local. Al respecto, se estima que la población que habita en los centros poblados de los alrededores ofertarán su fuerza laboral para su utilización como mano de obra no especializada.

En ese sentido, a fin de no crear falsas expectativas entre la población, antes del inicio de las obras la empresa contratista dará a conocer los alcances y la demanda de personal requeridos para el proyecto.

#### **ii. Posibles conflictos con la población local**

Es pertinente prevenir en esta etapa las posibles implicancias sociales que pueden devenir entre el Contratista y los pobladores de la zona. Esta situación se puede presentar debido a que durante la construcción del proyecto algunas actividades pueden involucrar terrenos de propiedad privada, especialmente durante la instalación del campamento de obreros y la explotación de materiales de construcción.

Para prevenir conflictos con la población local, el Contratista debe llegar a acuerdos con los propietarios de los terrenos que serán utilizados durante la construcción del proyecto.

#### **iii. Generación de empleo**

En la ejecución del proyecto se requerirá la contratación de personal profesional, técnico y

obrero, por parte de la empresa contratista que llevará a cabo la obra. Esto representará una mejora en las condiciones de vida del personal contratado.

Además, la construcción del proyecto permitirá un incremento temporal en la venta de materiales de construcción (cemento, acero, etc.), combustibles y lubricantes, así como en el expendio de alimentos.

#### **iv. Probable afectación de la flora y fauna local**

Las actividades inherentes a la construcción del proyecto (excavaciones, demoliciones, voladuras, movimiento de tierras, etc.), así como la mayor presencia de trabajadores puede afectar a la fauna local. Sin embargo, esta alteración no será significativa por ser de carácter temporal; además, los trabajos se realizarán principalmente en zonas que ya han sido intervenidas por el hombre.

En cuanto a la flora local, esta puede ser afectada por el desbroce y limpieza de las áreas en donde se construirán las instalaciones temporales (campamento de obreros, oficinas, almacenes, etc.) caminos de acceso entre otros. En estas áreas se eliminará la cobertura herbácea y arbustiva, pero se respetarán todos los árboles que se encuentren en el lugar.

#### **v. Riesgo de accidentes laborales y de afectación de la salud del personal de obra**

Las labores constructivas pueden originar accidentes laborales si no se toman las consideraciones mínimas de seguridad. Por lo tanto, no se descarta la posibilidad de accidentes, tales como caídas, maniobras inadecuadas y otros percances que puedan ocurrir durante la construcción de las obras principales y complementarias.

Los profesionales, técnicos o trabajadores foráneos pueden transmitir o contraer algunas

enfermedades en su interrelación con la población local, si es que no se toman las medidas sanitarias y epidemiológicas adecuadas.

**vi. Posible contaminación de los suelos y del agua**

La probable afectación de la calidad de las aguas está referida principalmente a la inadecuada extracción de materiales de cantera de ríos y quebradas, utilización de fuentes de agua, derrames accidentales de cemento, grasas y aceites en los campamentos y talleres, así como por la inadecuada disposición del material excedente y de los residuos sólidos domésticos generados por los trabajadores.

La contaminación de los suelos podría ocurrir por el derrame de lubricantes, combustibles y grasas de los vehículos, maquinarias y equipos, vertidos accidentales o por la disposición inadecuada del material obtenido al efectuar la limpieza de alguna poza, así como de los escombros obtenidos durante la demolición de los tramos dañados. Esta situación se presentaría principalmente en la zona de las obras, patios de maquinas, canteras y botaderos. Cabe mencionar, que los lubricantes y grasas al derramarse sobre la superficie, no solo se quedan a nivel superficial sino que llegan a filtrarse al subsuelo.

Del mismo modo, durante el proceso de desmantelamiento de las instalaciones temporales, pueden quedar pisos de concreto, paredes (de madera u otro material), papeles, trozos de cartones, palos o posibles elementos contaminantes en los alrededores.

La falta de información o conciencia ambiental de los trabajadores puede incrementar las posibilidades de originar la contaminación de los suelos y del agua.

**vii. Normal funcionamiento de la Central Hidroeléctrica El Muyo**

Las obras de ampliación crearán condiciones adecuadas para la mejor operación de la central hidroeléctrica El Muyo. Esto representará un impacto positivo, pues permitirá

asegurar las actividades económicas en las zonas abastecidas de la energía proveniente de dicha Central Hidroeléctrica.

**viii. Riesgo de fallas por eventos naturales**

Una situación que puede afectar a las estructuras son las fuertes lluvias durante los meses de mayor incidencia, lo cual puede ocasionar la caída de aluviones o deslizamientos, en dicho caso el río Muyo podría descargar una cantidad significativa de material sólido en época de avenidas.

**8.5. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

Este plan está compuesto por varios programas, los mismos que deben ser desarrollados durante las distintas etapas del proyecto (planeamiento, construcción y operación), con el fin de conservar el ambiente y lograr una mayor vida útil de la infraestructura propuesta.

A continuación se indican los programas considerados:

**8.5.1. Programa de Medidas Preventivas y/o Correctivas**

Las medidas preventivas y/o correctivas se orientan principalmente a evitar que se originen impactos negativos y que a su vez causen otras alteraciones, las que en conjunto podrían afectar al ambiente de la zona en estudio.

Los objetivos del presente programa están referidos a evitar o mitigar los impactos ambientales negativos a niveles aceptables en el área de influencia del proyecto, establecer las consideraciones ambientales para la realización de los diversos trabajos y actividades que se desarrollarán en las etapas de construcción y operación, cuidar y proteger los recursos naturales, y evitar la generación de procesos naturales que afecten la estabilidad

de la infraestructura propuesta.

#### **8.5.2. Programa de Monitoreo Ambiental**

El Programa de Monitoreo Ambiental consiste en la evaluación periódica de los parámetros ambientales más significativos (calidad del aire, emisión de ruidos y calidad del agua) durante las etapas de construcción y operación del Proyecto "Ampliación de la Central hidroeléctrica El Muyo", con el fin de tomar decisiones orientadas a la conservación del ambiente.

Para el cumplimiento de estos objetivos, se ejecutarán acciones que permitan llevar adelante un adecuado control interno, así como la elaboración de informes periódicos sobre la situación ambiental del proyecto.

#### **8.5.3. Programa de Capacitación y Educación Ambiental**

Este programa está orientado principalmente a establecer lineamientos básicos referidos a la capacitación y educación ambiental durante la construcción y operación del proyecto. Comprende las actividades destinadas a la formación de conciencia ambiental en el personal de la empresa contratista, así como las actividades dedicadas a fomentar la participación de la población en la problemática ambiental.

#### **8.5.4. Programa de Manejo de Residuos**

El Programa de Manejo de Residuos tiene por objetivo minimizar cualquier impacto sobre el ambiente por un inadecuado manejo y/o disposición de los residuos que se generarán durante la construcción y operación del Proyecto "Ampliación de la Central hidroeléctrica El Muyo".



El Programa de Manejo de Residuos ha sido diseñado para lograr los siguientes objetivos: identificar y clasificar los residuos, minimizar la producción de residuos y seleccionar la alternativa apropiada para su tratamiento y/o eliminación.

#### **8.5.5. Programa de Contingencias**

El Programa de Contingencias permitirá contrarrestar y/o evitar los efectos generados por la ocurrencia de emergencias, ya sean eventos asociados a fenómenos naturales o causados por el hombre, los mismos que podrían ocurrir durante la construcción y operación del Proyecto "Ampliación de la Central Hidroeléctrica El Muyo".

Los objetivos del Programa de Contingencias son: establecer las medidas y/o acciones inmediatas a seguir en caso de desastres y/o siniestros, provocados por la naturaleza o por acciones del hombre, tales como accidentes laborales; minimizar y/o evitar los daños causados por desastres y siniestros, haciendo cumplir estrictamente los procedimientos técnicos y controles de seguridad; y, ejecutar las acciones de control y rescate durante y después de la ocurrencia de desastres.

#### **8.5.6. Programa de Cierre**

Siendo el Proyecto "Ampliación de la Central hidroeléctrica El Muyo", de gran importancia para la población del PSE Bagua - Jaén, por que garantiza la generación de energía eléctrica, no se prevé el abandono o cierre de operaciones de dicho proyecto.

#### **8.5.7. Programa de Inversiones**

En este programa se muestra la inversión necesaria para la implementación del Plan de Manejo Ambiental, señalando cuáles son las responsabilidades de cada una de las entidades comprometidas en la ejecución del proyecto. Finalmente, en el cuadro siguiente

se muestra el presupuesto Resumen del Programa de Inversiones, que considera los costos ambientales de todos los programas anteriormente señalados.

**Cuadro Nro. 6**  
**PRESUPUESTO RESUMEN**

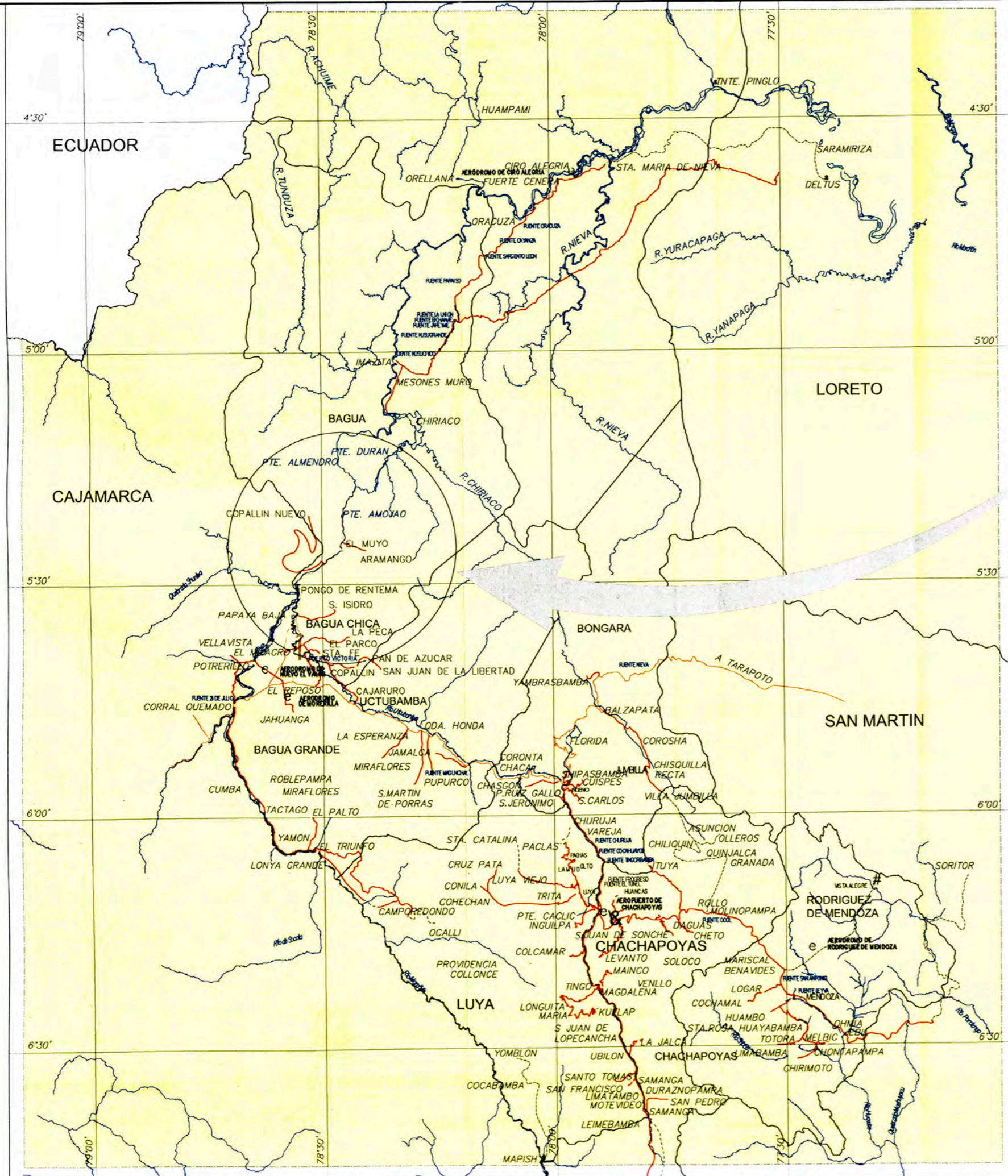
Proyecto: "Ampliación de la Central Hidroeléctrica El Muyo"		
Fecha: Abril 2004		
Concepto	Costo (S/.)	
	Contratista (*)	Municipio de Bagua y Jaén (**)
Presupuesto del Programa de Medidas Preventivas /o Correctivas	8000.00	-----
Presupuesto del Programa de Monitoreo Ambiental	6000.00	-----
Presupuesto del Programa de Capacitación Educación Ambiental	4000.00	3800.00
Presupuesto del Programa de Maneo de Residuos	4800.00	-----
Presupuesto del Programa de Contingencias	5500.00	-----
<b><u>Costo Total</u></b>	<b><u>28300.00</u></b>	<b><u>3800.00</u></b>

(\*) Durante la etapa de construcción (4 meses)

(\*\*) Durante el primer año de la etapa de operación

## **CAPÍTULO 9**

### **PLANOS Y LÁMINAS**



AMPLIACION DEL PROYECTO  
HIDROELECTRICO  
MUYO

LEYENDA

- LIMITE DE INTERNACIONAL
- LIMITE DEPARTAMENTAL
- LIMITE PROVINCIAL
- CARRETERAS ASFALTADAS
- - - CARRETERAS AFIRMADAS

0 1.25 2.5 3.75 5 6.25 Km

ESCALA GRAFICA  
1:125000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

AMPLIACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE MUYO 2.7MW

UBICACION DEL PROYECTO  
Y ACCESOS

DISEÑO: O. MARTINEZ	REVISION:	FECHA: NOV. - 2006	ESCALA: INDICADA	PLANO: LAMINA 1
------------------------	-----------	-----------------------	---------------------	--------------------

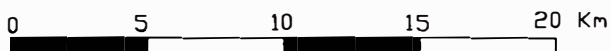
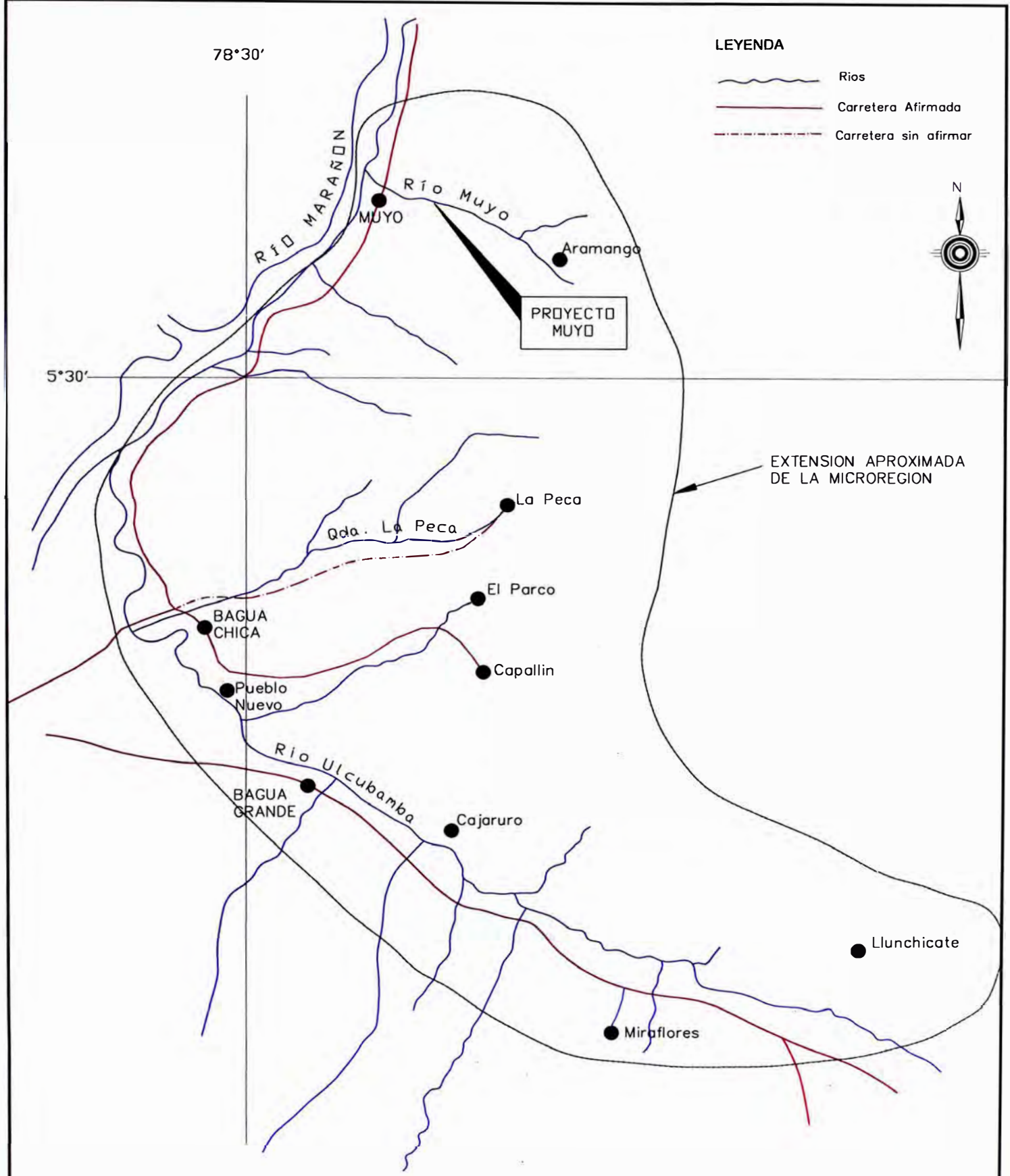
78°30'

LEYENDA

-  Rios
-  Carretera Afirmada
-  Carretera sin afirmar



5°30'

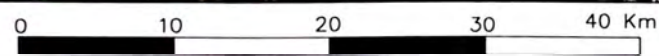
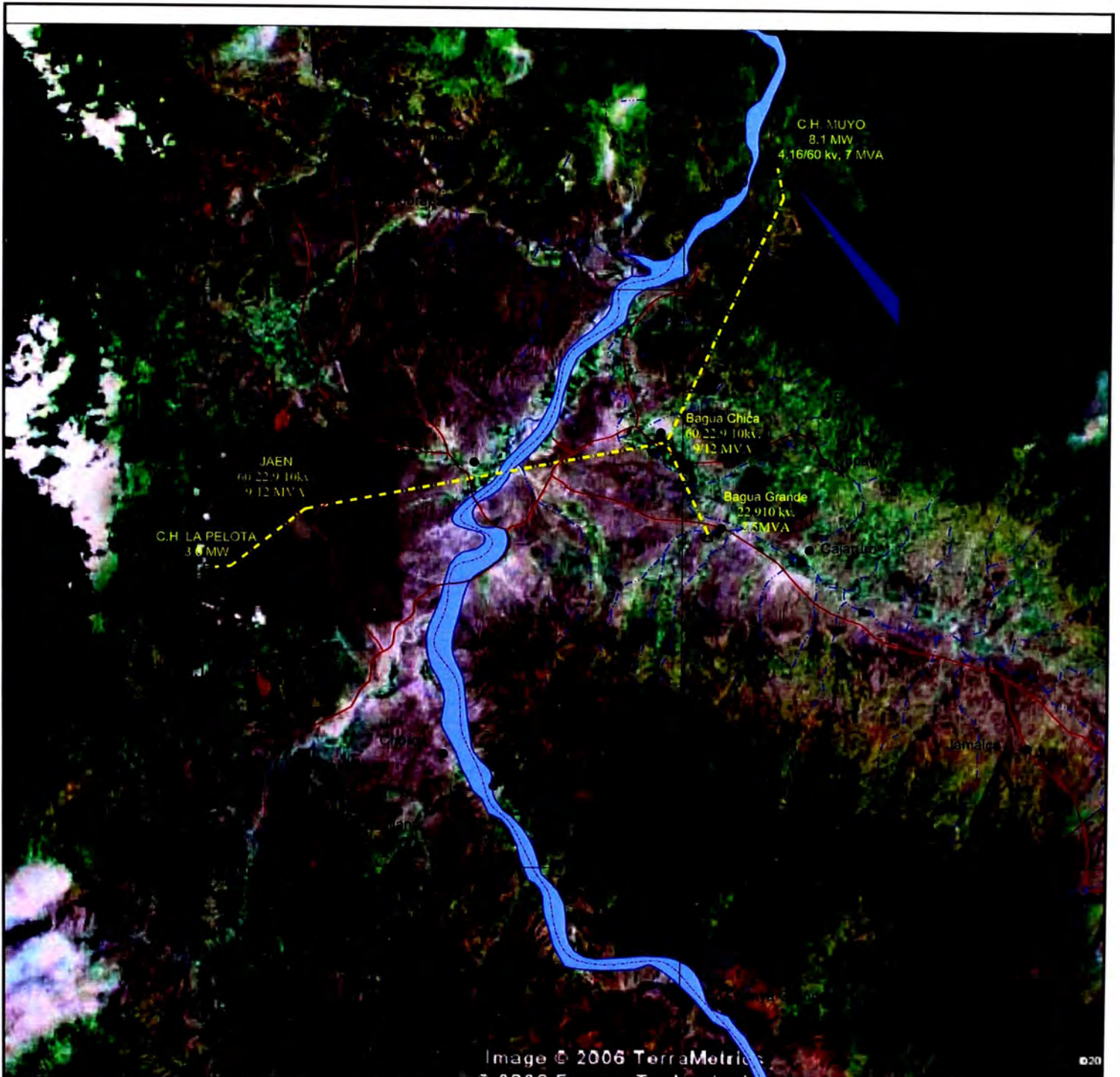


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

AMPLIACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE MUYO 2.7MW

ZONA DEL PROYECTO

DISEÑO: O.MARTINEZ	REVISION:	FECHA: NOV.2006	ESCALA: INDICADA	PLANO: LAMINA D1
-----------------------	-----------	--------------------	---------------------	---------------------



**LEYENDA**

- Pueblos
- Límite departamental
- Carreteras/Caminos
- Rios
- Línea de Transmisión 60kv
- ⊠ Central Hidroeléctrica
- ⊠ Sub estación

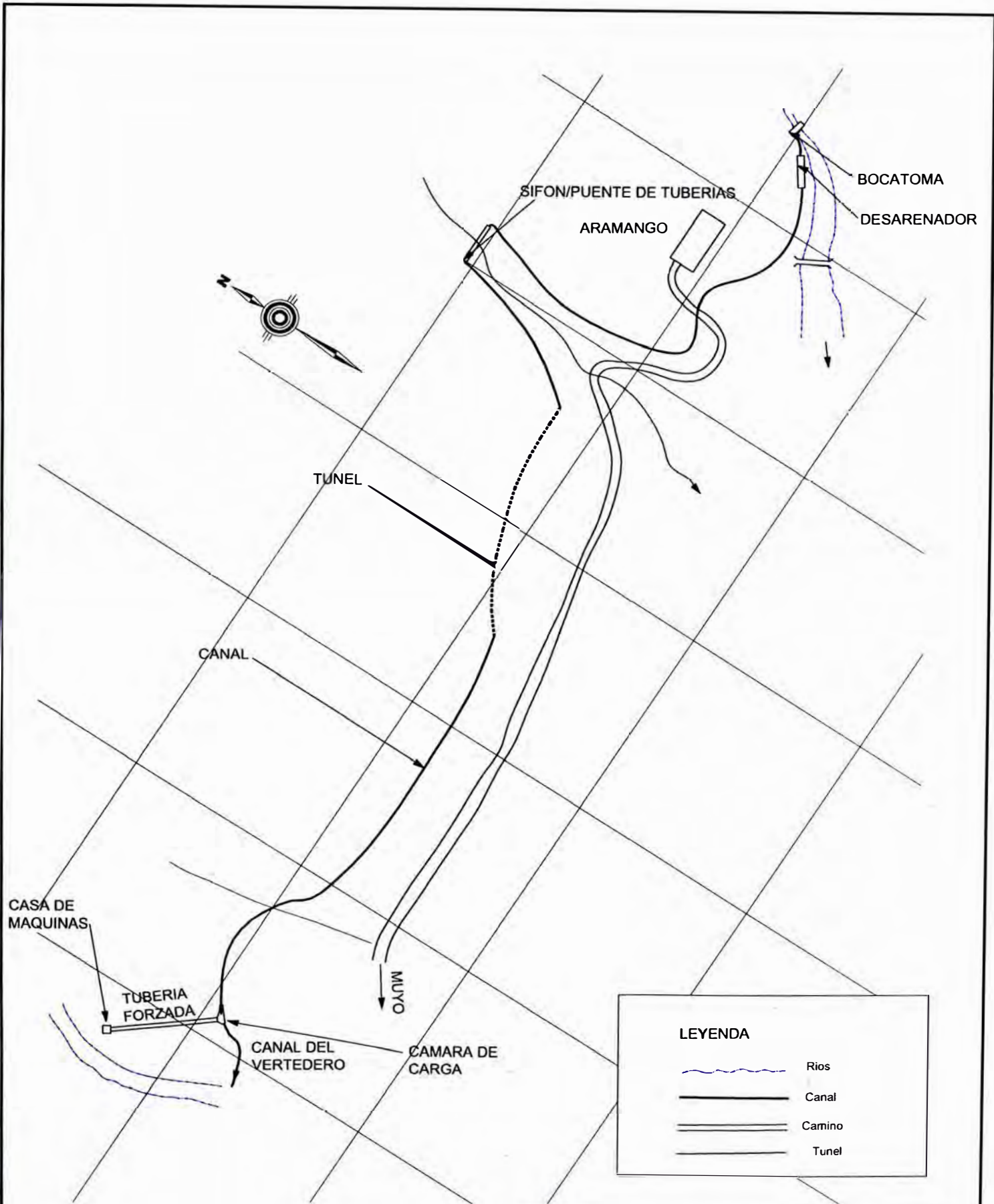


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**

AMPLIACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE MUYO 2.7MW

**UBICACION DEL PROYECTO**

DISEÑO: O.MARTINEZ	REVISION:	FECHA: NOV. - 2006	ESCALA: INDICADA	PLANO: LAMINA 2
-----------------------	-----------	-----------------------	---------------------	--------------------



ESCALA

**LEYENDA**

- Rios
- Canal
- Camino
- Tunel

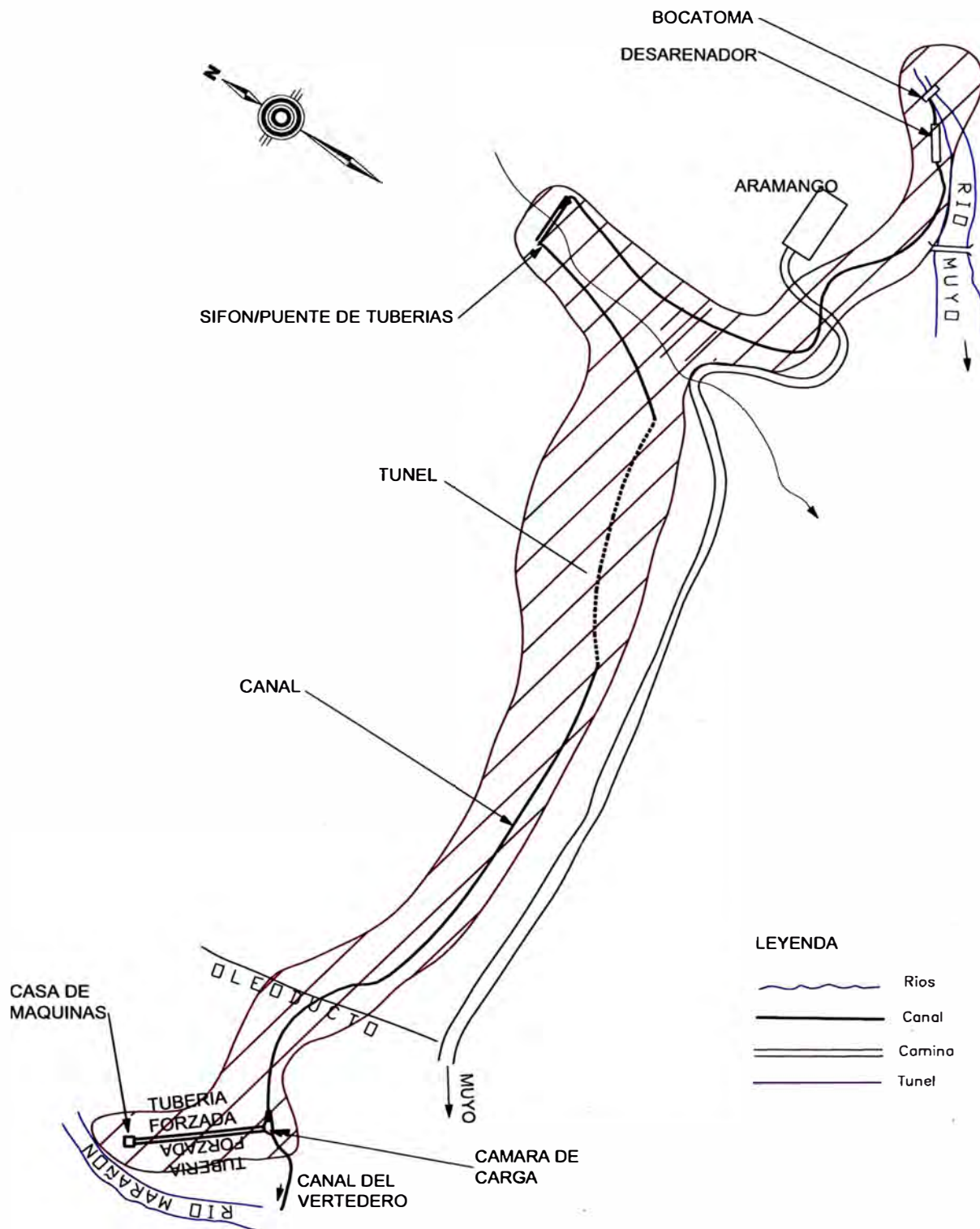


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**





**AMPLIACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE MUYO 2.7MW**

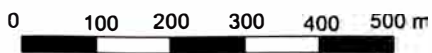
**DISPOSICION DEL PROYECTO**

DISEÑO: O.MARTINEZ	REVISION:	FECHA: NOV. - 2006	ESCALA: INDICADA	PLANO: <b>LAMINA 3</b>
-----------------------	-----------	-----------------------	---------------------	---------------------------



LEYENDA

-  Rios
-  Canal
-  Camina
-  Tunel



ESCALA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

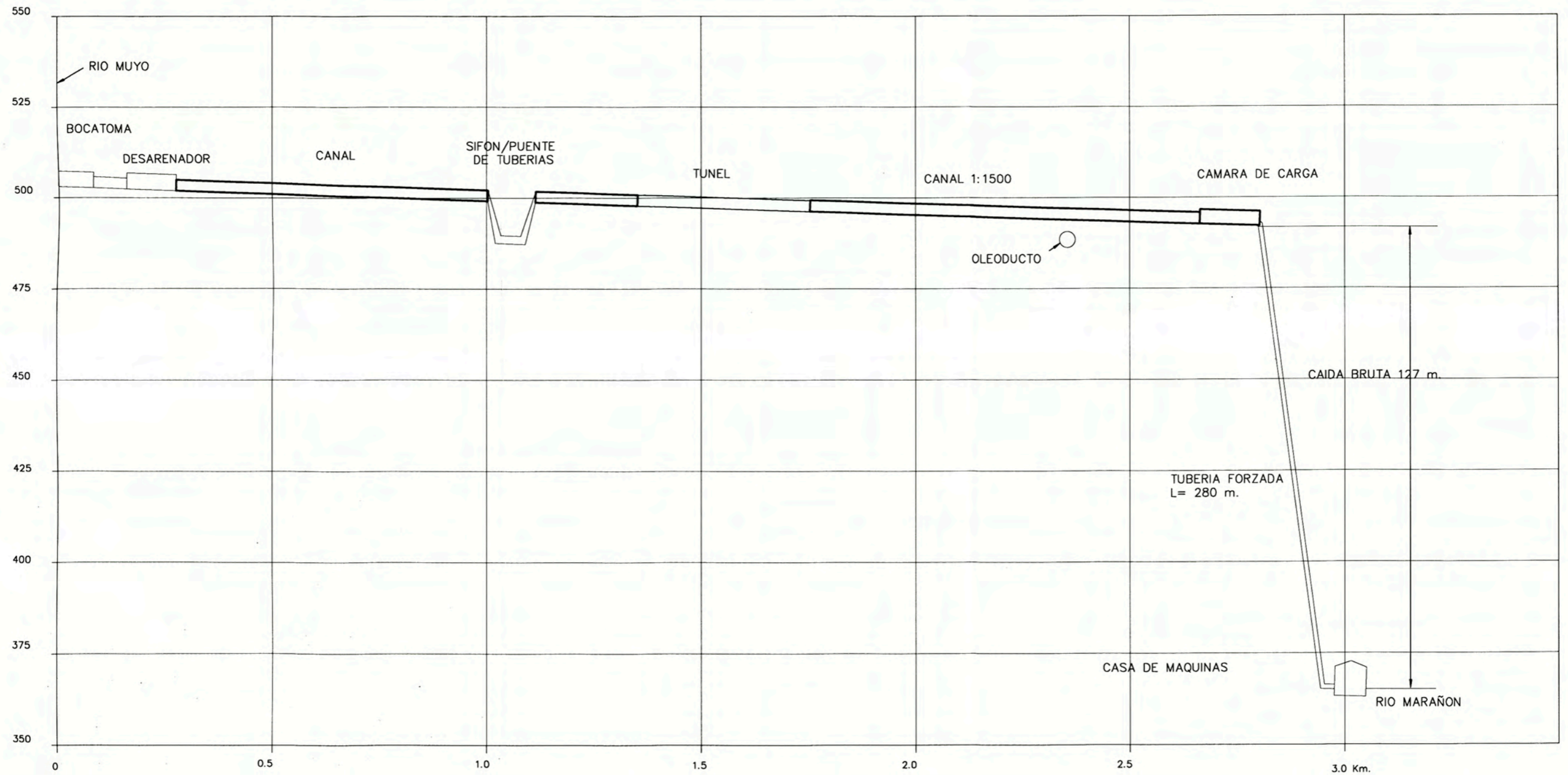
AMPLIACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE MUYO 2.7MW

NECESIDAD DE ESTUDIOS DE CAMPO

DISEÑO: O.M.C.H.	REVISION:	FECHA: ABRIL-2004	ESCALA: INDICADA	PLANO: LAMINA 4
---------------------	-----------	----------------------	---------------------	--------------------



ALTITUD (m)



0 200 400 600 800 1000m  
ESCALA GRAFICA  
1:20000

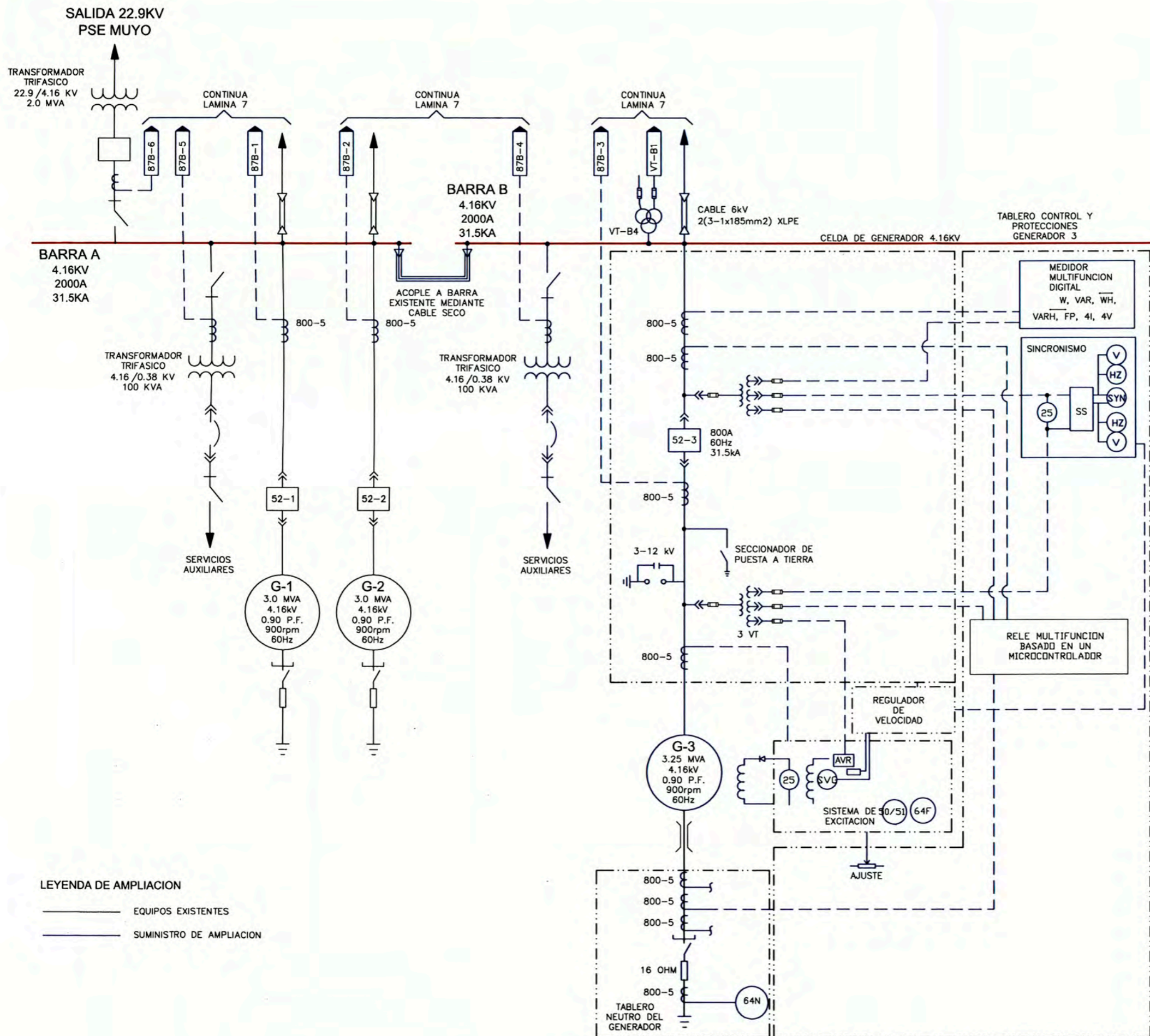


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

AMPLIACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE MUYO 2.7MW

ESQUEMA DEL PERFIL DEL PROYECTO

DISEÑO: O.M.C.H.	REVISION:	FECHA: ABRIL-2004	ESCALA: INDICADA	PLANO: LAMINA 5
---------------------	-----------	----------------------	---------------------	--------------------



**LEYENDA DE AMPLIACION**

- EQUIPOS EXISTENTES
- SUMINISTRO DE AMPLIACION

**LEYENDA**

21	PROTECCION DE DISTANCIA POR FASE
21N	PROTECCION DE DISTANCIA A TIERRA
24G	SOBRE EXCITACION
25	SINCRONISMO
27G	BAJO VOLTAJE
32R	POTENCIA INVERSA
40	PERDIDA DE CAMPO
46G	SOBRECORRIENTE SECUENCIA FASE NEGATIVO
49	TENSION SECUENCIA DE FASE
50	SOBRECORRIENTE INSTANTANEA
51	SOBRECORRIENTE TEMPORIZADO POR FASE
51N	SOBRECORRIENTE TEMPORIZADO A TIERRA
51V	SOBRECORRIENTE TEMPORIZADO CON TENSION CONTROLADA
59G	SOBRETENSION
60	RELE DE BALANCE DE VOLTAJE
64GR	FALLA DE TIERRA DEL ROTOR
64GN	FALLA A TIERRA DE ESTATOR
67N	SOBRECORRIENTE DE FALLA A TIERRA DIRECCIONAL
79	AUTO RECIERRE
81	PROTECCION DE FRECUENCIA
87B	PROTECCION DIFERENCIAL DE BARRA
87G	PROTECCION DIFERENCIAL DE GENERADOR
87N	PROTECCION DE FALLA A TIERRA RESTRINGIDA

**LEYENDA**

- 52 INTERRUPTOR TIPO EXTRAIBLE
- TRANSFORMADORES DE CORRIENTE
- TRANSFORMADORES DE VOLTAJE
- CONDENSADOR ESTATICO

**NOTAS:**

- 1.-EL RELE MULTIFUNCION DEBERA TENER LOS SIGUIENTES EQUIPOS COMO MINIMO:
- |        |      |        |
|--------|------|--------|
| 24G    | 27G  | 81     |
| 27/59  | 59G  | 87G    |
| 32R    | 32G  | 40G    |
| 46     | 64GR | 60FL   |
| 49G    | 67N  | 67P    |
| 50/51G | 74TC | 51/27G |



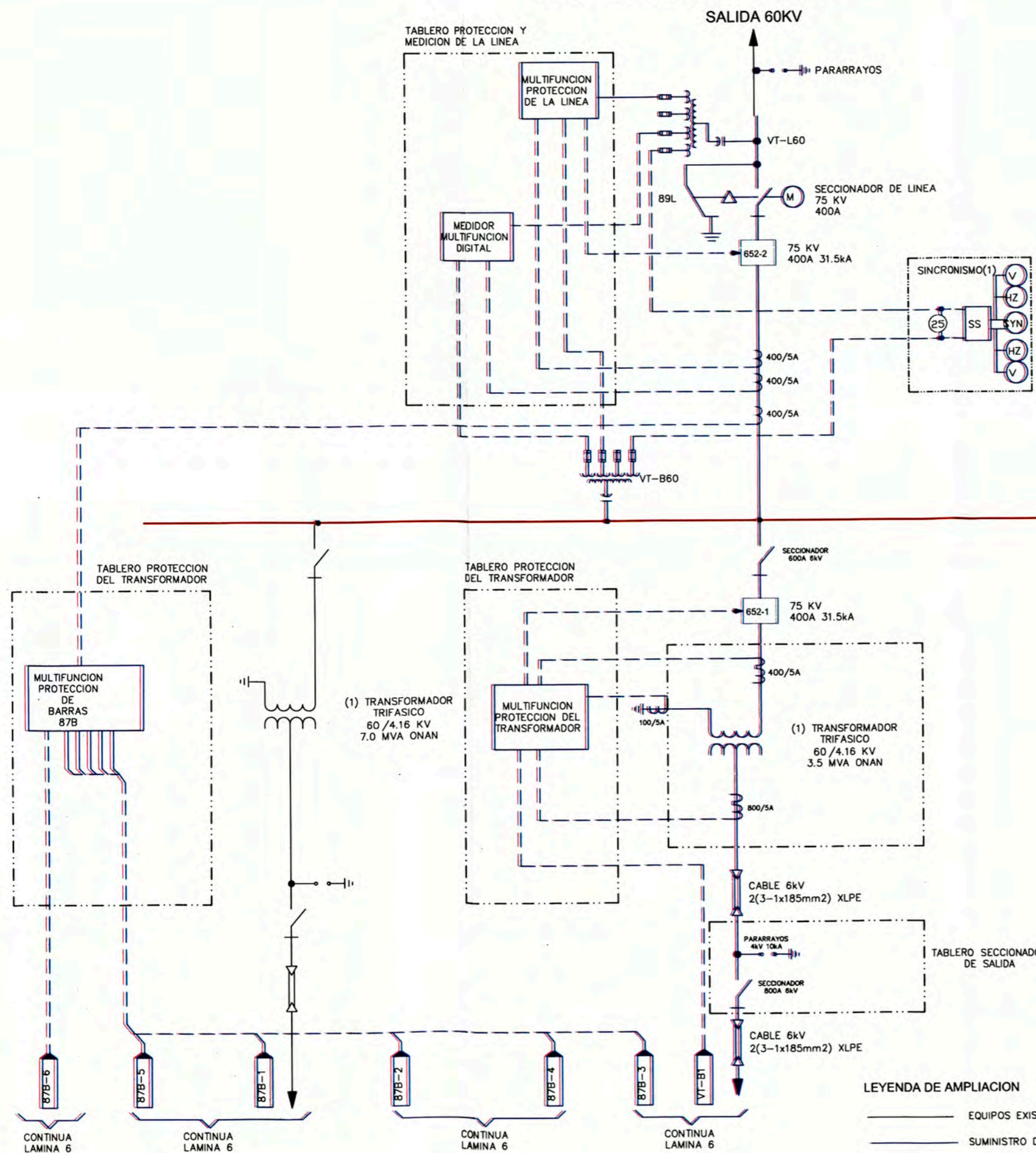
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**

AMPLIACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE MUYO 2.7MW

**CASA DE MAQUINAS  
DIAGRAMA UNIFILIAR**

DISEÑO:	REVISION:	FECHA:	ESCALA:	PLANO:
O.MARTINEZ		NOV.2006	INDICADA	LAMINA 6

# DIAGRAMA UNIFILIAR - SE MUJO



RELES DE PROTECCION DE LA SUBESTACION	
MULTIFUNCION PROTECCION DE LA LINEA	
21	PROTECCION DE DISTANCIA POR FASE
21N	PROTECCION DE DISTANCIA A TIERRA
51	SOBRECORRIENTE DE FASE A TIEMPO INVERSO
51G	SOBRECORRIENTE DE TIERRA A TIEMPO INVERSO
51N	SOBRECORRIENTE RESIDUAL A TIEMPO INVERSO
59G	SOBRETENSION DE TIERRA
79	RECIERRE
25	SINCRONISMO
MULTIFUNCION PROTECCION DEL TRANSFORMADOR	
27	SUBTENSION DE FASE
46	SOBRECORRIENTE DE SECUENCIA NEGATIVA
50	SOBRECORRIENTE INSTANTANEA
50N	SOBRECORRIENTE RESIDUAL INSTANTANEO
810/U	SOBRE/SUBFRECUENCIA
87G	DIFERENCIAL DE TIERRA
87T	DIFERENCIAL DE TRANSFORMADOR DE FASE
87H	DIFERENCIAL INSTANTANEO SUPERIOR

- LEYENDA
- 52 INTERRUPTOR TIPO EXTRAIBLE
  - TRANSFORMADORES DE CORRIENTE
  - TRANSFORMADORES DE VOLTAJE

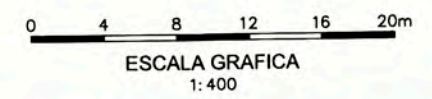
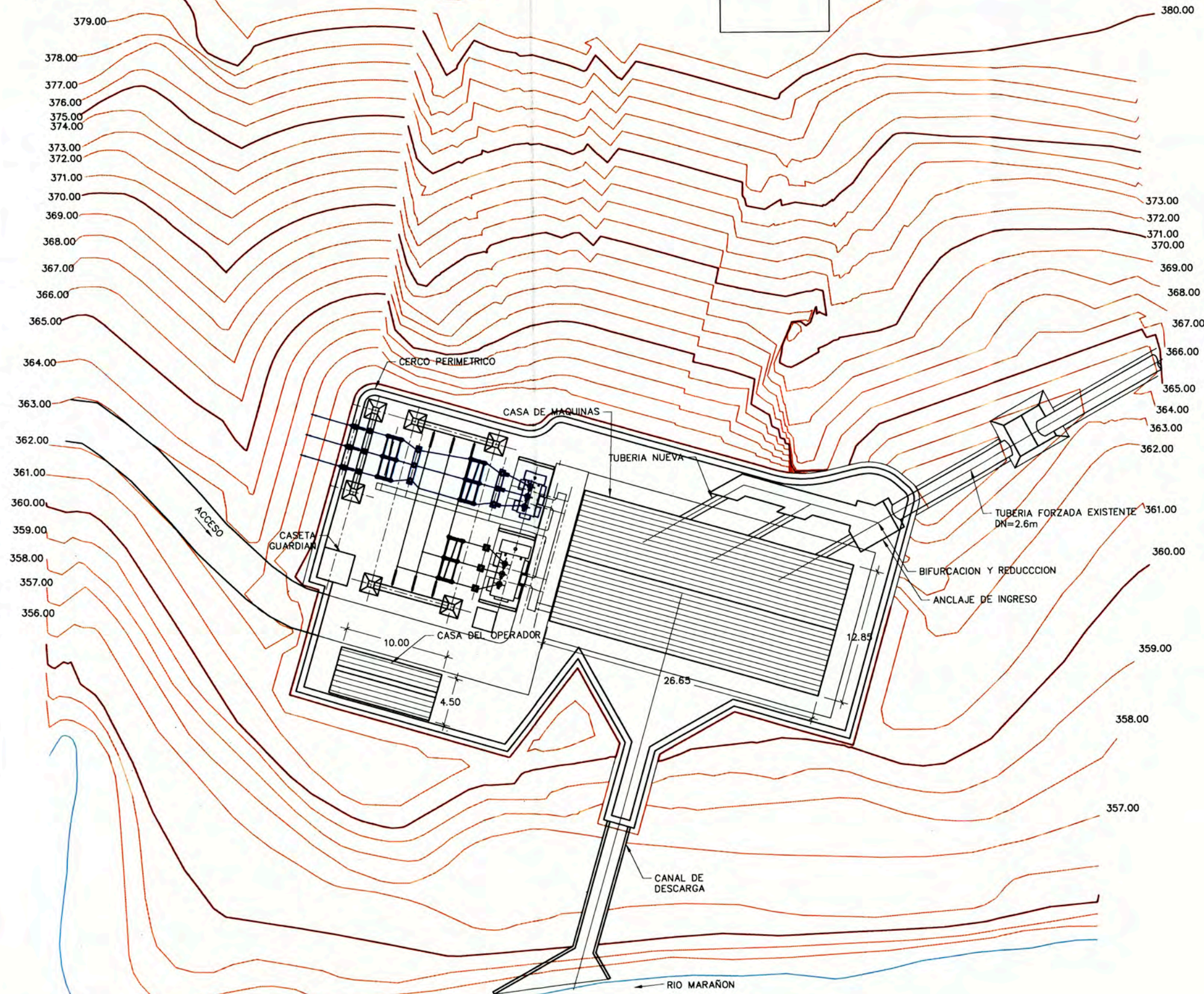
NOTAS:  
 (1): EL SINCRONISMO EN ALTA ESTA CONSIDERADO PARA AMPLIACION FUTURA DE INTERCONEXION CON EL SISTEMA SINAC, ESTE PERMITIRA PONER EN PARALELO AN ALTA SIN PERDER EL SUMINISTRO DE LA RED EN 22.9KV.


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**

AMPLIACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE MUJO 2.7MW

SUB ESTACION DE SALIDA  
 DIAGRAMA UNIFILIAR

DISEÑO: O.MARTINEZ	REVISION:	FECHA: NOV.2006	ESCALA: INDICADA	PLANO: LAMINA 7
-----------------------	-----------	--------------------	---------------------	--------------------

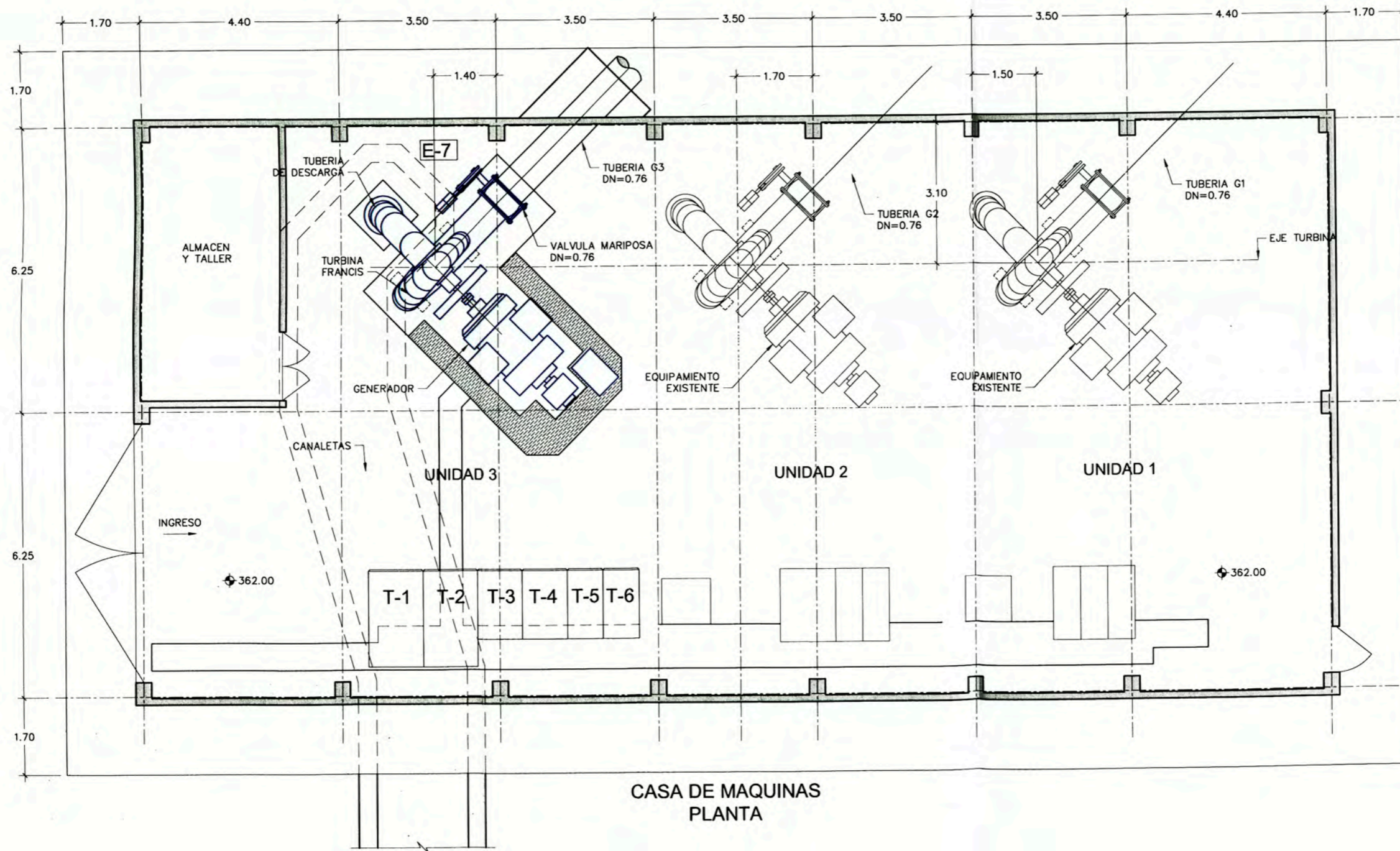


 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

AMPLIACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE MUYO 2.7MW

CASA DE MAQUINAS  
UBICACION

DISEÑO: O.MARTINEZ	REVISION:	FECHA: NOV.-2006	ESCALA: INDICADA	PLANO: LAMINA 8
-----------------------	-----------	---------------------	---------------------	--------------------



CASA DE MAQUINAS  
PLANTA

TABLEROS:

- T-1 TABLERO SECCIONADOR DE SALIDA
- T-2 CELDA DEL GENERADOR 4.16KV
- T-3 TABLERO DE CONTROL Y PROTECCION DEL GENERADOR
- T-4 TABLERO DE PROTECCION DEL TRANSFORMADOR
- T-5 TABLERO DE PROTECCION Y MEDICION DE LINEA
- T-6 TABLERO DE SERVICIOS AUXILIARES
- E-7 UNIDAD HIDRAULICA DE PODER (UHP)

0 1 2 3 4 5m  
ESCALA GRAFICA  
1:100

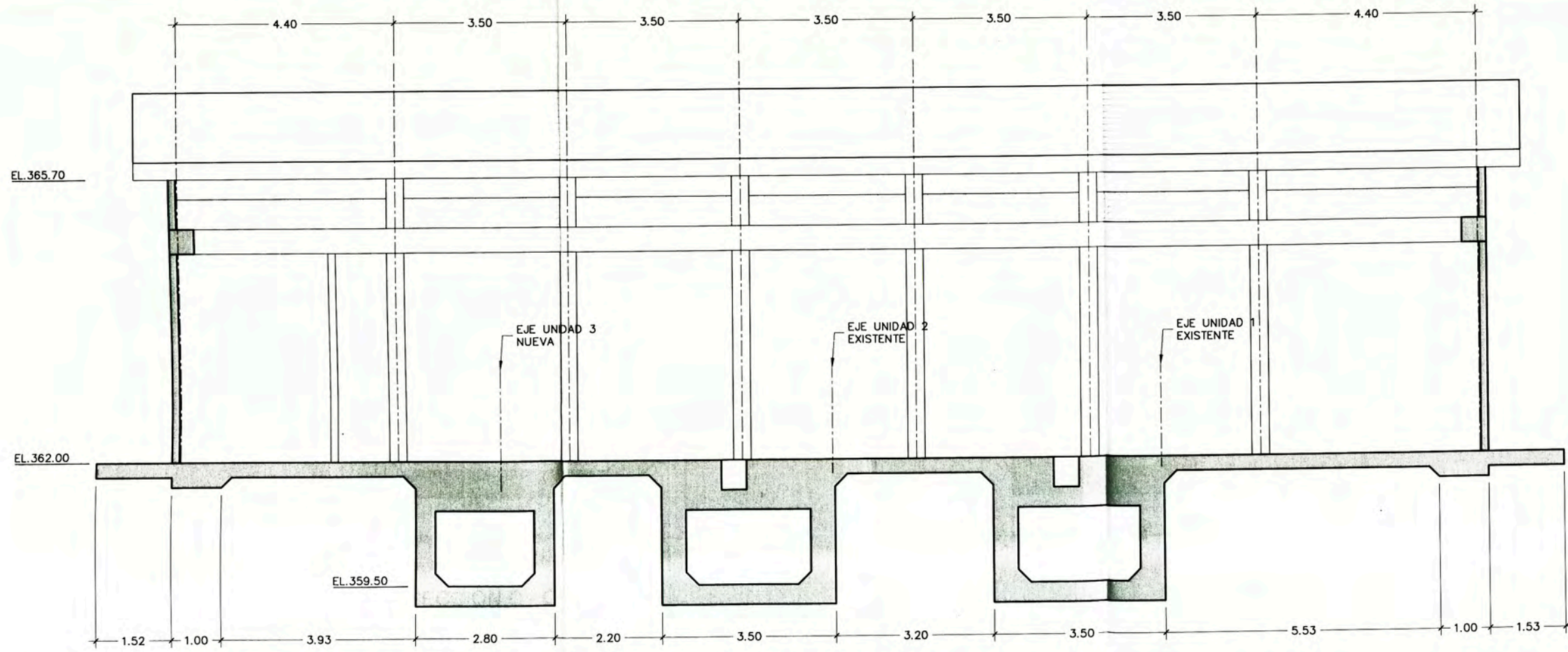


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

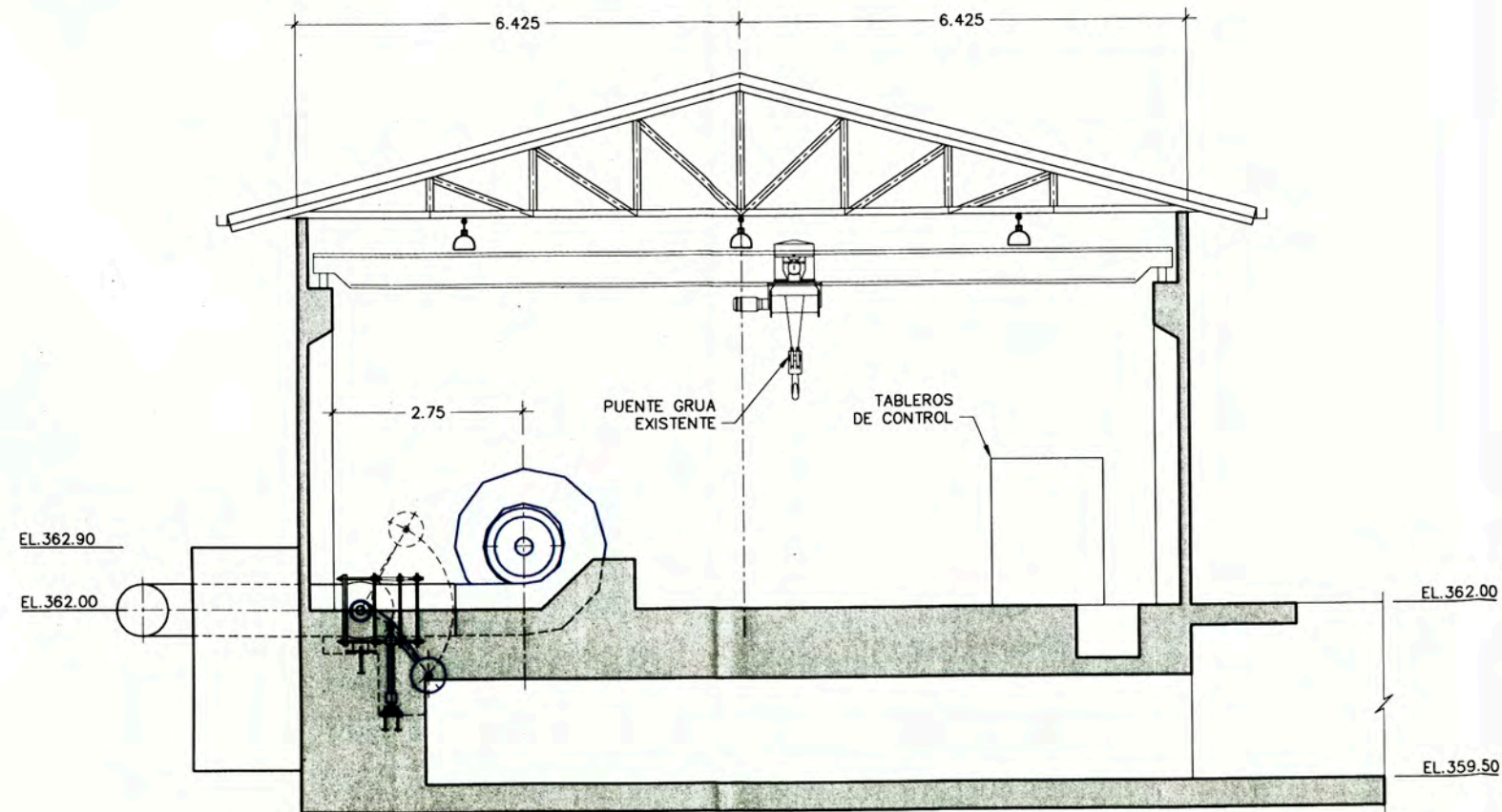
AMPLIACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE MUÑOZ 2.7MW

CASA DE MAQUINAS  
PLANTA

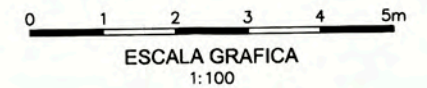
DISEÑO: O.MARTINEZ	REVISION:	FECHA: NOV.-2006	ESCALA: INDICADA	PLANO: LAMINA 9
-----------------------	-----------	---------------------	---------------------	--------------------




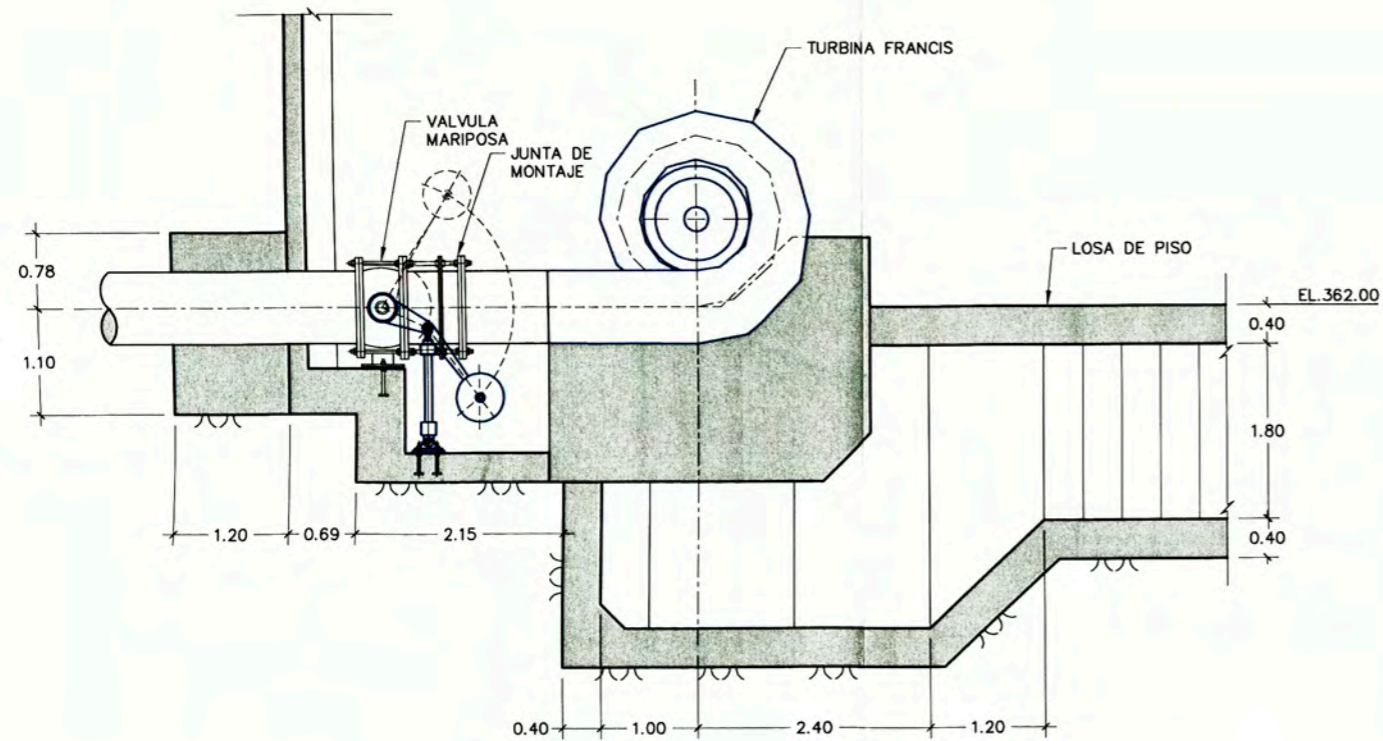
CASA DE MAQUINAS  
SECCION B - B



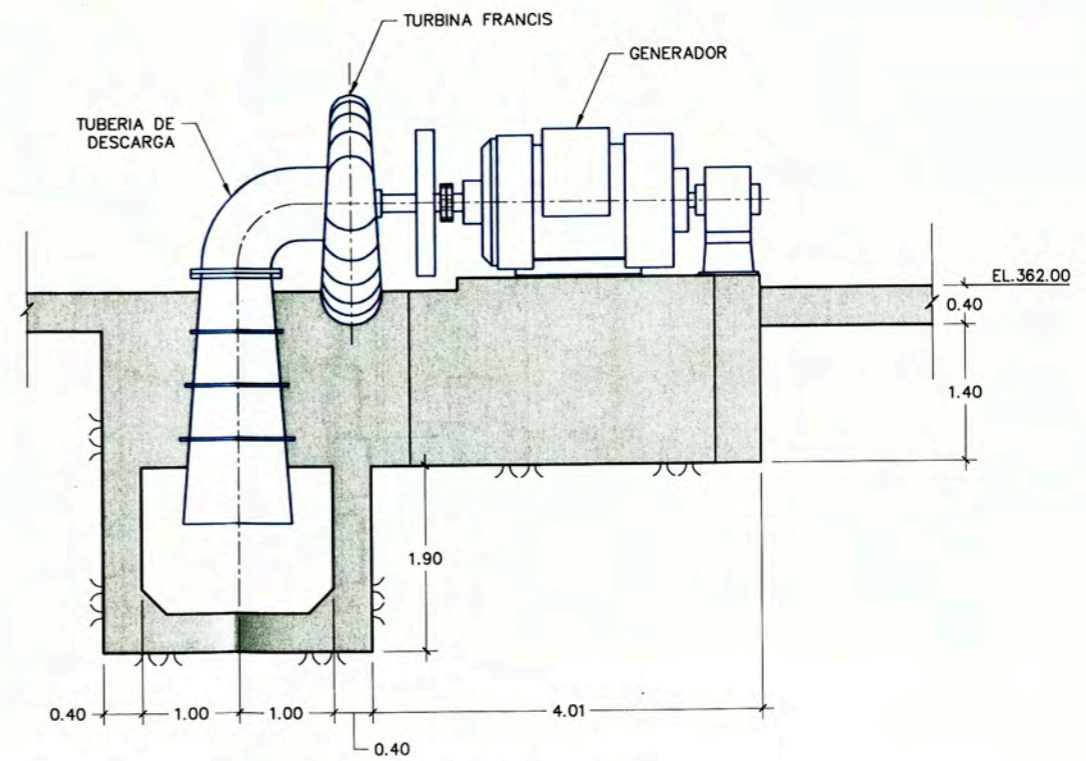
CASA DE MAQUINAS  
SECCION A - A



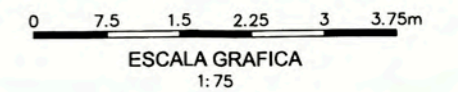
 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA</b>				
<b>AMPLIACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE MUYO 2.7MW</b>				
<b>CASA DE MAQUINAS</b> <b>SECCIONES</b>				
DISEÑO: O.MARTINEZ	REVISION:	FECHA: NOV.-2006	ESCALA: INDICADA	PLANO: <b>LAMINA 10</b>



SECCION C - C



SECCION D - D

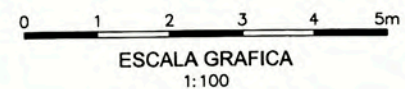
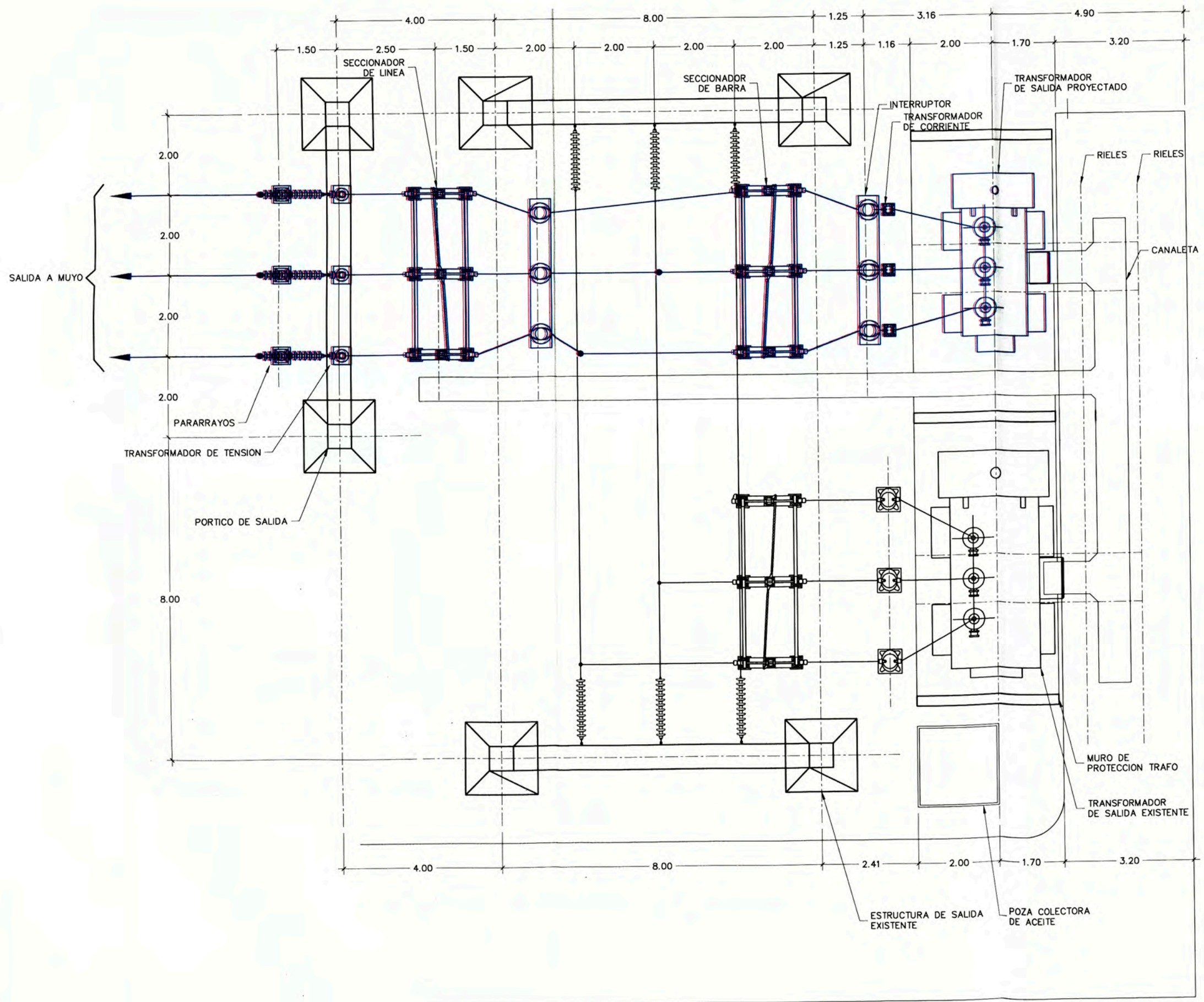


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

AMPLIACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE MUYO 2.7MW

CASA DE MAQUINAS  
SECCIONES

DISEÑO: O.MARTINEZ	REVISION:	FECHA: NOV.-2006	ESCALA: INDICADA	PLANO: LAMINA 11
-----------------------	-----------	---------------------	---------------------	---------------------

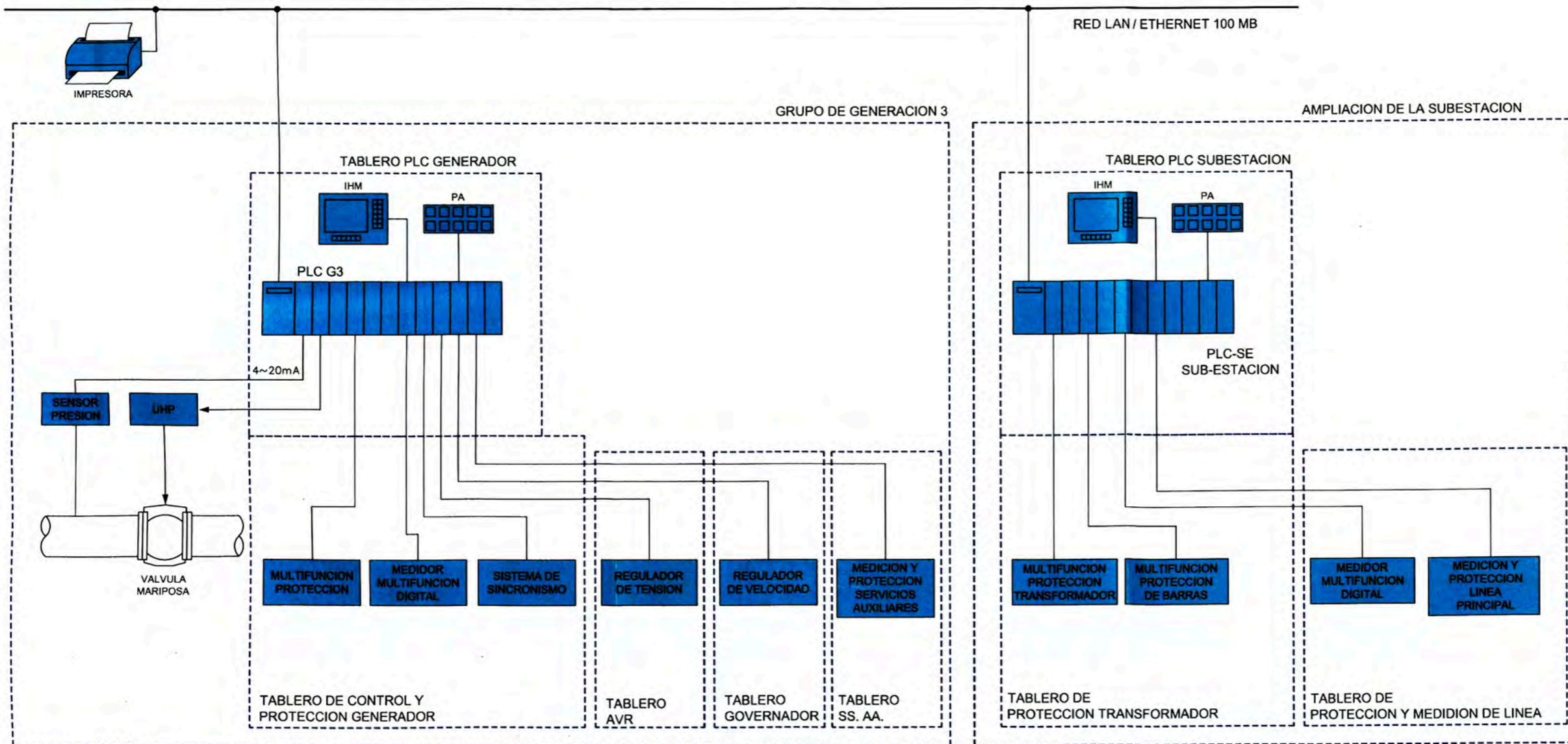


**SUB ESTACION ELEVADORA MUYO**  
**4.16 - 60 KV**  
**PLANTA**

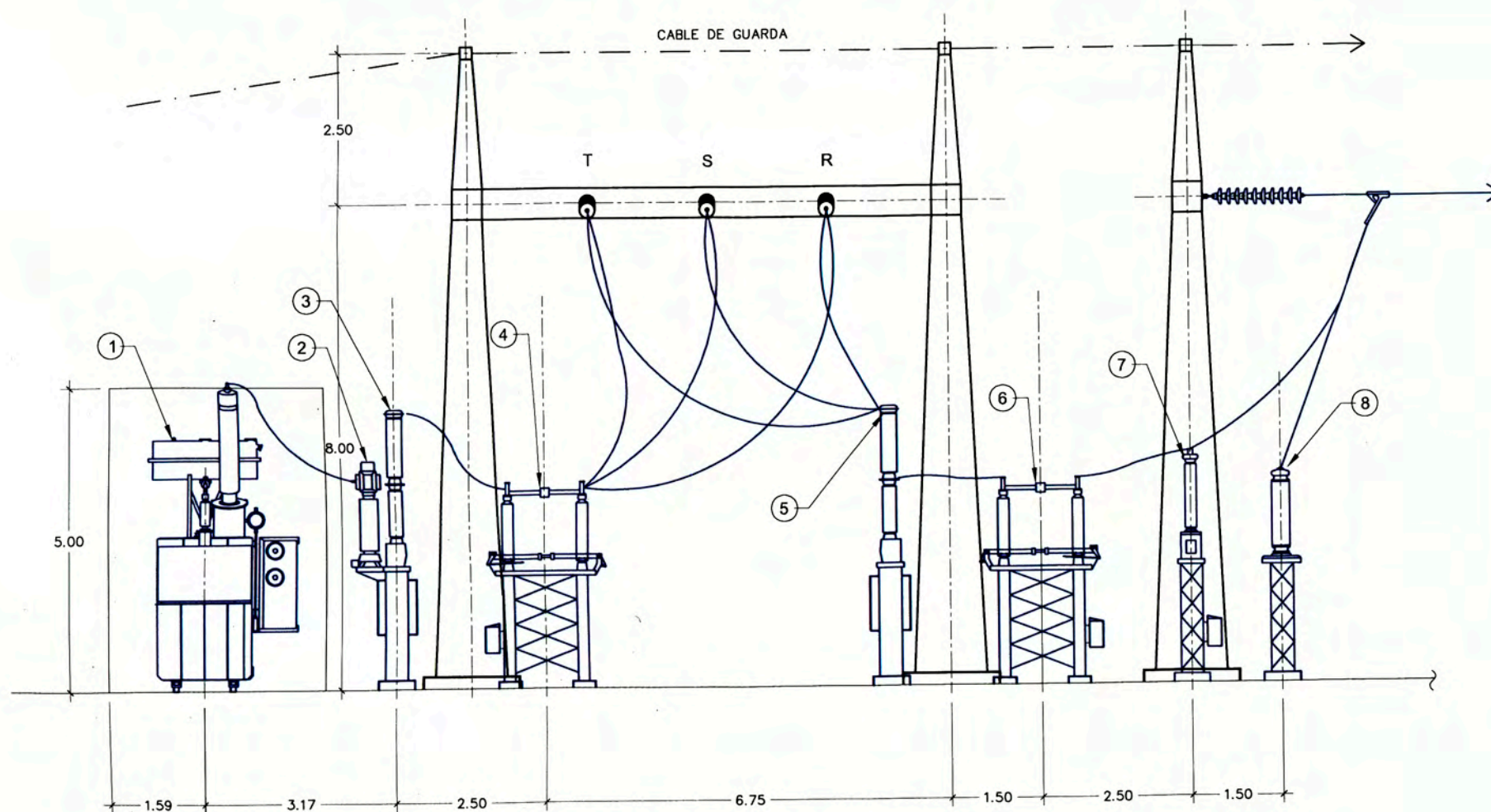
 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA</b>				
<b>AMPLIACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE MUYO 2.7MW</b>				
<b>SUB ESTACION ELEVADORA</b> <b>PLANTA</b>				
DISEÑO: O.MARTINEZ	REVISION:	FECHA: NOV.-2006	ESCALA: INDICADA	PLANO: <b>LAMINA 12</b>



# SISTEMA DE CONTROL PARA LA AMPLIACION



 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA</b>				
AMPLIACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE MUYO 2.7MW				
SISTEMA DE CONTROL AMPLIACION DEL GRUPO 3				
DISEÑO:	REVISION:	FECHA:	ESCALA:	PLANO:
O.MARTINEZ		NOV.2006	INDICADA	LAMINA 14



LEYENDA	
1	TRANSFORMADOR DE SALIDA 4.16 / 60 KV, 3500 KVA, 60Hz
2	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
3	INTERRUPTOR TRIFASICO DE POTENCIA 75KV, 400A, 31.5KA
4	SECCIONADOR TRIFASICO DE BARRA 75KV, 600A, 31.5KA
5	INTERRUPTOR TRIFASICO DE POTENCIA 75KV, 400A, 31.5KA
6	SECCIONADOR TRIFASICO DE LINEA 75KV, 400A, 31.5KA
7	TRANSFORMADOR DE TENSION
8	PARARRAYOS

0 1 2 3 4 5m  
ESCALA GRAFICA  
1:100

SUB ESTACION ELEVADORA MUYO  
4.16 - 60 KV  
SECCION

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA			
	AMPLIACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE MUYO 2.7MW			
SUB ESTACION ELEVADORA SECCION				
DISEÑO: O.MARTINEZ	REVISION:	FECHA: NOV.-2006	ESCALA: INDICADA	PLANO: LAMINA 13