

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**REPOTENCIACIÓN DE LA MICROCENTRAL  
HIDROELÉCTRICA Y REMODELACIÓN DE REDES DE LA  
COMUNIDAD CAMPESINA SAN MIGUEL DE  
VICHAYCOCHA-HUARAL**

**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR:**

**JOSÉ LUIS JULCA GÁLVEZ**

**PROMOCIÓN  
1998 – II  
LIMA – PERÚ  
2009**

**REPOTENCIACIÓN DE LA MICROCENTRAL  
HIDROELÉCTRICA Y REMODELACIÓN DE  
REDES DE LA COMUNIDAD CAMPESINA  
SAN MIGUEL DE VICHAYCOCHA - HUARAL**

**Dedicatoria.**

**A la memoria de mi padre  
Raúl Julca Paredes, gran  
maestro educador y mejor  
padre de familia.**

## SUMARIO

En nuestra realidad energética, existen muchas localidades que cuentan con su propio sistema de generación hidroeléctrica en el rango de potencia menor a 100 kW dentro del cual están comprendidas las micro centrales hidroeléctricas.

En el presente informe se tiene como objeto de estudio a la comunidad campesina "San Miguel de Vichaycocha" cuya micro central será repotenciada y sus redes remodeladas y siendo un centro poblado típico de las zonas rurales de la serranía que conforman los sistemas aislados de energía eléctrica; el presente informe puede cumplir con ser un modelo en el rediseño de dichos sistemas de generación y de las redes que lo comprendan.

Para cumplir este propósito, se realizaron estudios de campo que comprenden desde mediciones puntuales del caudal, la captación de aguas, el canal de conducción, cámara de carga y planta hidroeléctrica. Del mismo modo se estudiaron las redes, así como a la población misma en cuanto a número de habitantes, número de viviendas, tasas de crecimiento y tasas intercensales y perspectivas futuras de desarrollo que involucren el uso de energía eléctrica.

Luego del estudio de campo se realizó el trabajo de gabinete para cumplir con el rediseño de las obras civiles de captación, canal de conducción y cámara de carga. Del mismo modo se diseñó la nueva tubería de presión y dentro de planta de micro generación, las obras civiles del local, diseño y selección de la nueva turbina hidráulica y del generador. También se estudió el nuevo caudal requerido, el cual se ve garantizado con los aportes de lagunas reguladas ubicadas en la parte alta de la cuenca.

La red de eléctrica distribución primaria tiene una ruta aceptable, aunque los postes pueden ser de mayor altura y a la vez cambiar a la configuración triangular. Respecto a la subestación elevadora, tendrá una mayor potencia y será completamente reestructurada de acuerdo a normas de diseño y seguridad.

El replanteo de la red eléctrica de distribución secundaria comprende las dos nuevas subestaciones, el cambio al tipo de red autosoportado, cambio de algunos postes de fierro y la ampliación de esta red para beneficiar a mayor número de usuarios.

## INDICE

	Pág.
<b>PROLOGO</b>	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>ASPECTOS GENERALES</b>	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Ubicación	3
1.3 Aspectos Sociales	4
1.4 Aspectos Económicos	5
<b>CAPITULO II</b>	
<b>ESTUDIO DE LA DEMANDA</b>	6
2.1 Generalidades.	6
2.2 Pronóstico de la demanda eléctrica mediante la metodología desarrollada por el Ing. Tsuguo Nozaki.	6
2.2.1 Aplicando el método del Ing. Nozaki al caso Vichaycocha.	8
2.3 Pronóstico de la demanda eléctrica mediante el método de International Technology Development (ITDG).	8
2.3.1 Demanda doméstica máxima.	8
2.3.2 Demanda de alumbrado público.	9
2.3.3 Demanda institucional máxima.	9
2.3.4 Demanda productiva máxima.	9
2.3.5 Demanda media máxima.	9
2.4 Pronóstico de la demanda eléctrica mediante un estudio de campo de la Comunidad Campesina de Vichaycocha.	12
2.4.1 Sector doméstico.	12
2.4.2 Sector comercial.	15
2.4.3 Sector alumbrado público.	15
2.4.4 Sector cargas especiales.	15

## VIII

5.4	El generador eléctrico	50
5.4.1	Cálculo de la potencia del nuevo generador.	51
5.4.2	Tipos de generadores síncronos.	52
5.4.3	Selección del generador.	57
5.4.4	Características técnicas del generador.	58
5.5	El tablero de control y protección eléctrica.	58
5.5.1	Instrumentos de medición.	58
5.5.2	Seccionamiento y protección	59
5.5.3	El sistema de puesta a tierra de la micro central.	61

## CAPITULO VI

### SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA

<b>HIDROELÉCTRICA</b>	64	
6.1	Generalidades.	64
6.2	Regulación de la velocidad o regulación de la frecuencia	64
6.2.1	Regulación de la velocidad por medio del caudal de agua en la turbina.	66
6.2.2	Regulación de la velocidad por regulación de carga.	67
6.3	Regulación de tensión	76
6.3.1	Regulador automático de tensión (AVR).	77
6.3.2	Regulador de tensión automático “compuesto”.	80

## CAPITULO VII

### RED DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

7.1	Generalidades.	83
7.1.1	Normatividad aplicable.	83
7.2	Características de las Redes De Distribución Existentes.	84
7.2.1	Red de media tensión.	84
7.2.2	Red de baja tensión.	84
7.3	Características de las redes de distribución remodeladas.	85
7.3.1	Red de media tensión.	85
7.3.2	Red de baja tensión.	85
7.4	Características del equipamiento de la red de media tensión.	86
7.4.1	Postes.	86

## VIII

5.4	El generador eléctrico	50
5.4.1	Cálculo de la potencia del nuevo generador.	51
5.4.2	Tipos de generadores síncronos.	52
5.4.3	Selección del generador.	57
5.4.4	Características técnicas del generador.	58
5.5	El tablero de control y protección eléctrica.	58
5.5.1	Instrumentos de medición.	58
5.5.2	Seccionamiento y protección	59
5.5.3	El sistema de puesta a tierra de la micro central.	61

## **CAPITULO VI**

### **SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA**

<b>HIDROELÉCTRICA</b>	64	
6.1	Generalidades.	64
6.2	Regulación de la velocidad o regulación de la frecuencia	64
6.2.1	Regulación de la velocidad por medio del caudal de agua en la turbina.	66
6.2.2	Regulación de la velocidad por regulación de carga.	67
6.3	Regulación de tensión	76
6.3.1	Regulador automático de tensión (AVR).	77
6.3.2	Regulador de tensión automático “compuesto”.	80

## **CAPITULO VII**

<b>RED DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN</b>	83	
7.1	Generalidades.	83
7.1.1	Normatividad aplicable.	83
7.2	Características de las Redes De Distribución Existentes.	84
7.2.1	Red de media tensión.	84
7.2.2	Red de baja tensión.	84
7.3	Características de las redes de distribución remodeladas.	85
7.3.1	Red de media tensión.	85
7.3.2	Red de baja tensión.	85
7.4	Características del equipamiento de la red de media tensión.	86
7.4.1	Postes.	86

7.4.2 Conductor y accesorios.	86
7.4.3 Aisladores.	86
7.4.4 Ferretería.	86
7.4.5 Retenidas.	87
7.4.6 Puesta a tierra.	87
7.4.7 Transformadores y tableros de distribución.	87
7.4.8 Equipos de protección.	88
7.5 Características del equipamiento de la red de baja tensión.	88
7.5.1 Postes.	88
7.5.2 Conductores y accesorios.	89
7.5.3 Ferretería.	89
7.5.4 Retenidas.	90
7.5.5 Puesta a tierra.	90
7.6 Cálculos justificativos.	90
7.6.1 Cálculos eléctricos.	91
7.6.2 Cálculos mecánicos.	96
7.7 Resultados de las redes.	99
7.8 Láminas y planos.	99
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	100
<b>ANEXOS</b>	103



## PROLOGO

El presente informe de ingeniería, tiene por objeto ser un modelo de diseño en la re potenciación de micro centrales hidroeléctricas y la remodelación de redes en sistemas aislados, para lo cual se toma como objeto de estudio la Comunidad Campesina San Miguel de Vichaycocha-Huaral.

En nuestro caso, el suministro eléctrico tiene muchas carencias, como la falta de calidad y confiabilidad de la energía eléctrica, además de ser insuficiente en la demanda de energía.

La micro central y la red tienen una antigüedad de más de 35 años y por tanto, es necesario realizar cambios para afrontar el nuevo horizonte de años; para lo cual en el capítulo II se emplean tres métodos de estudio de la demanda de energía eléctrica, luego se comparan los métodos y se resuelve por el más óptimo.

En el capítulo III se analiza el recurso hidrológico para un periodo de más de 40 años. Aquí se tiene información de los aforos anuales y se obtienen estadísticas de los caudales medios, máximos y mínimos históricos. La información adquirida comprende el análisis de las lagunas y represamientos más importantes para uso agrícola y energético. De este análisis se obtiene la garantía de la confiabilidad del recurso hidrológico en el funcionamiento de la planta hidroeléctrica ante la demanda del nuevo caudal de diseño.

El método de obtención del nuevo caudal de diseño es analizado en el capítulo IV. Con este nuevo dato se redimensionan las obras hidráulicas como bocatoma, canal y cámara de carga, que conducirán el agua a la turbina hidráulica.

En el capítulo V, se analiza el nuevo equipamiento electromecánico de la planta hidráulica como son los criterios de selección del grupo turbina-generador, además del tablero y el diseño del sistema de puesta a tierra así como la subestación elevadora que enviará la energía al centro poblado.

En los sistemas aislados, muchas veces se descuida la regulación de la frecuencia y tensión de generación; razón por la cual es materia de estudio en la automatización de la Planta y la elección del sistema más óptimo y económico en el capítulo VI.

Las redes primarias y secundarias están en buenas condiciones en cuanto a estructura física de los postes más no así en cuanto a los conductores, aisladores y ferretería. Por esta razón, en el Capítulo VII los sistemas eléctricos de las redes son adecuados a mejoramientos que sean conformes a las normas vigentes; además de la seguridad y confiabilidad en concordancia con criterios técnicos como capacidad de intensidad, caída de tensión y distancias mínimas de seguridad.

## **CAPITULO I**

### **ASPECTOS GENERALES**

#### **1.1 Antecedentes.**

La micro central hidroeléctrica de Vichaycocha es una instalación antigua cuya fecha de inicio de operaciones se remonta a la década de los años treinta, con la instalación de un grupo de baja potencia que abastecía de energía al pueblo solo por las noches.

En 1962 se instaló un nuevo grupo de 32 KVA y se amplió la red del pueblo tal y cual como hasta ahora viene operando.

Hoy en día el suministro de energía es parcial debido al crecimiento del pueblo, el alumbrado público es deficiente y el suministro domiciliario no es de calidad.

Los pobladores están concientes de esto y de sus necesidades futuras, razón por la cual han adquirido el año 2003 un nuevo grupo generador y tienen planes de remodelación total pero por etapas.

En la primera etapa se debe mejorar las obras civiles de captación, conducción, tubería de presión y adecuación de la cámara de carga. Mientras que en la segunda etapa se deben ejecutar las obras de remodelación de la casa de máquinas así como la instalación del nuevo equipo. Finalmente la tercera etapa lo deben constituir las líneas y redes eléctricas de suministro.

#### **1.2 Ubicación.**

La comunidad campesina San Miguel de Vichaycocha, se encuentra ubicada al Nor-Este de la ciudad de Lima, a una altitud de 3415 m.s.n.m., en el distrito de Pacaraos, provincia de Huaral, departamento de Lima. Las coordenadas del centro poblado son: Latitud 11°07'- Latitud Sur y 76°38'- Longitud Oeste según el Instituto Geográfico Nacional.

Para llegar a la comunidad se sigue la ruta Lima – Huaral – Pacaraos, recorriendo el valle del río Chancay, pasando por el Distrito de Acos y los baños termales de Collpa, siguiendo la ruta hacia Vichaycocha – Huayllay.

La distancia es de aproximadamente 92 Km, partiendo de Huaral, y el tiempo de recorrido es de 3 horas.

### **1.3 Aspectos Sociales.**

La comunidad campesina San Miguel de Vichaycocha está conformada por 822 habitantes, que se encuentra concentrada alrededor de la Plaza de Armas, sobre un área de 75,137 m<sup>2</sup>.

La comunidad tiene terrenos comunales en los que crían alpacas y ganado ovino, el producto de la venta de estos animales lo utilizan para realizar mejoras, tales como la construcción de un nuevo local escolar, comedor estudiantil, implementación de canales de regadío y servicio de agua.

Las viviendas de los comuneros son construidas en su mayoría a base de adobe y tapial, techos de calamina y pisos de tierra. La mayoría de las viviendas posee red pública de agua potable dentro y fuera de la vivienda, así como pilones de agua de uso público y los pagos ciegos como servicio higiénicos que pronto serán reemplazados por la red de alcantarillado.

La comunidad en su conjunto presenta un buen nivel organizativo para la acción comunal, así como actitud dinámica para el mejoramiento de sus propias condiciones de vida. Estadísticamente el 40% de la población tiene edades entre 15 – 50 años.

Desde el punto de vista educativo, sólo el 11% de su población es analfabeta, y los niveles educativos están distribuidos de la siguiente manera:

Sin nivel	18
Inicial pre escolar	20
Primaria	310
Secundaria	85
Superior	15

El servicio educativo tiene tres niveles: inicial, primaria y secundaria.

La ubicación geográfica de Vichaycocha, le permite comunicarse en 2.5 horas con Huayllay – Cerro de Pasco y con Huaral en 3 horas, siendo el intercambio comercial fluido

con ambas ciudades, gracias a la carretera transversal que los une, razón por la cual hay una pequeña migración hacia Vichaycocha.

Se espera que con el mejoramiento de las condiciones de vida en el pueblo, la migración sea mayor.

#### **1.4 Aspectos Económicos.**

La Comunidad Campesina San Miguel de Vichaycocha, tiene como principal actividad la agropecuaria y como actividades complementarias el comercio al por menor, trabajadores no calificados de servicios, obreros de manufacturas y en minas y de construcción civil, distribuidos de la siguiente manera:

Agricultores y trabajadores Calificados agrícolas	40
Obreros de manufacturas, en minas y construcción	20
Comerciantes al por menor	28
Trab. No calificados de servicios (No vend. amb)	60
Otros	30

La actividad económica está distribuida así:

Extractiva	35
Transformación	09
Servicios	36

La actividad agrícola es realizada en una extensión de 10,000 Has., correspondiendo el cultivo bajo condiciones de riego a 5 Has., y 9995 Has., en secano. Los principales productos de cultivo son la papa, oca, olluco, haba y maíz amarillo.

La actividad pecuaria, está basada en la cría de alpacas, ganado ovino y vacuno en orden de importancia.

La comunidad posee tierras en las partes altas con pastizales para las alpacas, ovinos y vacas. La lana de alpaca y oveja se utiliza para la comercialización.

Dentro de las actividades de transformación se puede verificar la de confección de tejidos de lana, realizado principalmente por mujeres, pequeños taller de carpintería en madera, elaboración de quesos y últimamente manufactura de ladrillos.

La actividad extractiva está basada principalmente en las minas de cal, carbón y minerales diversos que atrae a pobladores de otros distritos y localidades hacia Vichaycocha como lugar de vivienda y alimentación.

## CAPITULO II

### ESTUDIO DE LA DEMANDA ELÉCTRICA

#### 2.1 Generalidades.

El estudio y análisis de la demanda de potencia eléctrica es uno de los aspectos fundamentales del presente informe de competencia, ya que nos permitirá proyectar las necesidades futuras de demanda y para lo cual la potencia de diseño de la micro central debe estar en función de dicha demanda estimada.

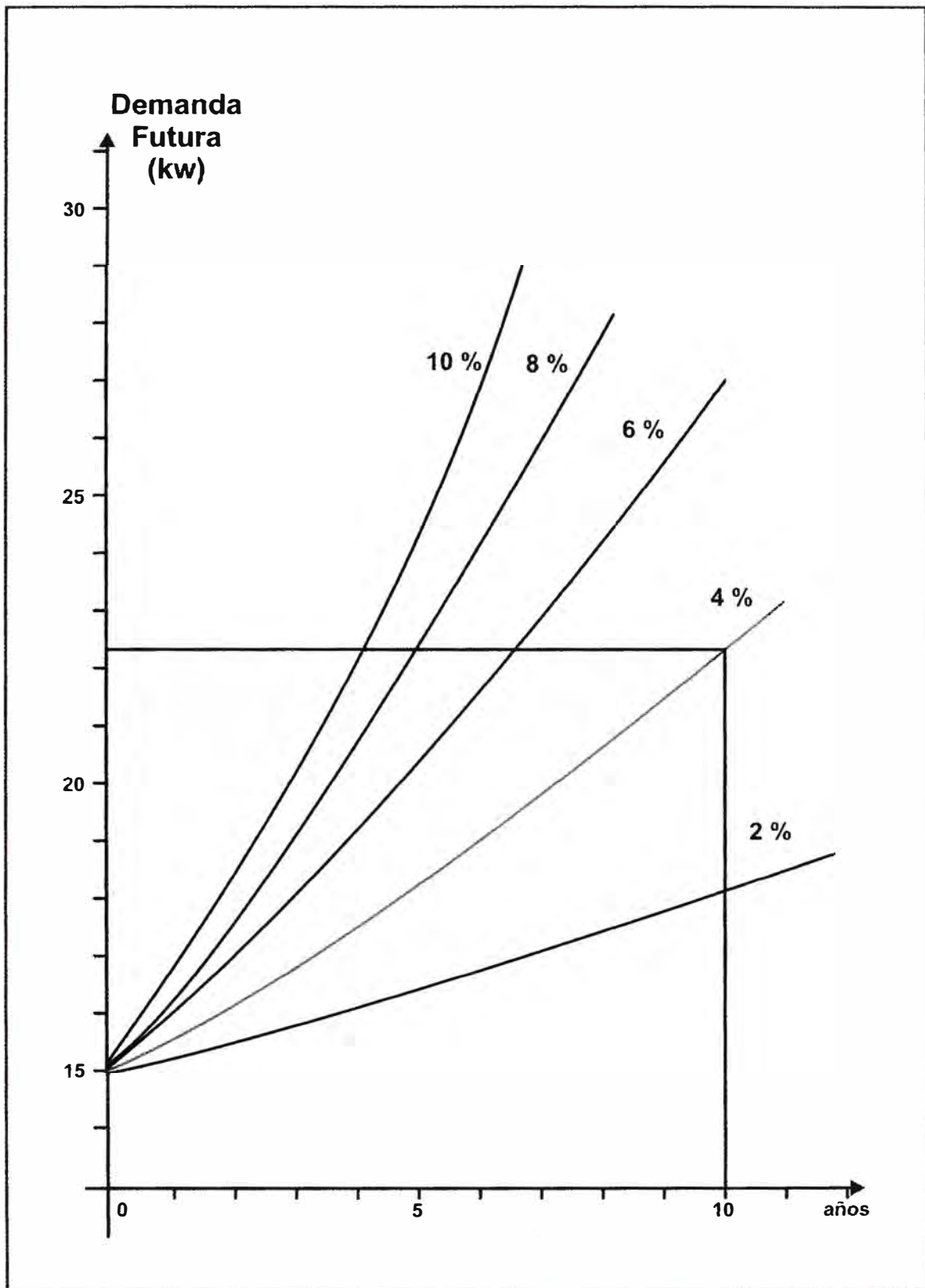
Existen varios métodos para calcular la demanda, en el presente trabajo se muestran tres métodos de evaluación de la demanda, los cuales consisten en hipótesis de trabajo razonable de lo que acontecería en el futuro, por tanto no es una evaluación exacta y definitiva.

#### 2.2 Pronóstico de la demanda eléctrica mediante el método desarrollado por el Ing. Tsuguo Nozaki.

Este método se basa en el supuesto de asignar una determinada demanda de potencia de acuerdo a la población existente y suponiendo que la potencia instalada per cápita sea entre 30 - 60 W por habitante.

**Tabla N° 2.1** Demanda actual para distintas poblaciones.

<b>N° de habitantes</b>	<b>Demanda de Potencia (kW)</b>
500 – 1000	15 - 35
1000 – 2000	35 - 80
2000 – 4000	80 - 180
4000 – 10000	180 - 500
10000 – 20000	500 - 1200



**Fig. 2.1** Proyecciones de la Demanda Futura con el Método del Ing. Tsuguo Nozaki para distintas Tasas de Incremento.

Conociendo el número de habitantes se ingresa a la tabla anterior y se calcula la demanda actual.

Seguidamente se corrige este valor hallado si existen demandas especiales tales como industrias, minas, etc.; luego se calcula la demanda futura para un período de 5 a 10 años, asignándole tasas de crecimiento anual de la demanda entre 4 y 10% anual, dependiendo del nivel de ingresos de los habitantes y de la actividad industrial existente.

El Ing. Nozaki propone utilizar la fórmula de interés compuesto, esto es:

$$DF = DA * (1 + i)^n \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Donde:

DF : Demanda futura (kW)

DA: Demanda actual (kW)

i : Tasa anual de incremento de la demanda.

n : N° de años considerados.

### **2.2.1 Aplicando el método del Ing. Nozaki al caso de Vichaycocha:**

Se estima que el número de habitantes es de 822, en el año 2006, según proyecciones del pre Censo del INEI del año 1999. Luego de la Tabla N° 2.1, se estima una demanda de 27 kW aproximadamente.

Con estos datos se realizan estimaciones de la demanda futura para un horizonte de 20 años a partir del año 2007, con una demanda de 27 kW (ver Fig. 2.1.). Considerando la actividad comercial de Vichaycocha, se debe tener una tasa de crecimiento correspondiente a 4% anual. Entonces:

$$\text{Demanda futura} = 60.0 \text{ kW.}$$

### **2.3 Pronóstico de la demanda eléctrica mediante el método de Intermediate Technology Development Group (ITDG).**

Este método divide la demanda en diferentes categorías tales como: doméstica, alumbrado público, sector productivo, etc., y en cada caso se halla la demanda máxima.

#### **2.3.1 Demanda Doméstica Máxima (d.d):**

Se cuenta el número de casas existentes y luego se hace una proyección para los próximos 20 años, tomando en cuenta datos del crecimiento de la población en la zona.



Este dato lo obtenemos del I.N.E.I., de estudios socios económicos de la zona o micro-región que en algunos casos existen.

En los centros poblados, no todas las casas se conectan al servicio eléctrico, por lo tanto, esta cantidad se debe afectar por un factor denominado, coeficiente de electrificación (CE) que para este caso sería igual a 0.8.

La potencias instalada por vivienda, la podemos considerar como 0.5 Kw/lote.

Por lo tanto:

$$d.d = (N^{\circ} \text{ Casas}) * (CE) * (kW/\text{lote}) \dots\dots\dots (2.2.)$$

### **2.3.2 Demanda de Alumbrado Público (d.a):**

En este caso debemos considerar la cantidad de luminarias o lámparas que se piensan destinar para el alumbrado público y multiplicar este número por la potencia de cada una de ellas:

$$d.a = \text{Pot. De la lámpara} * (N^{\circ} \text{ de lámparas}). \dots\dots\dots (2.3.)$$

### **2.3.3 Demanda Institucional Máxima (d.i):**

Debemos considerar las instituciones del centro poblado a electrificar, tales como, escuelas, local comunal, centro médico, iglesia, etc.

Se asignan potencias instaladas para cada una y luego se efectúa la suma.

### **2.3.4 Demanda Productiva Máxima (d.p):**

Aquí deben tomarse en cuenta las máquinas y talleres existentes en la comunidad, así como los planes futuros par la instalación de pequeñas industrias, considerando en cada caso la potencia máximo de estas.

Una vez calculada la demanda máxima en cada caso, se procede a determinar la demanda media máxima, la cual servirá par determinar la potencia de diseño de la planta.

### **2.3.5 Demanda Media Máxima.**

Se ha separado en dos partes: demanda media máxima diurna (DD), y demanda media máxima nocturna (DN). Además para el cálculo de cada una se deberán considerar los factores de simultaneidad (fs) y los factores de uso (fu), los cuales deben afectar a cada una de las 4 demandas máximas calculadas con anterioridad.

Estos factores se definen como:

fs: porcentaje de viviendas, instituciones, talleres, etc., que son utilizadas simultáneamente.

fu: relación entre la potencia media utilizada y la potencia instalada en vivienda, talleres, etc.

En forma práctica I.T.D.G. ha comprobado que los factores de simultaneidad y uso de 0.70 para la demanda doméstica nocturna son bastante aproximados.

### **Aplicando el método de ITDG para el caso de Vichaycocha.**

#### **Demanda Doméstica Máxima (d.d).**

Según proyecciones, para el año 2006, en Vichaycocha existen 274 viviendas ocupadas.

$$\text{N}^{\circ} \text{ viviendas (2006)} = 274$$

Para realizar una estimación del N° de viviendas que existirán en 20 años, se usará la tasa intercensal de los Censos del año 1981, 1993 y del precenso de 1999, según el cual la tasa intercensal es de 2% anual y asumiendo que en Vichaycocha existe la misma tasa intercensal de incremento de población, y además que ésta es aplicable al N° de viviendas, entonces aplicando la fórmula del interés compuesto para el año 2,026 se obtendrá:

$$\text{N}^{\circ} \text{ de viviendas en el año 2,026} = 407$$

Entonces aplicando la fórmula (2.2); obtenemos la proyección de la demanda doméstica para el año 2026:

$$\text{d.d.} = 163 \text{ kW.}$$

#### **Demanda del Alumbrado Público (d.a.):**

En el pueblo actualmente hay 72 postes de alumbrado público, en cada poste se ubica una lámpara incandescente de 0.1 Kw; luego la proyección del alumbrado público es:

$$\text{d.a.} = 10.7 \text{ kW.}$$

### **Demanda Institucional Máxima (d.i.)**

Asumiendo las siguientes potencias instaladas por institución:

Local comunal	1.0 kW
Iglesia	1.0 kW
Escuela	1.5 kW
Colegio	1.5 kW
Centro Médico	1.0 kW
Por tanto:	d.i. = 6.0 kW.

### **Demanda Productiva Máxima (d.p.)**

En este punto debemos tener en cuenta los planes que tiene los pobladores de Vichaycocha de instalar un molino de granos, poseer un taller de carpintería e instalar un taller de confecciones de chompas de lana.

Consideremos para cada taller o máquina las siguientes necesidades de potencia:

Taller de carpintería	7 kW
Molino de granos	4 kW
Taller de tejidos de lana	1 kW
Por tanto:	d.p. = 12 kW

### **Demanda Media Máxima**

Se han separado las demandas en dos:

- Demanda diurna (DD)
- Demanda Nocturna (DN)

Debemos de tener en cuenta las siguientes consideraciones:

La demanda productiva ocurrirá principalmente durante el día.

La demanda por alumbrado público ocurrirá sólo en las noches.

La demanda doméstica será principalmente para la iluminación en las viviendas.

En la Tabla N° 2.2 se muestra los factores asignados y los resultados obtenidos. En ella se aprecia que la demanda media máxima estimada es la nocturna y tiene como valor 91.5 kW.

Además se observa que es la demanda doméstica la que más ha influido en este valor, siendo la potencia instalada por vivienda un factor que puede hacer variar significativamente el resultado.

**Tabla N° 2.2 Demanda Media Máxima kW.**

<b>Demanda</b>	<b>f.s.</b>	<b>f.u.</b>	<b>DD</b> kW	<b>f.s.</b>	<b>f.u.</b>	<b>DN</b> kW
Demanda doméstica (d.d.)	0.2	0.2	6.5	0.70	0.70	79.9
Demanda alumbrado (d.a.)	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00	10.7
Sector institucional (d.i.)	0.5	0.5	1.5	0.20	0.75	0.9
Demanda productiva (d.p.)	0.8	0.8	7.7	0.00	0.00	0.0
<b>Total</b>			<b>15.7</b>			<b>91.5</b>

#### **2.4 Pronóstico de la demanda eléctrica mediante un estudio de campo de la Comunidad Campesina San Miguel de Vichaycocha.**

El estudio de campo consistió en realizar encuestas, entrevistas con autoridades de la comunidad, recopilar información de los últimos censos, estudios previos acerca de la población, del número de viviendas, nivel de vida, perspectivas de desarrollo y del área de la población urbana.

La demanda de potencia eléctrica está compuesta por las cargas del consumo doméstico, alumbrado público, cargas especiales, cargas de la producción y las cargas comerciales.

##### **2.4.1 Sector doméstico**

Para estimar la demanda de potencia eléctrica es necesario realizar pronósticos por sectores de: la población, número de viviendas y el número de abonados domésticos.

##### **Pronóstico de la población**

Para el pronóstico de la población se ha considerado la información estadística del pre censo de 1999 según el cual hay 822 habitantes en el 2006; cantidad que es muy próximo al número de pobladores del censo realizado por la autoridad comunal el año 2003.

En la Tabla N° 2.3 se presenta la proyección de la población para algunos años del periodo de estudio con la tasa de 2.0% anual.

**Tabla N° 2.3 Proyección de la Población.**

2007	2010	2012	2017	2020	2022	2026
838	890	926	1022	1085	1128	1221

### **Pronóstico del número de viviendas**

Como el número de habitantes proyectado es de 822 para el año 2006, entonces hay 3 habitantes por vivienda, promedio que debe mantenerse constante durante el periodo de estudio como consecuencia de la política de planificación familiar de los últimos gobiernos centrales.

.En la Tabla N° 2.4 se presenta el número de viviendas para algunos años del período de estudio.

**TABLA N° 2.4. Proyección del Número de Viviendas.**

2007	2010	2012	2017	2020	2022	2026
279	297	309	341	362	376	407

### **Determinación del número de abonados domésticos.**

Para el pronóstico del número de abonados domésticos se ha tomado en cuenta que, los comuneros tienen un criterio muy especial, el cual consiste en que todos los pobladores sin excepción tienen derecho a todos los servicios y en particular a la electrificación. Por esta razón:

$$\text{Número de abonados domésticos} = \text{número de viviendas.}$$

### **Aplicación de la Demanda de potencia eléctrica del sector doméstico.**

El estudio de campo muestra que el 16% de hogares no poseen ningún artefacto electrodoméstico, solo usan la electricidad para alumbrado nocturno.

Esto puede atribuir al mal servicio que actualmente se brinda y a la falta de costumbre.

Cada vez son más los hogares que poseen televisores a color o equipos de sonido debido al uso más frecuente de los CD y DVDs.

Con la llegada de Internet, se prevé la difusión del uso nocturno de Computadoras Personales en los hogares.

**Tabla N° 2.5 Equipamiento del Hogar**

<b>Equipamiento de Electrodomésticos</b>	<b>Hogares</b>
Sin artefacto electrodoméstico.	44
Con solo radio.	153
Con solo radio, TV B/N o color.	165
Con máquina de coser.	38
Con refrigeradora.	0

Del cuadro anterior, se observa que el 45% de hogares posee varios electrodomésticos, porcentaje que puede aumentar si se mejora la calidad y cantidad de suministro eléctrico.

Según la evaluación del trabajo de campo recogido, como son número de habitaciones por vivienda y el nivel de vida, se ha destinado para el alumbrado 150W (3 focos de 50 W) y 250 W (radio y televisor) como servicio básico por cada vivienda. Como factor de simultaneidad, se ha establecido un valor de 0.5, igual a los que se aplican en pueblos jóvenes; valores que se mantendrán constantes para todo el periodo de estudio.

En la Tabla N° 2.6 se presenta la demanda de potencia del sector doméstico para algunos años del periodo en estudio (en kW).

**Tabla N° 2.6 Proyección de la Demanda de Potencia Eléctrica del Sector Doméstico (kW).**

2007	2010	2012	2017	2020	2022	2026
55.8	59.3	61.7	68	72.3	75.2	81.4

### 2.4.2 Sector comercial

El sector comercial está incluido dentro del sector doméstico, según se puede comprobar en el estudio de campo, el cual verifica 18 viviendas con espacio para la actividad económica, constituida por pequeñas bodegas y además la actividad comercial interna en la comunidad es pequeña.

### 2.4.3 Sector alumbrado público

Para determinar la demanda de potencia del sector alumbrado público, debemos tener en cuenta el plano del casco urbano realizado por la Municipalidad de Pacaraos el año 2003 a cuya jurisdicción pertenece la localidad de Vichaycocha; donde la población urbana se encuentra concentrada alrededor de la Plaza de Armas, sobre un área de 75,137 m<sup>2</sup>.

De acuerdo a la distribución física de calles y viviendas, se ha determinado que son necesarios un total de 86 postes para alumbrado público con lámparas de vapor de sodio de 80 Watts.

Para el alumbrado público se tomará como tasa de crecimiento de la demanda eléctrica el valor de 2.2%, debido a las características particulares de la comunidad.

La Tabla N° 2.7 muestra la proyección de la demanda para algunos años (en Kw).

**Tabla N° 2.7 Proyección de la Demanda de Potencia Eléctrica del Alumbrado Público (Kw).**

2007	2010	2012	2017	2020	2022	2026
7	7.5	7.9	8.7	9.3	9.7	10.7

### 2.4.4 Sector Cargas Especiales.

Las cargas especiales están conformadas por la escuela, el colegio, el centro médico, el local comunal, la iglesia y el hotel en construcción; con la siguiente distribución de potencia:

**Tabla N° 2.8 Cargas Especiales y sus respectivas Potencias (kW).**

<b>Cargas Especiales</b>	<b>Potencia (kW)</b>
Escuela	1.5
Colegio	1.5
Local comunal	1.0
Centro médico	1.0
Iglesia	1.0
Hotel	2.0
<b>Total:</b>	<b>8.0</b>

**2.4.5 Sector de la Producción.**

Para la determinación de la demanda eléctrica del sector de la producción, se ha tomado en cuenta lo que actualmente funcionan así como las cargas de producción proyectadas, que abastecerá las necesidades de la propia población, las comunidades vecinas y poblaciones mayores con las que comercian.

Para poder aprovechar los recursos naturales con los que cuenta la comunidad, como son la lana de ovinos, alpacas y truchas; los planes inmediatos de la comunidad son la instalación de pequeños talleres para la transformación de estas materias primas, la piscigranja y además los talleres de enseñanza de carpintería, costura a máquina y talleres de electricidad del colegio técnico que pronto se implementará.

En la Tabla N° 2.9 se muestran las cargas de la producción para el año cero (2006).

**TABLA N° 2.9 Cargas de la Producción para el Año Cero ( 2006 )**

<b>Establecimiento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.I. (kW.)</b>	<b>fd</b>	<b>M.D. (kW.)</b>	<b>Total (kW.)</b>
Carpintería	1	5	0.6	3.0	3.0
Taller de tejidos	2	5	0.4	2.0	4.0
Piscigranja	1	2	0.4	0.8	0.8
Módulo de carpintería	1	5	0.4	2.0	2.0
Módulo de costura	1	2	0.4	0.8	0.8
Módulo de electricidad.	1	2	0.6	1.2	1.2
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>22</b>		<b>10.6</b>	<b>12.8</b>



Para determinar la proyección de la demanda para los próximos años, se ha tomado como tasa de crecimiento 4%, tasa que tienen poblaciones del mismo nivel socio-económico determinado en base a datos históricos.

En la siguiente Tabla N° 2.10 se muestra la demanda de potencia para algunos años (en kW).

**Tabla N° 2.10 Proyección de la Demanda para el Sector Productivo.**

2007	2010	2012	2017	2020	2022	2026
13.3	14.9	16.2	19.7	22	23.9	28

#### **2.4.6 Demanda de Potencia Eléctrica Total Neta.**

Por lo general, es común que las comunidades campesinas realicen sus actividades productivas solo durante el día, mientras que la demanda de los sectores domésticos y alumbrado público se limitará al horario nocturno.

En concordancia con estas consideraciones, la demanda de potencia total neta se determinará comparando las demandas de los sectores productivos y el doméstico más alumbrado público, y se tomará aquel sector que tiene la mayor demanda. En el presente estudio se ha tomado en cuenta al sector doméstico más el alumbrado público por tener la mayor demanda. En la Tabla N° 2.11 se muestra la demanda de potencia para algunos años (kW).

**Tabla N° 2.11 Proyección de la Demanda de Potencia Eléctrica (kW).**

2007	2010	2012	2017	2020	2022	2026
60.1	63.9	66.4	73.6	77.8	81.1	87.62

#### **2.5 Análisis Comparativo de los Tres Métodos Usados.**

De los tres métodos utilizados para la estimación de la demanda eléctrica, se tiene el resumen con los siguientes resultados:

**Tabla N° 2.12 Resumen Comparativo de los Tres Métodos Usados.**

<b>Método de Estudio</b>	<b>Demanda Eléctrica (kW)</b>
Ing. Tsuguo Nozaki	60.0
I.T.D.G.	91.5
Estudio de Campo	92.1

Del cuadro anterior podemos decir que el método del Ing. Nozaki es una proyección que se basa sólo en el número de habitantes y una tasa de crecimiento anual del 4%, como referencia preliminar, y que debido a su simplicidad es de utilidad sólo como una aproximación burda.

El método de I.T.D.G. se basa principalmente en el número de habitantes y casas habitadas, tasa de crecimiento igual a 2.0% de Lima provincias, cargas institucionales y cargas de la producción. Se toma como base la situación actual de la red, o sea, escaso suministro a domicilios y pocas luminarias de alumbrado público.

El método de estudio de campo a la comunidad de Vichaycocha es aún más objetivo, puesto que toma en cuenta las mejoras respectivas a la situación actual del suministro y las necesidades o expectativas de la población en cuanto a suministro futuro, lo cual lo hace más aproximado.

De los dos últimos métodos se observa claramente que la demanda doméstica (demanda nocturna) es la que mas influye sobre la demanda máxima, y es la que en última instancia determinará el tamaño de la planta hidroeléctrica a utilizar.

Tomando en cuenta los resultados de los métodos del I.T.D.G. y del estudio de campo, se ha decidido tomar el valor de 90 kW como la demanda máxima. Por lo tanto, se decidió fijar la potencia de diseño de la planta en 90 kW; utilizando para ello un solo grupo turbina-generator. Entonces:

$$\text{Potencia de la Micro central} = 90 \text{ kW.}$$

## **CAPITULO III**

### **EL RECURSO HIDRAULICO**

#### **3.1 Generalidades.**

En el diseño de la re potenciación de la micro central hidroeléctrica se debe estimar el nuevo caudal de diseño (Q) y el recurso hidráulico debe tener un caudal a lo largo del año que garantice su normal funcionamiento.

Debemos tener en cuenta dos tipos de consideraciones:

**Primero.** Determinar el caudal máximo o de avenida, de modo que se ubique adecuadamente las diversas estructuras hidráulicas por encima del nivel más alto del agua.

**Segundo.** Estimar la confiabilidad hidráulica de la planta para la producción regular de energía eléctrica y también una adecuada selección de la turbina.

En nuestro caso, la ubicación de la bocatoma, como de la planta de generación, serán los mismos ya que históricamente se garantiza que están fuera del alcance de las avenidas.

En el presente capítulo, se demostrará que el nuevo caudal de diseño (Q) está garantizado de modo que la nueva planta repotenciada funcione normalmente a lo largo de cada año; para ello nos basaremos en el estudio hidrológico denominado “Inventario, evaluación y uso racional de los recursos naturales de la costa: Valle Chancay - Huaral”, realizado por la entonces ONERN, del Ministerio de Agricultura para el período 1926 – 1966 y otros datos de los últimos años.

#### **3.2 Métodos de Determinación del Caudal.**

La bocatoma de la micro central se encuentra en la cuenca alta del río Chancay – Huaral. En esta parte toma el nombre de río Vichaycocha. Aquí se han realizado mediciones puntuales del caudal en distintas épocas de los años 2002 y 2003 por profesores y alumnos de la especialidad de Agropecuaria del I.S.T.P. “Pacaraos”.

Fundamentalmente se usaron los siguientes métodos:

- Método de la solución de la sal.

- Método del área y la velocidad.

**Tabla N° 3.1 Mediciones Puntuales del Caudal.**

<b>Mes</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Octubre</b>
<b>Año</b>	2002	2003	2000	2003
<b>Caudal Q(lt/s)</b>	400	410	480	460

### **3.3 El Río Chancay – Huaral.**

La cuenca del Río Chancay – Huaral tiene un área de 3.279 km<sup>2</sup> y una longitud de 102 Km, donde el 49% del área de la cuenca, o sea 1614 Km<sup>2</sup>, corresponde a la cuenca imbrífera ó “húmeda”, por encontrarse por encima de la cota de los 2,500 msnm.

Está ubicado íntegramente en la provincia de Huaral. Altitudinalmente se extiende desde el nivel del mar hasta la línea de cumbres de la Cordillera Occidental de los Andes que constituye la divisoria continental y cuyo punto más alto llega hasta los 5350 msnm.

El Río Chancay – Huaral se origina con el nombre de río Acos, en la confluencia de los ríos Pacaraos y Baños, en la localidad de Puente Tingo, aguas debajo de la población de Ravira y a una altura de 2750 msnm.

Sus afluentes por la margen derecha son los ríos Cárac (319 Km<sup>2</sup> de cuenca) y Huataya (134 Km<sup>2</sup>) y las quebradas de Lumbra y Huerequeque; y por la margen izquierda, el río Añasmayo (201 Km<sup>2</sup>) y la quebrada de Orcón.

#### **3.3.1 Características del Río Chancay – Huaral.**

El Río Chancay – Huaral presenta una cuenca relativamente pequeña y una fuerte pendiente, además no están claramente diferenciados los trayectos o sectores correspondientes a la vida del río.

El curso superior o cuenca de recepción está formado por las cuencas hidrográficas de los ríos Acos, Baños, Pacaraos y Huataya, los cuales nacen de una serie de pequeñas lagunas que se alimentan de los deshielos de la Cordillera de los Andes.

La etapa juvenil del río comprende desde la confluencia de los ríos Baños y Pacaraos; donde la pendiente es fuerte y el empinamiento de las laderas determina una forma característica en “V” en este sector del río.

- **El Río Pacaraos.**

Este río drena el área situada en la zona nor-oriental de la cuenca del Río Chancay – Huaral y nace de la unión de los ríos Vichaycocha y Chicrín (denominado también Chungar). El área de drenajes es de aproximadamente 369 Km<sup>2</sup>, cuya totalidad corresponde a la denominada cuenca húmeda.

- **El Río Vichaycocha.**

Este río, tiene una cuenca de 189 Km<sup>2</sup>, es formador por la margen derecha del río Pacaraos y nace de los desagües de las lagunas ubicadas en su parte más alta, las mismas que se encuentran reunidas en dos agrupamientos: las del grupo Patococha, integrado por las lagunas Patococha, Suerococha, Aguascocha y Champahuasi y las del grupo Purapa, conformado por las lagunas Rahuite, Chancán, Aguashumarguna, Puractisho, Chalhuacocha, Huatococha y Chinicocha. Del total de lagunas de esta zona, dos de ellas están reguladas: Rahuite y Chancan.

El río Chicrín nace de los aportes de las lagunas ubicadas en la cabecera de su cuenca, cuya área es de 111 Km<sup>2</sup> de extensión. Las lagunas alimentadoras de este río son las del grupo Ccacrav, compuesto por las lagunas Ccacrav, Chungar, Yanahuín, Yuncán y Saco. De estas, tres se encuentran represadas: Ccacrav, Chungar y Yuncán.

El Río Baños, es formador por la margen izquierda del Río Chancay – Huaral y nace de las descargas de las lagunas del grupo Aguashumán, las cuales son alimentados por los deshielos de los nevados Puajanca. Su cuenca tiene una extensión de 264 Km<sup>2</sup>, al igual que los ríos anteriores, se encuentra en la denominada cuenca húmeda del río Chancay – Huaral.

El grupo de lagunas de Aguashumán está integrado por las lagunas Aguashumán, Vilcacochoa, Yanacocha o Tinyahuarcocha, Llacsacocha, Santa Ana y Occorurococha. Las tres primeras se encuentran reguladas con fines de propósitos múltiples.

### **3.4 Hidrología.**

La información hidrológica existente está constituido principalmente por los datos de descargas del río Chancay – Huaral, registrados en la estación de aforos de Santo Domingo, ubicada en las coordenadas geográficas 77°03' de longitud oeste y 11°23' de latitud sur y sobre los 600 msnm. Esta información corresponde al período de 41 años

comprendidos entre los años 1926 – 1966. Se ha constado también con registros provenientes de la estación de aforos de Jecuán, ubicada en el valle, y de 5 más situados en la cuenca alta.

La ubicación geográfica de la estación de Santo Domingo, es muy buena, puesto que registra el rendimiento hídrico del 94% de la cuenca húmeda y su accesibilidad también es buena, ya que está ubicada al pié de la carretera que va de Huaral a la cuenca alta.

En la evaluación de la disponibilidad de agua de la cuenca del Río Chancay – Huaral se considera lo que respecta a su magnitud o volumen total anual así como su variabilidad a lo largo del tiempo. El análisis comprende los recursos de aguas superficiales y subterráneas. No se dispone de datos sobre los aportes provenientes de los deshielos, ya que no se realizaron mediciones de la nieve precipitada, que representa una valiosa fuente de agua en la época de estiaje.

En cuanto a la derivación trasandina, existen datos esporádicos para el período 1960 – 1968, los mismos que indican que se derivó aproximadamente 3'600,000 m<sup>3</sup> entre Mayo de 1960 a Abril de 1961 y 6'400,000 m<sup>3</sup> en el año 1966. Estos recursos son usados con fines de generación de energía eléctrica por el Sindicato Minero Río Pallanga.

El análisis de la información revela que el Río Chancay – Huaral es de un régimen muy irregular y de carácter torrencioso, con marcadas diferencias entre sus parámetros extremos. La descarga máxima ha sido 220 m<sup>3</sup>/seg. y la mínima 2 m<sup>3</sup>/seg., con una media anual de aproximadamente 14.75 m<sup>3</sup>/seg, equivalente a un volumen medio anual de 461'486,300 m<sup>3</sup>. Es notorio el alto grado de concentración del volumen de descargas en los meses de Enero a Abril y su extrema escasez durante los meses de Junio a Octubre.

### **3.4.1 Embalses de Lagunas en la Cuenca Alta.**

A similitud de la mayoría de los ríos de la costa peruana, el irregular régimen de descarga del Río Chancay – Huaral está caracterizado por un largo periodo de estiaje, durante el cual la disponibilidad de agua se reduce considerablemente. Para aliviar este déficit, se ha recurrido a embalses de regulación.

Los almacenamientos construidos en la cuenca alta del Río Chancay – Huaral tienen por objeto, embalsar las aguas de avenidas para luego utilizarlos en la época de estiaje.

La capacidad total máxima de las obras de represamiento es superior a los 55 millones de metros cúbicos al año. Sin embargo, las masas anuales embalsados han variado entre 20 a 26 millones de metros cúbicos, debido a filtraciones en las presas de embalsamiento.

En nuestro caso, el río Vichaycocha recibe los aportes de dos grupos de lagunas: Las del grupo Patacocha y las del grupo Purapa y de todas sólo se encuentran reguladas las lagunas de Chancán y Rahuite que pertenecen al grupo de Purapa.

**El reservorio de Rahuite:** Tiene como estructura de cierre una presa de gravedad de concreto de 12.8 m de altura máxima, con aliviadero lateral localizado sobre el cuerpo de la presa. Su volumen de embalse es de 3.1 millones de metros cúbicos y recibe los aportes de la laguna de Chancán por drenaje directo y los de 2.8 Km<sup>2</sup> de las cuencas de las lagunas no reguladas de Chaluacochoa y Huatocochoa mediante el canal colector Huatocochoa-Rahuite de 700 m de longitud aproximadamente. Por otro lado, la constitución geológica del vaso de esta laguna, garantiza su permeabilidad.

El volumen de las descargas reguladas de estos almacenamientos se incrementa con los aportes de una derivación trasandina de los recursos hídricos provenientes de una pequeña parte de la cuenca del río Mantaro, cuyo represamiento ha sido efectuado por los centros mineros con fines de generación eléctrica. Los aportes de derivación trasandina pertenecen al sistema Puajanca, conformada por las lagunas de Cochaumán, Pucacochoa y Torocochoa, que llegan a un volumen de 6.4 millones de metros cúbicos.

De los once represamientos, seis de ellas sirven para la generación de energía, utilizada por compañías mineras, aunque sus descargas reguladas son también aprovechadas para el riego del valle.

Normalmente, las masas totales embalsadas en los últimos años han permitido incrementar las descargas naturales del río en un gasto que varía entre 1 y 1.20 m<sup>3</sup>/seg registrados en la estación de aforos de Santo Domingo.

### **3.4.2 Análisis de la Información Disponible.**

El análisis se ha realizado en base a la información disponible en la estación de aforos de Santo Domingo, utilizando los datos del período entre los años 1926 – 1966, que son registros obtenidos por la entonces Dirección de Aguas de Regadío; quienes han cuantificado y evaluado el recurso hídrico superficial, además, de las descargas reguladas

de los embalses de la cuenca a alta y los volúmenes obtenidos de la derivación trasandina antes detallados. No se consideran los aportes provenientes de los deshielos que ocurren durante la época seca.

La tabla “Relación Cronológica de Masas Anuales y Descargas del Río Chancay-Huaral” (del anexo B), muestra los parámetros anuales más importantes del río para el período de registros del año 1926- 1966. En él se consigna los datos anuales de las descargas máxima, mínima, media y masa total. Se puede observar que la descarga máxima maximorum ha sido de 220.00 m<sup>3</sup>/seg y la mínima minimorum, de 2.00 m<sup>3</sup>/s. Asimismo, que el volumen máximo anual se presentó el año 1943 con una masa total de 839 millones de metros cúbicos y que el volumen mínimo anual fue de 138 millones de metros cúbicos que se presentó el año 1928.

La comparación entre estas cifras demuestra la irregularidad de las descargas del río a lo largo del período de registros. Debemos señalar también, que dentro del conjunto de los ríos de la costa, el Chancay – Huaral es uno de los que no se secan, presentando una descarga mínima, aún en el año de mínima masa anual registrado (1928), superior a la mínima minimorum (2.00 m<sup>3</sup>/s) del período estudiado. Además las descargas reguladas de los reservorios han elevado el valor de los gastos naturales de estiaje en proporción no muy clara por falta de información al respecto.

- **Comportamiento Estacional.** Dada la característica irregular del río, se hace patente analizar tanto los hidrogramas de descargas diarias como la magnitud de dichas descargas en las diferentes épocas del año.

De los hidrogramas de descargas diarias se ha tratado de determinar el término medio de duración y la variabilidad de las fechas de ocurrencia de los periodos de avenidas, de aguas medias y de estiaje.

Generalmente, entre las épocas de avenidas y de estiaje, se presentan dos períodos transicionales o de “aguas medias”.

Para el caso del Río Chancay – Huaral, el período transicional que ocurre entre el fin del estiaje y el inicio el período de avenidas es tan corto que se ha considerado que prácticamente no existe.



**Tabla 3.1 Períodos del Ciclo Hidrológico del Río Chancay – Huaral**

Descripción	Período de Avenidas		Período Transicional		Período de Estiaje	
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
Fecha temprana	1 Nov.	5 Marzo		28 Abril		1 Nov.
Fecha más tardía	1 Feb.	20 Abril		1 Julio		1 Feb.
Rango de variación	93 días	46 días		64 días		93 días
Término medio	15 Dic.	31 Marzo		30 Mayo		15 Dic.
Duración Media	3 ½ meses		2 meses		6 ½ meses	
% de Volumen Descargado	59 %		20%		21 %	
Módulo	30.0 m <sup>3</sup> /s		17.35 m <sup>3</sup> /s		5.74 m <sup>3</sup> /s	

El marcado descenso de la disponibilidad de agua durante la larga temporada de escasez, limita su uso agrícola y para el caso de las hidroeléctricas se ve aliviada por el uso de las lagunas de regulación ubicadas en la cuenca alta.

El río posee descargas irregulares como respuesta de la cuenca a la forma tan variable con que ocurren las precipitaciones en su parte alta. La escasez de información pluviométrica no ha permitido establecer una exacta relación entre la precipitación que recibe la cuenca y el escurrimiento del río, indicadora del grado de rapidez con que descargan las aguas de lluvia.

- **Tendencia a largo plazo.** En el período de registros 1926 – 1966 permite determinar estadísticamente una tendencia al crecimiento a largo plazo en los volúmenes de descargas anuales. Este fenómeno puede ser comprobado por el análisis de los volúmenes mínimos mensuales, ya que, mientras en el semi-período 1926 – 1945, dicho parámetro fue de 5.4 millones de metros cúbicos aproximadamente, en el segundo semi-período, 1946 – 1966, se incrementó a 7.5 millones de metros cúbicos.
- **Curvas de duración de frecuencias.** Se ha realizado un análisis probabilístico del comportamiento hidrológico del río; mediante el cual se ha elaborado las curvas de frecuencias y duración de los gastos diarios.

La curva de distribución de frecuencias de caudales diarios relaciona un rango de caudales con su probabilidad de ocurrencia. El “modo” de esta distribución es el rango de mayor probabilidad de ocurrencia que, para el río Chancay – Huaral, es el de 4 – 5 m<sup>3</sup>/seg., con una probabilidad de ocurrencia de 15%.

La curva de duración o de frecuencias acumuladas relaciona una magnitud de caudal con el porcentaje de tiempo en que las descargas exceden ese caudal. Así, el caudal con duración de 100% está representado por la descarga mínima minimorum y el caudal con duración nula está representado por la descarga máxima maximorum.

Las gráficas “Tendencia a Largo Plazo” y “Curvas de Duración de Frecuencias” se pueden apreciar en el anexo B.

Los valores significativos de la curva de duración anual son los siguientes:

<b>Duración (%)</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/seg)</b>
0	220.00
50	6.50
75	4.50
80	.4.00
100	2.00

## CAPÍTULO IV OBRAS CIVILES

### 4.1 Generalidades.

Este es uno de los capítulos más importantes en el desarrollo de la re potenciación de la micro central, ya que se calculará el nuevo caudal de diseño y con este nuevo valor se diseñará el canal de conducción de dicho caudal.

En el análisis del canal se contemplan aspectos como la forma, dimensiones y la pendiente, lo cual es muy importante para determinar la velocidad con la que el fluido llegará a la cámara de carga la cual también deberá ser rediseñada para las nuevas condiciones.

El nuevo caudal requerido nos obliga a variar las dimensiones y material de fabricación la tubería de presión, para luego, con los nuevos valores de caudal, altura total y potencia de diseño proyectada, determinar las dimensiones de la nueva casa de máquinas.

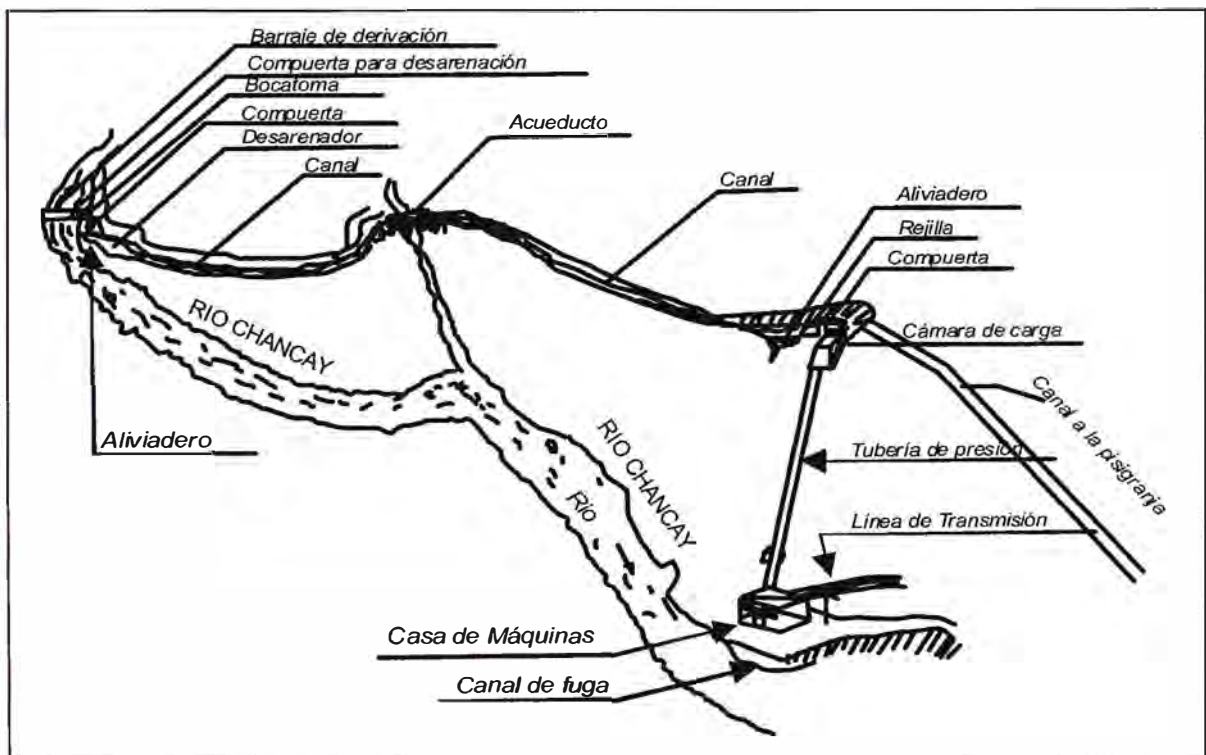


Fig. 4.1 Croquis de una pequeña central hidroeléctrica.

#### 4.2 Diseño de Obras Civiles.

Para iniciar el cálculo de replanteo de las instalaciones de la micro central hidroeléctrica, se necesita tener los siguientes parámetros: caída bruta, potencia de diseño y caudal de diseño.

- a) **Caída bruta (H<sub>b</sub>):** La altura de la caída bruta así como la longitud del tramo correspondiente a la tubería de presión, fueron medidos aprovechando el levantamiento topográfico del catastro urbano ordenado por la Municipalidad de Pacaraos.

Los resultados fueron:

$$\text{Caída bruta (H}_b\text{)} = 49 \text{ m.}$$

$$\text{Longitud total (L)} = 80 \text{ m.}$$

- b) **Caudal de diseño (Q):** Para hallar el caudal de diseño se parte de la potencia de diseño, la cual fue fijada en 90 kW al realizar el estudio de la demanda.

Por lo tanto, el caudal de diseño se obtiene con la fórmula:

$$Q = \frac{P}{9.8 * (H_b - \Delta H_p) * \eta_t} \dots\dots\dots (4.1)$$

$P$  : Potencia de diseño de la Planta (kW).

$H_b$  : Caída bruta (m).

$\Delta H_p$  : Pérdida de carga en la tubería de presión (m)

$Q$  : Caudal de diseño de la micro central (Lt/s).

$\eta_t$  : Eficiencia total (turbina + generador) (%)

En nuestro análisis,  $\Delta H_p$  es función del caudal, del diámetro de la tubería y de la rugosidad de ésta, entonces en la ecuación (4.1) tendrá una solución de carácter iterativo. Sin embargo, ya que  $\Delta H_p$  es pequeño en comparación a  $H_b$ , asumimos para fines prácticos que las pérdidas en la tubería de presión son del orden de 5% de la caída bruta. Este es un valor usual en micro centrales hidroeléctricas, y la aproximación hecha no afectará significativamente el resultado. Luego, asumiendo que:

$$\Delta H_p = 0.05 * H_b$$

$$\eta_t = 65\%$$

Obtendremos la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{P}{6.05 * H_b} \dots\dots\dots (4.2)$$

Al reemplazar valores en la ecuación anterior se obtiene el caudal de diseño:

$$Q = 0.303 \frac{m^3}{s}$$

Este caudal debe ser menor al caudal mínimo en época de estiaje. En nuestro caso, gracias a los represamientos regulados de Chancán y Rahuite se consigue la confiabilidad del funcionamiento de la planta hidroeléctrica, ya que el recurso hidráulico es permanente a lo largo del año.

Para el diseño de las obras civiles tales como: bocatoma, canal y cámara de carga, se ha considerado como caudal total 0.403 m<sup>3</sup>/s, ya que una parte será aprovechado por la piscigranja.

#### 4.2.1 Obras de Captación.

Es toda estructura hidráulica construida sobre el cauce del río con el propósito de captar y derivar un determinado caudal de agua.

- **Azud o barraje de derivación.**

Dentro de las obras de captación, por condiciones de funcionabilidad y diseño, debe haber un dique llamado azud o barraje.

Estará formado por una estructura que sirva para elevar el nivel de las agua y se construye en sentido transversal al río en fines de captación, siempre y cuando sea necesario. Es decir, en aquellos casos en que el tirante del río no sea lo suficientemente grande y no abastezca los requerimientos de captación. Dependiendo de la relación entre los caudales del río y la captación, algunas veces no es imprescindible construir el barraje.

- **Bocatoma.**

Son obras hidráulicas cuya función es regular y captar un determinado caudal de agua de los ríos y conducirla aprovechando la fuerza de la gravedad.

Dentro de sus funciones esta la de garantizar la captación de una cantidad constante de agua, especialmente en épocas de estío, impedir el ingreso de materiales sólidos y flotantes, proteger el resto del sistema de obras hidráulicas del ingreso de avenidas o embalses que pudieran producirse en las épocas de lluvias.

Debe ubicarse apropiadamente en los tramos rectos y estables del río y es importante señalar que las condiciones naturales, en lo posible, deben ser preservadas. En caso de no contarse con estas condiciones, preferentemente se ubicarían en los primeros tramos de la curva y siempre en la parte convexa. Debido a que los tramos finales de una curva convexa están expuestos a los embates de las crecientes y de las velocidades erosivas, mientras que la zona cóncava es probable que pueda colmatarse fácilmente.

Los detalles de la forma y dimensiones del barraje como de la bocatoma sumergida, lo encontramos en el anexo C.

#### 4.2.2 Canal de Conducción.

Esta obra hidráulica servirá para conducir el caudal de diseño de  $0.403 \text{ m}^3/\text{s}$  para uso de la micro central desde la bocatoma hasta la cámara de carga y para uso de la piscigranja habrá un caudal adicional de  $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

La reconstrucción del canal se hará sobre el canal existente el cual se encuentra ubicado en la margen izquierda del cauce del río Chancay y mantendrá la longitud de 1662 m. La sección transversal del nuevo canal tendrá forma rectangular debido a las características del terreno escarpado y por la facilidad de construcción, (menor volumen de material a retirar) y también consideramos evitar las pérdidas de agua por filtraciones y obtener una operación estable, mediante un revestimiento de concreto a lo largo del canal.

La pendiente del fondo del canal reconstruido debe ser de 7.7 por mil en el tramo más uniforme y habrá una diferencia de alturas de 15 m. entre la bocatoma y la cámara de carga.

Para determinar la forma y dimensiones del canal se utilizan las siguientes fórmulas:

Fórmula de Manning: 
$$r = \left( \frac{nv}{s^{1/2}} \right)^{3/2} \dots\dots\dots (4.3)$$

Ecuación de continuidad  $A = \frac{Q}{v}$  ..... (4.4)

Donde:

$$Q: 0.403 \frac{m^3}{s} \quad (\text{Caudal total})$$

A: Área mojada de la sección transversal (m<sup>2</sup>)

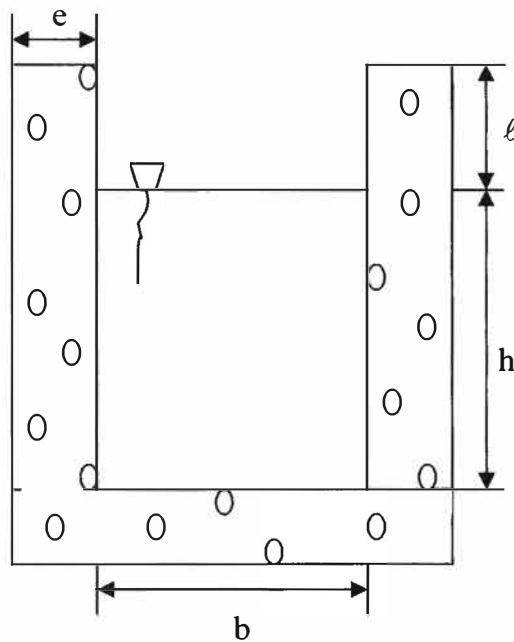
n : Coeficiente de rugosidad de Manning (0.015 en canales de concreto no enlucido).

r : radio hidráulico (m)

s : pendiente del canal (7.70 por mil)

v : velocidad media del agua en el canal ( $\frac{m}{s}$ )

La siguiente figura muestra el perfil de la sección rectangular.



**Fig. 4.2 Forma y dimensiones del canal.**

A continuación se presenta la secuencia de cálculo para determinar las dimensiones del perfil del nuevo canal.

Los datos deben ser: **Q** (caudal), **s** (pendiente) y **v** (velocidad). El área (**A**) y el perímetro (**p**), se pueden escribir en función de las dimensiones:

$$A = b \cdot h \quad \text{y} \quad p = 2h + b$$

Por definición:  $r = \frac{\text{área.mojada}}{\text{perímetro}} \dots\dots\dots( 4.5 )$

De las expresiones del área y el perímetro podemos obtener la ecuación

$$2h^2 - ph + A = 0 \dots\dots\dots ( 4.6 ).$$

La ecuación tiene dos soluciones:

$$h_1 = \left( p + \left( p^2 - 4 * 2 * A \right)^{1/2} \right) \div 4; \quad h_2 = \left( p - \left( p^2 - 4 * 2 * A \right)^{1/2} \right) \div 4$$

y por tanto dos valores de  $b_1$  y  $b_2$  respectivamente.

Aplicando la secuencia de cálculo para determinar las características del canal más apropiado.

En nuestro caso, consideraremos un canal de concreto no enlucido:

$$\text{Datos: } n = 0.015; \quad v = 1.68 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad s = 7.7 \text{ por mil}; \quad Q_{\text{total}} = 0.403 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Reemplazando en las fórmulas respectivas (4.3), (4.4) y (4.5) obtenemos:

$$A = 0.24 \text{ m}^2; \quad r = 0.15389; \quad \text{entonces } p = 1.56 \text{ m}$$

Utilizando la ecuación de segundo grado ( Fórmula 4.6 ) se obtienen los valores:

$$\begin{aligned} h_1 &= 0.6 \text{ m} & h_2 &= 0.25 \text{ m} \\ b_1 &= 0.45 \text{ m} & b_2 &= 1.14 \text{ m.} \end{aligned}$$

Aceptemos como soluciones  $h_1 = 0.5 \text{ m}$  y  $b_1 = 0.6 \text{ m}$ .

El borde “ $\ell$ ” por recomendaciones debe tener un valor entre 0.2 y 0.6 m, dependiendo del tamaño del canal. En nuestro caso hemos considerado  $\ell = 0.20 \text{ m}$  para disminuir los costos de materiales de construcción.

Entonces las dimensiones de diseño del canal son:

$$\text{Base } (b) = 0.6 \text{ m}$$

$$\text{Altura } (h) = 0.5 \text{ m.}$$

$$\text{Borde } (\ell) = 0.2 \text{ m.}$$

El espesor del revestimiento de concreto está en función de la capacidad de controlar las pérdidas por filtración que puede estar entre 0.06 y 0.12 m.

En nuestro caso:

$$\text{Espesor del canal } (e) = 0.12 \text{ m.}$$

Las juntas de dilatación estarán distanciadas cada 5.0 m a lo largo del canal para absorber los efectos de dilatación por los cambios de temperatura.



### 4.2.3 Cámara de Carga con Desarenador.

Esta cámara de carga debe cumplir las siguientes funciones:

- a. Conectar el sistema de conducción con la tubería de presión.
- b. Impedir el ingreso de materiales sólidos de arrastre y flotantes a la tubería de presión.
- c. Eliminar el exceso de agua en horas que el caudal de agua consumido por la turbina es menor al caudal de diseño.
- d. Mantener una altura de agua sobre la tubería lo suficiente como para evitar la entrada de aire a la misma.
- e. Distribuir agua para la piscigranja.

La función del desarenador será permitir sedimentar y eliminar los materiales sólidos que suspendidos en el agua provienen del canal de conducción y también evitar que éstos ingresen a la turbina.

La cámara de carga y el desarenador deben constituir un solo cuerpo que permita disminuir los costos.

La cámara de carga con desarenador se reconstruirá sobre la actual que se encuentra ubicada en la cota 3415 msnm. Debe tener sección rectangular y sus dimensiones fueron tomados de diseños estándar que faciliten su construcción.

Asumiendo como ancho del desarenador  $B_0 = 1.2$  m. y el tirante de la misma  $H_1 = 1.4$  m se determinará la longitud a partir de la siguiente ecuación:

$$L = V * H_1 * t * c \dots\dots\dots (4.7)$$

Donde:

$V$  : Velocidad del agua en la cámara.

$H_1$ : Tirante del desarenador (1.4 m)

$t$  : Tiempo de sedimentación (ver anexo)

$c$ : Factor de seguridad (2 - 3)

La velocidad del agua en la cámara debe ser menor que 0.3 m/s y se determina a partir de la ecuación de continuidad para el caudal de diseño  $Q$ .

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{B_0 * H_1} = \frac{0.403}{1.2 * 1.4} \quad V = 0.24 \frac{m}{s}$$

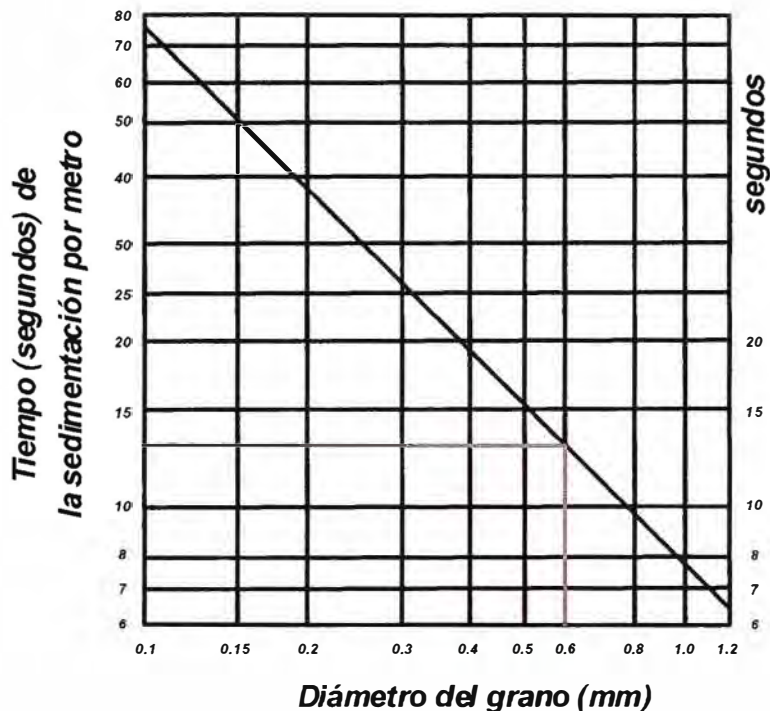
El tiempo de sedimentación se determina a partir del diámetro de arena máximo permitido en la operación de turbinas.

De acuerdo a la Fig. 4.3, para un valor de 0.6 mm como diámetro máximo de arena, encontramos el tiempo  $t$  igual a 13 segundos por metro.

Asumiendo  $c = 2.5$ , obtenemos de la fórmula ( 4.7 ) la longitud .

Entonces la longitud de diseño es:

$$L = 7 \text{ m.}$$



**Fig. 4.3 Tiempo de decantación de partículas de arena.**

Los detalles de la cámara de carga con desarenador se muestran en el anexo C, con sus respectivas dimensiones y vistas de corte.

#### 4.2.4 Tubería de Presión.

La tubería de presión conducirá el agua bajo presión desde la cámara de carga hasta la turbina.

Debido a que el costo de esta tubería puede representar gran parte del presupuesto de toda la micro central, es prioritario optimizar su diseño para reducir no solo los costos de mantenimiento sino la inversión inicial. No deberá haber peligro de erosión por desprendimientos en las laderas, pero sí acceso seguro para hacer los trabajos de

mantenimiento y reparación, por lo que se recomienda construir una escalera hecha de piedras que corra paralela a la tubería de presión.

Las tuberías de poli cloruro de vinilo (PVC) son las más empleadas en las micro centrales hidráulicas, porque son relativamente más económicas, adecuadas para presiones elevadas (100 a 150 m. ) y se fabrican hasta poco más de 400 mm de diámetro. Además son livianas y fáciles de transportar e instalar. Tienen un bajo factor de pérdidas por fricción y son resistentes a la corrosión. El espesor de las paredes de la tubería varía según su fabricación y esto permite obtener diferentes niveles de presión.

Dentro de sus desventajas tenemos su relativa fragilidad y puede ser dañada por golpes o impactos de rocas, especialmente a bajas temperaturas. El PVC se deteriora cuando se expone a la luz ultravioleta, la cual raja la superficie afectando seriamente la resistencia de la tubería. Por ello, debe ser protegida de la luz solar enterrándola.

Las tuberías serán de 6 m de longitud con uniones tipo espiga – campana, las cuales se unen empleando para ello anillos flexibles de sellado.

### **Diámetro de la tubería.**

El diámetro económico de la tubería se calcula técnicamente de modo que minimice las pérdidas de energía e incremente así los ingresos económicos; para ello se debe emplear velocidades mínimas, pero a su vez determina un aumento del diámetro y espesor de la tubería y por lo tanto un mayor costo de la misma. Ambos factores deben ser optimizados. El diámetro de la tubería se puede estimar con la fórmula deducida por el Ing. Francisco Torres Herrera en su obra “Obras Hidráulicas”, para cargas menores de 100 m.

$$D = (0.066Q^3)^{1/7} \dots\dots\dots ( 4.10 )$$

Donde:

$D$  = diámetro de la tubería en mm.

$Q$  = caudal de diseño  $(0.303 \text{ m}^3/\text{s})$

Al reemplazar valores se obtiene el siguiente diámetro de diseño.

$$D = 406 \text{ mm.}$$

En el mercado de tuberías de PVC de grandes diámetros y para presiones con factores de seguridad de 2 a 2.5, el fabricante de tubos AMANCO DEL PERÚ S.A. nos proporcionó los siguientes datos:

**Tabla N° 4.1 Características Técnicas de Tuberías P.V.C.**

<b>Características técnicas de tuberías para presión NTP – ISO 4422 (color gris).</b>					
<b>Tubería PVC Unión Flexible</b>			<b>Clase 10 (Serie 10) Presión de trabajo a 20 °C: 10 bar.</b>		
<b>Diámetro. Nominal (D)</b>		<b>Longitud (m)</b>	<b>Diámetro Interior (mm)</b>	<b>Espesor Pared (mm.)</b>	<b>Peso x Unidad (Kg.)</b>
<b>mm.</b>	<b>(Pulg.)</b>				
450	18	6	407	21.5	259.96

En el valor de la presión máxima de trabajo, generalmente se incluye el factor de seguridad ya mencionado, que significa que la presión de prueba de estas tuberías generalmente es el doble de la presión de trabajo.

Las clases de las tuberías de PVC indican además de la presión máxima de trabajo, el espesor de las tuberías.

Para la clase 10 le corresponde como presión máxima de trabajo igual a 10 bares.

En nuestro caso se necesitarán 14 tubos de PVC de clase 10 y unión flexible espiga – campana.

El sistema de unión flexible usado por AMANCO DEL PERÚ S.A., permite una excelente hermeticidad, buen comportamiento ante asentamientos diferenciales, movimientos sísmicos, contracción o dilatación por cambios de temperatura. Poseen anillos de caucho natural tipo 3S y fabricados según normas **ISO 4633** y **10221**.

#### **4.2.5 Descripción de Anclajes de la Tubería de Presión.**

Los anclajes son bloques de concreto que envuelven a la tubería de presión. Se diseñan para fijar la tubería de presión al terreno, por lo tanto, deben resistir cualquier fuerza que la tubería ejerza sobre él, es por esto que se les ubica generalmente donde existen cambios de dirección o pendiente, o donde existen cambios de sección.

Los apoyos o soportes son bloques de hormigón que deben construirse de manera tal que permitan el movimiento longitudinal de la tubería al contraerse o dilatarse debido a cambios de temperatura. Deberán ser construidos sobre suelo firme, no sobre relleno. La superficie de contacto del apoyo con el suelo de cimentación debe estar calculada para soportar el peso sin exceder el límite de capacidad de resistencia del suelo.

Es necesario hacer canaletas de drenaje a lo largo de la tubería para evitar la erosión de los cimientos de los soportes.

Serán necesarios tres anclajes, uno a la salida de la cámara de carga, el segundo en el lugar que la tubería hace el cambio de dirección y el tercero al ingreso a la casa de máquinas.

Se construirán apoyos al ejecutarse la obra sólo en los lugares que se estime conveniente.

#### **4.2.6 Casa de Máquinas.**

En la casa de máquinas se instalarán el grupo turbina-generador, el tablero de control e instrumentación, el depósito de resistencias del regulador de velocidad, las canaletas para los cables, etc. El área debe ser suficiente para acomodar todos estos equipos, además de permitir una fácil instalación, mantenimiento y reparaciones ocasionales que haya que realizar.

Del gráfico de la Fig. N° 4.4 se obtiene un área recomendada que para nuestras condiciones de caudal y altura neta resulta aproximadamente de 40 m<sup>2</sup>, que no incluye la residencia del operador.

La casa de máquinas se construirá con paredes de ladrillo y cemento y techo de calaminas o eternit, soportadas por un tijeral de madera.

La base de la turbina y alternador deben ser de concreto y para facilitar el mantenimiento e izaje de estos equipos se colocará sobre ellos una viga de concreto apoyada sobre las paredes de la casa de máquinas.

Se debe considerar un ambiente adicional de 20 m<sup>2</sup> para realizar el mantenimiento y lugar de estar del operario.

La nueva casa de máquinas se ubicará sobre la actual que será demolida y está en una plataforma adyacente a la margen izquierda del río Chancay, a una altitud de 3415 m.s.n.m., y a una altura de 3m., sobre el nivel medio del río.

Al costado de la base de la turbina, en este caso Francis, se debe considerar la poza, con una profundidad de no menos de 4.5 m y el canal para la salida del agua turbinada.

#### **4.2.7 Canal de Descarga.**

El agua turbinada caerá a una poza de 4.5 m de profundidad ya que el tubo de descarga de la turbina tipo Francis tiene 3.55 m de longitud.

Luego el canal de descarga conducirá el agua utilizada por la turbina hasta el río, siendo la distancia entre la casa de máquinas y el río de 50 m.

Este canal debe ser subterráneo, hecho de mampostería y las dimensiones son similares a la del canal de conducción, con un aliviadero hidráulico a la salida de la casa de máquinas para luego continuar bajo suelo canalizado hasta el lecho del río.

El diseño con las dimensiones y distribución de la casa de máquinas se encuentran en el anexo C.

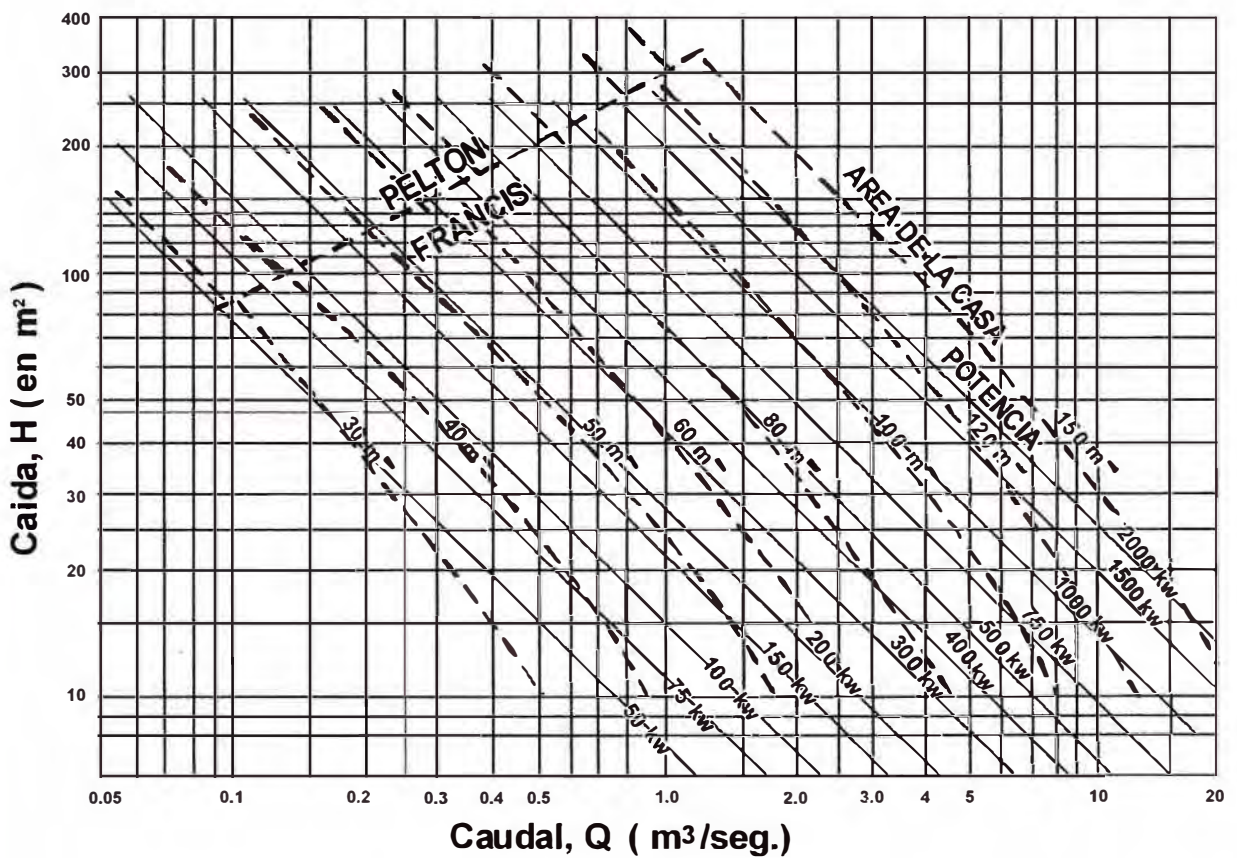


Fig. 4.4 Área necesaria para la casa de máquinas en función de Q, H y P.

## **CAPÍTULO V**

### **SISTEMA DE GENERACIÓN**

#### **5.1 Generalidades**

En el presente capítulo se desarrollarán los criterios seguidos en la determinación del número de etapas del equipamiento electromecánico de la planta de energía, así como los criterios seguidos en la selección del tipo de turbina hidráulica, del generador eléctrico, las características del tablero de control, así como el diseño del sistema de puesta a tierra.

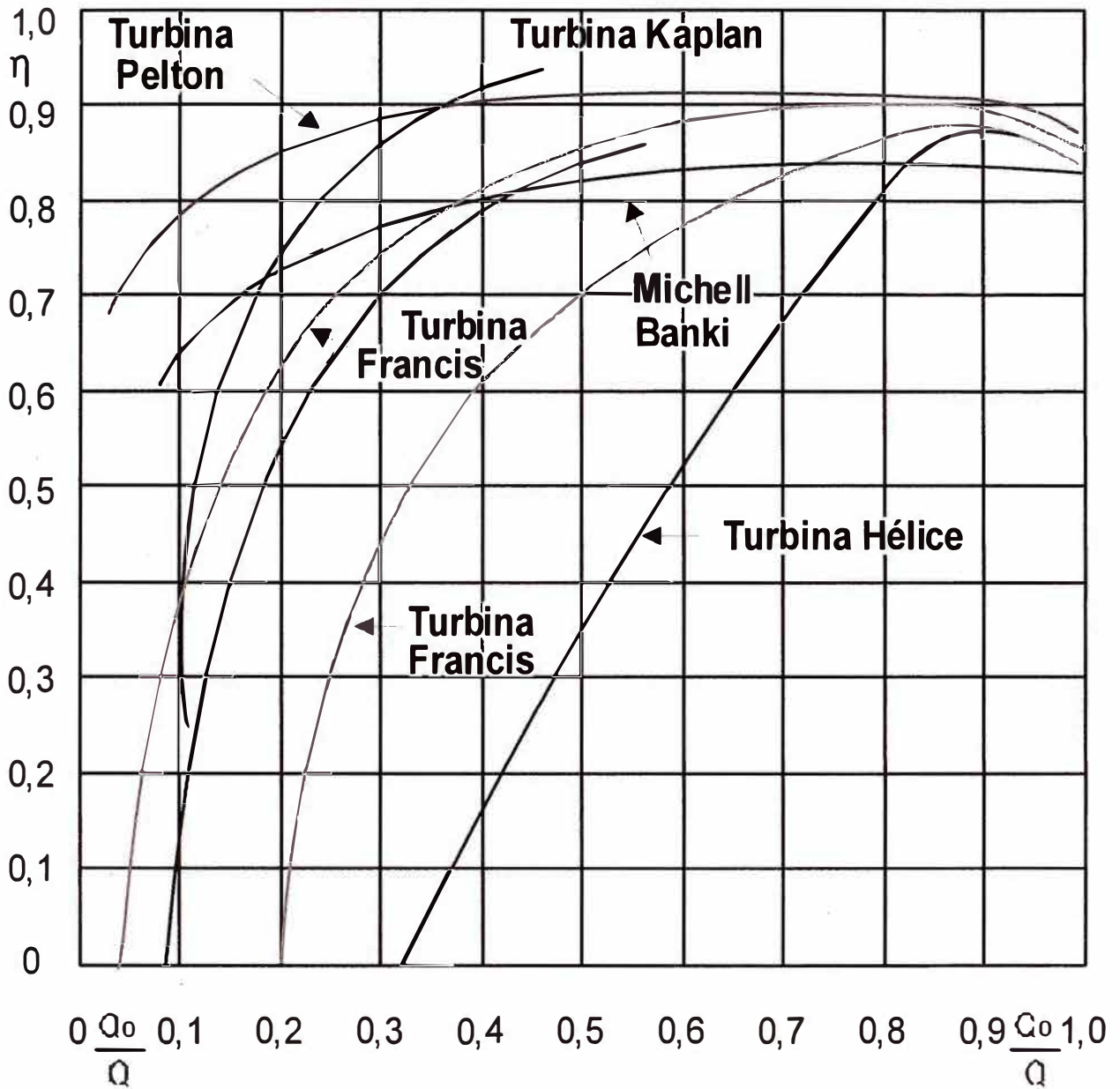
#### **5.2 Determinación del Número de Etapas del Equipamiento Electromecánico.**

El número de etapas se analizan en función de criterios como el factor de planta, el tiempo de duración de cada etapa, el costo de los equipos y la variación de la eficiencia de la turbina para las diferentes cargas de trabajo en el tiempo.

El factor de planta oscila entre: 0.158 y 0.297 según la tabla **“Pronóstico de la Demanda de Energía”** del anexo A.

Este bajo factor de planta es pequeño debido a las pocas horas de utilización y poca demanda de energía, además significa energía costosa ya que para pequeñas centrales hidroeléctricas se admitan valores mínimos de hasta 0.5, valor que sirve como referencia para determinar el número de etapas.

En el caso de las turbinas hidráulicas, independientemente del tipo que fueran, el caudal varía en función de la potencia demandada y el rendimiento es afectado por estas variaciones, como se aprecia en la figura 5.1, donde se presentan diversas curvas de rendimiento de distintos tipos de turbinas en función de la variación de potencia de operación.



**Fig.5.1 Curvas de rendimiento de las turbinas en función de la potencia de operación**

Un equipamiento bastante breve nos permitirá utilizar así en su totalidad la potencia instalada, pero el factor limitante lo constituye el costo del grupo hidroenergético a instalar en cada etapa para cubrir la potencia demandada en el último año del estudio.

Siendo la energía eléctrica producida de uso sólo para un centro poblado y así mismo debido a las condiciones de vida de estas poblaciones aisladas, y de la Tabla N<sup>a</sup> 2.11 Proyección de la Demanda de Potencia Eléctrica del Capítulo II, podemos observar que la demanda de potencia para el primer año de estudio es el 68% de la demanda de potencia para el último año de estudio



Por estas razones para nuestro caso, la micro central hidroeléctrica se debe realizar en una sola etapa, de aproximadamente 05 años, que nos permita pagar los costos y llevar a cabo la re potenciación y montaje.

### 5.3 La Turbina Hidráulica.

La turbina hidráulica es la máquina que transforma la energía potencial del agua en energía mecánica. Estas se pueden clasificar en dos grandes grupos: turbinas de acción y turbinas de reacción.

Las turbinas de acción solo aprovechan la variación de la energía cinética del agua, manteniéndose constante la presión estática del agua a su paso por el rotor. Estas turbinas trabajan generalmente a presión atmosférica y se caracterizan por ser de admisión parcial y se pueden montar en un eje horizontal o vertical. Se emplean en grandes saltos y caudales relativamente pequeños, dentro de este grupo están comprendidas las turbinas Pelton, Mitchell Banki y Turgo.

Las turbinas de reacción aprovechan tanto la energía de presión como la energía cinética del agua, por lo que existe un gradiente de presión en el rotor. Por lo general se usan en centrales de saltos medianos y bajos con caudales medianos y altos. En este grupo se encuentran las turbinas Francis, bombas en reverso y axiales.

#### 5.3.1 Criterios de selección del tipo de turbina hidráulica.

En general se selecciona el tipo de turbina considerando el número específico de revoluciones del caudal ( $Nq$ ), o el número específico de revoluciones de potencia ( $Ns$ ) y está expresado por las siguientes fórmulas:

$$Ns = \frac{NP^{1/2}}{H^{5/4}} \dots\dots\dots(5.1)$$

$$Nq = \frac{N Q^{1/2}}{H^{3/4}} \dots\dots\dots(5.2)$$

Donde :

N : Velocidad de la turbina en RPM

P t: Potencia en el eje de la turbina en HP o Kw

H : Salto neto en (m)

Q : caudal de la turbina ( $m^3 / s$ )

Los tipos de turbinas se dividen según su número específico de revoluciones y ello constituye la base para establecer series de rodets con todas las características que interesen en la construcción de turbinas estandarizadas.

La Tabla N° 5.1 nos muestra las características principales de las turbinas hidráulicas.

Para seleccionar el tipo de turbina a emplearse, debemos tener en cuenta otros aspectos como el rendimiento, nivel de carga, costo, etc., además del número específico de revoluciones de potencia ( $N_s$ ).

Otros criterios en la selección adecuada del tipo de turbina, debemos tomar en cuenta, las siguientes consideraciones:

- a. Para saltos medios es conveniente la adopción de una turbina Francis y para grandes saltos es conveniente la adopción de una turbina Pelton.
- b. Es deseable que las turbinas operen en la zona de buen rendimiento.
- c. El mantenimiento de las turbinas Francis es más complicado que las turbinas Pelton.
- d. Para todos los tipos de turbinas sus rendimientos varían con el nivel de carga, siendo el más estable, la turbina Pelton.
- e. Para una misma potencia, generalmente las turbinas Francis son más costosas que las Pelton y éstas que las Mitchell Banki.

Con la ayuda de la gráfica de la Fig. 5.2 también podemos seleccionar la velocidad específica  $N_s$  teniendo como datos la caída neta (H) y la potencia de diseño (P).

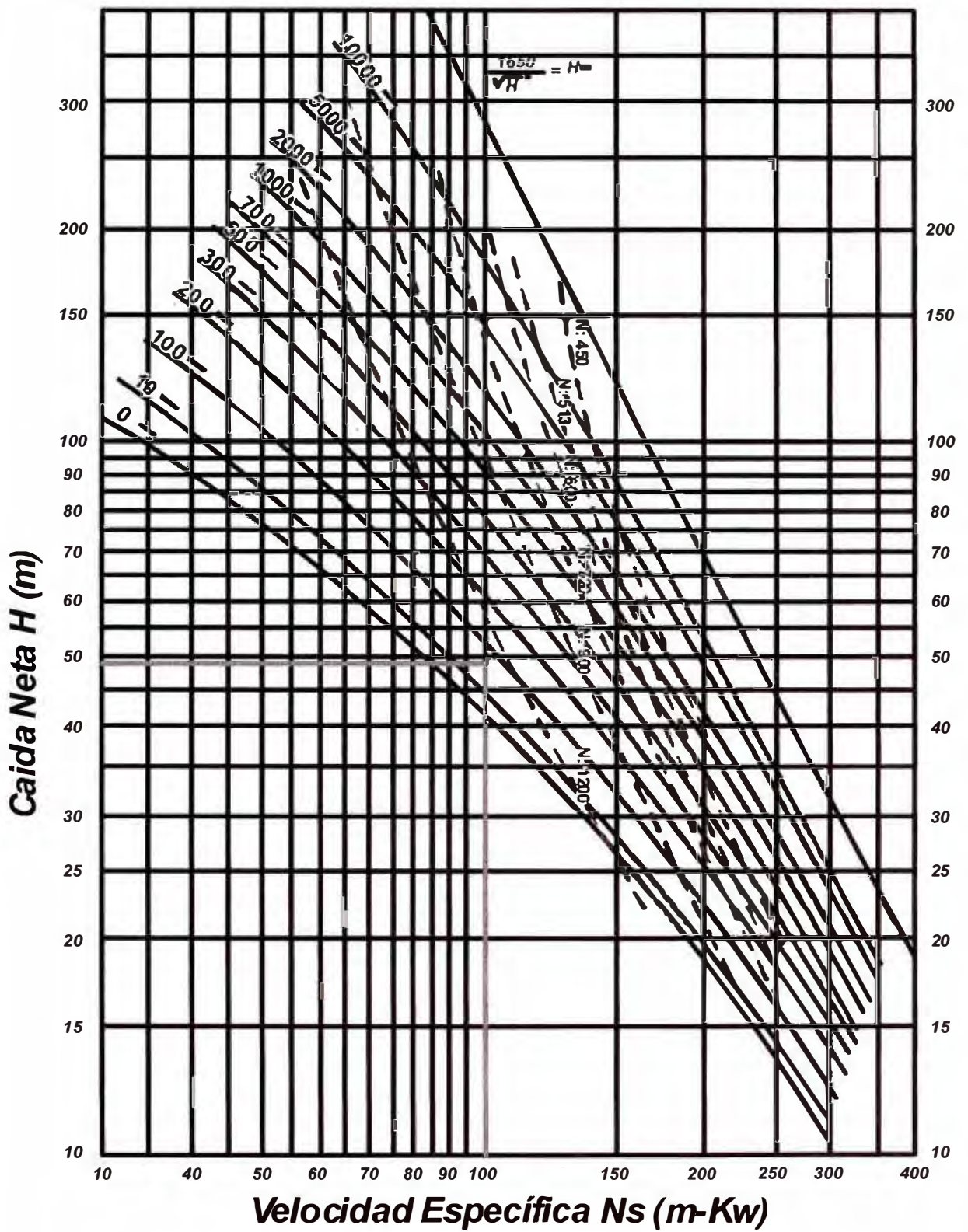


Fig. 5.2 Caída, capacidad, velocidad específica y R.P.M de rueda tipo Francis.

**Tabla N° 5.1 Características Principales de turbinas hidráulicas.**

TURBINA		Inventor y año de patente	$N_s$ (rpm, HP, m) rpm	Q $m^3/s$	H m	P kW	$\eta_{m\acute{a}x}$ %
A C C I Ó N	PELTON	Lester Pelton (EE.UU) 1880	1 Ch: 30 2 Ch: 30-50 4 Ch: 30-50 5 Ch: 30-70	0.05-50	30-1800	2-300000	91
	TURGO	Eric Creadson (G. Bretaña) 1920	60-260	0.025-10	15-300	5-8000	85
	MICHELL – BANKI	A.G.Mitchell (Australia) 1903 D. Banki (Hung) 1917 – 1919.	40-160	0.025-5	1-50 (200)	1-750	82
R E A C C I Ó N	Bomba roto dinámica	Dionisio Papín (Francia) 1689	30-170	0.05-25	10-250	5-500	80
	FRANCIS	James Francis (G. Bretaña) 1848	L: 60-150 N: 150-250 R: 250-400	1-500	2-750	2-750000	92
	DERIAZ	P. Deriaz (Suiza) 1956	60-400	500	30-130	100,000	92
	KAPLAN y de hélice	V. Káplan (Austria) 1912	300-800	1000	5-80	2-200000	93
	AXIALES: - Tubular - Bulbo - Generador periférico	Kuhne – 1930 Hugenin – 1933 Harza - 1919	300-800	600	5-30	100,000	93

Nota:  $N_s$  : velocidad específica.

Ch : chorro

L : lento

N : normal

R : rápida

### 5.3.2 Método de selección del tipo de turbina.

La selección del tipo de turbina se realiza en función del número específico de revoluciones de potencia (Ns).

El procedimiento generalmente usado es el siguiente:

- a. Los datos de partida son el salto neto (H) y el caudal requerido (Q).
- b. Se asume la velocidad de giro de la turbina (N) en un rango que permita determinar la velocidad específica más conveniente, en base a criterios que tengan mayor influencia, algunos de los cuales se presenta a continuación.

El costo entre los diferentes tipos de turbinas posibles a instalar y la disponibilidad de éstos.

Las velocidades síncronas nos permiten un acoplamiento directo entre turbina y generador suprimiéndose la transmisión por fajas o engranajes y éstos inciden en la disminución de costos.

- c. Se calcula la potencia al eje de la turbina usando la siguiente fórmula.

$$P_t = 13.157 \times Q \times H \times \eta_t \dots\dots\dots (5.3)$$

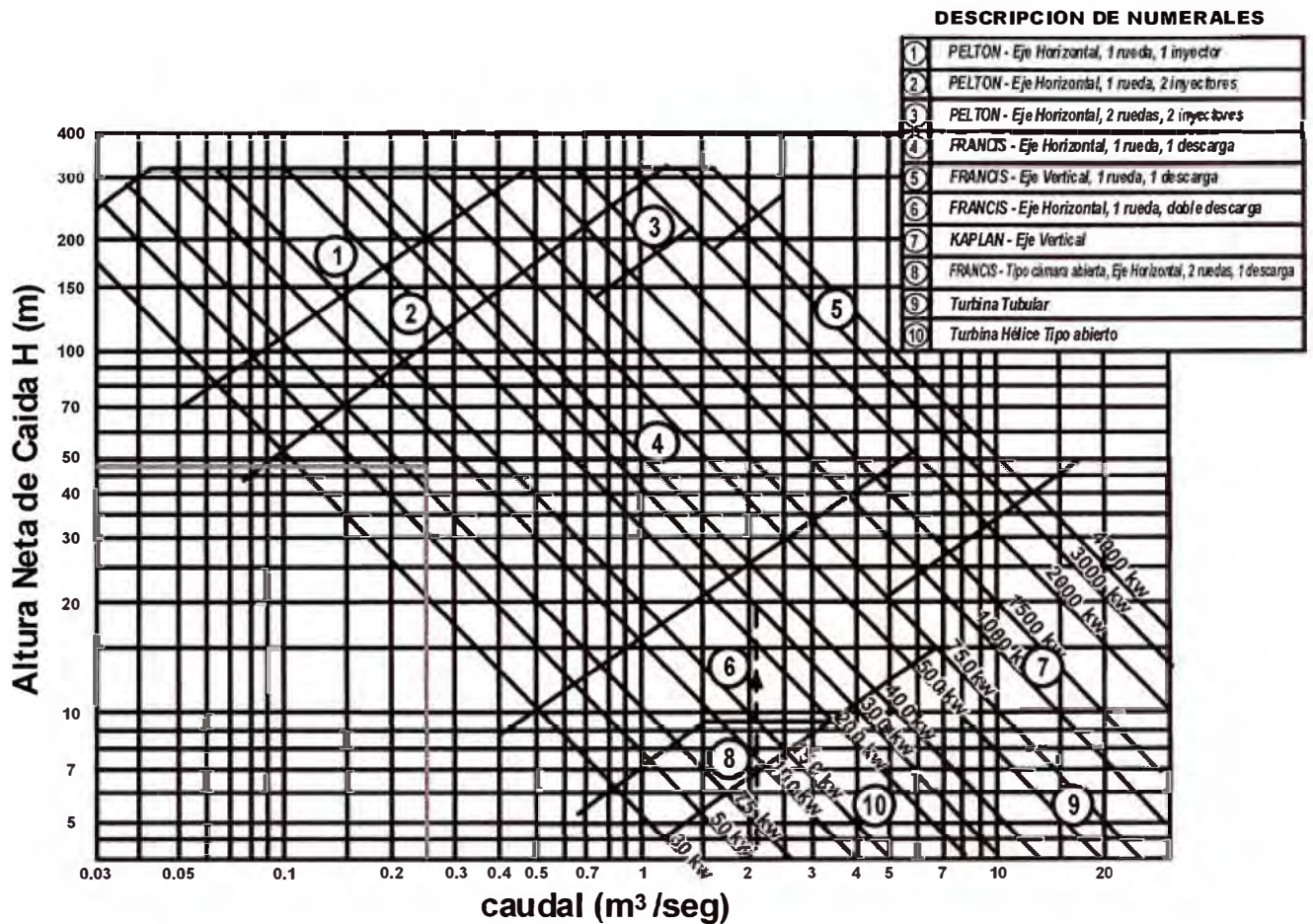
Donde  $\eta_t$  es la eficiencia total de la turbina, cuyo valor depende del tamaño de la turbina.

Por lo general, la eficiencia en turbinas grandes es de 0.88 y para turbinas pequeñas es de 0.70.

- d. Luego se determina la velocidad específica Ns en función de la potencia.
- e. Con el valor numérico de Ns, se ingresa a la Tabla Nª 5.2 y se determina en forma preliminar el tipo de turbina.

$$P_t = 187.4 \text{ HP } \text{ ó } 139.6 \text{ kW}$$

También podemos realizar una selección rápida del tipo de turbina para una micro central hidráulica utilizando el diagrama de la Fig. 5.3 en la que con datos de altura neta, caudal y potencia seleccionamos el tipo de turbina.



**Fig. 5.3 Selección de una turbina hidráulica en función de Q, H y P.**

Para el caso de la micro central de Vichaycocha, la selección de la turbina hidráulica debe estar orientada hacia una turbina Francis, de eje horizontal, 1 rueda y su respectiva tubería de descarga.

### 5.3.3 Características de la nueva turbina.

Por las razones explicadas anteriormente, se seleccionó una turbina de reacción tipo Francis de las siguientes características:

N: 900 RPM (Velocidad Nominal)

Pt: 187.4 HP ó 139.6 kW (Potencia en el eje de la turbina)

Q: 0.303 m<sup>3</sup>/s (Caudal de diseño)

H: 47 m (Salto útil).

$\eta$ : 0.86 (Eficiencia total de la turbina).

Características constructivas de la turbina:

- Carcasa fabricada de plancha de acero ASTM – A36, soldada con bridas, par acoplar a tubería, con manómetro de presión de ingreso, base y cáncamo de isaje.
- Rodete Francis en acero al cromo, balanceado dinámicamente.
- Blindaje y álabes directrices en acero al cromo.
- Tapas de Fierro fundido debidamente mecanizados para soportar las bocinas (SAE 64).
- Sistema de accionamiento de álabes directrices con servomotor.
- Eje de turbina (VCL 140) debidamente mecanizada.
- Sistema de transmisión de energía mecánica.

Usará una volante de inercia tipo disco, fabricada en acero SE 1020 ó similar y diseñada para una sobre velocidad y sobre presión máxima del 30%.

Las características técnicas de fabricación fueron proporcionadas por la empresa HIDRO VELA S.R.L del Ing. Juan Palomino Vela, quien tiene mucha experiencia en estos diseños.

Dimensiones básicas de la turbina:

El dimensionamiento de la turbina Francis se puede estimar de la siguiente manera:

Con los datos N en RPM, Q en m<sup>3</sup>/s y H en m, calculamos el diámetro del rodete.

(D1e) con la siguiente fórmula:

$$D_{1e} = \left( 0.293 + 0.0081 \cdot x \cdot \frac{N \sqrt{Q}}{H^{3/4}} \right) \cdot x \cdot \frac{60}{\pi N} \cdot x \cdot \sqrt{2gH} \quad \dots \quad (\text{Ec. 5.4})$$

Obteniéndose:  $D_{1e} = 0.333 \text{ m}$

También debemos determinar la altura de succión máxima para evitar la cavitación usando la fórmula:

$$H_{s_{\text{máx}}} = H_{ATM} - \sigma H - H_V \quad \dots \quad (\text{Ec. 5.5})$$

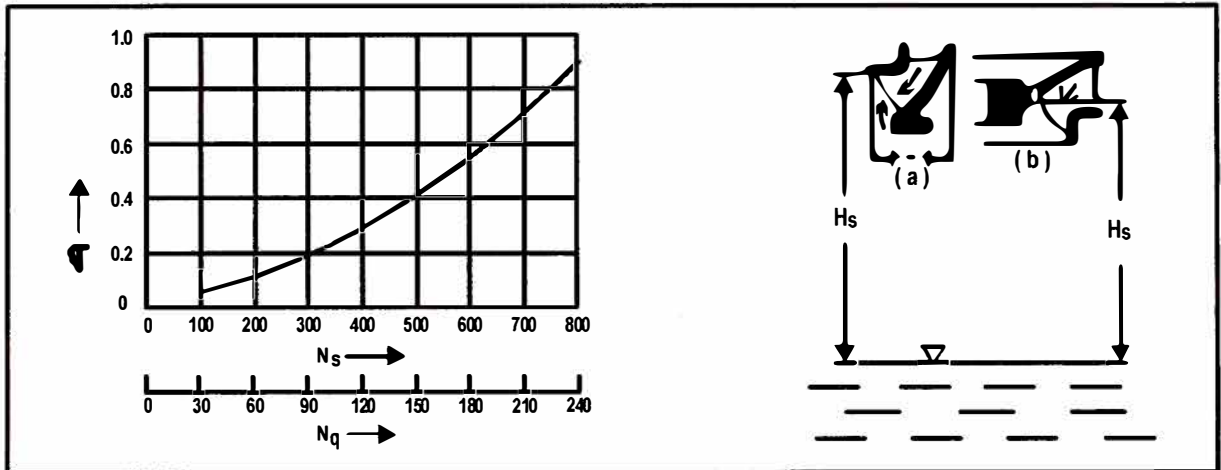
Donde:

$\sigma$  : Coeficiente de Thoma.

$H_{ATM}$ : Altura de la presión atmosférica local (m).

$H_V$  : Altura de presión del vapor del agua (m)

Siendo la presión atmosférica local igual a 6,5 m. y para la temperatura del vapor de agua de 10°C le corresponde un  $H_v$  igual a 0.125 m, y del Fig. 5.4 obtenemos  $\sigma = 0.06$ .



**Fig. 5.4 Coeficiente de cavitación de Thoma y altura de aspiración..**

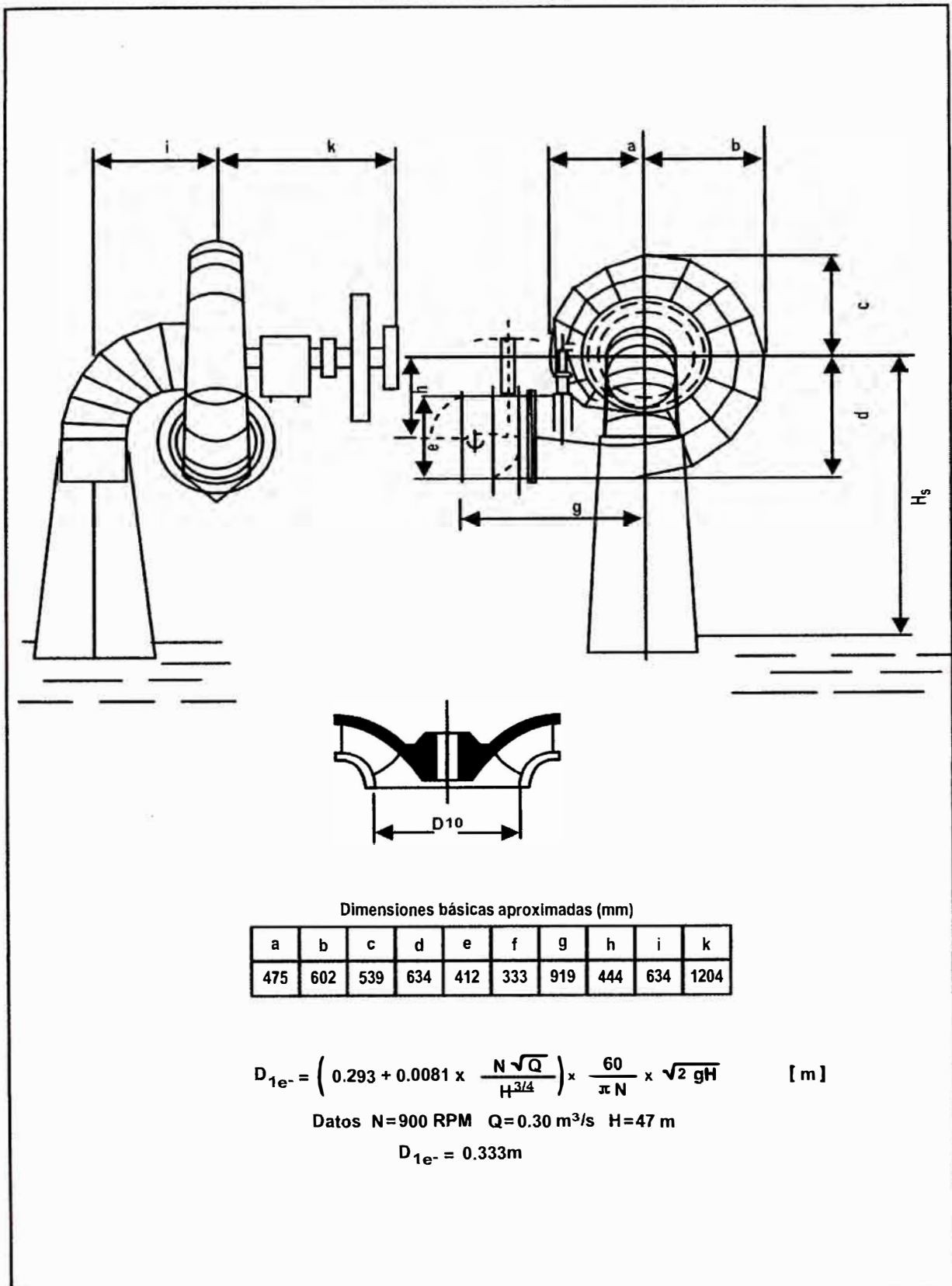
Al reemplazar valores en la fórmula anterior obtenemos:

$$H_{s_{m\acute{a}x}} = 3.55 \text{ m}$$

La ubicación de  $H_s$  se hará de acuerdo al esquema (a) de la figura 5.4.

Las otras dimensiones se calculan a partir del Die y se muestran en la figura 5.5.





**Fig. 5.5. Forma y dimensiones básicas aproximadas de una turbina Francis.**

#### 5.4 El Generador Eléctrico.

El generador eléctrico es la máquina que transforma la energía mecánica de rotación de la turbina en energía eléctrica. La energía eléctrica generada puede ser de corriente continua o de corriente alterna.

La generación de corriente alterna tiene un uso mas generalizado, debido a que abarca un gran rango de potencia, desde pequeños generadores del orden de cientos de watts hasta grandes generadores de varios megaWatts de potencia, tal como lo requieren las grandes centrales hidroeléctricas.

Los generadores de corriente alterna se dividen en dos grupos. Los generadores síncronos llamados comunmente alternadores y los generadores asíncronos. Ambos generadores producen corriente alterna debido a que la tensión e intensidad de corriente de salida varían alternativamente siguiendo una función sinusoidal con el tiempo.

De estas dos clases de generadores, los más utilizados en proyectos de micro centrales hidroeléctricas son los generadores síncronos.

El generador síncrono es denominado así por la velocidad de giro del campo magnético, es decir, que la velocidad de giro del rotor guarda relación directa con la frecuencia del campo magnético y relación inversa con el número de pares de polos del generador, como se indica a continuación:

$$n = \frac{60f}{p} \dots\dots\dots (5.6)$$

donde:

n : velocidad de giro del rotor.(RPM)

f : frecuencia de la red (Hertz)

p: número de pares de polos del generador

En cambio el generador asíncrono se caracteriza por que la velocidad de giro del rotor no está en sincronismo con la velocidad de giro del campo magnético del generador, debido a que su rotación esta en función de la carga. El uso de este tipo de generadores está limitado hasta 50 kW de potencia, a partir del cual el empleo de accesorios encarecen y hacen poco práctica su utilización.

#### 5.4.1 Cálculo de la Potencia del Nuevo Generador.

El actual generador de la localidad de Vichaycocha es trifásico de 60 Hz y con una potencia de 36 kVA, el cual debe ser sustituido por uno nuevo cuya potencia de generación debe estar en función de la potencia de la nueva turbina y se determina con la siguiente relación:

$$P_g = \frac{P_T \cdot \eta_g \cdot \eta_{tr}}{fdp} \dots\dots\dots (5.7)$$

Donde:

$P_g$  : Potencia del generador (kVA)

$P_T$  : Potencia de la turbina (kW)

$\eta_{tr}$  : Eficiencia de la transmisión mecánica..

$\eta_g$  : Eficiencia del generador (tómese 0.9)

$fdp$  : Factor de potencia (0.8)

Por otra parte, los generadores eléctricos son diseñados para trabajar a temperatura ambiente máxima de 40 °C y a una altitud de 1,000 m.s.n.m. En nuestro caso la planta hidroeléctrica donde operará el generador está ubicada a 3,380 m de altitud; entonces la potencia aparente debe ser tal que al afectarse por el factor de corrección por altura igual a 1.157 nos proporcione la potencia activa y aparente de diseño.

Mediante la siguiente fórmula podemos calcular la nueva potencia aparente corregida:

$$P_g = fc \frac{(P)}{fdp} \dots\dots\dots (5.8)$$

Donde:

$P$  : Potencia activa de diseño (90 kW)

$fc$  : Factor de corrección por altura (1.157)

$fdp$  : Factor de potencia (0.8)

Obteniéndose luego:

$$P_g = 130 \text{ kVA}$$

#### 5.4.2 Tipos de Generadores Síncronos.

Existen varios tipos de generadores síncronos, los cuales se pueden dividir en dos grupos: generadores de armadura rotativa y generadores de campo rotativo:

##### a. Generadores de Armadura Rotativa.

En estos generadores, el campo magnético o inductor se encuentra en el estator, y el inducido en el rotor. Estos generadores son auto excitados, auto regulados y con escobillas. Su estator tiene un pequeño campo magnético permanente y al empezar a girar el rotor, éste campo magnético induce una pequeña corriente eléctrica en el rotor, cuya frecuencia es proporcional a la velocidad de rotación. Esta corriente es transmitida a través de escobillas hacia un circuito de control del sistema de excitación constituido básicamente por un puente rectificador de diodos de silicio y un transformador de tensión. La función de este sistema de control es la de suministrar la corriente de excitación al campo para que éste pueda inducir la tensión nominal de trabajo en el rotor. Esta tensión de salida es proporcional de la velocidad del motor primo (turbina).

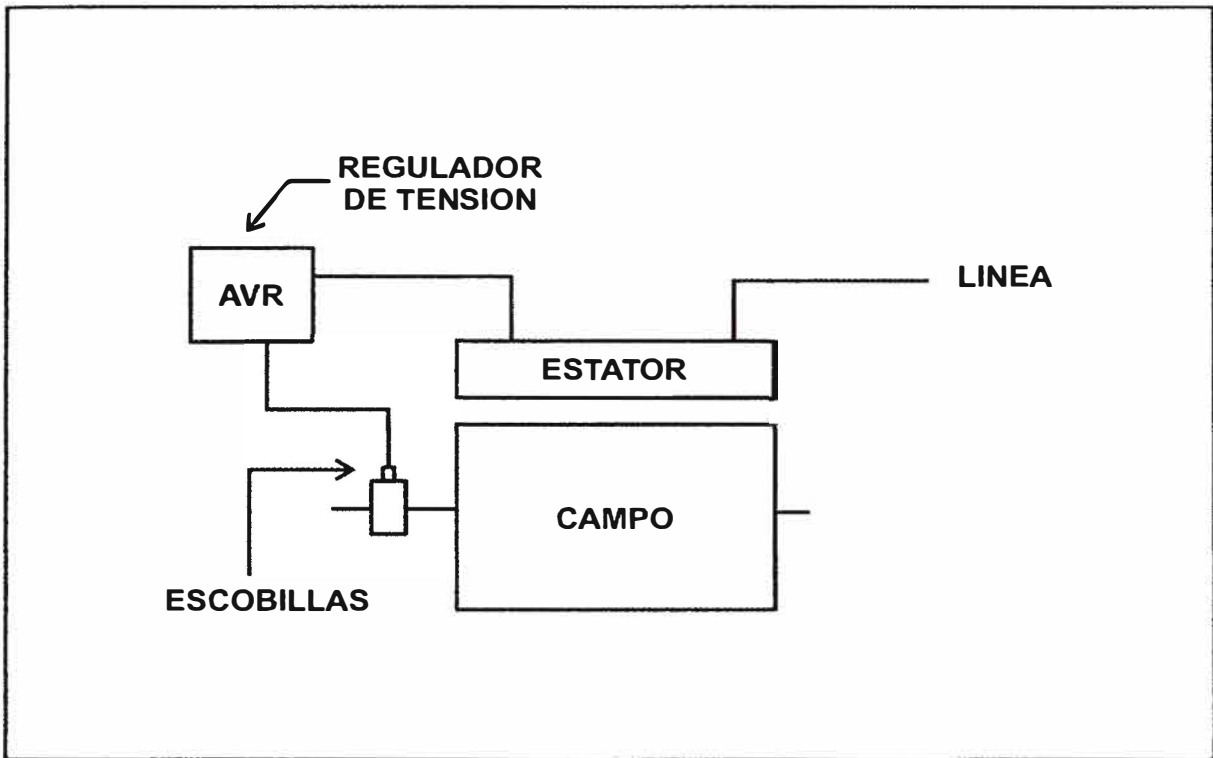
En la actualidad su producción está limitada a bajas potencias por la dificultad de dar salida con escobillas a la corriente generadas y por los altos pesos de los bobinados del rotor que implicaría el incremento de potencia.

##### b. Generadores de Campo Rotativo.

Estos generadores tienen el inductor o campo magnético en el rotor. Son también auto excitados y auto regulados, pero pueden ser de dos tipos: con escobillas y sin escobillas.

- **Generadores con escobillas:** El sistema de excitación es muy similar al descrito anteriormente, solo que en este caso, el campo es rotativo, y por lo tanto, sólo la corriente de excitación es transmitida por medio de las escobillas, mientras que en el caso anterior, la corriente nominal es la que circula por las escobillas

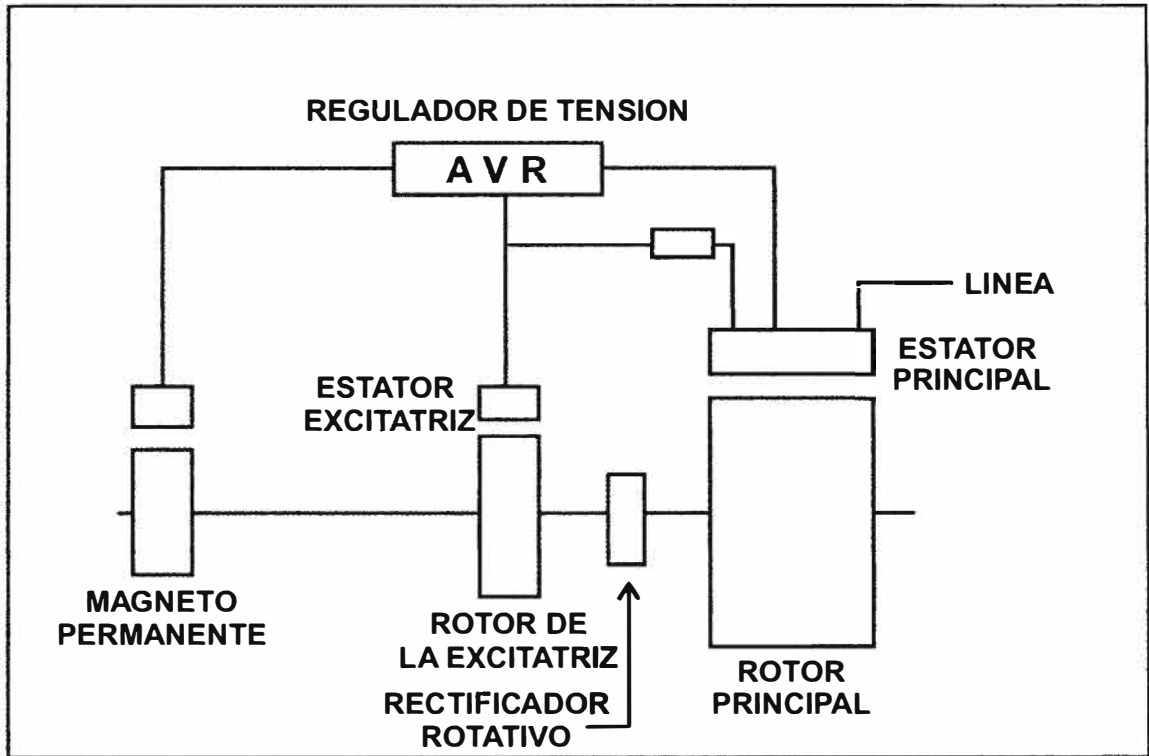
En la Fig. 5.5 se muestra un esquema explicativo.



**Fig. 5.5 Diagrama de bloques de un generador de campo rotativo con escobillas de campo rotativo.**

- **Generadores sin Escobillas:** Estos generadores están compuestos básicamente de dos generadores; uno de excitación y el otro de salida de potencia. En estos generadores el sistema de excitación está compuesto por cuatro elementos principales: Un regulador electrónico de tensión, el estator de la excitatriz, el rotor de la excitatriz y un puente rotativo rectificador de diodos.

En este caso, al empezar a girar el alternador, el rotor de magneto permanente induce corriente eléctrica en el estator. Esta llega al regulador electrónico de tensión, el cual compara la tensión de salida del generador con un valor pre-establecido; la diferencia entre éstos dará el nivel de tensión y corriente que es derivado previa rectificación, del regulador de tensión al estator de la excitatriz con el fin de controlar el campo magnético generado por el rotor principal y por lo tanto la tensión de salida del generador. Un diagrama de este tipo de generadores lo tenemos en la Fig. 5.6



**Fig. 5.6 Diagrama de bloques de un alternador sin escobillas.**

Los diversos tipos de generadores presentan ventajas y desventajas que los hacen atractivos para las condiciones específicas de cada usuario. A continuación se mencionan estos aspectos en las siguientes tablas.

**Tabla N° 5.3 Alternadores de campo rotativo con escobillas.****Ventajas:**

- Costo más reducido.
- Tensión de salida en función de la velocidad de giro del motor primo o de la frecuencia.
- No hay problema de sobreexcitación por operación a baja velocidad.
- Detecta fácilmente operaciones inadecuadas, alta o baja velocidad de giro.
- No hay electrónica delicada, susceptibles a fallas de tipo azar.
- Gran capacidad de arranque de motores eléctricos.
- Mantenimiento predecible, vida definida de carbones y anillos rozantes.
- Bajo costo de repuestos.

**Desventajas:**

- Escobillas y anillos rozantes sujetos a desgaste y por ende a reposición periódica.
- Regulación de tensión más débil:  $\pm 3\%$ , sin variación de velocidad.
- Difíciles de operar en paralelo.
- Las escobillas introducen ruidos eléctricos.
- La forma de onda contiene más armónicos.
- Tensión fija no es posible reconectar el equipo.
- Difícil regulación de tensión de vacío.

**Tabla N° 5.4 Alternadores de campo rotativo sin escobillas.****Ventajas:**

- Regulación de tensión en un rango de  $\pm 1\%$  entre vacío y plena carga con variación de velocidad de  $\pm 4\%$ .
- Teóricamente libre de mantenimiento, excepto los rodamientos.
- Fácil operación en paralelo.
- Forma de onda muy limpia, poco contenido de armónicos.
- No produce ruido eléctrico en el sistema.
- Doce terminales dan amplia gama de tensión de salida.
- Operación en 50/60 Hz.
- Fácil regulación de tensión en vacío en amplios márgenes de  $\pm 10\%$

**Desventajas:**

- Costo de repuestos (AVR) relativamente altos y obtención limitada.
- Sensible a operación a baja velocidad por sobreexcitación del campo principal.
- Menor capacidad de arranque de motores eléctricos.
- Precio del generador más elevado.

Dentro de los generadores con escobillas, la siguiente tabla nos muestra las ventajas y desventajas entre generadores de campo rotativo versus aquellos de armadura rotativa.

**Tabla N° 5.5 Alternadores con escobillas de campo versus de armadura rotativa.****Ventajas:**

- Por las escobillas circula la corriente de magnetización, que es una fracción de la corriente nominal de salida, reduciendo el costo de mantenimiento.
- Forma de onda similar al alternador sin escobillas.
- Menos ruido eléctrico.
- Fácil reconexión para varias tensiones.
- Menos elementos sujetos a desgastes.

**Desventajas:**

- Mayor costo que el de armadura rotativa.



### 5.4.3 Selección del generador.

Una vez hecho el análisis de las ventajas y desventajas de utilizar los diferentes tipos de generadores y siendo la micro central en estudio un sistema aislado y dado que la potencia de diseño proyectada (P) es de 90kW, se ha decidido utilizar un generador síncrono de corriente alterna.

Este tipo de generadores son ampliamente utilizados en proyectos de micro centrales hidroeléctricas. Por lo general son de cuatro polos y 1,800 R.P.M. para obtener la frecuencia normalizada a nivel nacional de 60 Hz.

El acople de velocidades entre la turbina hidráulica y el generador puede realizarse mediante poleas y fajas, con lo cual un mismo generador se puede acoplar a diferentes R.P.M. de las turbinas.

Siendo la demanda de energía diversa en el uso y en los equipos, nos decidimos por elegir un sistema trifásico, en el cual es fácil balancear las cargas y diseñar conductores de menor sección para las redes con el consiguiente menor costo

Una vez elegida esta opción, y debido principalmente a su mantenimiento más sencillo se decide utilizar un generador trifásico de campo rotativo, con escobillas y con las características de diseño según la Tabla 5.6.

**Tabla 5.6 Características de diseño del generador.**

Potencia (P)	: 100 kW.
Fases	: 03
Velocidad de giro	: 1,800 R.P.M.
Tensión	: 220 V.
Frecuencia	: 60 Hz.

#### 5.4.4 Características Técnicas del Generador.

Potencia	: 100 kW
Tensión	: 220 / 440 V
Intensidad	: 305/152.6 A
Fdp	: 0.86
Conexión	: Doble Y –Y serie
Frecuencia	: 60 Hz
Campo rotativo c/ escobillas	
Aislamiento	: Tipo F.

#### 5.5 El Tablero de Control y Protección Eléctrica.

Está formado por un gabinete metálico que contiene los instrumentos de medición, la palanca de seccionamiento, interruptor termo magnético y en su interior los elementos de control, protección y el cableado de interconexión.

Este gabinete debe alojar en forma segura a éstos equipos, instrumentos y demás dispositivos de modo tal que evita el contacto de las personas con las partes con tensión eléctrica y del mismo modo debe impedir el ingreso de polvo, humedad u objetos extraños.

Para nuestro caso debe ser de preferencia un tablero integrado porque albergará al regulador de tensión (AVR) y al regulador de velocidad

##### 5.5.1 Instrumentos de Medición.

La energía eléctrica es necesario medirla y cuantificarla, para lo cual debemos conocer exactamente los valores de las magnitudes de tensión, corriente, frecuencia y potencia capaces de ser producidos por el generador y absorbidos por los circuitos de carga.

- **El Voltímetro.**

Nos permite medir la tensión o voltaje. Se construyen con alta impedancia para ser conectadas en paralelo con la línea, es decir, conectado directamente a los bornes del aparato cuya tensión se desea medir.

Debe ser del tipo hierro móvil y de clase 2, con una escala de 0 – 500V.

- **El Amperímetro**

Sirve para medir la intensidad de corriente. La impedancia interna es muy baja, por lo que se conecta en serie con las cargas receptoras y nunca en paralelo porque podría producirse un corto circuito.

Debe ser del tipo hierro móvil, de clase 2 y con escala de 0 – 300A.

- **El Kilo Vatímetro.**

Se usa para medir la potencia eléctrica. Está formado por dos bobinas; una voltimétrica y otra amperimétrica, ambas en cuadratura magnética.

Es conveniente un vatímetro electrodinámico, clase 2 y escala de 0 – 100 kW.

- **Frecuencímetro.**

Mide la frecuencia de la tensión alterna. Existen dos formas constructivas: una con lengüetas vibrátiles y otra con aguja indicadora, ambas conectadas a la tensión:

Del tipo hierro móvil, clase 2 y escala de 0 – 100 Hz.

### 5.5.2 Seccionamiento y Protección.

Por la conexión y desconexión del generador hacia los receptores o cargas, es necesario un dispositivo de seccionamiento que considere los siguientes aspectos:

- a) Facilidad de conexión y desconexión manual.
- b) Desconexión automática por sobrecarga o cortocircuito en la carga, cumpliendo así con la misión fundamental de proteger al generador de éstas anomalías.
- c) Desconexión automática ante una eventual mala operación o avería de los equipos del aprovechamiento hidrostático.

Para micro centrales hidráulicas, podemos usar el siguiente método:

- **Interruptor Termo magnético.**

Es un dispositivo compacto de uso actual y muy difundido, que cumple con las dos primeras condiciones. Para cumplir con la tercera se solicita una bobina de disparo (shunt trip) que, al excitarse con una señal eléctrica, abre el interruptor. En el dimensionamiento del interruptor debemos considerar:

- a) La acción térmica protege la sobrecarga. La corriente nominal del interruptor será igual a la del generador (305 A). La divergencia máxima con el valor comercial será el  $\pm 10\%$ .
- b) La acción térmica se corrige cuando se exceden las siguientes condiciones de operación:
- Temperatura ambiente mayor a  $40^{\circ}\text{C}$ , la corriente del interruptor disminuye en  $0.8\%$  por cada  $1\%$  en exceso de  $40^{\circ}\text{C}$ .
  - Altitud de operación mayor a 2000 m.s.n.m.

ALTITUD (m.s.n.m.)	Multiplicar la corriente por:
2001 – 2006	0.95
2001 – 4000	0.80

- c) La acción magnética (capacidad de ruptura) protege del corto circuito. Es la cualidad que determina la bondad del interruptor. Los generadores para uso en micro centrales tienen como corriente de cortocircuito, un máximo de seis veces su corriente nominal.

Para nuestro caso:

$$I_N = 305 \text{ A}$$

$$I_{cc} = 1.5 \text{ kA}$$

- d) La tensión de trabajo del interruptor también es corregida cuando la altitud de operación está por encima de 2000 m.s.n.m.

Dentro de los dispositivos de protección tenemos:

- **El Relé de Protección.**

Este elemento protege al generador actuando sobre la bobina de disparo del interruptor o del contactor. También protege al resto del equipo cuando existen bobinas de comando eléctrico para el cierre de la válvula y/o parada del regulador de velocidad de la turbina, relé de sobre intensidad o relé térmico.

Se usa cuando el interruptor comercial excede al 10% de la intensidad nominal del generador. Debe ser graduable entre el 75% y 100% y preferentemente alimentado por transformadores de corriente.

Actuará sobre el interruptor ante los siguientes casos:

- Exceso de corriente de carga.
- Cortocircuito.

### 5.5.3 El Sistema de Puesta a Tierra de la Micro Central.

El tablero, el generador y todo dispositivo con cubierta metálica conductora que guarde elementos bajo tensión, debe ponerse a tierra mediante la conexión de un borne montado sobre la parte metálica del tablero y un cable desnudo de hilos trenzados de cobre de sección de 16 mm<sup>2</sup> que unirá al sistema de puesta a tierra; de esta manera protegemos al personal y equipos de la planta de contactos bajo tensión.

El diseño del sistema de puesta a tierra corresponderá al de un sistema con exigencia de baja impedancia de dispersión y bajos gradientes de tensión en el suelo, para lo cual se empleará el método “Electrodo mixto de reticulado con jabalina”.

Los datos para este diseño son:

- $\rho = 200 \Omega \cdot m$  (resistividad promedio del terreno)
- $N = 6$  (número de electrodos verticales)
- $H = 0.5 m$  (profundidad de enterramiento del conductor)
- $L = 84 m$  (longitud horizontal de desarrollo del conductor)
- $b = 0.015875 m$  (diámetro del conductor horizontal)
- $a = b/2$  (radio del electrodo vertical en metros)

La resistencia total del sistema de aterramiento se calcula de la siguiente manera:

$$R_T = \frac{R_{11}R_{22} - R_{12}^2}{R_{11} + R_{22} - 2R_{12}} \dots\dots\dots (Ec. 5.1)$$

De la fórmula anterior debemos especificar:

- $R_{11}$ : Resistencia del Reticulado determinado por:

$$R_{11} = \frac{\rho}{\pi L} \left[ Ln \frac{2L}{\sqrt{Hb}} + \frac{K_1 L}{\sqrt{S}} - K_2 \right] \dots\dots\dots (Ec. 5.2)$$

- $R_{22}$  : Resistencia de la Cama de Jabalinas.

$$R_{22} = \frac{\rho}{2\pi NL} \left[ Ln \frac{8\ell}{a} - 1 + \frac{2K_1\ell}{\sqrt{S}} (\sqrt{N} - 1)^2 \right] \dots\dots\dots (Ec. 5.3)$$

- $R_{12}$  y  $R_{21}$  : Resistencia Mutua entre Red – Cama de Jabalinas.

$$R_{12} = R_{21} = \frac{\rho}{\pi L} \left[ Ln \frac{2L}{\ell} + \frac{K_1 L}{\sqrt{S}} - K_2 + 1 \right] \dots\dots\dots (Ec. 5.4)$$

- $K_1$  y  $K_2$  son los coeficientes de Forma según las fórmulas:

$$K_1 = 1.43 - 2.3 \frac{H}{\sqrt{S}} - 0.044 \frac{A}{B} \dots\dots\dots (Ec. 5.5)$$

$$K_2 = 5.50 - 8 \frac{H}{\sqrt{S}} - \left( 0.15 - \frac{H}{\sqrt{S}} \right) \frac{A}{B} \dots\dots\dots (Ec. 5.6)$$

En la siguiente tabla se observan los cálculos iterativos para llegar finalmente a un valor óptimo de resistencia del sistema de aterramiento.

**Tabla N° 5.7 Cálculos Iterativos de Resistencia del Sistema de Aterramiento.**

L	S	A	B	$K_1$	$K_2$	$R_{11}$	$R_{22}$	$R_M$	$R_T (\Omega)$
16	48	16	3	1.03	4.51	14.94	18.11	5.75	11
16	64	16	4	1.11	4.65	13.74	17.89	4.55	10
52	112	14	8	1.24	4.94	10.05	17.41	7.22	9.43
64	168	14	12	1.29	5.06	8.52	17.01	6.23	8.12
84	168	14	12	1.29	5.06	8.21	17.01	6.45	7.95

De los resultados de la Tabla N° 5.7 Cálculos Iterativos de Resistencia, llegamos a la conclusión que las dimensiones del reticulado son:

$S = 168 \text{ m}^2$  (Superficie de cobertura de la puesta a tierra).

$A = 14 \text{ m}$  (lado mayor)

$B = 12 \text{ m}$  (lado menor)

RT: Resistencia total del sistema de aterramiento.

$RT = 8 \Omega$

Con un adecuado tratamiento del terreno se puede lograr que la resistencia llegue hasta  $R < 5\Omega$ .

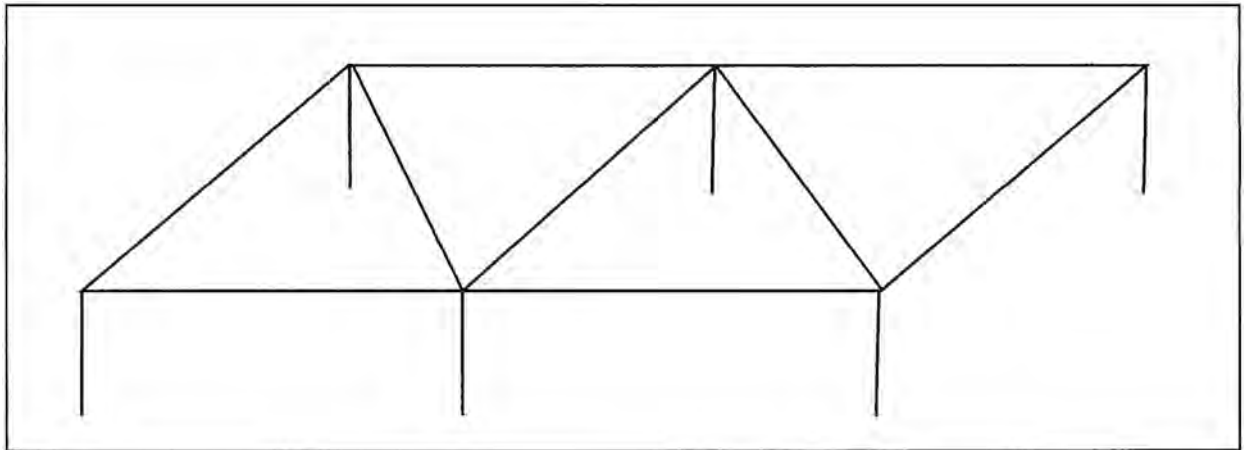


Fig.: 5.7 Reticulado de Electrodo Mixto.

## **CAPITULO VI**

### **SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA HIDROELÉCTRICA**

#### **6.1 Generalidades.**

Cuando una turbina hidráulica es acoplada a un generador eléctrico para producir energía, ésta energía debe tener una tensión y frecuencia determinadas, las cuales deben permanecer constantes o variar dentro de ciertos límites. La Ley de Concesiones Eléctricas obliga a los Concesionarios a suministrar la energía eléctrica con una variación máxima de frecuencia del 1% y de tensión del 2%; para no dañar al generador eléctrico ni los equipos y máquinas que utilicen esta energía.

La velocidad de giro del alternador es directamente proporcional a la frecuencia de la corriente eléctrica, razón por la cual la velocidad de giro de la turbina debe ser regulada.

Una variación de la demanda de energía, inmediatamente producirá cambios en la velocidad de giro de la turbina. Por lo tanto el alternador empezará a girar a otra velocidad diferente de la velocidad sincronía, con la consecuente variación en la frecuencia y tensión.

En los sistemas eléctricos se prevé que existan continuamente variaciones en la demanda, entonces es necesario instalar algún sistema de compensación que mantenga constante la velocidad de la turbina y por tanto se mantenga constante la tensión y frecuencia del generador.

#### **6.2 Regulación de la Velocidad o Regulación de la Frecuencia.**

La velocidad de giro del grupo turbina – generador debe ser regulada debido a que el uso de esta energía generada tiene magnitudes que dependen de la velocidad de la turbina como es el caso de la frecuencia de generación.

Las micro centrales hidroeléctricas que suministran electricidad en corriente alterna representan típicamente sistemas que operan a velocidad constante, para de este modo no dañar al generador eléctrico y brinden una energía eléctrica de calidad.



Dado que la frecuencia de la corriente eléctrica es directamente proporcional a la velocidad de giro del alternador, una variación de la velocidad de giro se traduce en una variación en la frecuencia del sistema eléctrico, que debe tener un valor de 60 Hertz según el sistema eléctrico de nuestro país.

Los cuadros 1 y 2 muestran algunos efectos negativos de trabajar a una frecuencia diferente a la nominal.

**Tabla N° 01 Efectos negativos debido a operación en baja frecuencia.**

<b>Equipo/Dispositivo</b>	<b>Efecto</b>
Motor eléctrico	El motor puede malograrse por exceso de corriente en el bobinado.
	Motor no arranca.
Lámpara fluorescente	No enciende.
Lámpara incandescente	Menor iluminación (debido a la baja tensión).
Alternador	Puede causar una caída de tensión en el sistema y sobrecalentarse

**Tabla N° 02 Efectos negativos debido a operación en alta frecuencia.**

<b>Equipo/Dispositivo</b>	<b>Efecto</b>
Lámparas incandescentes	Se descomponen o duran menos.
Motores	Pueden averiarse.
Alternador	Pueden dañarse por excesiva velocidad.

En aquellas centrales hidroeléctricas que no tienen un sistema de regulación de la velocidad, una variación en la demanda de energía inmediatamente producirá un cambio en la velocidad de giro de la turbina. Por lo tanto, el alternador empezará a girar a otra velocidad diferente de la velocidad síncrona, con la consecuente variación de la frecuencia y la tensión de la línea.

Por ello cuando se prevé que en el sistema existirán continuamente variaciones en la demanda, es necesario instalar algún sistema de compensación que mantenga constante la velocidad de la turbina. Existen básicamente dos maneras de controlar la velocidad del grupo generador:

- a) Por regulación del caudal de agua en la turbina.
- b) Por regulación de carga.

### **6.2.1 Regulación de velocidad por medio del caudal de agua en la turbina**

Para obtener una velocidad constante del grupo generador, existiendo una demanda variable, es necesario que en todo momento la potencia disponible al ingreso del grupo generador, debe ser igual a la potencia eléctrica a la salida de este, más las pérdidas internas del grupo.

$$\text{Potencia de ingreso} = \text{Potencia de salida} + \text{Pérdidas}$$

Este equilibrio se logra regulando la cantidad de agua que ingresa a la turbina, de tal manera que si se produjera un aumento en la demanda, se abrirá una válvula que permite el mayor ingreso de agua a la turbina ocasionando que la potencia generada se iguale a la demanda.

Existen dos maneras de realizar esta regulación: manualmente o automáticamente.

- **Regulación manual**

Tradicionalmente, la regulación manual se ha utilizado principalmente en micro centrales de potencia menor a 50 kW, ya que su costo inicial es bajo. Este tipo de regulación se emplea en aquellos sistemas donde no existen grandes fluctuaciones en la demanda de energía

Para utilizar este sistema se requiere de un operador en la casa de fuerza, que esté atento a las variaciones en la frecuencia del sistema y que compense estas variaciones haciendo variar el caudal de agua en la turbina. La variación del caudal se realiza por medio de la válvula de agua o de álabes directrices, según el tipo de turbina empleada.

- **Regulación automática**

La regulación automática de la velocidad por regulación del caudal proporciona un sistema con frecuencia y tensión estables. Este sistema se emplea cuando se prevé que en el sistema eléctrico existirán grandes fluctuaciones instantáneas en la demanda.

Este tipo de regulación utiliza los llamados reguladores de velocidad oleomecánicos y sus variantes tales como los taquimétricos, electro-mecánicos y electro-hidráulicos, entre otros. Por su elevado costo este sistema resulta poco apropiado en micro centrales y es más utilizado en centrales de más de 100 Kw de potencia.

### 6.2.2 Regulación de la velocidad por regulación de carga

A diferencia de la regulación por caudal de agua, en la que en todo momento la turbina regula el paso de agua con el fin de igualar la potencia generada con la demanda para mantener la velocidad de giro constante, en los sistemas de regulación de carga el grupo generador entrega una potencia constante; esto es, no hay regulación de caudal de agua. No obstante, debe cuidarse que el grupo genere una potencia mayor o igual a la máxima potencia esperada en la demanda. El exceso de potencia generada se disipará en forma de calor a través de resistencias sumergidas en agua.

Esta regulación también se puede realizar de manera manual o automática, siendo esta última la más utilizada.

Existen dos maneras de realizar esta regulación: manualmente o automáticamente.

- **Regulación manual.**

Es poco utilizado. Se requiere básicamente tener un banco de resistencias (hornillas eléctricas, luminarias incandescentes, baterías, etc.), que el operador irá conectando o desconectando según aumente o disminuya la frecuencia en la red eléctrica. Una ventaja de este sistema es que el operador puede realizar esta regulación desde su casa y no tiene que estar permanentemente en la casa de fuerza. Este sistema es especialmente útil para micro centrales muy pequeñas, que atienden a un número reducido de usuarios.

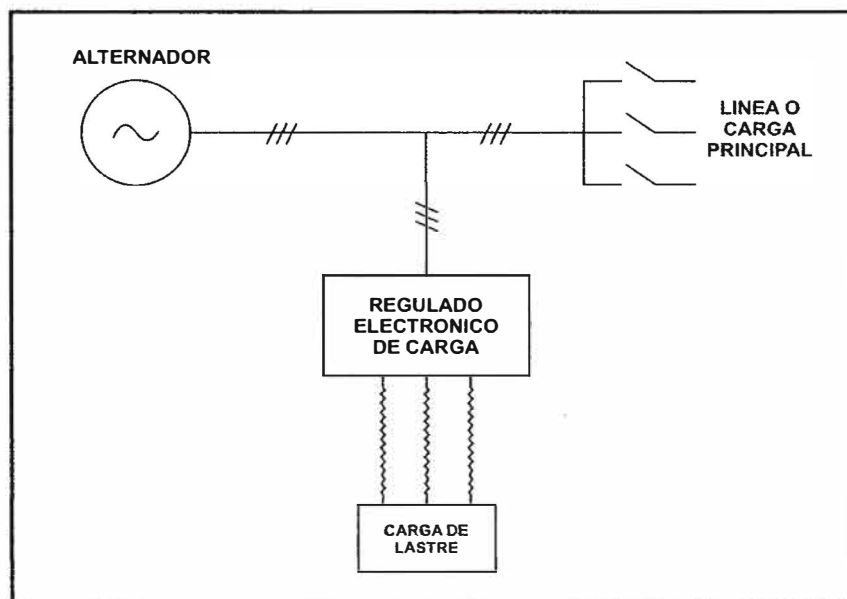
- **Regulación automática de carga.**

Con el fin de lograr soluciones más económicas y sencillas en el mantenimiento y operación de los reguladores automáticos de velocidad, en los últimos años se ha desarrollado el sistema de regulación electrónica de carga. Este sistema ha encontrado su campo de aplicación principalmente en el rango de las micro centrales hidroeléctricas, es decir para potencias menores a 100 kW.

Este sistema no consiste en regular el caudal de agua, si no que el alternador produce una potencia constante y el regulador electrónico de carga, a través de unas válvulas electrónicas conocidas como **tiristores**, deriva la energía no consumida por la demanda a un sistema de disipación de energía (banco de resistencias sumergidas en agua):

**Algunas de las principales ventajas de estos reguladores respecto de los reguladores oleomecánicos y similares son:**

- i) Simplificación del diseño de las turbinas al no existir la necesidad de regular el caudal de ingreso de agua a la turbina.
- ii) Menor costo.
- iii) Operación y mantenimiento sencillos.
- iv) No produce sobre presiones en la tubería de presión.
- v) Fácil ensamblaje o fabricación.
- vi) Mayor rapidez en la respuesta a cambios de carga.



**Fig. 6.1: Regulación electrónica de carga.**

## **Componentes básicos de los reguladores electrónicos de carga.**

Los componentes básicos son cuatro unidades:

### **Fuente de poder.**

Toma la energía del alternador y se encarga de suministrarla en forma de corriente continua y en la tensión requerida por todos los circuitos electrónicos que componen el regulador.

### **Unidad de control y protección**

Es el corazón del regulador, y consiste en los circuitos sensores de frecuencia, tensión e intensidad de corriente. Además contiene los relés, interruptores y fusibles de protección.

### **Unidad de potencia**

Contiene los circuitos de disparo para regular la cantidad de energía que se disipa en la carga de lastre o secundario. Además contienen los tiristores y relés en caso de regulación escalonada.

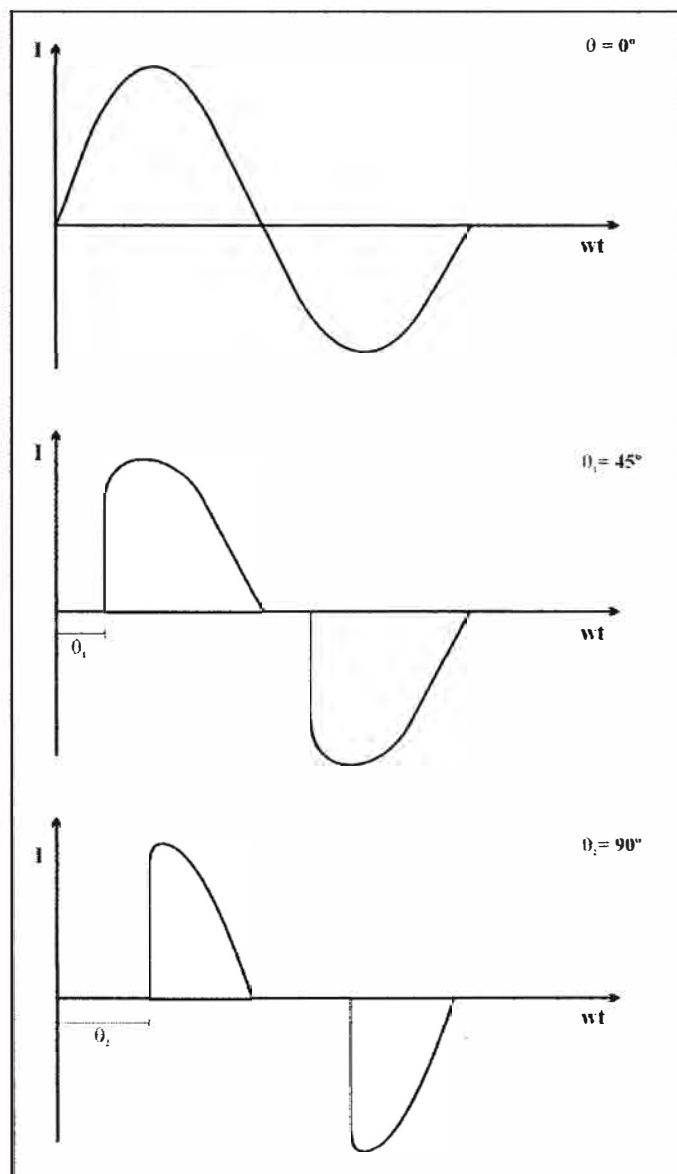
## **Principio de funcionamiento.**

Actualmente existen dos sistemas de regulación electrónica de carga: una es la regulación continua de la carga o regulación analógica y la otra es la regulación escalonada o regulación digital.

### **Regulación continua o analógica.**

Esta regulación se logra mediante el uso de rectificadores controlados de silicio (SCR), los cuales permiten el paso de corriente hacia la carga secundaria (lastre) sólo cuando reciben una pulsación de pase proveniente del circuito de control de disparo. Estas señales se suceden cada medio ciclo y éste dispositivo permite el paso de corriente hasta que la onda llegue a cero. Haciendo variar las pulsaciones de pase de 0 a 180 grados eléctricos se puede variar el flujo de corriente hacia la carga secundaria y, por lo tanto, la energía que se disipará en ella.

El proceso de control de frecuencia se realiza comparando la frecuencia del alternador con una señal de referencia pre-establecida. Se compara estos dos valores y se emite una señal diferencial que va a un circuito integrado de control, y luego el circuito de disparo donde se controla el ángulo de fase de las pulsaciones. Existe un circuito de control por fase, así como una carga de lastre por fase. Cuando la señal diferencial es cero el ángulo de fase y por tanto la carga de lastre, permanecen constantes. Cuando se producen variaciones de carga y por tanto de frecuencia, entonces la señal diferencial toma un valor diferente de cero; luego se producen variaciones en el ángulo de disparo y por tanto, en la carga de lastre, hasta que la frecuencia vuelva a estabilizarse, entonces la señal diferencial volverá a cero.



**Fig. 6.2 Variación en la forma de onda de la corriente en la carga de lastre en función del ángulo de disparo.**

Actualmente las compañías fabricantes de estos reguladores, utilizan un sensor de corriente además del sensor de frecuencia para hacer las correcciones en el ángulo de disparo, con lo que se logra una respuesta más veloz para cualquier cambio en la demanda.

Una desventaja que se atribuye al sistema de regulación continua o analógica es que al cortar las ondas de corriente se provocan interferencias en las señales de radio, pudiendo afectar la recepción de onda de radio en la zona. Esto se ha reducido con la adición de bobinas en cada fase de la carga de lastre; además se ha comprobado en la práctica que las interferencias que pudieran existir no son de importancia.

### **Regulación escalonada o digital.**

El procedimiento de control es muy similar al descrito anteriormente; la diferencia radica en que no se corta la onda de corriente, sino que utiliza un sistema de relés que actúa cuando la onda de corriente tiene un valor nulo, en ese momento se conectan o desconectan pequeñas cargas resistivas en la carga de lastre. Estas cargas tienen valores fijos; por lo general se utilizan varias cargas o resistencias de valores diferentes con la finalidad de que el regulador tenga un amplio margen para realizar las combinaciones más adecuadas para el cambio de carga que se ha producido.

Por ejemplo, en caso de requerirse una carga de lastre total de 8,5 Kw, se pueden instalar resistencias de los siguientes valores: 5 Kw, 2 Kw y 1,5 Kw, con lo que se puede obtener siete combinaciones diferentes o siete escalones de regulación. El aumento del número de escalones de regulación puede contribuir a mejorar el control de la frecuencia, pero también implica un mayor costo, ya que necesita mayor número de resistencias.

Una ventaja que se atribuye a este sistema sobre el de regulación continua, es que al no cortar las ondas de corriente, y realizar una regulación por pasos o escalones, no se producen interferencias en las ondas de radio.

### **Características técnicas de los reguladores electrónicos de carga.**

Los fabricantes de reguladores electrónicos por lo general proporcionan las siguientes especificaciones de sus reguladores electrónicos:

- a) Respuesta a la aplicación o retiro del 100 % de la carga: Desviación transitoria de la frecuencia: menos de 0.25 s. Tiempo en recuperar la frecuencia nominal: menos de 0.25 s.

- b) Estatismo: de 0 % a 3 % (regulación digital).
- c) Temperatura máxima de operación: 55 °C.
- d) Tipo de alternador a utilizar: cualquiera que trabaje con tensiones y frecuencias nominales entre 100-500 voltios y entre 45 y 65 Hz.
- e) Tipo de demanda: indiferente (capacitiva, inductiva o resistiva).
- f) Tipo de carga de lastre a utilizar: resistiva, de 10 % a 20 % mayor que la máxima demanda esperada.
- g) Factor de potencia de la demanda: mayor de 0.7.

### **Sistema de disipación de energía**

Los sistemas de disipación de energía más usados son: por medio de resistencias calefactoras del medio ambiente, o resistencias sumergidas en agua circulante.

- **Resistencias calefactores de aire:** Debe ponerse cuidado en que el ambiente donde se va a instalar las resistencias debe ser un espacio amplio donde exista libre circulación de aire.
- **Resistencias sumergidas en agua:** Debe acondicionarse un pequeño tanque donde se instalarán las resistencias. Debe ponerse atención a que en todo momento las resistencias estén sumergidas en agua, y que además exista agua en permanente circulación, lo que se puede lograr sacando una derivación de la tubería de presión. El tanque o depósito de agua puede construirse de planchas de acero, de concreto o de cualquier otro material que resulte apropiado.

En la Fig. 6.3, se muestra la forma de la distribución de los accesorios del tanque disipador de energía para una micro central.

En general, la cantidad de agua que se necesita es muy poca y las dimensiones del tanque se toman de acuerdo al tamaño de las resistencias disponibles.



Un cálculo aproximado para hallar el caudal de agua necesario para disipar una potencia  $P$  (kW) en el tanque de resistencias se puede hacer usando la siguiente ecuación:

$$P = Q * \rho * C_p * (T_f - T_i) \dots\dots\dots (6.4)$$

Donde:

$P$  : flujo de calor absorbido por el agua (Kw).

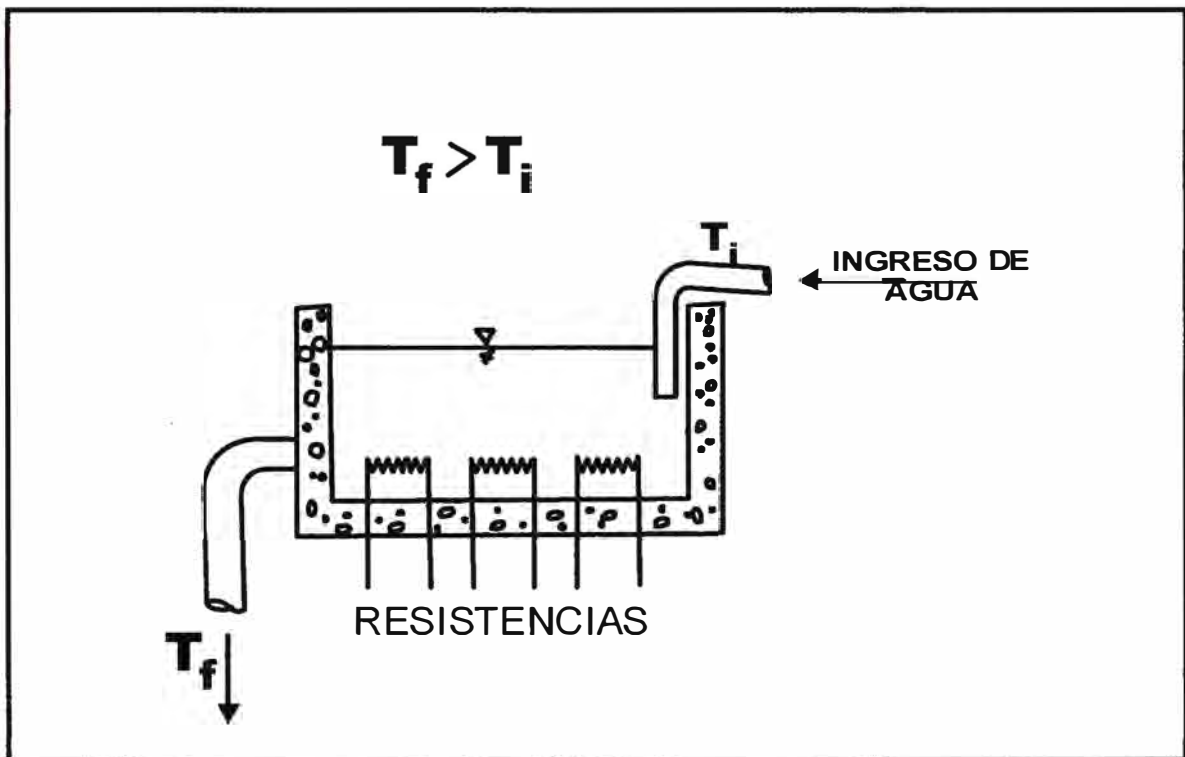
$Q$  : Caudal de agua (Lt/s)

$\rho$  : densidad del agua (1 Kg/Lt)

$C_p$ : Calor específico del agua (4.187 KJ/(Kg - °K))

$T_f$ : Temperatura del agua a la salida del tanque (°K).

$T_i$ : Temperatura del agua al ingresar al tanque (°K).



**Fig. 6.3. Disipación de calor en el tanque de resistencias.**

Si despreciamos las pérdidas de calor a la atmósfera, entonces se puede hacer la siguiente aproximación:

Asumiendo que toda la potencia eléctrica que llega a las resistencias es transmitida al agua, entonces para nuestro caso la máxima demanda esperada para el año 2007 es de 48.9 kW, entonces la carga del lastre será igual a 8. Kw (16%), y por tanto, se puede hacer:

$$P = 8.0 \text{ kW (máximo)}$$

Además asumiendo los siguientes valores:

$$T_f = 40 \text{ °C} \quad \text{y} \quad T_i = 12 \text{ °C.}$$

Despejando en la ecuación (6.4) obtenemos:

$$Q = 0.07 \text{ Lt/s}$$

Con lo cual se puede ver que la cantidad de agua requerida para la disipación de energía es mínima. Sólo debe cuidarse que el agua esté permanentemente en circulación, de lo contrario podría hervir el agua y evaporarse, ocasionando que se malogren las resistencias y que por lo tanto el regulador electrónico no pueda controlar la frecuencia.

Este regulador deberá contar con un sistema de protección contra baja y sobrefrecuencia. Además este regulador es incorporado a un tablero de control junto con el frecuencímetro, voltímetro, amperímetro y fusibles de protección.

### **Selección del regulador de velocidad**

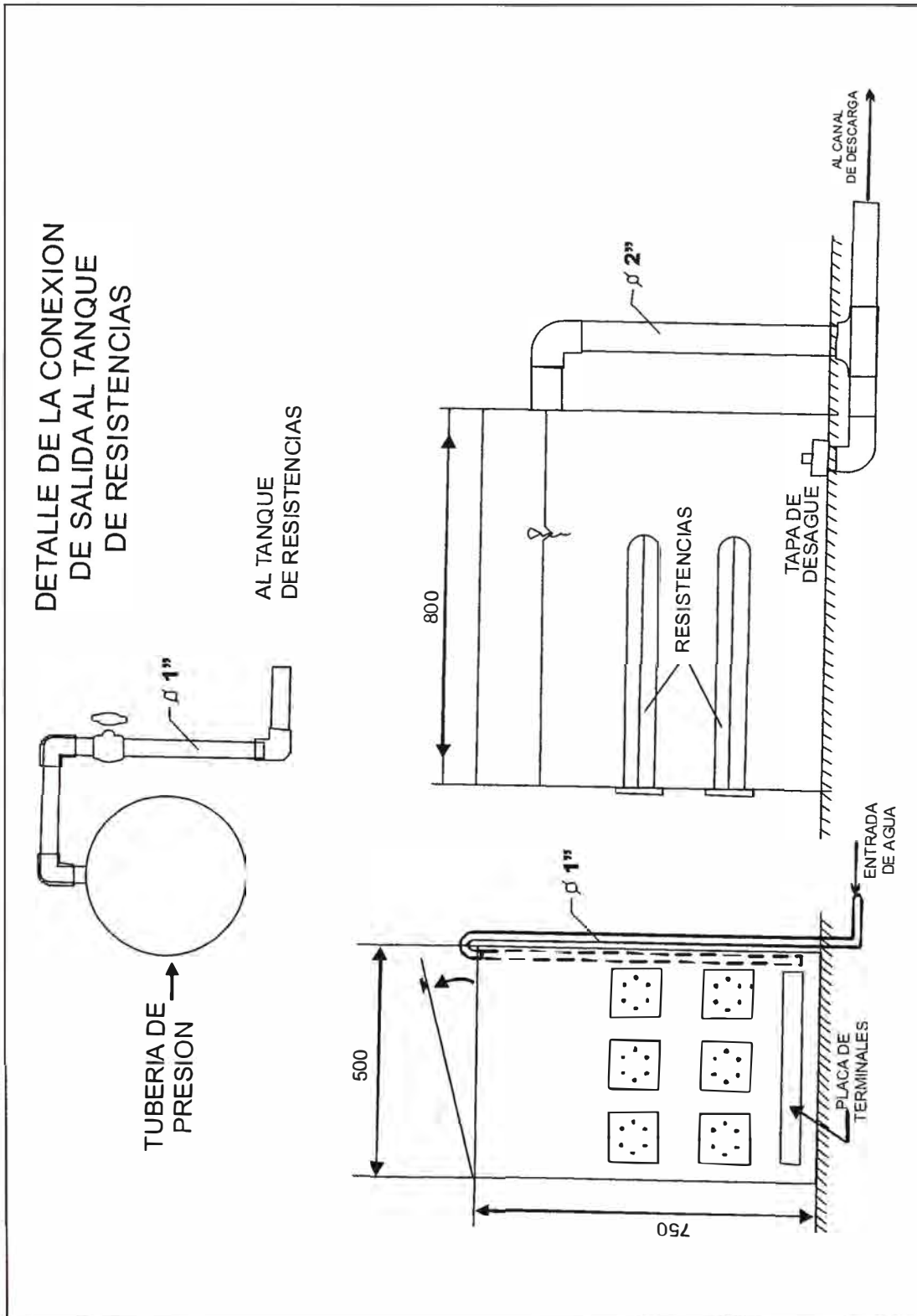
Debido a su menor costo, además de no requerir de un operador calificado y a su mantenimiento simple, se ha decidido utilizar un regulador electrónico de carga, el cual debe guardar relación con el tipo de alternador a utilizar.

Las características técnicas del regulador deben ser:

Potencia	: 08 Kw.
Fases	: 3
Tensión entre fases	: 220 v.
Frecuencia	: 60 Hz
Temperatura ambiente	: 7°C
Factor de potencia	: 0.8

Como carga de lastre se pueden usar resistencias de micrón aisladas y embutidas en tubos de cobre que se sumergen en un tanque de agua turbinada.

Las dimensiones del tanque pueden ser como el mostrado en la figura 6.4, con una tubería de alimentación de agua de fierro galvanizado de 1"  $\varnothing$  y un tubo de descarga de 2"  $\varnothing$  de diámetro de PVC - SAP. Las resistencias deben ser para una potencia total máxima de 8.5 kW, pudiendo distribuirse esto en 3, 6 ó 9 resistencias dependiendo de la potencia de cada una.



**Fig. 6.4** Tanque de resistencias para la carga de lastre del regulador electrónico de carga

**Tabla N° 03. Comparación entre regulación por caudal y regulación por carga.**

	Regulador de Caudal	Regulador de Carga
	Manual	Automático
Costo inicial	alto	medio
Precisión en la regulación de frecuencia	alto	muy alto
Dificultad de instalación	alta	baja
Dificultad de operación y mantenimiento	baja	baja
Requiere vigilancia del operador	no	no

### 6.3 Regulación de Tensión.

En sistemas autónomos como las micro centrales hidráulicas que no se interconectan a otra red de energía eléctrica, los alternadores atienden carga doméstica, iluminación pública y energía industrial. Para un trabajo adecuado es necesario el control de la tensión de salida que se logra manteniendo la regulación de tensión en estrechos valores.

Recordando que la reacción de armadura producida por el paso de la corriente de carga y su factor de potencia causa un efecto desmagnetizante que hace caer de valor a la tensión generada.

La regulación de tensión es la relación porcentual de la diferencia entre la tensión de vacío (sin carga)  $V_0$  menos la tensión con carga  $V$  referida a la tensión de vacío.

$$V(\%) = [(V_0 - V) / V_0] * 100$$

Por frecuencia de aplicación describiremos los siguientes tipos de reguladores:

### **6.3.1. Regulador automático de tensión (AVR).**

#### **Principio de operación.**

Es un dispositivo fabricado con elementos de estado sólido montados sobre una tarjeta impresa. Su misión es mantener el nivel de tensión a cualquier condición de carga dentro del valor nominal del alternador aún con variaciones de la velocidad (5%).

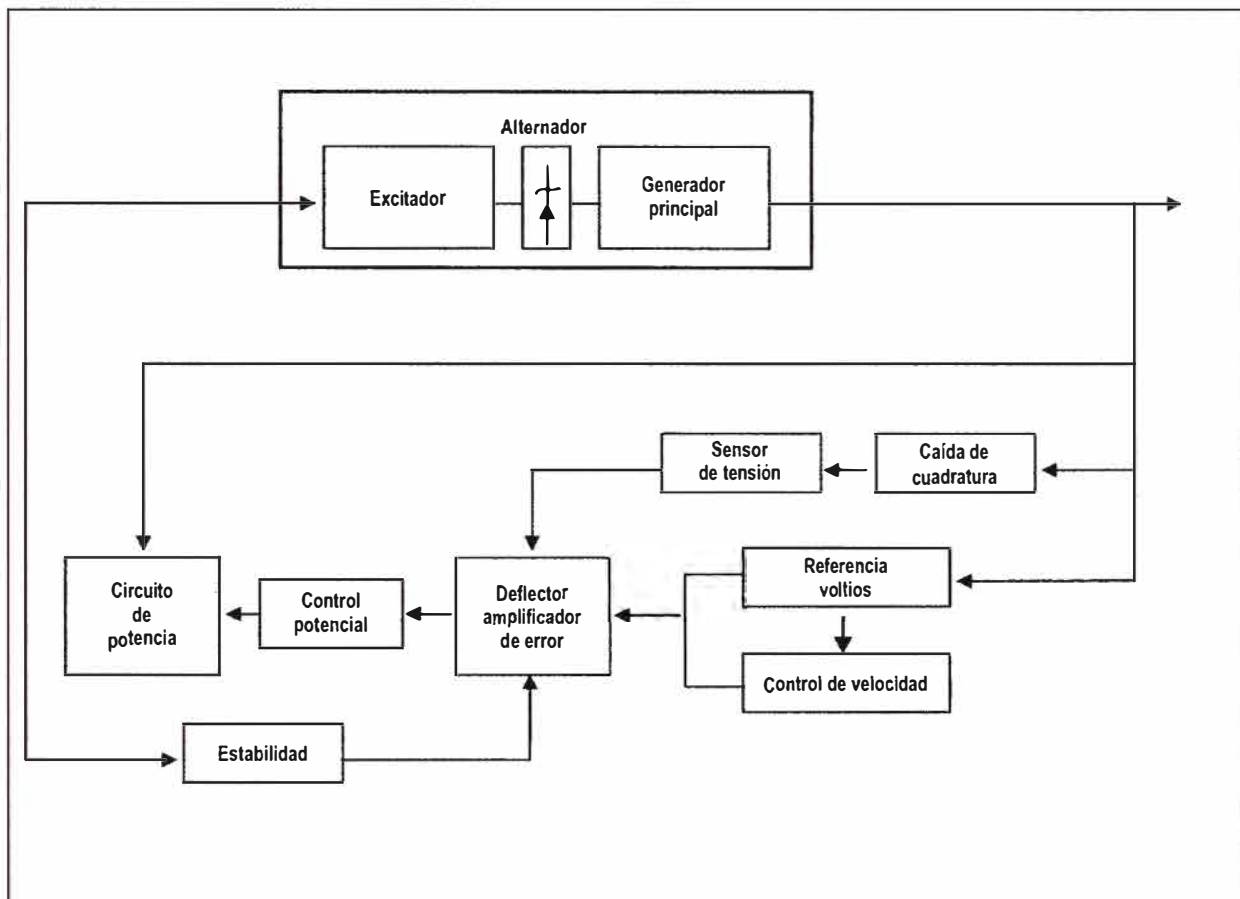
Toma como señal la tensión de salida del alternador, la compara y emite automáticamente hacia el campo de la excitatriz la corriente continua necesaria para mantener la tensión en el nivel de calibración.

Dividiendo un AVR en circuitos operativos tenemos:

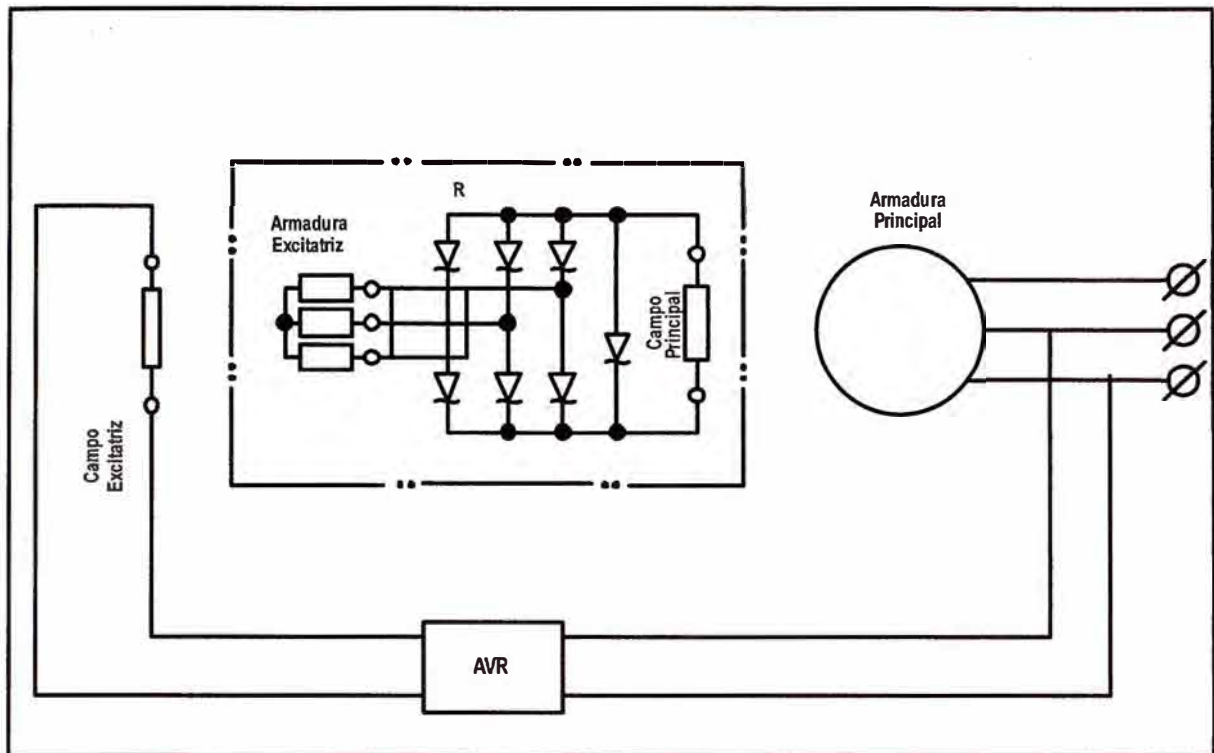
1. Circuito censor y comparador. Toma la señal, compara con una referencia precalibrada y detecta el error.
2. Circuito amplificador del error y de control de disparo. Detectado el error, es traducido y retenido por un tiempo, luego del cual se emite la señal que dispara el tiristor (rectificador de silicio cuya conducción de corriente es controlable).
3. Circuito de control de potencia. Formado por diodos de silicio y tiristores. Toma la potencia del mismo alternador; según el error y la señal del disparo rectifica la corriente que se aplica al campo de excitatriz para corregir las variaciones de tensión.
4. Circuito de estabilidad. Es un circuito de realimentación de señal para detectar si la corrección de excitación es la apropiada. Es calibrable y depende de las características del conjunto AVR y alternador. De este circuito depende la velocidad de respuesta del equipo ante cambios bruscos de carga.
5. Circuito de protección por baja velocidad motriz. El AVR básico sólo censa tensión. Consecuentemente, para evitar sobre excitación por caída en la velocidad de giro, estos dispositivos incluyen un circuito que censa la frecuencia y, ante una disminución de la misma por debajo de un valor calibrado, dejan pasar menos corriente de excitación de manera que la tensión de salida disminuye proporcionalmente a la salida de velocidad. Este circuito no actúa sobre el regulador de velocidad de la turbina.

Este sistema de excitación fue construido especialmente para los generadores sin escobillas por la reducida potencia de excitación que demandan las excitatrices, pero luego se ha extendido su aplicación a los alternadores de mayor potencia constituyendo los llamados excitadores estáticos. Los niveles de regulación de tensión se encuentran en valores usuales de  $+ 1.5 \%$  llegando hasta  $+ 0.25 \%$ .

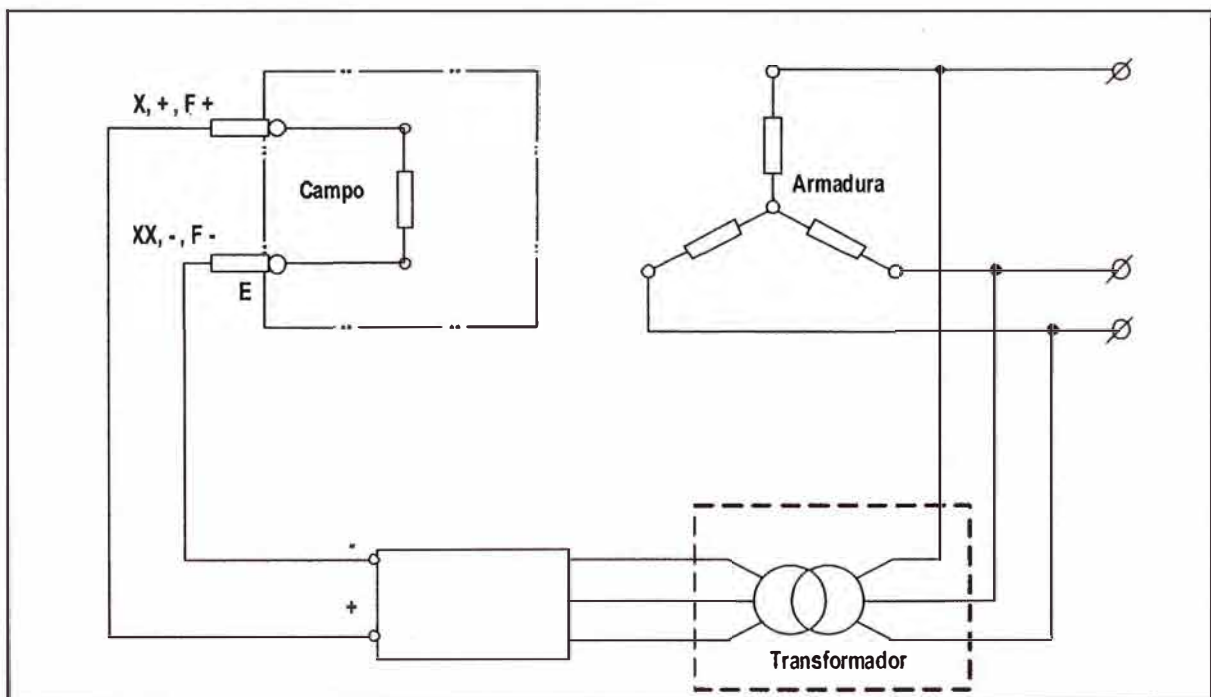
El diagrama de bloques de la figura 6.5 representa la interconexión de funciones entre circuitos. En la figura 6.6 se muestra la conexión de un AVR a un alternador convencional sin escobillas y en la figura 6.7 la conexión de un excitador estático.



**Fig. 6.5 Diagrama de bloques de un AVR electrónico.**



**Fig. 6.6. Conexión de un AVR a un alternador.**



**Fig. 6.7 Conexión de un excitador estático a un alternador.**

### ***Calibración***

1. **Tensión.** Todo AVR dispone de un potenciómetro para calibrar la tensión desde la misma unidad. Puede existir un segundo potenciómetro que se coloca en el panel de control del equipo generador. El calibrado de este último es posterior al primero y, para realizarlo, se gira el cursor del potenciómetro en sentido horario si se quiere aumentar la tensión de salida. El calibrado se hace con el alternador girando a velocidad nominal y sin carga; el valor no debe exceder del 5 % del nivel del valor nominal, salvo indicación del fabricante.
  
2. **Estabilidad.** En la unidad hay otro potenciómetro que sirve para calibrar la estabilidad; en sentido horario la respuesta del sistema. Es más lento. Sin embargo, se tiene que girar en ambos sentidos hasta conseguir que la tensión de salida esté sin oscilar. El calibrado se realiza a velocidad nominal y con carga, mejor aún si es la total.
  
3. **Protección por baja velocidad motriz.** Los métodos difieren según el fabricante del AVR y es necesario guiarse por el Manual respectivo.

#### **6.3.2 Regulador de tensión automático “compuesto”.**

Principio de operación.

Es un sistema electromagnético sin realimentación de señal y está conformado por lo siguiente:

- Una reactancia lineal que se encarga de suministrar la corriente para la excitación en vacío.
- Un transformador de corriente conectado en serie con la carga que incrementa la corriente de excitación, para compensar a la reacción de armadura en magnitud y fase.
- Un puente rectificador donde ambas corrientes se suman geoméricamente y se convierten en corriente continua de excitación.

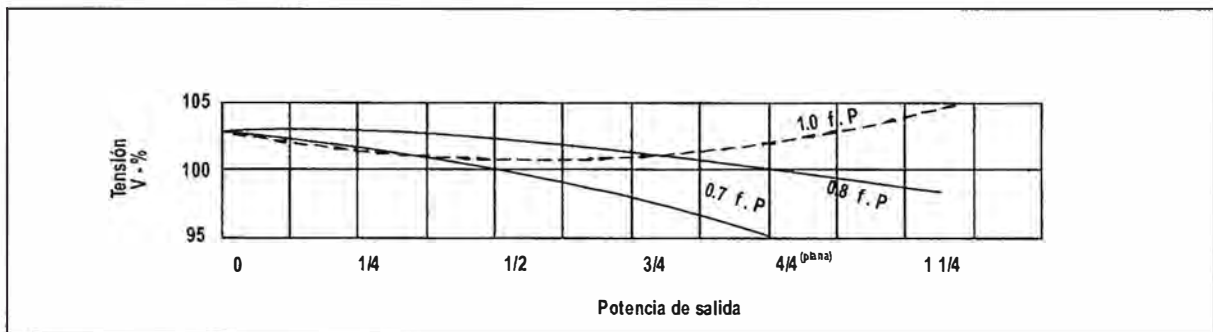
Este es un sistema de regulación muy antiguo. Con un buen dimensionado se llega a conseguir regulaciones de  $\pm 2$  % y es usual conseguir que cualquier alternador excitado



con este sistema tenga una regulación de  $\pm 3.5\%$ . La aplicación normal es en alternadores con escobillas, especialmente los de armadura rotativa, lo cual constituye un sistema bastante robusto y de alta durabilidad.

El método de tomar la excitación a partir de la tensión y de la corriente, permite al alternador tener una capacidad para el arranque de motores eléctricos. Cabe notar que la tensión generada depende de la velocidad de giro; por lo tanto, está autoprotegido contra sobreexcitación ante caídas de la velocidad.

La figura 6.8 muestra el comportamiento del regulador para cargas a distinto factor de potencia.



**Fig. 6.8 Regulación de tensión de AVR compuesto a diferentes  $\text{Cos } \phi$ .**

### **Calibración**

Existen dos formas de calibración de tensión de vacío, y una de ellas o ambas pueden encontrarse en un regulador:

- Aumentando la longitud del entrehierro (espacio de aire) en el circuito magnético de la reactancia para aumentar la tensión de salida.
- Variando de posición a la derivación de vueltas de la reactancia hacia el nivel de tensión marcado que se desea.

### **Regulación Manual de Tensión**

Para casos de emergencia, cuando el regulador automático no está operativo y cuando las magnitudes de corriente y tensión de excitación lo permiten, se propone el siguiente método que permite operar al equipo con carga parcial.

- Medir la tensión de excitación del alternador, para vacío será  $E_o$  y para máxima carga generada,  $E_m$ .
- Se aplica el método de excitación independiente, usando baterías o acumuladores en serie como fuente de tensión de excitación de valor total  $E_b$  mayor o igual a  $E_m$ .
- Medir la resistencia de campo de excitación  $R_e$  donde se tomó la medida indicada en a).
- Deducir las siguientes corrientes de excitación:

$$\text{de vacío} \quad I_{e0}(A) = E_o(V) / R_e(\Omega)$$

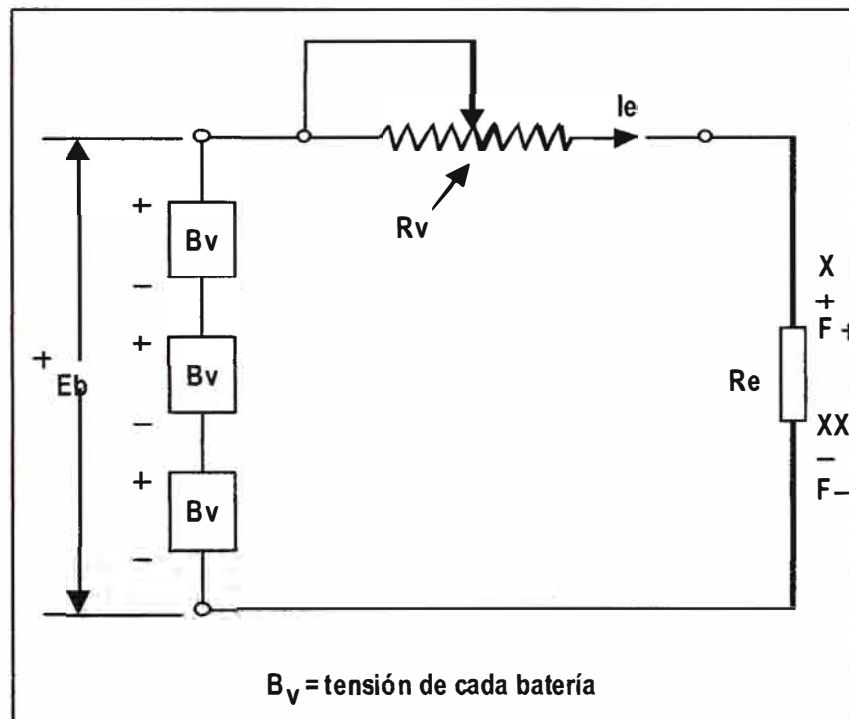
$$\text{con carga} \quad I_{em}(A) = E_m(V) / R_e(\Omega)$$

- Proveer una resistencia variable  $R_v$  que debe soportar la corriente  $I_{e0}$  o más y su valor máximo será:

$$R_{vm}(\Omega) = (E_b - E_o)(V) / I_{e0}(A)$$

Conectar el circuito de la figura 6.9

- Para generar la tensión de vacío se coloca la resistencia  $R_v$  aproximadamente en su valor máximo hasta lograr el valor deseado.
- Cuando aumenta la carga, se disminuye la resistencia  $R_v$  (aumenta la corriente de excitación) para mantener el nivel de la tensión de generación.



**Fig. 6.9 Circuito para regulación manual de tensión de un alternador**

## **CAPITULO VII**

### **REDES DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA Y BAJA TENSION**

#### **7.1 Generalidades.**

El presente capítulo muestra lo efectuado en la remodelación de las redes primarias y secundarias y conexiones domiciliarias de la localidad. Para ello se realizó una evaluación de las instalaciones eléctricas existentes y luego se planteó las mejoras que deberían hacerse con el fin de dotar de energía eléctrica a la localidad.

Actualmente, la subestación de la red primaria es del tipo biposte en estructuras de 8 m. de altura. Consta de un transformador de 50 KVA; 0.23/2.2 kV. Sus dispositivos de protección y seccionamiento son obsoletos y no garantizan protección alguna. Los postes de la red son de 11 m. de altura, están en buen estado y el recorrido de la línea tiene una dirección técnicamente aceptable, por lo que se puede seguir utilizando.

Respecto a la red secundaria, posee una subestación de un tipo no normalizado y sin las condiciones de seguridad en el lado de media tensión. Consta de un transformador de 50 KVA, 2.2/0.23kV., protección obsoleta y un tablero de distribución para 3 circuitos monofásicos. La red de distribución secundaria es del tipo CPI con las acometidas domiciliarias realizadas artesanalmente por los pobladores, habiéndose medido caída de tensión en los tramos finales.

#### **7.1.1 Normatividad Aplicable.**

##### **En el diseño de la Red de Distribución en Media Tensión**

Los criterios a emplear en el diseño de las redes primarias se regirán principalmente por las siguientes normas:

CNE Suministro	Código Nacional de Electricidad – Suministro 2001
NORMAS DGE	Normas de la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas

Asimismo se ha tomado en cuenta las siguientes normas internacionales:

REA y RU	:	Normas de Electrificación Rural de EE.UU.
VDE 210	:	Verband Deutscher Electrotechniker
IEEE	:	Institute of Electrical and Electronics Engineers
CIGRE	:	Conference International des Grands Resseaux Electriques
ANSI	:	American National Standard Institute
IEC	:	International Electrotechnical Comission

### **En el diseño de la Red de Distribución en Baja Tensión**

Los criterios a emplear en el diseño de las redes secundarias se regirán principalmente por las siguientes normas:

CNE Suministro	:	Código Nacional de Electricidad – Suministro 2001
NORMAS DGE	:	Normas de la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas.

## **7.2 Características de las Redes de Distribución Existentes.**

### **7.2.1 Red de Media Tensión.**

De la evaluación efectuada a las instalaciones existentes se tiene lo siguiente:

La localidad no cuenta con redes primarias en buen estado. Por lo que se ha previsto el diseño de la totalidad de las redes, para ello se ha proyectado dos subestaciones de distribución en el nivel de 22,9 kV.

Debido a que la generación de energía eléctrica es en 220 V, se ha previsto contar con un transformador elevador a 22,9 kV de modo que se alimente con energía a las dos subestaciones de distribución tal como se muestra en el plano respectivo.

### **7.2.2 Red de Baja Tensión.**

De la evaluación efectuada a las instalaciones existentes se tiene lo siguiente:

Las redes secundarias no estaban terminadas ya que existían postes de concreto armado ya instalados, los cuales se están utilizando en la red secundaria. En cuanto al conductor de la red secundaria existente, se esta reemplazando todo debido a que no cumple con las normas de seguridad debido a que son simples cables instalados de manera artesanal por los pobladores.



## 7.4 Características del Equipamiento de la Red de Media Tensión.

### 7.4.1 Postes.

Los postes deberán cumplir las siguientes características:

- Material : C.A.C. C.A.C.
- Longitud del poste : 13 m 13 m
- Diámetro en la Cima : 165 mm 180 mm
- Diámetro en la Base : 360 mm 375 mm
- Carga de trabajo a  
0,15 m de la punta : 3 000 kN 4 000 Kn

### 7.4.2 Conductor y Accesorios.

El conductor deberá cumplir las siguientes características:

- Sección nominal : 25 mm<sup>2</sup>
- Número de alambres : 7
- Diámetro nominal exterior: 6,3 mm
- Masa aproximada : 69,7 kg/km
- Esfuerzo de Rotura : 7,9 kN
- Modulo de Elasticidad Final : 6 0760N/mm<sup>2</sup>
- Coeficiente de dilatación lineal a 20°C : 2,3 E-6 1/°C

### 7.4.3 Aisladores.

Se instalarán aisladores tipo PIN ANSI 56-2 y Suspensión compuesto de dos platos tipo ANSI 53-2.

Los aisladores del tipo PIN serán instalados en las estructuras de alineamiento y en los ángulos de desvío topográfico moderados y los aisladores de Suspensión en estructuras terminales, ángulos de desvío importantes y retención, según las Normas DGE/MEM.

### 7.4.4 Ferretería.

Todos los elementos de hierro y acero, tales, como grapa de suspensión, grapa de anclaje, pernos, y accesorios, serán galvanizados en caliente a fin de protegerlos contra la alta corrosión.

#### 7.4.5 Retenidas.

Se instalarán retenidas y anclajes en las estructuras de ángulo, fin de línea y retención con la finalidad de compensar las cargas mecánicas que las estructuras no pueden soportar.

El ángulo que forma el cable de retenida con el eje del poste no es menor de 37°.

#### 7.4.6 Puesta a Tierra.

Se instalará un electrodo de puesta a tierra de 2,4 m de longitud y 16 mm de diámetro en todas las estructuras, para lo cual se utilizará un conductor de cobre recocido de 16 mm<sup>2</sup> de sección como conductor de bajada para la puesta a tierra.

#### 7.4.7 Transformadores y Tableros de Distribución.

Los tableros de distribución a instalarse serán metálicos y con el equipamiento para la potencia de transformador anteriormente mencionado.

Los transformadores deberán cumplir con las siguientes características:

- Transformador Elevador                    100 kVA (Transf. Elevador)
- Relación de Transformación            0,23/22,9 kV (Transf. Elevador)
- Transformador de Distribución:        50 kVA (Transf. Distrib.)
- Relación de Transformación            22,9/0,23 kV (Transf. Distrib.)
- Sistema                                        Trifásico
- Factor de potencia                        0,9 inductivo
- Frecuencia del sistema                   60 Hz
- Norma de Fabricación                    IEC 76 "Power Transformer"
- Nivel de aislamiento en AT
  - Tensión de sostenimiento a la onda de impulso (BIL) : 150 kVp (Aislam. Externo)
  - Tensión de sostenimiento a la onda de impulso (BIL) : 125 kVp (Aislam. Interno)
  - Tensión de sostenimiento a la frecuencia industrial            50 kV

- Nivel de aislamiento en BT
  - Tensión de sostenimiento a la frecuencia industrial : 2,5 kV
- Tensión de Cortocircuito : 4 %

Además, deberán cumplir con las siguientes condiciones ambientales:

- Altitud sobre el nivel del mar : hasta 3500 m
- Humedad relativa : entre 50 y 95 %
- Temperatura ambiental : entre 5 °C y 40 °C
- Contaminación ambiental : Ligera.

#### **7.4.8 Equipos de Protección.**

Los equipos de protección deberán cumplir con las siguientes características eléctricas:

- Tensión de servicio de la red : 22,9 kV
- Tensión máxima de servicio : 25 kV
- Nivel de aislamiento
  - Tensión de sostenimiento a la onda de impulso (BIL) : 125 kVp
  - Tensión de sostenimiento a la frecuencia industrial : 50 kV

Además, deberán cumplir con las siguientes condiciones ambientales:

- Altitud sobre el nivel del mar : hasta 3500 m
- Humedad relativa : entre 50 y 95 %
- Temperatura ambiental : entre 5 °C y 40 °C
- Contaminación ambiental : Ligera.

### **7.5 Características del Equipamiento de la Red de Baja Tensión.**

#### **7.5.1 Postes.**

Los postes deberán cumplir las siguientes características:

- Material : C.A.C. C.A.C.
- Longitud del poste : 8 m 8 m



- Diámetro en la Cima                                    120 mm    120 mm
- Diámetro en la Base                                    240 mm    240 mm
- Carga de trabajo a 0,15 m de la punta:        2 000 kN    3 000 kN

### 7.5.2 Conductores y Accesorios.

Los conductores a utilizar serán tipo autoportante de aluminio con portante desnudo y deberán cumplir con las siguientes características:

**Tabla N° 5.1 Características de conductores autoportantes de aluminio.**

Formación	Sección Neutro Portante (mm <sup>2</sup> )	Diámetro Nominal Externo (mm)	Masa Total (kg/km)	Resistencia Electrica (Ohm/km) a 20°C		Corriente Nominal de Fase a 40°C (A)
				Fase	Alumbra.	
3x25+16/25	25	18,5	397	1,200	1,910	107
2x25+16/25	25	18,5	307	1,200	1,910	107
3x16+16/25	25	16,5	310	1,910	1,910	81
2x16+16/25	25	16,5	249	1,910	1,910	81
2x16/25	25	16,5	187	1,910	-	81
3x25/25	25	18,5	336	1,200	-	107
3x16/25	25	16,5	249	1,910	-	81
1x16/25	25	16,5	125	1,910	-	81

Los accesorios de los conductores que se utilizan son: grapa de suspensión, grapa de anclaje tipo cónica, conectores tipo morceto de perforación y compresión. Además de accesorios necesarios y requeridos.

### 7.5.3 Ferrería.

Al igual que los elementos de ferretería de la Media Tensión, todos los elementos de ferretería de la Baja Tensión de fierro y acero, tales, como grapa de suspensión, grapa de anclaje, pernos, y accesorios, serán galvanizados en caliente a fin de protegerlos contra la alta corrosión.

#### 7.5.4 Retenidas.

Las retenidas y anclajes se instalarán en las estructuras de ángulo, de fin de línea y retención con la finalidad de compensar las cargas mecánicas que las estructuras no puedan soportar por sí solas.

El ángulo que forma el cable de retenida con el eje del poste no deberá ser menor de 30°. Valores menores producirán mayores cargas en las retenidas y transmitirán mayor carga de compresión al poste.

Las retenidas están conformadas por los siguientes elementos:

Cable Alumoweld 7 N° 9 AWG

Varilla de anclaje con ojal-guardacabo

Amarre preformado Alumoweld para cable 7 N° 9 AWG

Perno con ojal-guardacabo para fijación al poste

Bloque de concreto armado

#### 7.5.5 Puesta a Tierra.

Las puestas a tierra estarán conformadas por los siguientes elementos:

Electrodo de acero recubierto de cobre de 2,4 m x 16 mm ø

Conductor de cobre recocido para la bajada a tierra

Accesorios de conexión y fijación

Tierra cernida o de cultivo.

#### 7.6 Cálculos Justificativos.

En base a las consideraciones de las condiciones ambientales de la zona del proyecto, los cálculos del EDS Final y las recomendaciones del CNE y las Normas DGE, se han definido las siguientes hipótesis de cálculo mecánico:

##### 1° Hipótesis: EDS (Tensión de cada día)

Temperatura	15 °C
Velocidad del viento	nulo
Esfuerzo EDS	18 % Tr

**2° Hipótesis: Máximo Esfuerzo con Viento**

Temperatura	:	5 °C
Manguito de hielo	:	nulo
Velocidad del viento	:	104 km/h
% de Tiro de Seguridad	:	60 % Tr

**3° Hipótesis: Flecha máxima:**

Temperatura	:	40 °C + 10°C ( $\Delta C_{\text{Creep}}$ )
Manguito de hielo	:	nulo
Velocidad del viento	:	nula
% de Tiro de Seguridad	:	40 % Tr

Para los casos de vanos flojos se ha considerado un tiro máximo equivalente al 7% del tiro de rotura del conductor.

**7.6.1 Cálculos Eléctricos.****A) Red Primaria****a) Parámetros de los Conductores****Resistencia Eléctrica**

La resistencia de los conductores a la temperatura de operación se calculará mediante la siguiente fórmula.

$$R_t = R_{20} [1 + 0,0036 (t - 20^\circ)] \dots\dots\dots (7.1)$$

$R_{20}$  = Resistencia del conductor en C.C. a 20°C, en ohm/km

$t$  = 20 °C

$t$  = Temperatura máxima de operación, en °C.

**Reactancia Inductiva**

La reactancia inductiva para sistema trifásico equilibrado

Las fórmulas a emplearse serán las siguientes:

$$X_L = 377 (0,5 + 4,6 \text{ Log DMG}) \times 10^{-4}, \text{ en ohm/km (r) } \dots\dots\dots (7.2)$$

DMG = Distancia media geométrica, e igual a 2,20 m

$r$  = radio del conductor, en m.

Disposición Triangular de conductores, lo cual se puede apreciar en el anexo de armados (Lámina 004 PS1-3N/PS1-3NL/PS1-3/PS1-3L)

### b) Cálculos de Caída de Tensión

Acorde con la NORMA DGE-018-2003, se han utilizado las siguientes formulaciones, para sistemas bifásicos:

$$\Delta V\% = \frac{PL (r_1 + X_2 \operatorname{tg} \phi)}{10V_L^2} \dots\dots\dots (7.3)$$

$$\Delta V\% = K_2 PL \quad ; \quad K_2 = \frac{r_1 + X_2 \operatorname{tg} \phi}{10V_L^2}$$

Simbología:

$\Delta V \%$	=	Caída porcentual de tensión.
P	=	Potencia, en kW
L	=	Longitud del tramo de línea, en km
VL	=	Tensión entre fases, en kV
r1	=	Resistencia del conductor, en $\Omega / \text{km}$
X2	=	Reactancia inductiva para sistemas bifásicos en $\Omega/\text{km}$
$\phi$	=	Angulo de factor de potencia
K2	=	Factor de caída de tensión

### c) Cálculo del Nivel de Aislamiento

Teniendo en cuenta la altitud de la localidad el factor de corrección por altitud de 3500 m.s.n.m. es igual a 1,313 y fue obtenido mediante la expresión:

$$F_c = 1 + 1,25 \times (H - 1\,000) / 10\,000 \dots\dots\dots (7.4)$$

La tensión de sostenimiento a frecuencia industrial ha sido determinada mediante la expresión:

$$V_{f1} = \frac{f_s \cdot V_{\max} \cdot H}{\sqrt{3} (1 - N \cdot \sigma) \delta^n \cdot fl} \dots\dots\dots (7.5)$$

Siendo:

F<sub>s</sub>: Factor de sobretensión a frecuencia industrial (1,5)

V<sub>max</sub>: tensión máxima

H: Factor por humedad (1)

N: Número de desviaciones estándar alrededor de la media (3)

σ: Desviación estándar (2%)

δ: Densidad relativa del aire

n: Exponente empírico (n = 1)

f<sub>l</sub>: Factor por lluvia (0,83)

La tensión de sostenimiento al impulso 1,2/50 kVp ha sido determinada mediante la siguiente expresión:

$$V_{si} = \frac{NBI}{(1 - N \cdot \sigma) \delta} \dots\dots\dots (7.6)$$

Siendo:

NBI: Nivel básico de aislamiento (125 kV-BIL)

N: Número de desviaciones estándares alrededor de la media (1,2)

σ: Desviación estándar (2%)

δ: Densidad relativa del aire

A continuación se presenta el resumen de cálculos obtenido en la determinación del Nivel de Aislamiento, tomando en cuenta que en la zona del proyecto se presenta una contaminación ligera.

**Tabla N° 7.2 Nivel de Aislamiento en Aisladores de Porcelana.**

Descripción	Valores Calculados	Características de Aisladores de porcelana (Según fabricante)		
		Pin 56-2	Pin 56-3	2x52-3
Altitud m.s.n.m.	3 500			
Longitud de Línea de Fuga (mm)	393,75	432	533	584
Tensión de Sostenimiento a frecuencia Industrial (kV)	41,63	70	125	100
Tensión de sostenimiento al impulso 1,2/50 kVp (kV)	146,03	175	265	250

Del cuadro anterior, se aprecia que el aislador tipo Pin ANSI 56-2 cumple con los requerimientos mínimos establecidos.

## B) Red Secundaria

### a) Parámetros eléctricos

Resistencia de los conductores a la temperatura de operación, se calculará mediante la siguiente fórmula,

$$R_{50^{\circ}} = R_{20^{\circ}} [ 1 + \alpha (T_2 - 20) ] \dots\dots\dots (7.7)$$

Donde:

$R_{50^{\circ}}$  = Resistencia eléctrica del conductor a 50° C

$R_{20^{\circ}}$  = Resistencia eléctrica del conductor a 20°C

$\alpha$  = Coeficiente de corrección de temperatura 1/°C : = 0,0036

$T_2$  = 50° C

La reactancia inductiva de los conductores, se calculará mediante la siguiente fórmula.

$$X_l = 0,1746 \log (DMG/RMG) \dots\dots\dots (7.8)$$

Donde:

DMG = Distancia media geométrica

RMG = Radio medio geométrico

### b) Cálculo de caída de tensión

Para efectos del diseño eléctrico de las redes secundarias se tendrán en cuenta las siguientes características:

- Tensión Nominal de la Red : 220 V
- Frecuencia Nominal : 60 Hz
- Factor de potencia : 1,0 (cargas de servicio particular)
- Factor de potencia : 0,9 (cargas de alumbrado público)
- Factor de simultaneidad : 0,5 (SP); 1,0 (AP)

La máxima caída de tensión entre la subestación de distribución y el extremo final más alejado no deberá exceder el 7,5 % (Para zonas rurales – según CNE-Suministro 2001) de la tensión nominal, 33 V, en el sistema 3 $\phi$ , 220 V

La fórmula para calcular la caída de tensión en las redes secundarias es la siguiente:

$$\Delta V = K \times I \times L \times 10^{-3} \dots\dots\dots (7.9)$$

Donde:

I = Corriente que recorre el circuito, (A)

L = Longitud del tramo, (m)

K Factor de caída de tensión

Para circuitos monofásicos  $K = 2 (R \cos \phi + X \text{ Sen } \phi)$

Donde:

R = Resistencia eléctrica del conductor a 40 °C

X Reactancia inductiva del conductor

#### c) Cargas de Servicio Particular

La calificación de servicio particular considerado es de 400 W/lote, ya que la las localidades pertenecen al Sector Típico 4.

#### d) Cargas de Alumbrado Público

Las lámparas de alumbrado son de 70 W con pérdidas de 11 W.

El número de lámparas de alumbrado público ha sido determinado de acuerdo a lo establecido en la norma técnica DGE “Alumbrado de vías públicas en Áreas Rurales”, en donde se especifica que las zonas a iluminar están de acuerdo a los puntos de iluminación que son calculados de la siguiente manera:

Determinación de consumo de energía mensual según la formula:

$$CMAP = KALP \times (NU) \dots\dots\dots (7.10)$$

Donde:

CMAP = Consumo mensual de Alumbrado Público en kWh.

KALP = Factor de AP en kWh/usuario-mes = 3,3.

NU = Número de Usuarios.

El número de puntos de iluminación se determina con la siguiente formula:

$$PI = CMAP / (0,360 \times PPL) \dots\dots\dots (7.11)$$

Donde:

PI = Puntos de iluminación.

CMAF = Consumo mensual de Alumbrado Publico en kWh.

PPL = Potencia Nominal Promedio de Lámparas de Alumbrado Publico en W.

De acuerdo a lo descrito anteriormente se tiene lo siguiente:

**Tabla N° 7.3 Número de Usuarios y Luminarias por localidad y subestación**

ITEM	S.E. N°	N° de Usuarios	KALP	Lámpara de vapor de sodio (W)	Puntos de Iluminación
			kWh/usua-mes		
01	01	162	3,3	70	20
02	02	127	3,3	70	17

## 7.6.2 Cálculos Mecánicos.

### a) Cálculos Mecánicos de la Red Primaria

Las siguientes fórmulas son utilizadas para resolver la Ecuación de Euler que conducen a calcular la estructura.

- Momento debido a la carga del viento sobre los conductores:

$$MVC = (PV)(L)(\phi_c)(\sum Hi) \cos \frac{\alpha}{2} \dots\dots\dots (7.12)$$

- Momento debido a la carga de los conductores:

$$MTC = 2(T_c)(\sum Hi) \sen \frac{\alpha}{2} \dots\dots\dots (7.13)$$

- Momento debido a la carga de los conductores en estructuras terminales:

$$MTR = T_c(\sum Hi) + MVP \dots\dots\dots (7.14)$$

- Momento debido al desequilibrio de cargas verticales:

$$MCW = (B_c)[(W_c)(L)(K_r) + WCA + WAD] \dots\dots\dots (7.15)$$

- Momento debido a la carga del viento sobre la estructura:

$$MVP = [(P_v)(h_2)^2(Dm + 2Do)]/600 \dots\dots\dots (7.16)$$



- Momento total para hipótesis de condiciones normales, en estructura de alineamiento, sin retenidas:

$$MRN = MVC + MTC + MCW + MVP \quad \dots\dots\dots (7.17)$$

- Momento total en estructura terminales:

$$MRN = MTC + MVP \quad \dots\dots\dots (7.18)$$

- Esfuerzo del poste en la línea de empotramiento, para hipótesis de condiciones normales:

$$R_H = \frac{MRN}{3.13 \times 10^{-5} \times (C)^3} \quad \dots\dots\dots (7.19)$$

- Carga crítica del poste debido a la compresión:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(kl)^2} \quad \dots\dots\dots (7.20)$$

$$I = \frac{\pi Dm^3 Do}{64} \quad \dots\dots\dots (7.21)$$

Donde:

$P_v$	=	Presión del viento sobre superficies cilíndricas, en Pa
$L$	=	Longitud del vano-viento, en m
$T_c$	=	Carga del conductor en kg
$\phi_c$	=	Diámetro del conductor en m
$\alpha$	=	Angulo de desvío topográfico, en grados
$Do$	=	Diámetro del poste en la cabeza, en cm
$Dm$	=	Diámetro del poste en la línea de empotramiento, en cm
$h$	=	Altura libre del poste, en m
$Hi$	=	Altura de la carga $i$ en la estructura con respecto al suelo, en m
$W_c$	=	Peso del conductor, en N/m
$W_{CA}$	=	Peso del aislador tipo PIN o cadena de aislador, en N
$W_{AD}$	=	Peso de un hombre con herramientas, igual a 1 000 N
$C$	=	Circunferencia del poste en la línea de empotramiento, en cm
$E$	=	Módulo de Elasticidad del poste, en N/cm <sup>2</sup>
$I$	=	Momento de inercia, en cm <sup>4</sup>
$L_p$	=	Longitud total del poste
$F_p$	=	Fuerza equivalente en la punta

## b) Cálculos Mecánicos de la Red Secundaria

Las siguientes fórmulas son utilizadas para resolver la Ecuación de Euler que conducen a calcular la estructura.

- Momento debido a la carga del viento sobre los conductores:

$$MVC = (PV) (L) (fC) (\Sigma Hi) \text{Cos } \alpha/2 \quad \dots\dots\dots (7.22)$$

- Momento debido a la carga de los conductores:

$$MTC = 2 (TC) (\Sigma Hi) \text{Sen } \alpha/2 \quad \dots\dots\dots (7.23)$$

- Momento debido a la carga del viento sobre el poste:

$$MVP = [ (PV) (h^2) (Dm + 2 Do)]/600 \quad \dots\dots\dots (7.24)$$

- Momento total en condiciones normales:

$$MRN = MVC + MTC + MVP \quad \dots\dots\dots (7.25)$$

En los postes de ángulo y terminales provistos de retenidas se calcularán todas las cargas verticales incluyendo las transmitidas por las retenidas y se comparará con la carga crítica del poste determinada por la siguiente fórmula:

$$PC = \pi^2 E i / (K l)^2 \quad \dots\dots\dots (7.26)$$

Siendo:

$PV$	=	Presión del viento sobre superficies cilíndricas
$L$	=	Longitud del vano, en m
$TC$	=	Carga del conductor portante en N
$fC$	=	Diámetro total del cable autoportante, en m
$\alpha$	=	Angulo de desvío topográfico, en grados
$Do$	=	Diámetro del poste en la cabeza, en cm
$Dm$	=	Diámetro del poste en la línea de empotramiento, en cm
$h$	=	Altura libre del poste, en m
$H$	=	Altura de la carga en la estructura con respecto al suelo, en m
$W_C$	=	Masa total del cable autoportante, en kg/m
$W_{AD}$	=	Peso de un hombre con herramientas, igual a 100 kg

- $C$  = Circunferencia del poste en la línea de empotramiento, en cm
- $E$  = Módulo de Elasticidad del poste, a kN/cm<sup>2</sup>
- $i$  = Momento de inercia del poste, en cm<sup>4</sup>
- $l$  = Altura respecto al suelo del punto de ubicación de la retenida en el poste,
- $K$  = Factor que depende de la forma de fijación de los extremos del poste.

### 7.7 Resultados de las Redes.

Los resultados de los cálculos de caída de tensión y de los cálculos mecánicos se encuentran en el anexo D.

Estos resultados son:

- Red de Distribución de Media Tensión.
- Red de Distribución de Baja Tensión.

### 7.8 Láminas y Planos.

Las láminas y planos se muestran en el anexo E.

Las láminas y planos son las siguientes:

- Láminas de Detalle y Armados.
- Plano de la Red de Distribución de Media Tensión.
- Plano de la Red de Distribución de Baja Tensión.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Las micro centrales hidroeléctricas de sistemas aislados, tienen por demanda eléctrica a aquella que está determinada por la demanda doméstica nocturna. Esto fundamentalmente debido a que la población durante el día está realizando tareas agrícolas en el campo y atención del ganado vacuno especialmente y por las noches retorna a sus hogares para descanso y un pequeño tiempo de distracción.
2. En el cálculo de la máxima demanda proyectada se considera al método de campo como el de mejor aproximación. En los proyectos es importante usar las tasas intercensales de población, así como la calificación eléctrica para zonas rurales.
3. La re potenciación está ligada al nuevo caudal de diseño que a su vez depende de la nueva máxima demanda. El recurso hidrológico debe ser tal que esté garantizado el funcionamiento de la planta. Un análisis de la información del recurso hídrico disponible que corresponde un estudio para un período de 41 años y los datos históricos en el comportamiento del río nos permiten tener la certeza que el caudal está garantizado.
4. Garantizan el comportamiento del río, los represamientos de la cuenca alta y especialmente los de volumen regulado; los cuales aportan el caudal necesario en las épocas de estiaje, tanto para el uso energético como agrícola.
5. Las obras hidráulicas se diseñan par conducir el nuevo caudal. La construcción de la bocatoma debe ajustarse a las medidas para una buena captación del recurso. El canal se reconstruirá sobre el que actualmente existe, y se adecuará a las dimensiones en los tramos que así lo requiera. La actual cámara de carga tiene buen dimensionamiento y debe permanecer igual con solo una adaptación para recibir a la nueva tubería de presión.

6. Hoy en día está extendido el uso de tuberías de presión de PVC, para ser usadas en micro centrales, debido a ser más económicas, se adecuan a presiones elevadas y por su poco peso son fáciles de transportar. Deben ser instaladas totalmente bajo tierra ya que la fuerte radiación solar las debilitará.
7. El bajo factor de planta significa energía costosa ya que para pequeñas centrales se admiten valores mínimos de hasta 0.5. Este bajo factor se debe a las pocas horas de utilización y la falta de diversificación en el uso de energía.
8. Técnicamente se demuestra la selección adecuada del tipo de turbina hidráulica de acuerdo al caudal, altura neta y la potencia de diseño. En nuestro caso optamos por la turbina Francis.
9. Observaciones de la Red de Distribución en Media Tensión.
  - a) Se ha distribuido los postes de la red teniendo en cuenta las distancias mínimas de seguridad respecto a edificaciones, motivo por el cual los postes de la red han sido distribuidos por calles y avenidas amplias, evitando ir por calles angostas.
  - b) Se ha considerado que algunos postes de la red de media tensión sean usados en la red de baja tensión, es decir, se ha considerado el uso compartido de postes de la red de media tensión.
  - c) Los valores de aislamiento han sido obtenidos teniendo en cuenta el factor de corrección por altitud, lugar donde se encuentra el proyecto, 3 500 m.s.n.m..
10. Observaciones de la Red de Distribución en Baja Tensión.
  - a) El número, de luminarias considerado ha sido determinado en conformidad con lo establecido en la Norma Técnica DGE “Alumbrado de Vías Públicas en Áreas Rurales”.
  - b) La ubicación de las luminarias ha sido priorizado en los siguientes lugares: Plaza de Armas, Avenida Principal y Carretera.
  - c) El máximo valor de caída de tensión obtenido en cualquier punto extremo de la red no supera el valor de 7,5%, establecido en el Código Nacional de Electricidad, Capítulo Suministro para zonas rurales.
  - d) Se ha considerado la instalación de acometidas domiciliarias nuevas para cada uno

de los usuarios del proyecto, debido a que ningún usuario contaba con esta instalación.

- e) Las acometidas cortas (sin cruce de calle) son instaladas en postes que se encuentran en el mismo lado de la calle donde se encuentra el lote a alimentar con energía eléctrica.
- f) Las acometidas largas (con cruce de calle) son instaladas en postes que se encuentran al otro lado de la calle donde se encuentra el lote a alimentar con energía eléctrica.

# **ANEXOS**

## **INDICE DE ANEXOS**

**Anexo A: Pronóstico de la demanda de energía.**

**Anexo B: Tablas y gráficos del estudio hidrológico.**

**Anexo C: Plano de obras civiles de la bocatoma, canal,  
cámara de carga y planta hidroeléctrica.**

**Anexo D: Armados, tablas y cuadros, etc., de las redes  
primarias y secundarias.**

**Anexo E: Plano de las redes primarias y secundarias.**

**Anexo F: Bibliografía.**



# **ANEXO A**

### PRONÓSTICO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA (KW-H)

Año	Nº Abonado doméstico	Nº Abonado comercial	Demanda residencial y AP.	Demanda comercial	Demanda industrial	Demanda especial	Demanda máxima (kW-H)	Potencia (kW)	fp	fc
0	219	30	96835.1	12535.6	3304	3322.9	117390.3	55.37	0.158	0.242
1	223	30	99193.2	12619.8	3898.7	3588.7	120692.1	56.28	0.162	0.244
2	228	31	102160.5	12755.8	4600.5	3875.8	125221.5	57.74	0.168	0.247
3	232	31	104549.9	13321.6	5428.5	4185.8	128832.9	58.74	0.173	0.250
4	237	31	107555.7	13485.7	6405.7	4520.7	133254.0	60.09	0.179	0.253
5	242	31	110582.4	13646.4	7558.7	4882.4	137897.3	61.51	0.185	0.255
6	247	31	113629.9	13800.4	8163.4	5273.0	142040.6	62.67	0.191	0.258
7	252	32	116697.7	14401.1	8816.4	5694.8	146768.7	64.07	0.197	0.261
8	258	32	119785.6	14556.6	9521.7	6150.4	151118.3	65.27	0.203	0.264
9	262	32	122893.3	14708.7	10283.5	6642.4	155579.7	66.50	0.209	0.267
10	267	32	126020.7	14853.8	11106.2	7173.8	160159.3	67.75	0.215	0.269
11	272	33	129167.4	15492.7	11994.7	7747.8	165364.5	69.24	0.222	0.272
12	277	33	132333.2	15663.7	12954.3	8367.6	170208.8	70.54	0.228	0.275
13	283	33	136157.09	15827.7	13990.6	9037.0	175855.5	72.15	0.236	0.278
14	289	34	140007.7	16013.0	15109.8	9760.0	182172.4	74.00	0.245	0.281
15	295	34	143884.8	16546.0	16318.6	10540.8	188156.8	75.69	0.253	0.283
16	300	34	147135.6	16847.1	17624.1	11384.0	193652.8	77.14	0.260	0.286
17	307	34	151716.7	17023.4	19034.1	12294.7	200688.2	79.17	0.269	0.289
18	313	35	155670.9	17221.6	20556.8	13278.3	207783.7	81.19	0.279	0.292
19	319	35	159650.2	17905.8	22201.3	14340.6	214584.4	83.06	0.288	0.294
20	325	35	163654.1	18098.6	23997.5	15487.8	221625.0	85.00	0.297	0.297

# **ANEXO B**

78° 40'

78° 30'

**SIGNOS CONVENCIONALES**

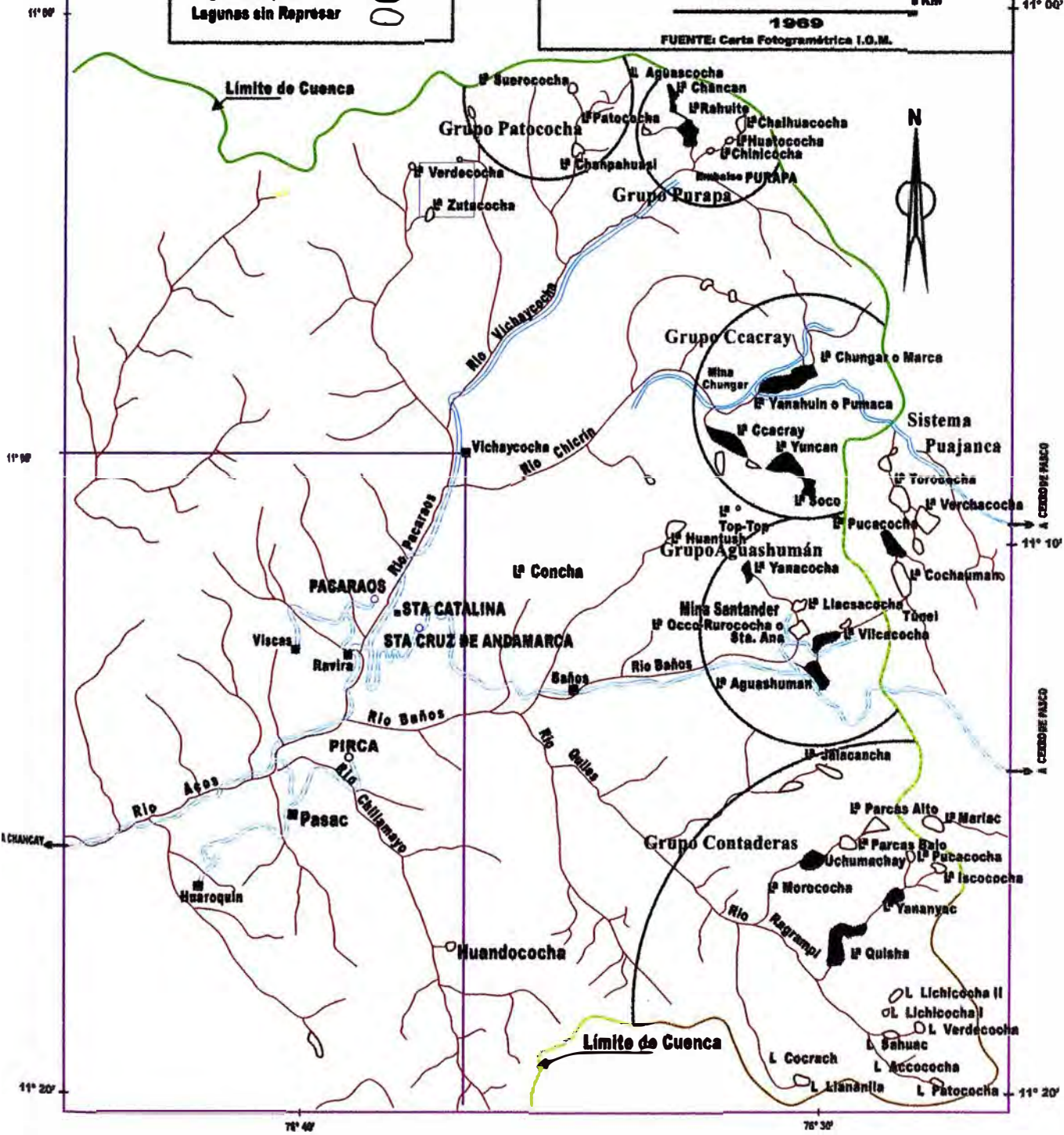
- Capital de Distrito    ○ PIRCA
- Hda. o Caserío        ■ Visca
- Carreteras            ———
- Límite de Cuenca     ———
- Río                     ———
- Lagunas Represadas    ●
- Lagunas sin Represar   ○

**REPUBLICA DEL PERU**  
**OFICINA NACIONAL DE EVALUACION DE RECURSOS NATURALES**  
**ONERN**  
**RIO CHANCAY - HUARAL**  
**MAPA DE UBICACION DE LAS LAGUNAS**  
**DE LA CUENCA ALTA**  
 ESCALA 1: 200,000

1969

FUENTE: Carta Fotogramétrica I.G.M.

N



A CERRO DE PASCO

A CERRO DE PASCO

78° 40'

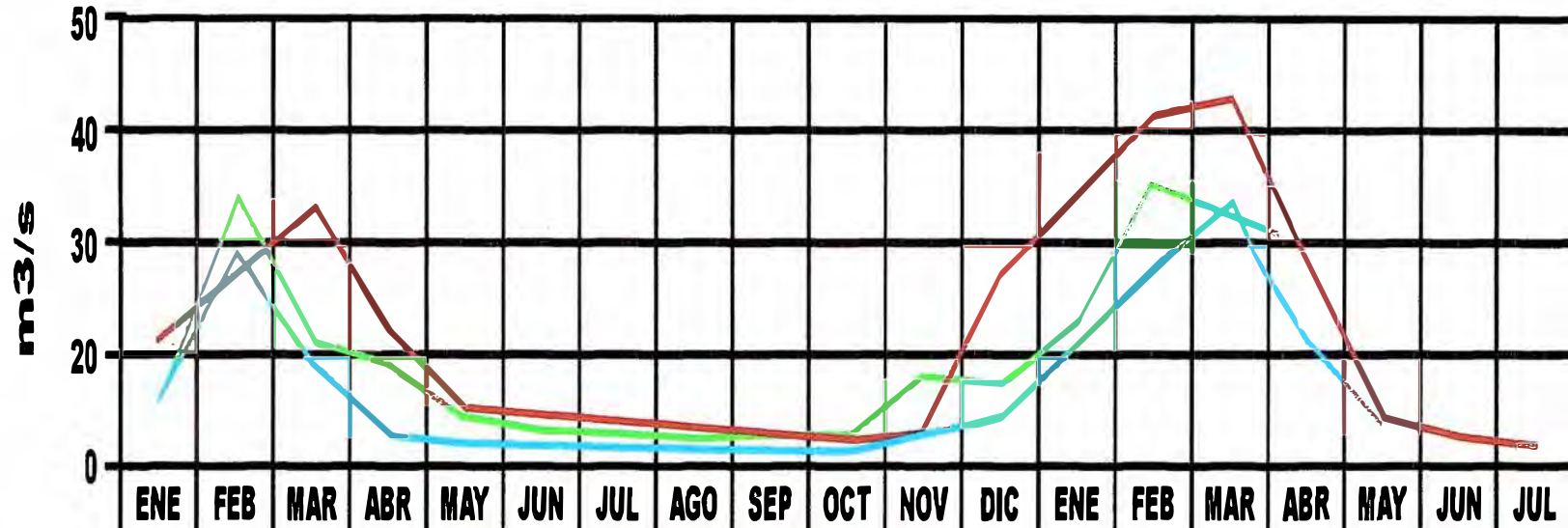
78° 30'

11° 20'

11° 20'

CHANCAY

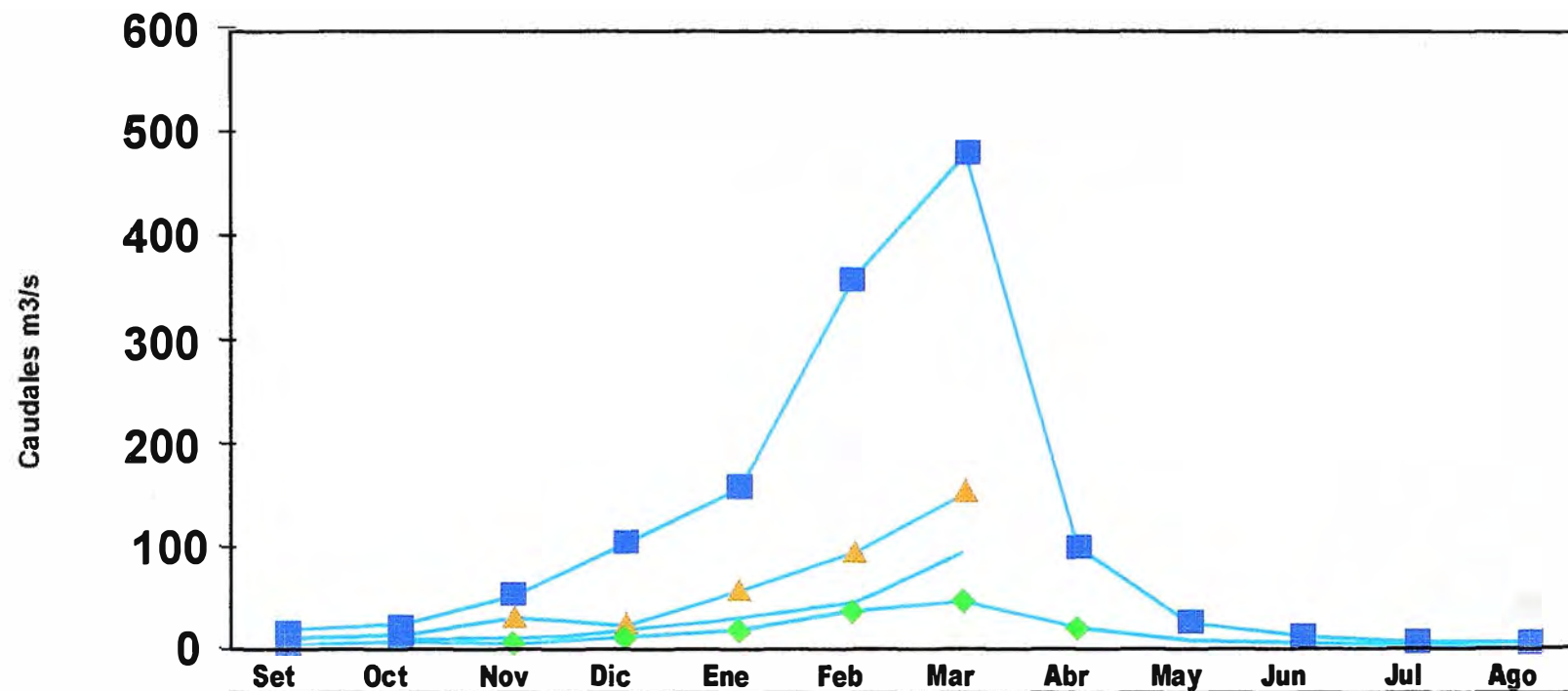
### Descarga promedio mensual del Rio Chancay - Huaral durante 1997 - 98 (m3/s)



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
<b>ENE 82 - JUL 83</b>	14.6	48.4	22.9	18.5	8.8	6.6	5.6	5.7	5.2	5.5	17.0	15.5	26.9	51.9	47.0	39.0	9.3	5.3	4.8
<b>ENE 97 - JUL 93</b>	11.5	39.7	19.1	6.2	4.3	3.5	3.3	3.2	3.4	3.4	6.5	33.9	47.6	64.2	64.9	39.2	10.5	5.8	5.5
<b>NORMAL</b>	22.5	36.4	46.1	24.1	10.1	6.4	5.0	4.4	4.8	4.3	7.0	10.8	22.5	36.4	40.1	24.1	10.1	6.4	5.0

# CAUDALES DEL RIO CHANCAY HUARAL

## Estación Hidrométrica: Santo Domingo



	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
● Med Mensual Histórico	4.81	5.47	7.31	12.63	22.73	39.18	50.20	23.67	10.24	6.72	5.45	4.89
■ Max Histórico	16.12	22.70	55.00	106.07	158.83	360.79	484.19	100.31	28.00	13.72	8.75	8.55
▲ Max Diario 2002-2003	4.78	12.30	33.57	23.69	59.57	97.40	158.49					
★ Max Mensual 2002-2003	4.72	6.61	13.22	13.40	33.28	45.63	92.67					

Fuente: INRENA

**RELACION CRONOLOGICA DE MASAS ANUALES Y DESCARGAS DEL RIO  
CHANCAY - HUARAL**

<b>Años</b>	<b>Volumen Total Anual m<sup>3</sup>.</b>	<b>Descarga Media m<sup>3</sup>/seg.</b>	<b>Descarga Máxima m<sup>3</sup>/seg.</b>	<b>Descarga Mínima m<sup>3</sup>/seg.</b>
1926	447'569,280	14.319	85.000	2.300
1927	514'296.000	16.464	112.000	2.200
1928	138'265,920	4.377	32.000	2.200
1929	224'772.465	7.100	59.000	2.000
1930	354'999,110	11.250	88.000	2.500
1931	219'772,224	6.970	60.000	2.100
1932	469'311,147	14.984	120.000	3.600
1933	754'027,746	24.243	140.000	3.200
1934	559'904,832	17.761	180.000	3.400
1935	523'371,456	16.575	115.000	4.100
1936	421'001,280	13.376	101.000	3.500
1937	280'774,408	8.916	43.000	2.300
1938	457'338,240	14.502	60.000	4.800
1939	529'313,873	16.784	130.000	4.590
1940	405'313,632	12.852	72.000	5.220
1941	500'229,720	15.862	220.000	3.200
1942	438'584.456	13.907	82.000	3.602
1943	839'030,396	26.605	176.968	4.610
1944	437'002,642	13.895	82.077	3.605
1945	263'022,335	8,340	27.500	2.296
1946	463'518,028	14.698	60.000	2.900
1947	430'216,060	13.642	66.000	2.090
1948	493'600,087	15.609	65.000	3.908
1949	371'660,913	11.785	71.165	2.890
1950	326'776,807	10.416	29.000	3.064
1951	638'900,693	20.259	120.563	2.679
1952	610'441,398	19.303	100.458	3.000
1953	607'694,654	18.269	141.400	3.023
1954	552'861,758	17.531	164.500	4.110
1955	468'011,515	14.840	206.000	4.050
1956	360'852.536	11.411	40.000	3.150
1957	314'755,631	9.981	87.243	3.333
1958	309'075.092	9.871	60.354	3.035
1959	444'970,453	14.110	88.015	3.360
1960	387'792,922	12.263	67.090	3.778
1961	660'629,869	20.948	101.446	4.281
1962	537'345.619	17.039	115.986	4.220
1963	692'887.650	21,971	123.139	4.840
1964	572'797,958	18.114	97.960	5.006
1965	567'490,927	17.995	180.211	4.327
1966	330'758,294	10.488	61.000	2.964

RECURSOS HIDRAULICOS

RIO CHANCAY - HUARAL  
TENDENCIA A LARGO PLAZO Y VARIACIONES  
CIClicas DE LAS DESCARGAS

Gráfico N° 8

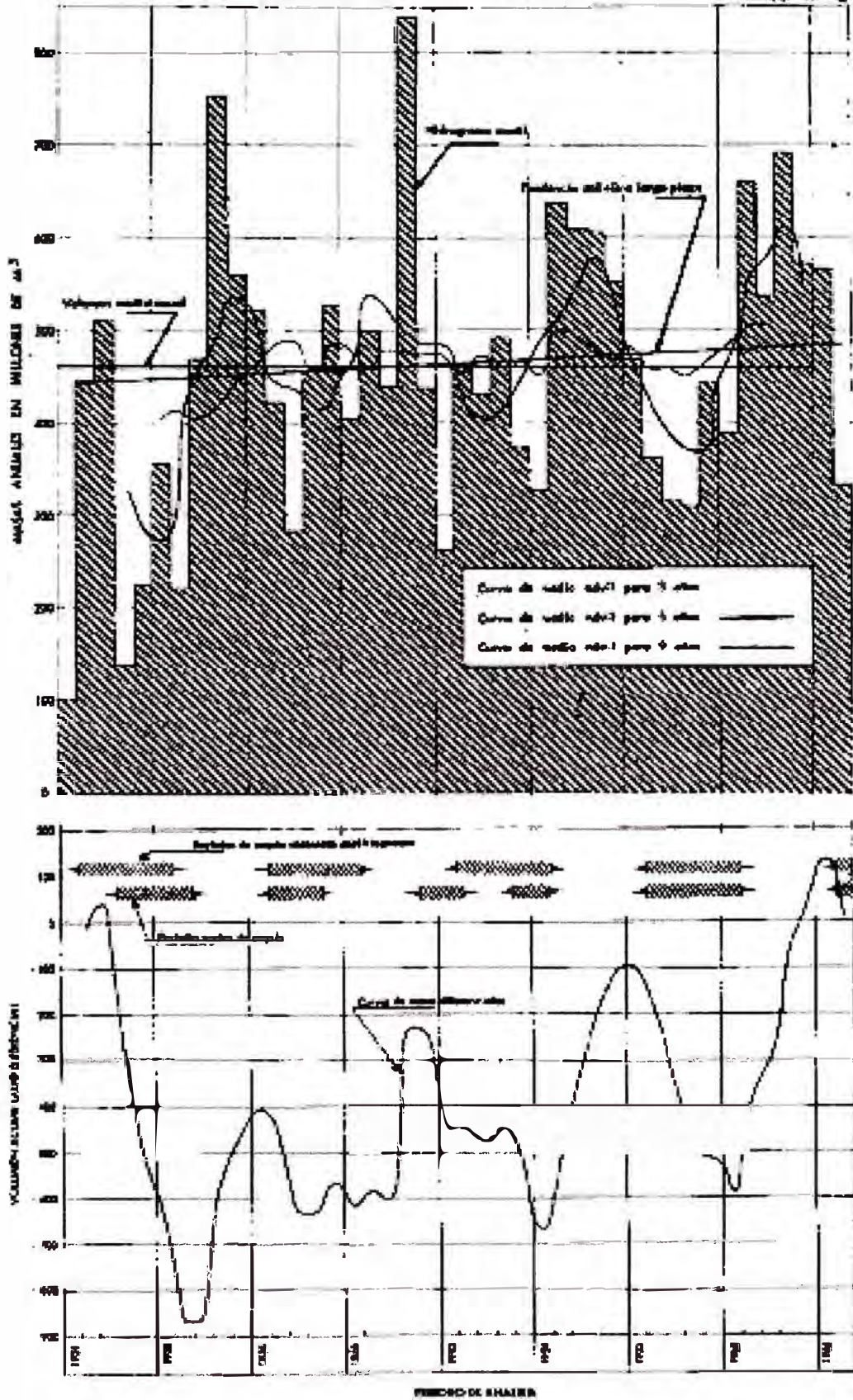
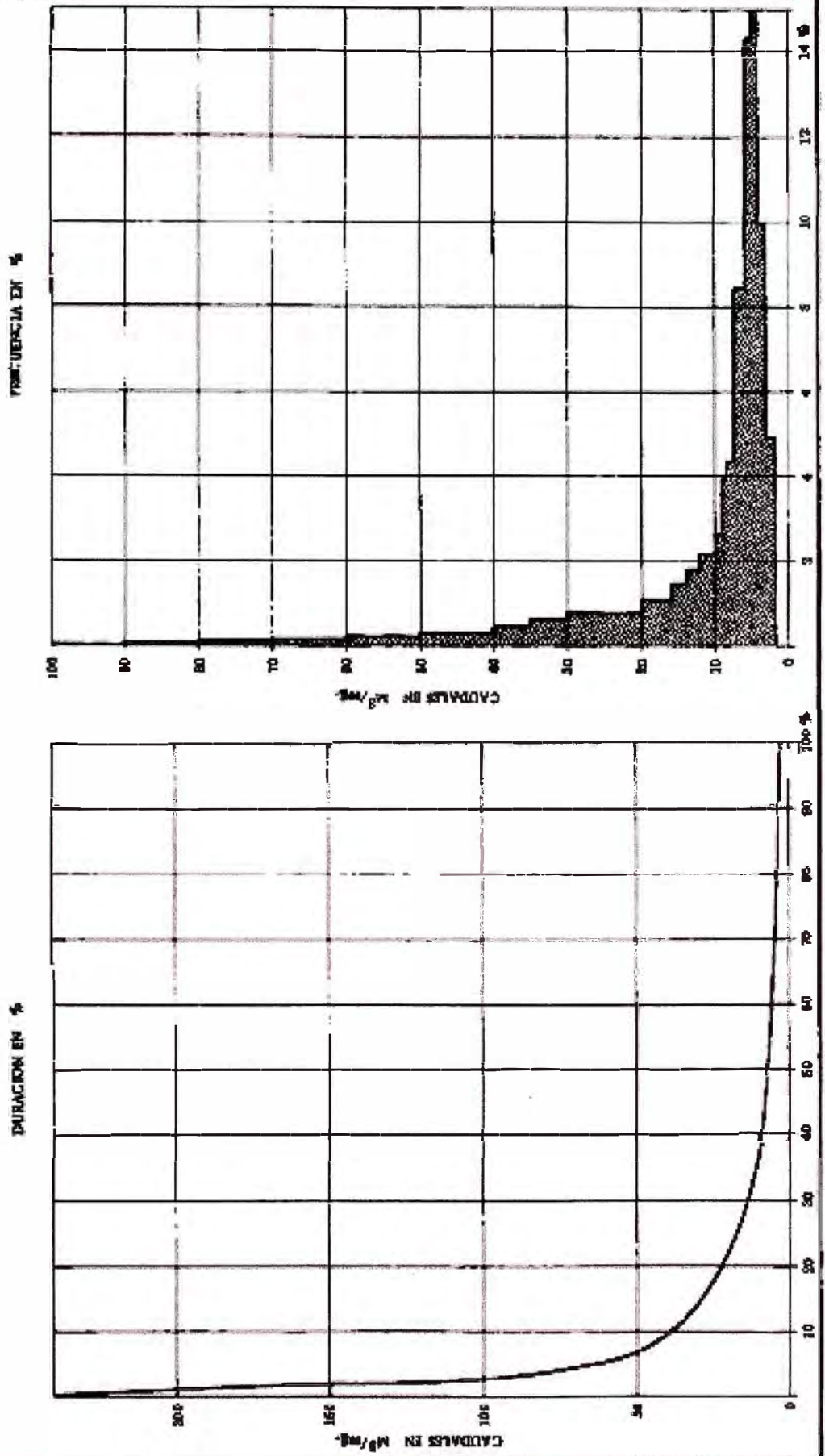




Gráfico Nº 9

**CURVAS DE LOS CAUDALES DIARIOS**

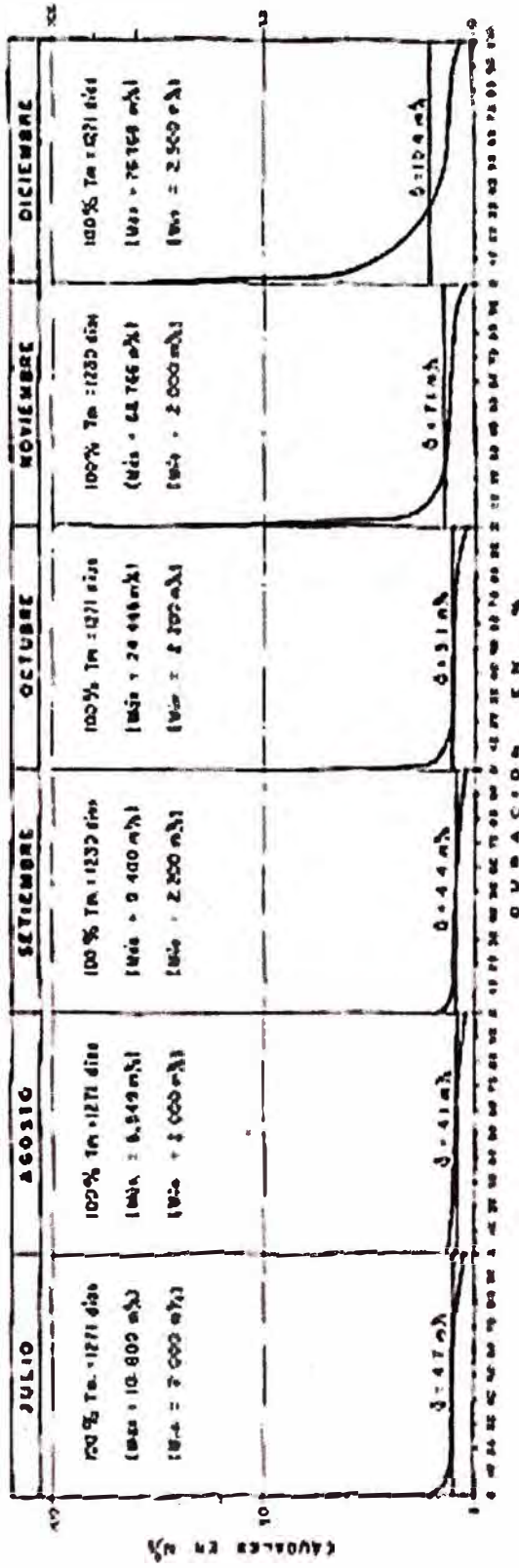
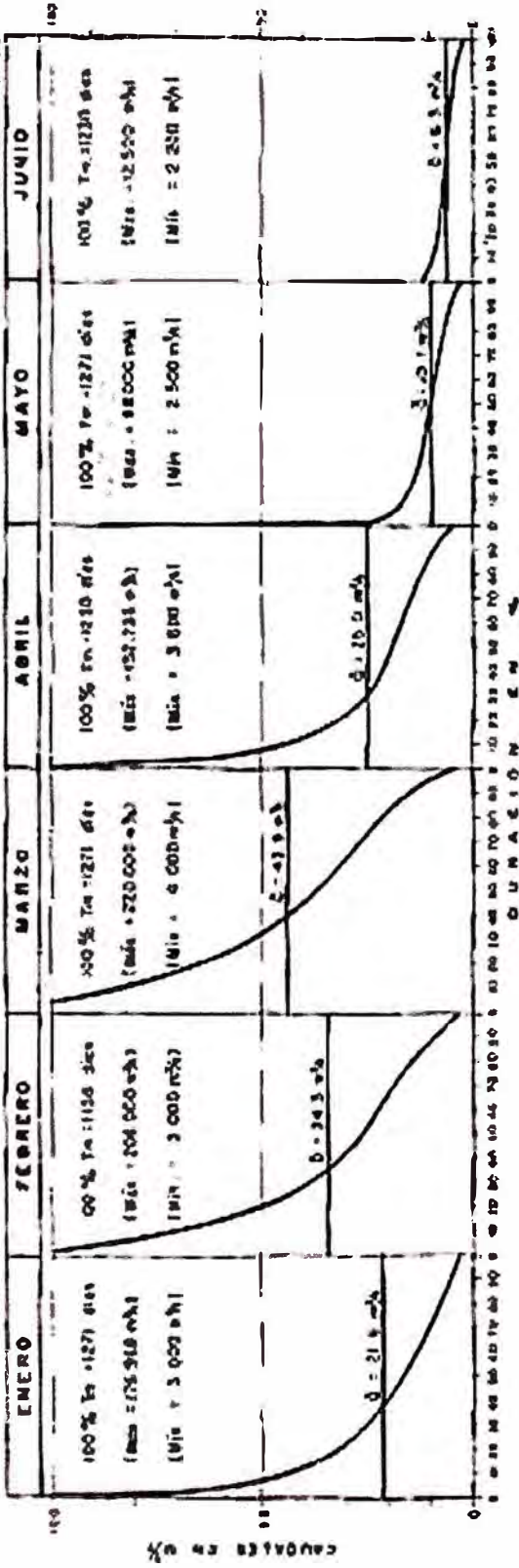
RIO CHANCAY - HUARAL



# CURVAS DE DURACION MENSUAL DE LOS CAUDALES DIARIOS

RIO CHANCAY - HUARAL

Gráfico N° 10

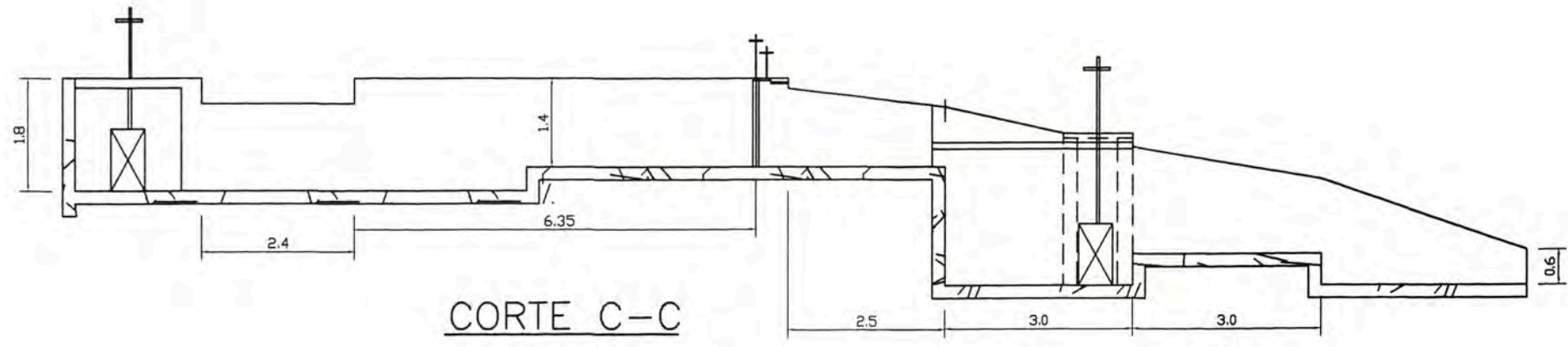


D U R A C I O N E M

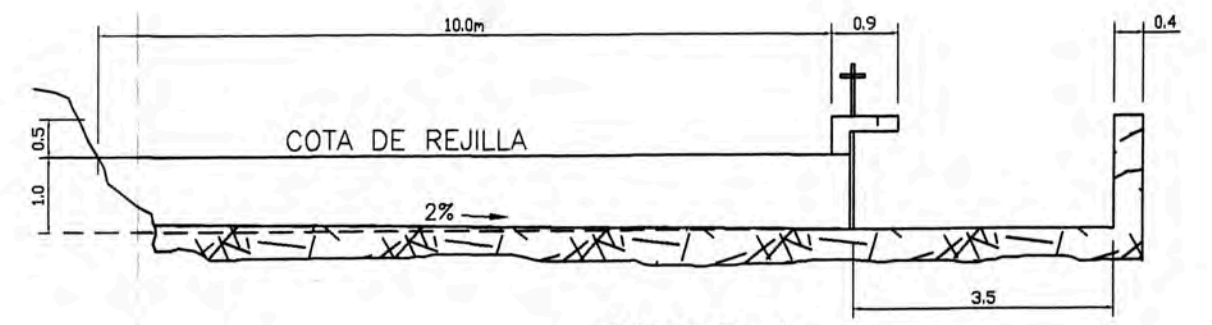
## INVENTARIO DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS EN LA CUENCA DEL RIO CHACAY – HUARAL

N°	PROVINCIA: HUARAL DISTRITO	Entidad Propietaria	Ubicación de la Central	Uso de la Energía	Río	Caída (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Potencia Total Instalada (KW)
1	Sta. Cruz de Andamarca	Empresa Administradora Chungar S.A.	Shahua	Ind. Minera	Yanahuin	93	0.670	1100.00
2	Sta. Cruz de Andamarca	Empresa Administradora Chungar S.A.	Ccacray	Ind. Minera	Chicrín	s/d	s/d	250.00
3	Sta. Cruz de Andamarca	Empresa Administradora Chungar S.A.	Huanchay	Ind. Minera	Chicrín	s/d	s/d	1950.00
4	Sta. Cruz de Andamarca	Empresa Administradora Chungar S.A.	Yanahuín	Ind. Minera	Yanahuín	s/d	s/d	490.00
5	Pacaraos	Comunidad Campesina de Vichaycocha	Vichaycocha	Alumbrado	Vichaycocha	49	0.150	30.00
6	Sta. Cruz de Andamarca	Comunidad Campesina de Sta. Catalina	Sta. Catalina	Alumbrado	-----	40	0.120	20.00
7	Pacaraos	Concesión Edelnor S.A.	Totora	Alumbrado	Pacaraos	48	0.600	250.00
8	Atavillos Alto	Sindicato Minero Río Pallanga S.A.	Sango	Ind. Minera	Baños	420	0.360	1200.00
9	Atavillos Alto y Sta. Cruz de Andamarca	Cia. Minera Santander	Puente Tingo	Ind. Minera y Alumbrado	Baños	444	0.500	1753.00
10	Atavillos Alto	Sindicato Minero Río Pallanga S.A.	Baños	Ind. Minera	Baños	240	0.560	1080.00
11	Atavillos Alto	Sindicato Minero Río Pallanga S.A.	Baños	Ind. Minera	Baños	s/d	s/d	1220.00
12	San Miguel de Acos	Concesión Edelnor S.A.	Acos	Alumbrado	Acos	45	0.550	280.00
13	Atavillos Alto y Atavillos Bajos	Concesión: Chancadora Centauro S.A.C	Atavillos Alto ( Pirca )	Ind.Minera y Alumbrado	Baños y Quiles	550	12.0	50.0 (MW) Sist. Inter. Nac.
14	Atavillos Alto y Santa Cruz de Andamarca	Concesión: ABR Ingenieros S.A.C.	Atavillos Alto ( Shali )	Ind. Minera y Alumbrado	Baños y Quiles	368	3.00	8.8 (MW) Sist. Inter. Nac.

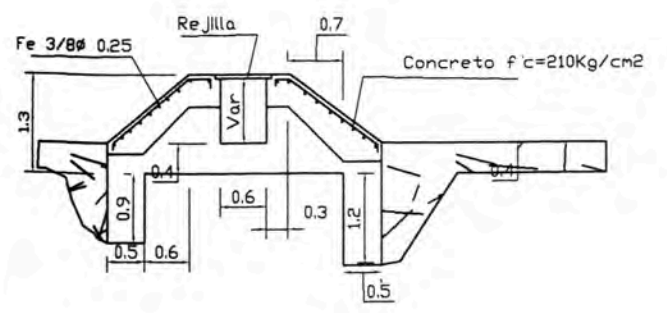
# **ANEXO C**



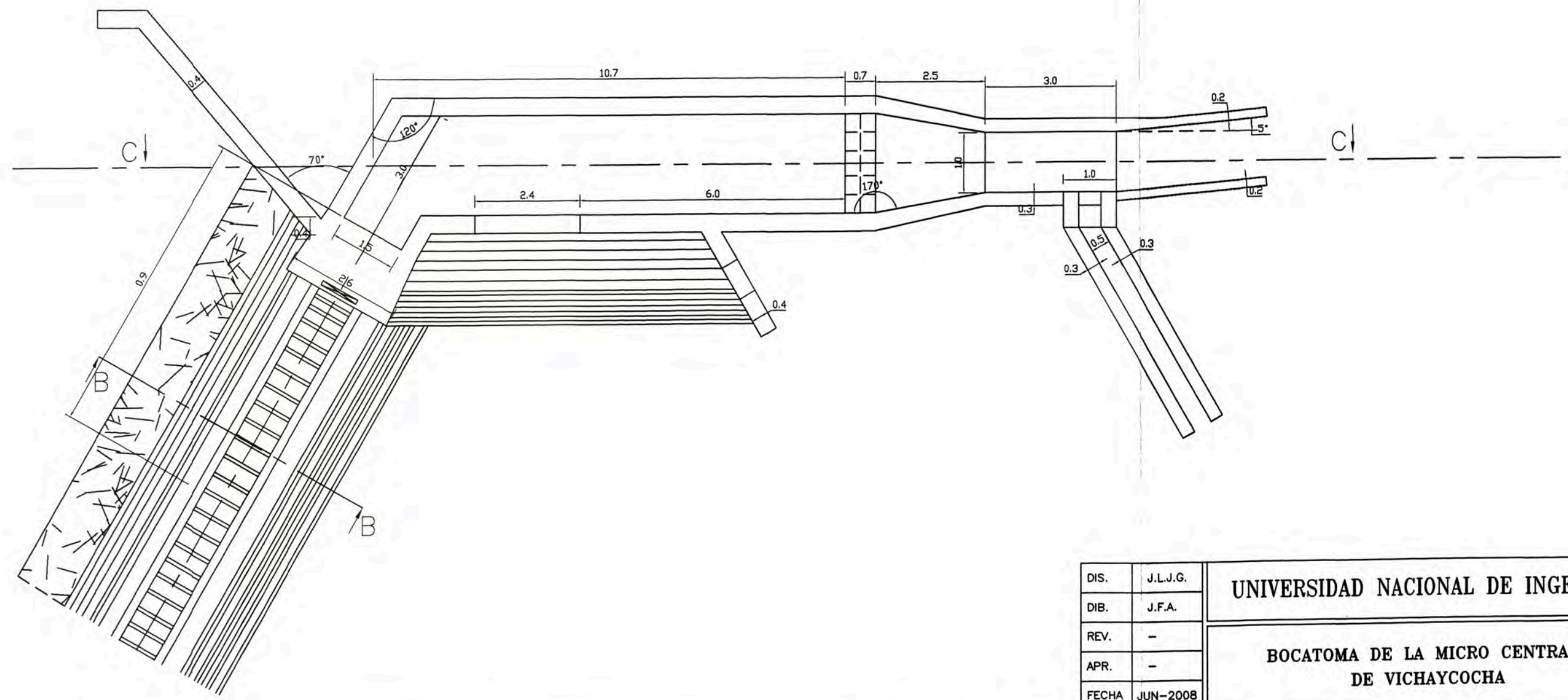
CORTE C-C



CORTE A-A



CORTE B-B



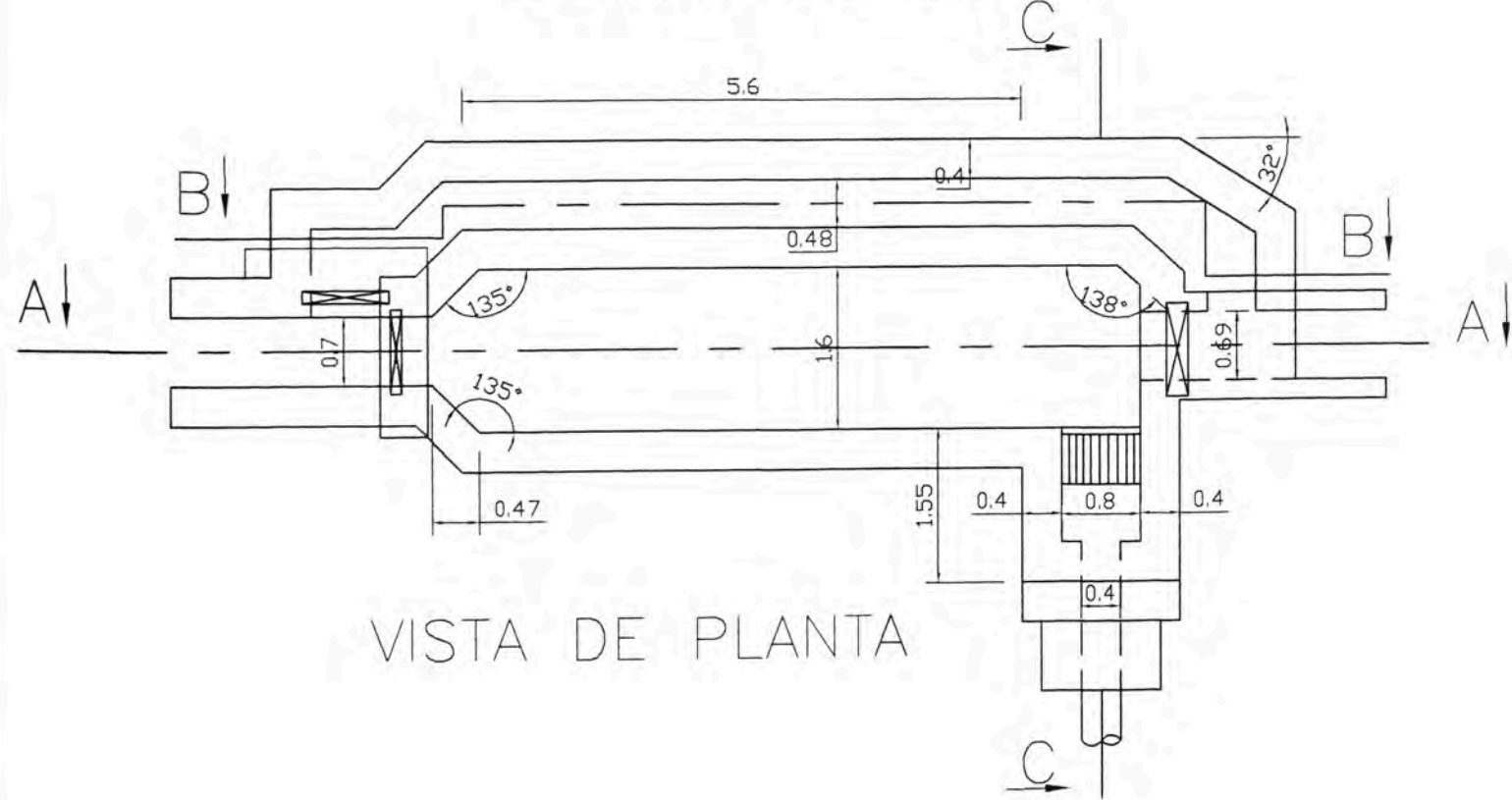
DIS.	J.L.J.G.
DIB.	J.F.A.
REV.	-
APR.	-
FECHA	JUN-2008

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

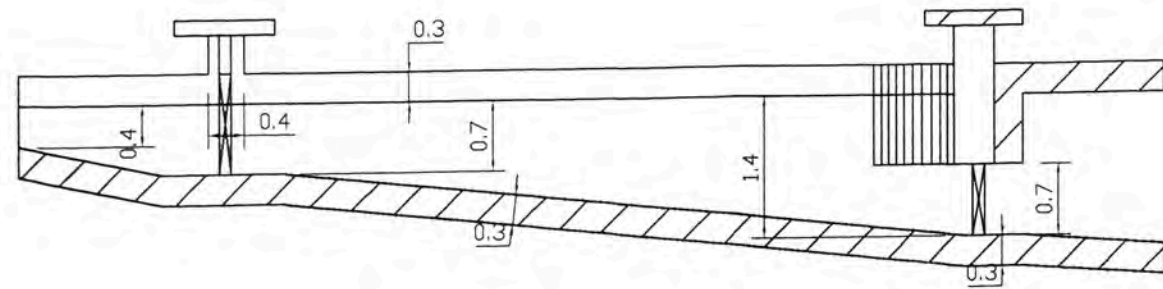
BOCATOMA DE LA MICRO CENTRAL DE VICHAYCOCHA

DIST.	PACARAOS
PROV.	HUARAL
DPTO.	LIMA
N°	OC-01
ESC:	1:100
	1/2

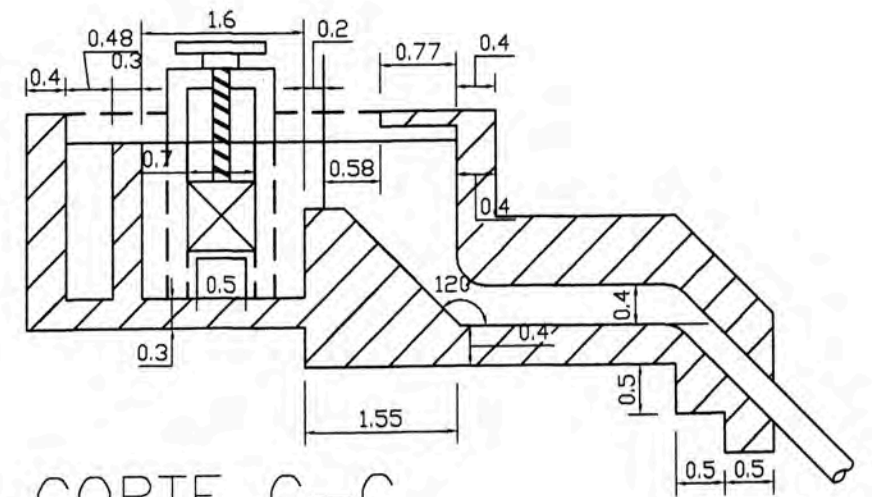
CAMARA DE CARGA



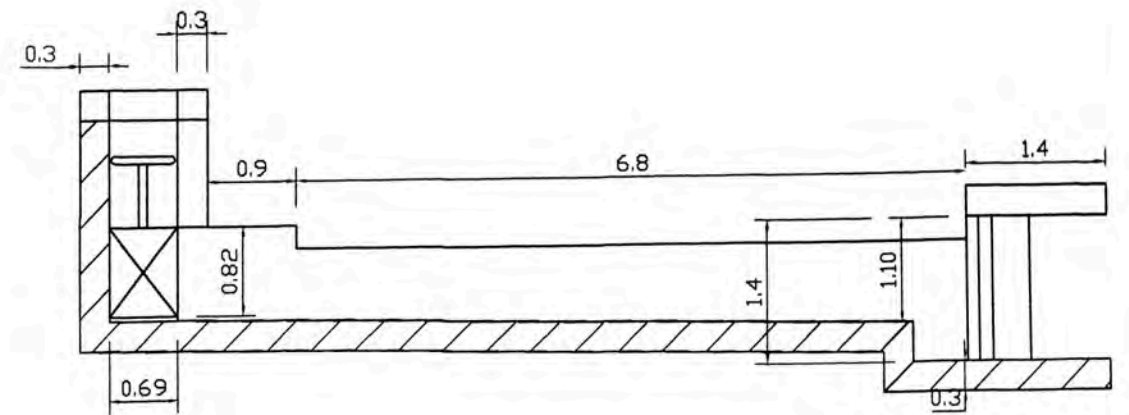
VISTA DE PLANTA



CORTE A-A



CORTE C-C



CORTE B-B

DIS.	J.L.J.G.
DIB.	J.F.A.
REV.	-
APR.	-

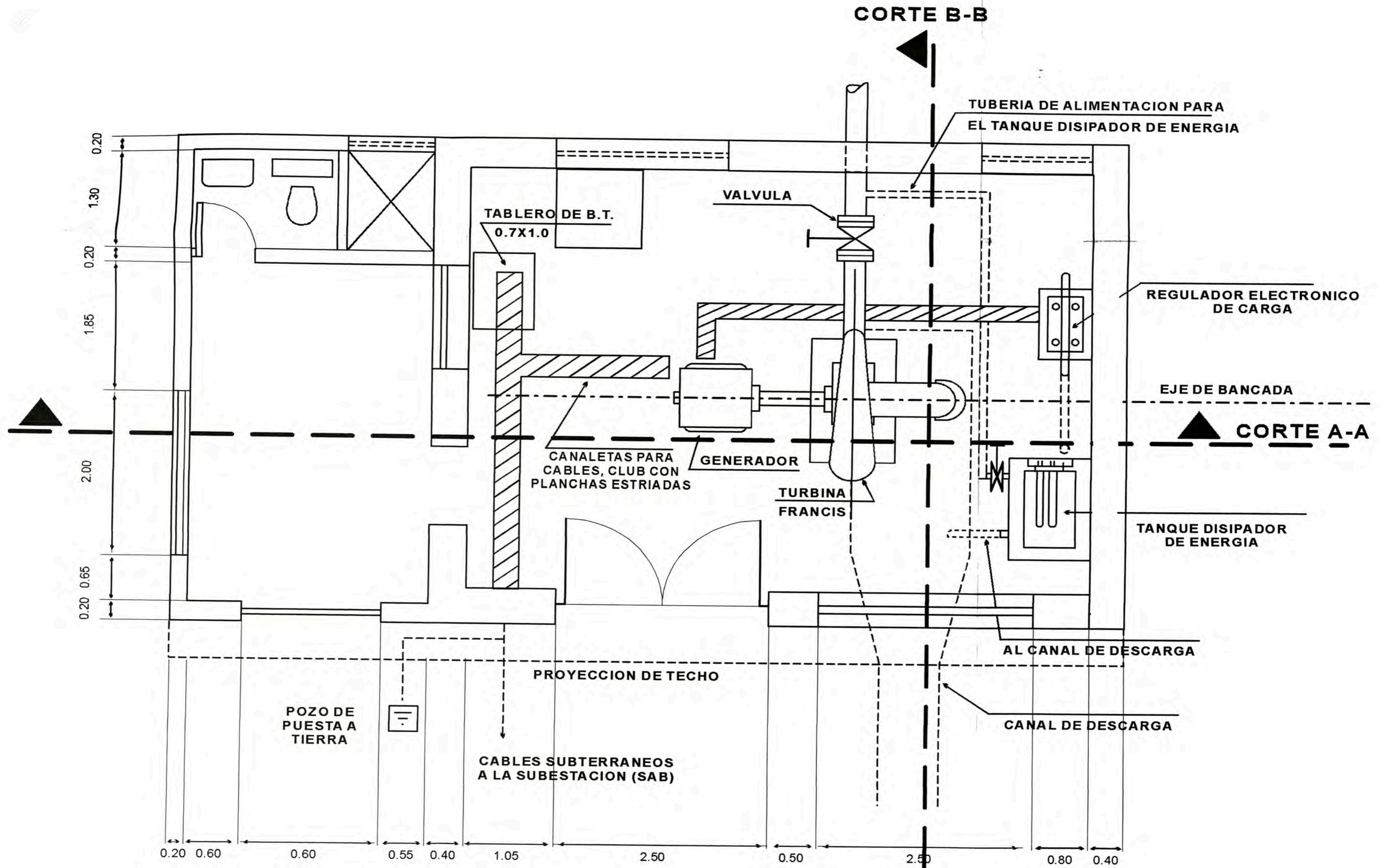
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

CAMARA DE CARGA DE LA MICRO CENTRAL  
DE VICHAYCOCHA

DIST. PACARAOS  
PROV. HUARAL  
DPTO. LIMA

N° OC-02

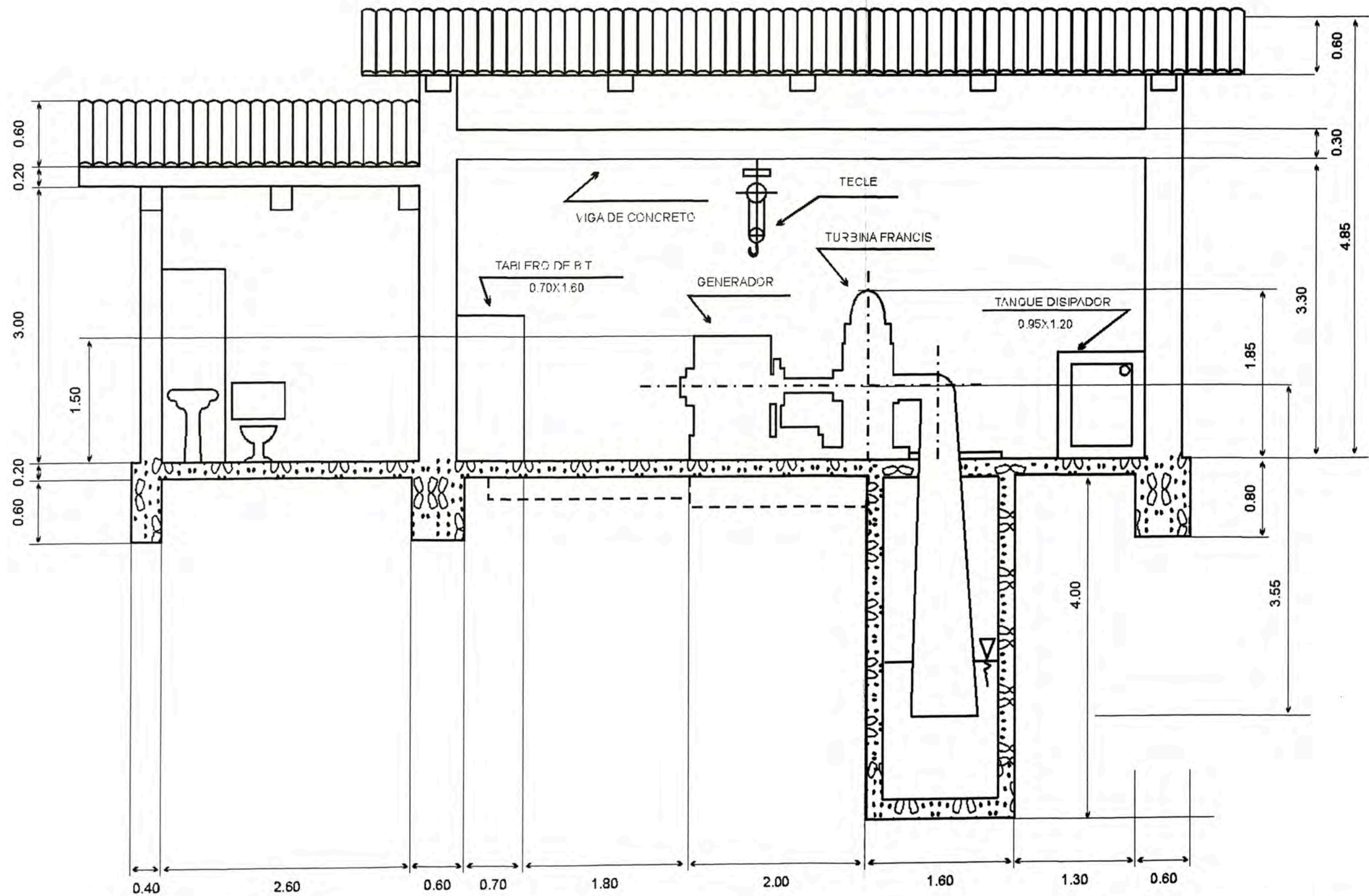
ESC: 1:75 2/2



DIS	JJG
DG	JAJA
REV.	
VºBº	
FECHA	JUN-2008

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE VICHAYCOCHA
VISTA DE PLANTA

DIS. PACARAOS
PROV. HUARAL
DEP. LIMA
Nº CH-01
ESC. S/E

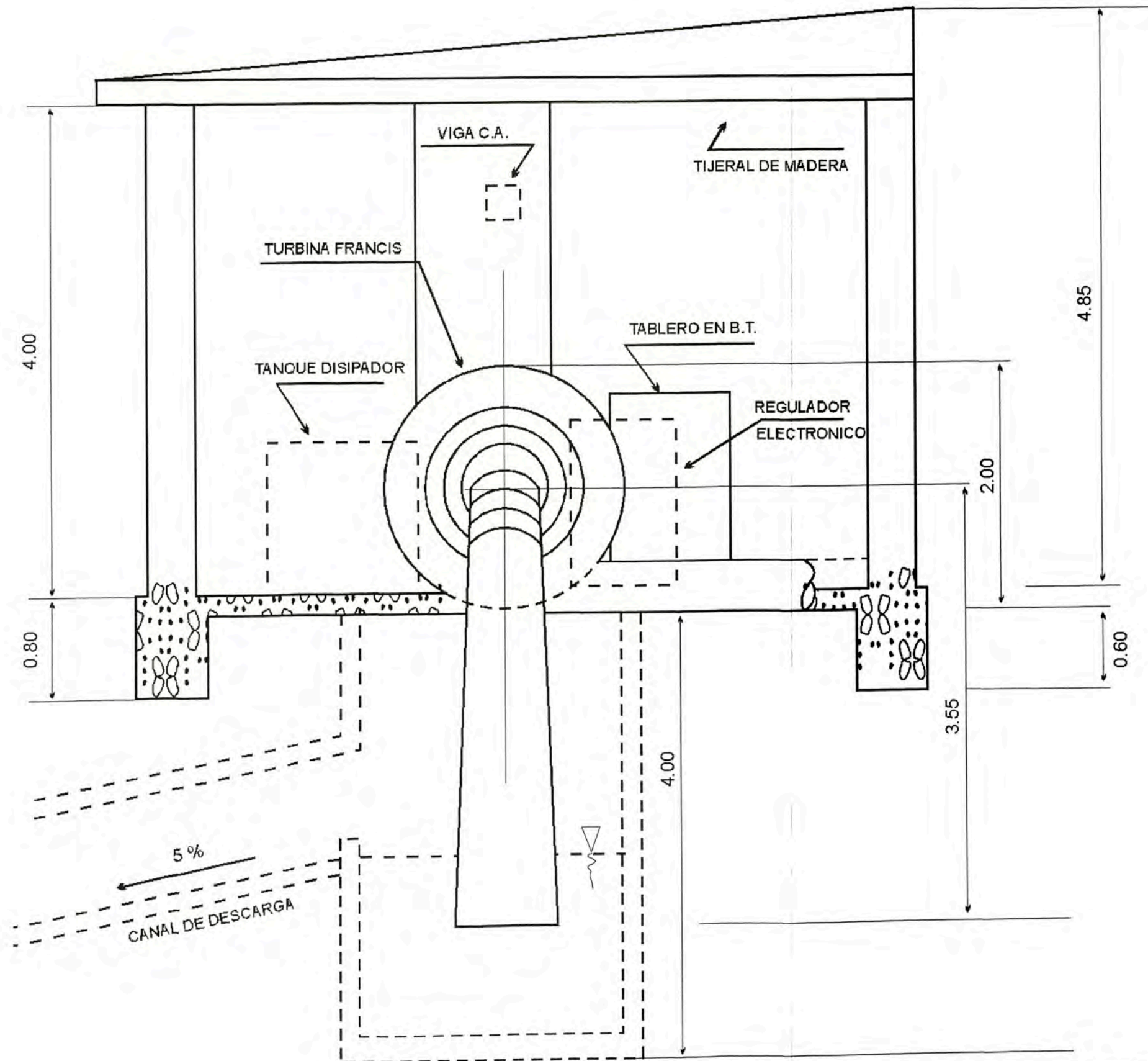


DIS	JJG
DG	JAJA
REV.	
VºBº	
FECHA	JUN-2008

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>	
CENTRAL HIDROELECTRICA DE VICHAYCOCHA	
CORTE A-A	

DIS. PACARAOS
PROV. HUARAL
DEP. LIMA
Nº <b>CH-02</b>
ESC. S/E





DIS	JJG
DG	Jafa
REV.	
VºBº	
FECHA	JUN-2008

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>
CENTRAL HIDROELECTRICA DE VICHAYCOCHA
CORTE B-B

DIS. PACARAOS
PROV. HUARAL
DEP. LIMA
Nº <b>CH-03</b>
ESC. S/E

# **ANEXO D**

## CUADRO DE CAIDA DE TENSION

**PROYECTO:** REMODELACION DE LA RED PRIMARIA 22,9 kV, TRIFASICO  
**PROPIETARIO:** MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PACARAOS  
**LOCALIDAD:** VICHAYCOCHA  
**DISTRITO:** PACARAOS  
**PROVINCIA:** HUARAL  
**DEPARTAMENTO:** LIMA

TENSION DE LINEA : 22,9 kV  
 TENSION FASE\_NEUTRO : 22,9 kV  
 FACTOR DE POTENCIA : 0,9  
 TEMP. DEL CONDUCTOR : 20 °C  
 TEMP. MÁX. OPERACIÓN : 40 °C  
 MÁX. CAIDA D' VOLTAJE : 5 %

PUNTO	POT. (kW)	S POT. (kW)	I (Amp)	LONG. (km)	SECCIÓN (mm <sup>2</sup> )	DV (Volt)	SDV	%DV	S%DV	TIPO DE CONDUCT.	SECCIÓN CONDUCT.
1		75,02	2,10	0,011	25	80,58	100,61	0,00	0,06	AAAC	3 - 1 x 25
2		75,02	2,10	0,085	25	284,78	385,39	0,01	0,06	AAAC	3 - 1 x 25
3		75,02	2,10	0,083	25	6,02	391,41	0,02	0,08	AAAC	3 - 1 x 25
4		75,02	2,10	0,022	25	7,08	398,49	0,01	0,09	AAAC	3 - 1 x 25
5		75,02	2,10	0,028	25	66,93	465,42	0,01	0,09	AAAC	3 - 1 x 25
6		75,02	2,10	0,045	25	19,49	484,90	0,01	0,11	AAAC	3 - 1 x 25
7	44,15	75,02	2,10	0,079	25	70,19	555,09	0,02	0,12	AAAC	3 - 1 x 25
8		31,10	0,87	0,005	25	10,54	565,64	0,00	0,13	AAAC	3 - 1 x 25
9		31,10	0,87	0,048	25	10,54	576,18	0,00	0,13	AAAC	3 - 1 x 25
10		31,10	0,87	0,048	25	10,54	586,72	0,00	0,14	AAAC	3 - 1 x 25
11		31,10	0,87	0,027	25	10,54	597,26	0,00	0,14	AAAC	3 - 1 x 25
12		31,10	0,87	0,039	25	10,54	607,81	0,00	0,14	AAAC	3 - 1 x 25
13		31,10	0,87	0,024	25	10,54	618,35	0,00	0,14	AAAC	3 - 1 x 25
14		31,10	0,87	0,021	25	16,26	634,61	0,00	0,15	AAAC	3 - 1 x 25
16		31,10	0,87	0,016	25	13,67	648,28	0,00	0,15	AAAC	3 - 1 x 25
17		31,10	0,87	0,027	25	13,67	661,95	0,00	0,15	AAAC	3 - 1 x 25
18	31,10	31,10	0,87	0,010	25	13,67	675,62	0,00	0,15	AAAC	3 - 1 x 25

**CUADRO DE CARGAS DE LA RED SECUNDARIA 380-220V 3φ**

S.E. N°	CIRCUITO N°	N° de lotes	Cargas especiales (kW)	Demanda SP (kW)	I (A)	No de luminarias	Demanda AP (kW)	Demanda total (kW)	Demanda total (kVA)	Potencia del transf. (kVA)
1	1	56	1,00	12,20	20,60	0	0,00	12,20	44,15	50
	2	38	7,50	15,10	25,49	16	1,31	16,41		
	3	49	1,00	10,80	18,23	4	0,33	11,13		
	<b>Sub-total</b>	<b>143</b>	<b>9,50</b>	<b>38,10</b>	<b>64,32</b>	<b>20</b>	<b>1,63</b>	<b>39,73</b>		
2	1	23	0,00	4,60	7,77	2	0,16	4,76	31,10	50
	2	36	1,00	8,20	13,84	11	0,90	9,10		
	3	69	0,00	13,80	23,30	4	0,33	14,13		
	<b>Sub-total</b>	<b>128</b>	<b>1,00</b>	<b>26,60</b>	<b>44,91</b>	<b>17</b>	<b>1,39</b>	<b>27,99</b>		
<b>TOTAL</b>		<b>271</b>	<b>10,50</b>	<b>64,70</b>	<b>109,22</b>	<b>37</b>	<b>3,02</b>	<b>67,72</b>	<b>75,24</b>	

## CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTOR AAAC 25 mm<sup>2</sup>

**PROYECTO:** REMODELACION DE LA RED PRIMARIA 22,9 kV, TRIFASICO  
**PROPIETARIO:** MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PACARAOS  
**LOCALIDAD:** VICHAYCOCHA  
**DISTRITO:** PACARAOS  
**PROVINCIA:** HUARAL

**HIPÓTESIS I**      TEMPLADO                      T=15°C, S/V, EDS=18% Trotura  
**HIPÓTESIS II**    MAXIMO ESFUERZO        T=5°C, 104km/h, EDS=60% Trotura  
**HIPÓTESIS III**    FLECHA MAXIMA            T= 50°C, Hielo=0mm, V=0 km/h, TMax=40% Trotura

Conductor:    AL                      Sección:        25            mm<sup>2</sup>                      Peso: 0,67 N/m                      Diametro: 6,3 mm                      T. Rotura( N)        7838,19

Vano (m)	Desnivel (m)	Hipótesis I			Hipótesis II			Hipótesis III		
		TiroH(N)	TMax(N)	Flecha(m)	TiroH(N)	TMax(N)	Flecha(m)	TiroH(N)	TMax(N)	Flecha(m)
10,00	0,00	1.410,87	1.410,88	0,01	1.795,20	1.795,27	0,02	205,47	205,50	0,04
20,00	0,00	1.410,87	1.410,89	0,02	1.851,42	1.851,71	0,09	280,59	280,67	0,12
30,00	0,00	1.410,87	1.410,91	0,05	1.932,11	1.932,74	0,19	345,44	345,58	0,22
40,00	0,00	1.410,87	1.410,94	0,09	2.026,85	2.027,91	0,32	402,94	403,16	0,33
50,00	0,00	1.410,87	1.410,97	0,15	2.128,51	2.130,09	0,48	454,94	455,24	0,46
60,00	0,00	1.410,87	1.411,02	0,21	2.232,85	2.235,01	0,66	502,54	502,94	0,60
70,00	0,00	1.410,87	1.411,07	0,29	2.337,43	2.340,24	0,86	546,50	547,00	0,75
80,00	0,00	1.410,87	1.411,13	0,38	2.440,89	2.444,41	1,07	587,34	587,95	0,91
90,00	0,00	1.410,87	1.411,19	0,48	2.542,48	2.546,76	1,31	625,46	626,18	1,08
100,00	0,00	1.410,87	1.411,27	0,59	2.641,79	2.646,87	1,55	661,15	661,99	1,26
110,00	0,00	1.410,87	1.411,35	0,72	2.738,62	2.744,55	1,81	694,66	695,63	1,45
120,00	0,00	1.410,87	1.411,44	0,85	2.832,89	2.839,71	2,08	726,20	727,30	1,65
130,00	0,00	1.410,87	1.411,54	1,00	2.924,58	2.932,34	2,37	755,93	757,17	1,86
140,00	0,00	1.410,87	1.411,65	1,16	3.013,73	3.022,47	2,67	783,99	785,39	2,09
150,00	0,00	1.410,87	1.411,76	1,33	3.100,39	3.110,14	2,97	810,52	812,06	2,32
160,00	0,00	1.410,87	1.411,88	1,51	3.184,62	3.195,42	3,29	835,62	837,32	2,56
170,00	0,00	1.410,87	1.412,01	1,71	3.266,50	3.278,38	3,63	859,39	861,26	2,81
180,00	0,00	1.410,87	1.412,15	1,92	3.346,09	3.359,10	3,97	881,91	883,96	3,06
190,00	0,00	1.410,87	1.412,30	2,13	3.423,49	3.437,66	4,32	903,28	905,50	3,33
200,00	0,00	1.410,87	1.412,45	2,36	3.498,76	3.514,12	4,69	923,55	925,96	3,61

## RESUMEN DE PRESTACIONES DE ESTRUCTURAS

**PROYECTO:** REMODELACION DE LA RED PRIMARIA 22,9 kv, TRIFASICO  
**PROPIETARIO:** MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PACARAOS  
**LOCALIDAD:** VICHAYCOCHA  
**DISTRITO:** PACARAOS  
**PROVINCIA:** HUARAL  
**DEPARTAMENTO:** LIMA

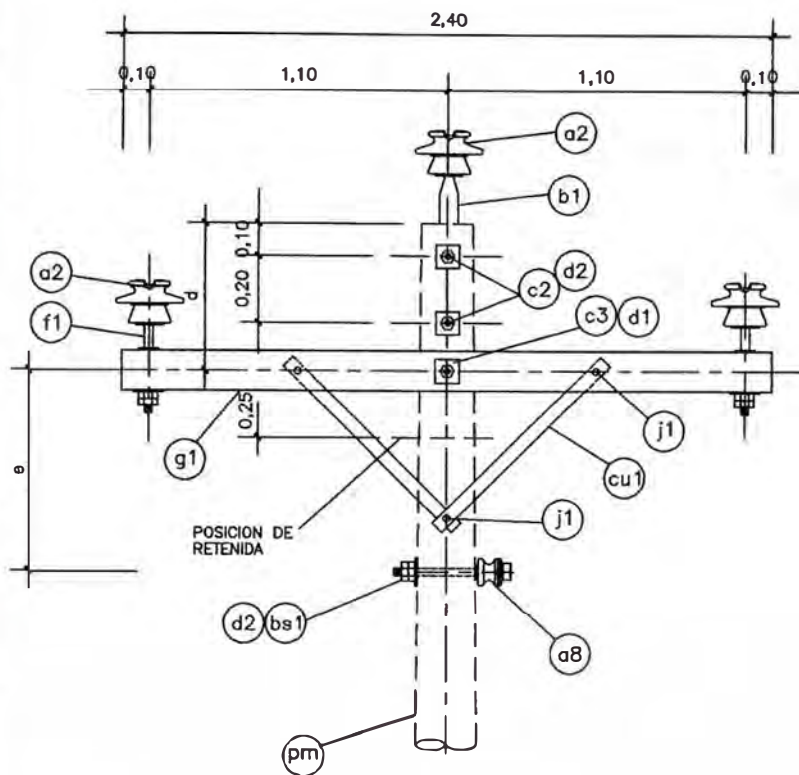
### PRESTACIONES PARA EL GRADO DE COSTRUCCION C

#### Analisis transversal:

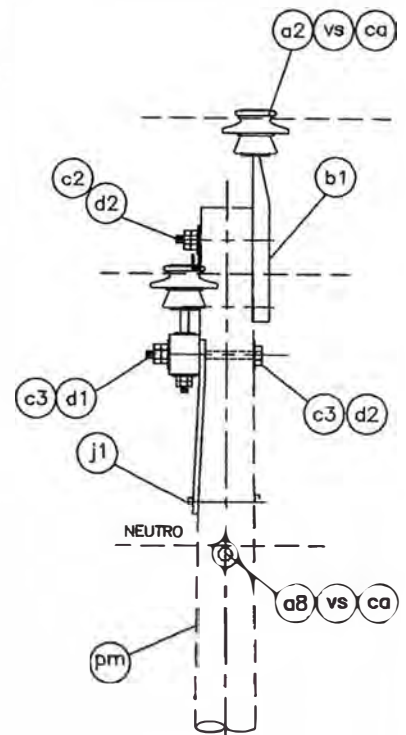
POSTE TIPO	ARMADO	CONDUCTOR		ANGULO	Fzas. Transvers.	ESPACIAM. ELECTR.	VANOS PESO	RETENIDAS
		TIPO	% TIRO EDS		VANO VIENTO	VANO LATERAL		Transversales
12/3000	PS1-3	AAAC-25	18	0	156	130	234	-
				1	147	130	220,5	-
				2	137	130	205,5	-
				3	127	130	190,5	-
				5	117	130	175,5	-
12/3000	PA1-3	AAAC-25	18	5	541	130	811,5	1RI
				10	475	130	712,5	1RI
				15	408	130	612	1RI
				20	351	130	526,5	1RI
				30	266	120	399	1RI
12/3000	PA2-3	AAAC-25	18	30	931	-	1396,5	2RI
				35	864	-	1296	2RI
				40	798	-	1197	2RI
				50	674	-	1011	2RI
				60	579	-	868,5	2RI
12/3000	PA3-3	AAAC-25	18	60	950	-	1425	3RI
				65	950	-	1425	3RI
				70	950	-	1425	3RI
				80	921	-	1381,5	3RI
				90	845	-	1267,5	3RI
12/3000	PR3-3	AAAC-25	18	0	156	150	234	-
				1	147	150	220,5	-
				2	147	150	220,5	-
				3	137	150	205,5	-
				5	117	150	175,5	-
12/3000	PSVE-3	AAAC-25	18	0	176	-	264	-
				2	156	-	234	-
				5	127	-	190,5	-
				7	117	-	175,5	-
				10	98	-	147	-
12/3000	PA1V-3	AAAC-25	18	10	88	130	132	-
				15	58	130	87	-
				20	39	130	58,5	-
				25	19	130	28,5	-
				30	-	-	-	-
12/3000	PA1VE-3	AAAC-25	18	10	98	-	147	-
				15	68	-	102	-
				20	49	-	73,5	-
				25	29	-	43,5	-
				30	9	-	13,5	-
12/3000	PRV-3	AAAC-25	18	0	176	-	264	-
				1	166	-	249	-
				2	156	-	234	-
				3	147	-	220,5	-
				5	127	-	190,5	-

#### Analisis longitudinal:

POSTE TIPO	ARMADO	CONDUCTOR		ANGULO	Fzas. Longitud.	ESPACIAM. ELECTR.	VANOS PESO	RETENIDAS
		TIPO	% TIRO EDS		VANO LATERAL	VANO LATERAL		Longitudinales
12/3000	PR3-3	AAAC-25	18	0	532	150	798	1RI
12/3000	TS-3	AAAC-25	18	0	247	150	370,5	1RI
12/3000	PRV-3	AAAC-25	18	0	950	150	1425	2RI
12/3000	PRV-3	AAAC-25	18	0	722	-	1083	1RI



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

ARMADO	d(m)	e
PS1-3N	0,45	0,60
PS1-3NL	1,00	1,00
PS1-3	0,45	-
PS1-3L	1,00	-

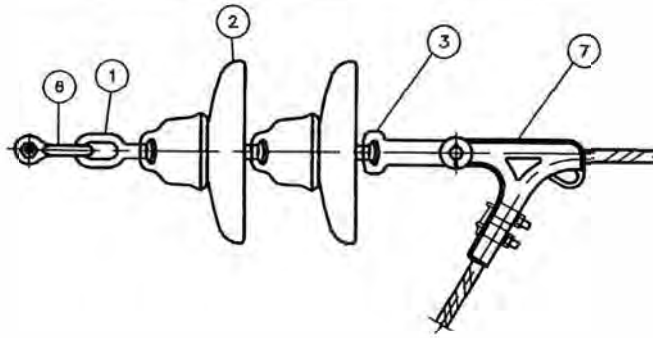
CODIGO	ITEM REA	DESCRIPCION	PS1-3N	PS1-3
			PS1-3NL	PS1-3L
	ca	ALAMBRE DE AMARRE, SEGUN REQUERIMIENTO.	9,5m	7,5m
	vs	VARILLA DE ARMAR PREFORMADA SIMPLE, SEGUN REQUERIMIENTO	4	3
	c3	PERNO MAQUINADO DE A'G', 16mm $\phi$ x 305mm LONG.; 152mm MAQUINADO, CON TUERCA Y CONTRATUERCA	1	1
	f1	ESPIGA PARA CRUCETA, SEGUN REQUERIMIENTO	2	2
	j1	PERNO COCHE DE A'G', 13mm $\phi$ x 152 mm LONG., 76mm MAQDO., CON ARANDELA, TUERCA Y CONTRATUERCA	2	2
	j1	PERNO MAQUINADO DE A'G', 13mm $\phi$ x 254mm LONG., 152 MAQUINADO, CON TUERCA Y CONTRATUERCA	1	1
	cu1	BRAZO SOPORTE (RIOSTRA) DE PERFIL ANGULAR DE A'G' DE 38 x 38 x 5mm SECCION 710 mm LONG.	2	2
	g1	CRUCETA DE MADERA TRATADA DE 90x115mm SECCION, 2,40 m LONG.	1	1
	a8	AISLADOR DE PORCELANA TIPO CARRETE, CLASE ANSI 53-2	1	-
	d1	ARANDELA CUADRADA PLANA DE A'G', 57x57x5mm, 18 mm $\phi$ DE AGUJERO	1	1
	bs1	PERNO SIMPLE BORDE DE A'G', 16mm $\phi$ x 425mm LONG., 152mm MAQDO., CON TUERCA Y CONTRATUERCA	1	-
	d2	ARANDELA CUADRADA CURVA DE A'G', 57x57x5mm, 18 mm $\phi$ DE AGUJERO	4	3
	c2	PERNO MAQUINADO DE A'G', 16 mm $\phi$ x 254 mm LONG.; 152 mm MAQUINADO CON TUERCA Y CONTRATUERCA	2	2
	b1	ESPIGA PARA CABEZA DE POSTE, SEGUN REQUERIMIENTO	1	1
	a2	AISLADOR DE PORCELANA TIPO PIN, CLASE ANSI, SEGUN REQUERIMIENTO	3	3
	pm	POSTE DE CONCRETO. SEGUN REQUERIMIENTO	-	-
CODIGO	ITEM REA	DESCRIPCION	CANT.	

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS  
DIRECCION EJECUTIVA DE PROYECTOS

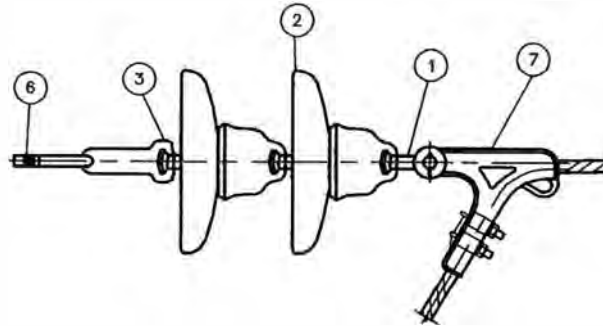
SOPORTE SUSPENSION 0° - 5°, TRIFASICO  
NEUTRO CORRIDO/SIN NEUTRO  
PS1-3N/PS1-3NL/PS1-3/PS1-3L

LAMINA N°:

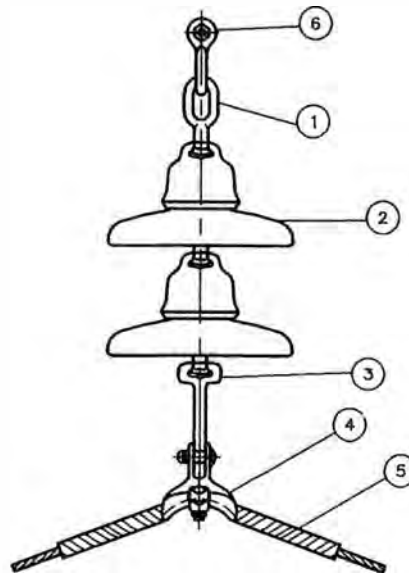
004



ENSAMBLE DE CADENA DE AISLADORES EN ANCLAJE NORMAL



ENSAMBLE DE CADENA DE AISLADORES EN ANCLAJE INVERTIDO



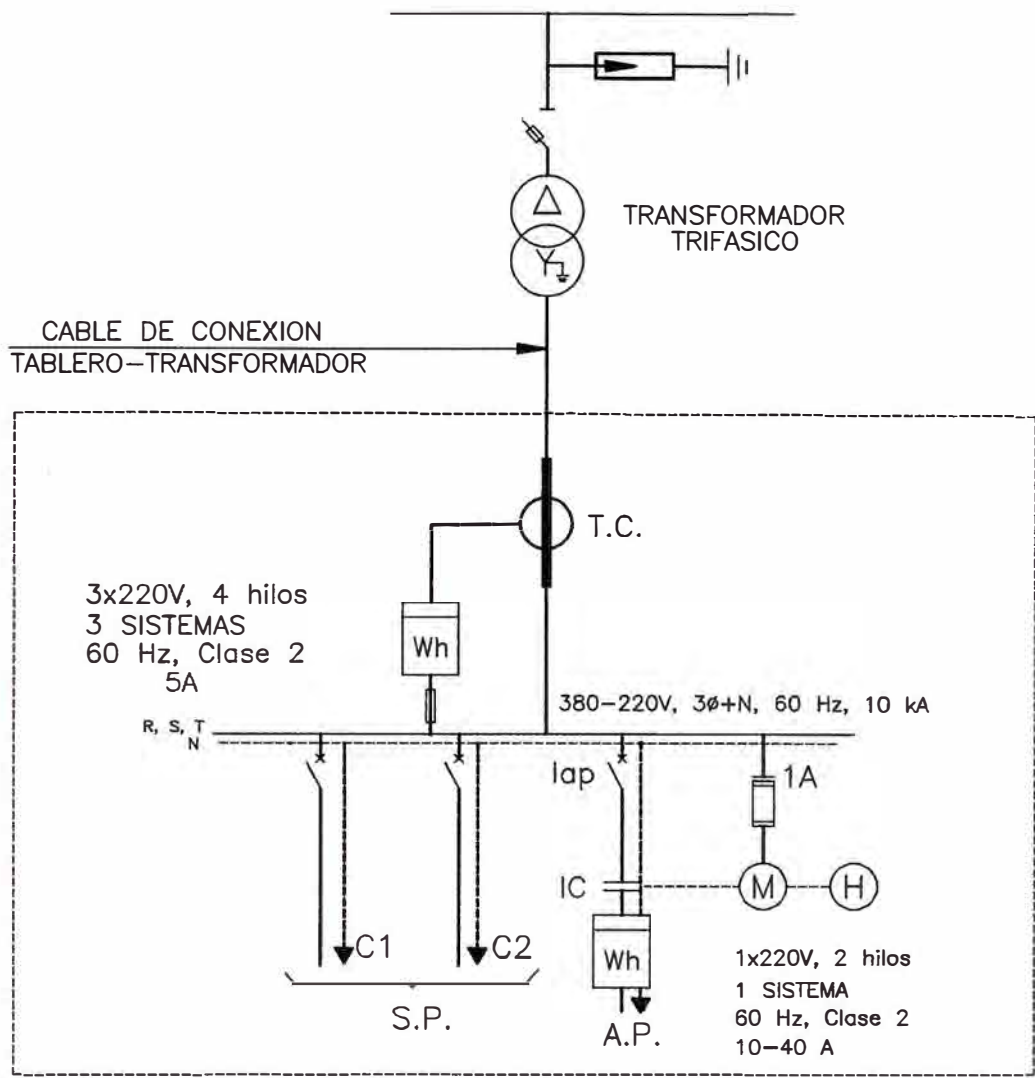
ENSAMBLE DE CADENA DE AISLADORES EN SUSPENSION ANGULAR

7	GRAPA DE ANCLAJE	
6	GRILLETE	
5	VARILLA DE ARMAR PREFORMADA	
4	GRAPA DE ANGULO	
3	ADAPTADOR CASQUILLO - OJO ALARGADO	
2	AISLADOR DE PORCELANA TIPO SUSPENSION, CLASE ANSI 52-3	
1	ADAPTADOR ANILLO - BOLA	

CODIGO	ITEM	DESCRIPCION	CANT.
--------	------	-------------	-------

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS  
DIRECCION EJECUTIVA DE PROYECTOS





POTENCIA TRANSFORMADOR (kVA)	CABLE DE COMUNICACION DEL TRANSFORMADOR AL TABLERO DE DISTRIBUCION	CORRIENTE NOMINAL DE INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS		T.C.	CORRIENTE NOMINAL DEL CONTACTOR I <sub>c</sub>	CORRIENTE DEL MEDIDOR DE ENERGIA	FUSIBLE EXPULSION
		I	lap				
40	NY 3-1x35 + 1x25 mm <sup>2</sup>	3x40 A, 6 kA	1x16 A	100/5	2x30 A	5 (10) A	2 A, K
75	NY 3-1x50 + 1x35 mm <sup>2</sup>	3x80 A, 6 kA	1x20 A	150/5	2x30 A	5 (10) A	3 A, K
100	NY 3-1x70 + 1x35 mm <sup>2</sup>	3x100 A, 6 kA	1x30 A	200/5	2x30 A	5 (10) A	5 A, K
160	NY 3-1x120 + 1x70 mm <sup>2</sup>	3x150 A, 6 kA	1x40 A	300/5	2x40 A	5 (10) A	5 A, K

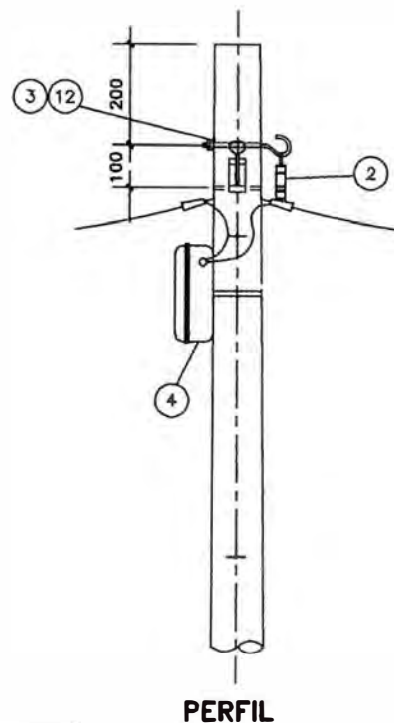
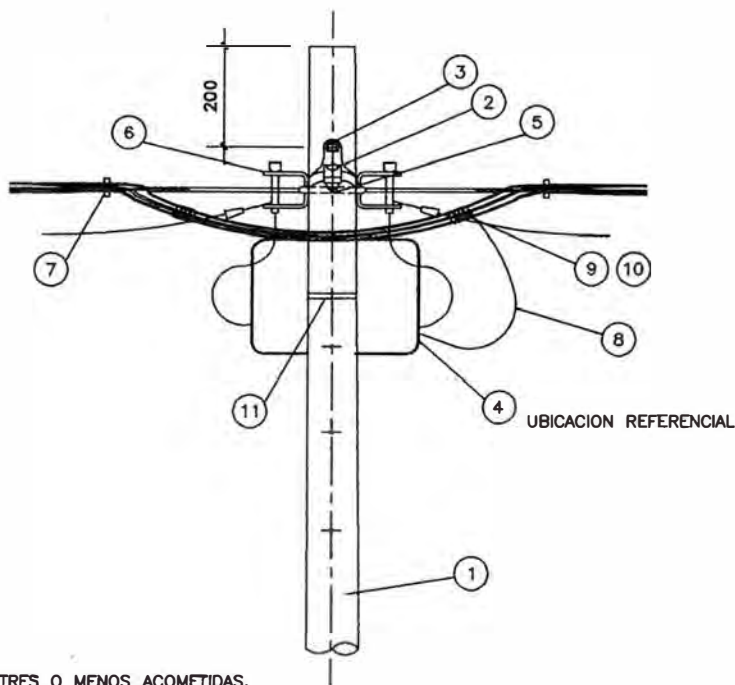
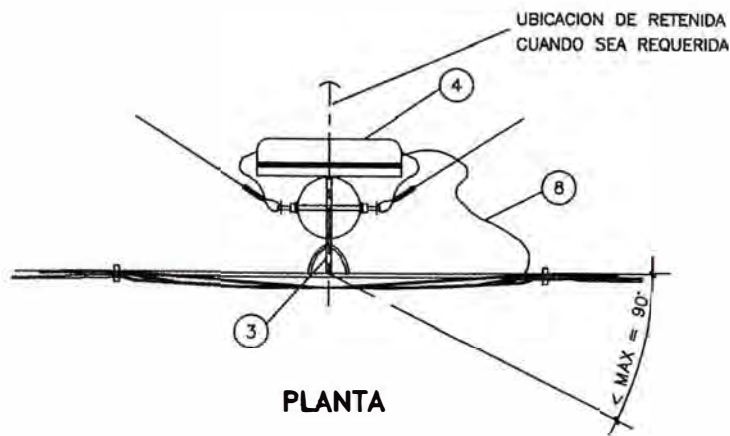
- 1.- TODOS LOS INTERRUPTORES DEL SERVICIO PARTICULAR (S.P.) SERAN CONECTADOS ENTRE FASES (380 V).
- 2.- EL SISTEMA DE PROTECCION Y CONTROL DE ALUMBRADO PUBLICO (A.P.) SERA CONECTADO ENTRE FASE Y NEUTRO (220 V).
- 3.- LAS SALIDAS DE LOS CIRCUITOS SERAN POR LA PARTE INFERIOR DEL TABLERO Y SERAN COMPLETAMENTE HERMETICOS (IP 54).

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS  
DIRECCION EJECUTIVA DE PROYECTOS

DIAGRAMA UNIFILAR  
TABLERO DE DISTRIBUCION TRIFASICO  
380/220V, 60 Hz

LAMINA N°:

064-A



**\* NOTA :**

- PARA TRES O MENOS ACOMETIDAS, NO SE INSTALARA LA CAJA DE DERIVACION Y LA ESTRUCTURA SE ESPECIFICARA COMO E1/S
- s.req.: SEGUN REQUERIMIENTO DE DE LAS REDES Y ACOMETIDAS

SIMBOLO	
MADERA	CONCRETO

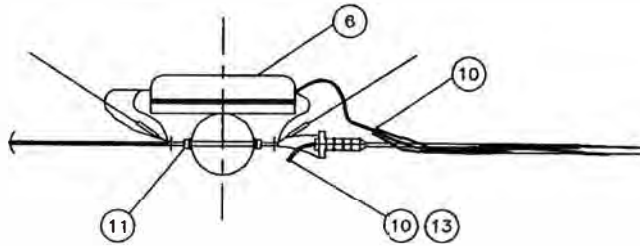
CODIGO	ITEM	DESCRIPCION	E1	E1/S
	12	ARANDELA CUADRADA CURVA DE 57x57 mm, AGUJERO DE 18mm ø	1	1
	11	FLEJE DE ACERO INOXIDABLE DE 19mm PROVISTO DE HEBILLA	1	0
	10	CONECTOR BIMETALICO, PARA Al 25 mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	1	0
	9	CONECTOR BIMETALICO AISLADO, PARA Al 25 mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , FASE AISLADA, TIPO PERFORACION	s.req.	0
	8	CONDUCTOR DE Cu RECOCIDO, TIPO N2XY, BIPOLAR, TRIPOLAR O TETRAPOLAR 10 mm <sup>2</sup> , COLOR NEGRO	1,2	0
	7	CORREA PLASTICA DE AMARRE COLOR NEGRO	4	4
	6	PORTALINEA UNIPOLAR DE A' G', PROVISTO DE PIN DE 10 mmø	2	s.req.
	5	PERNO DE A' G' DE 13mmø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT. LONG. SEGUN REQUERIMIENTO	1	s.req.
	4	CAJA DE DERIVACION PARA ACOMETIDAS DOMICILIARIAS SISTEMA 380/220 V, 440-220 V o 220 V	1	0
	3	PERNO CON GANCHO, DE 16mmø, PROVISTO DE ARANDELA, TUERCA Y CONTRT. LONG. SEGUN REQUERIMIENTO	1	1
	2	GRAPA DE SUSPENSION ANGULAR DE ALEACION DE ALUMINO	1	1
	1	POSTE DE MADERA O CONCRETO	1	1
CODIGO	ITEM	DESCRIPCION	CANT.	

**MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS**  
DIRECCION EJECUTIVA DE PROYECTOS

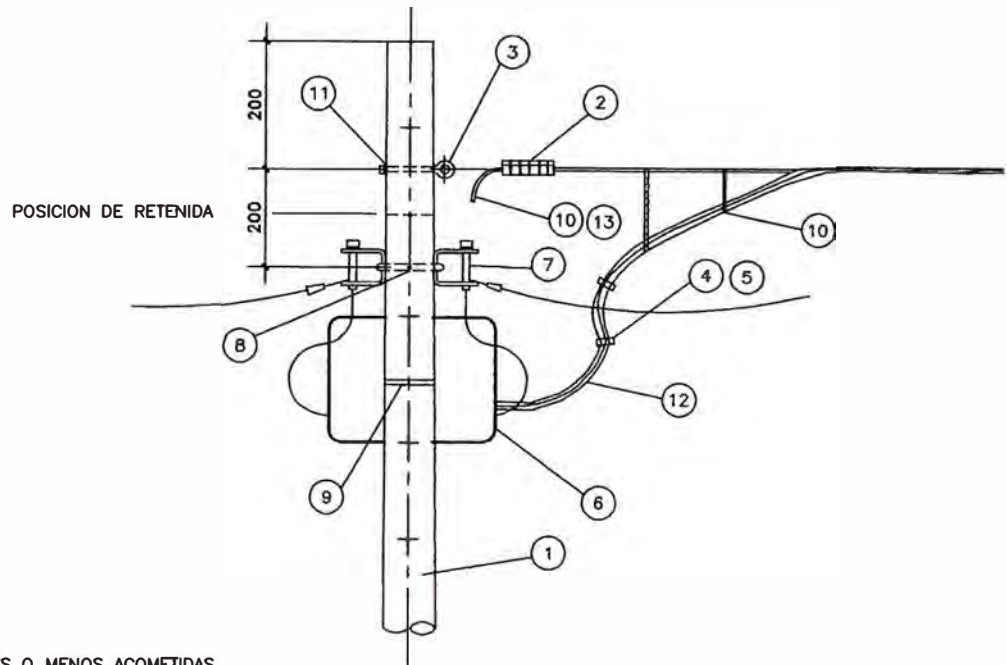
**REDES SECUNDARIAS**  
ESTRUCTURA DE ALINEAMIENTO Y ANGULO PARA RED AEREA  
CON CONDUCTORES AUTOPORTANTES  
TIPO E1

LAMINA N°:

**001**



PLANTA



ELEVACION

\* NOTA :

- PARA TRES O MENOS ACOMETIDAS, NO SE INSTALARA LA CAJA DE DERIVACION Y LA ESTRUCTURA SE ESPECIFICARA COMO E3/S
- s.req.: SEGUN REQUERIMIENTO DE DE LAS REDES Y ACOMETIDAS

SIMBOLO	
MADERA	CONCRETO

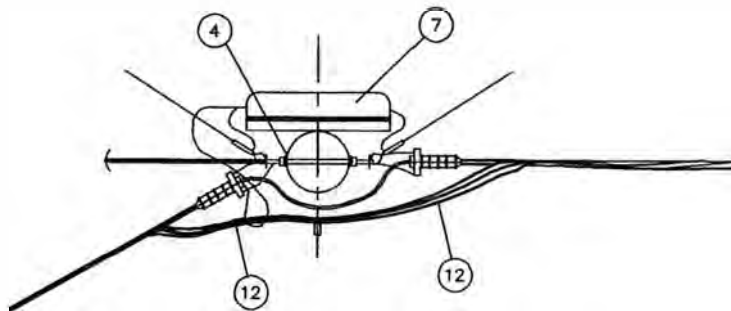
CODIGO	ITEM REA	DESCRIPCION	E3	E3/S
	13	CINTA AUTOFUNDENTE PARA EXTREMO DE CABLE	0	s.req.
	12	CONDUCTOR DE Cu RECOCIDO, TIPO N2XY, BIPOLAR TRIPOLAR O TETRAPOLAR 10 mm <sup>2</sup> . C.NEGRO	1,20m	0
	11	ARANDELA CUADRADA CURVA DE 57x57 mm, AGUJERO DE 18mm $\phi$ .	2	2
	10	CORREA PLASTICA DE AMARRE COLOR NEGRO	4	4
	9	FLEJE DE ACERO INOXIDABLE DE 19 mm, PROVISTO DE HEBILLA	1	0
	8	PERNO DE A'G' DE 13 mm $\phi$ , PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA. LONGITUD SEGUN REQUERIMIENTO	1	s.req.
	7	PORTALINEA UNIPOLAR DE A'G', PROVISTO DE PIN DE 10 mm $\phi$ .	2	s.req.
	6	CAJA DE DERIVACION PARA ACOMETIDAS DOMICILIARIAS SISTEMA 380/220 V, 440-220 V o 220 V	1	0
	5	CONECTOR BIMETALICO, PARA Al 25 mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	1	0
	4	CONECTOR BIMETALICO AISLADO. PARA Al 25 mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , FASE AISLADA, TIPO PERFORACION	s.req.	0
	3	PERNO CON OJAL, DE A'G' DE 16mm $\phi$ , PROVISTO DE TUERCA Y CONTRT. LONG. SEGUN REQUERIMIENTO	1	1
	2	GRAPA DE ANCLAJE DE ALEACION DE ALUMINIO	1	1
	1	POSTE DE MADERA O CONCRETO	1	1
CODIGO	ITEM REA	DESCRIPCION	CANT.	

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS  
DIRECCION EJECUTIVA DE PROYECTOS

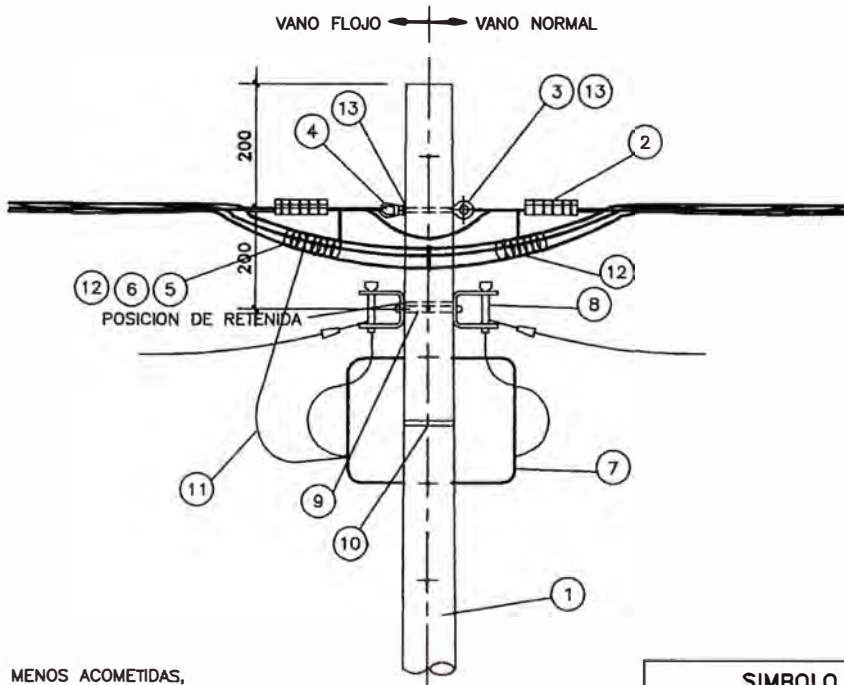
REDES SECUNDARIAS  
ESTRUCTURA DE EXTREMO DE LINEA  
CON CONDUCTORES AUTOPORTANTES  
TIPO E3

LAMINA N°:

003



**PLANTA**



**ELEVACION**

\* **NOTA :**

● PARA TRES O MENOS ACOMETIDAS, NO SE INSTALARA LA CAJA DE DERIVACION Y LA ESTRUCTURA SE ESPECIFICARA COMO E4/S

● s.req.: SEGUN REQUERIMIENTO DE DE LAS REDES Y ACOMETIDAS

SIMBOLO	
MADERA	CONCRETO

CODIGO	ITEM	DESCRIPCION	E4	E4/S
	13	ARANDELA CUADRADA CURVA DE 57x57 mm AGUJERO DE 18mmø	2	2
	12	CORREA PLASTICA DE AMARRE COLOR NEGRO	5	5
	11	CONDUCTOR DE Cu RECOCIDO. TIPO NZXY, BIPOLAR, TRIPOLAR O TETRAPOLAR 10 mm <sup>2</sup> . C.NEGRO	1,2	0
	10	FLEJE DE ACERO INOXIDABLE DE 19 mm. PROVISTA DE HEBILLA	1	0
	9	PERNOS DE A'G' DE 13 mmø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA. LOG. SEGUN REQUERIMIENTO	1	s.req.
	8	PORTALINEA UNIPOLAR DE A'G'. PROVISTO DE PIN DE 10 mmø	2	s.req.
	7	CAJA DE DERIVACION PARA ACOMETIDAS DOMICILIARIAS SISTEMA 380/220 V, 440 - 220 V o 220 V	1	0
	6	CONECTOR BIMETALICO, PARA Al 25 mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	1	0
	5	CONECTOR BIMETALICO AISLADO, PARA Al 25 mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , FASE AISLADA, TIPO PERFORACION	s.req.	0
	4	TUERCA-OJAL DE A'G' PARA PERNO DE 16mmø	1	1
	3	PERNO CON OJAL, DE A'G' DE 16mmø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRT. LONG. SEGUN REQUERIMIENTO	1	1
	2	GRAPA DE ANCLAJE DE ALEACION DE ALUMINIO	2	2
	1	POSTE DE MADERA O CONCRETO	1	1
CANT.				

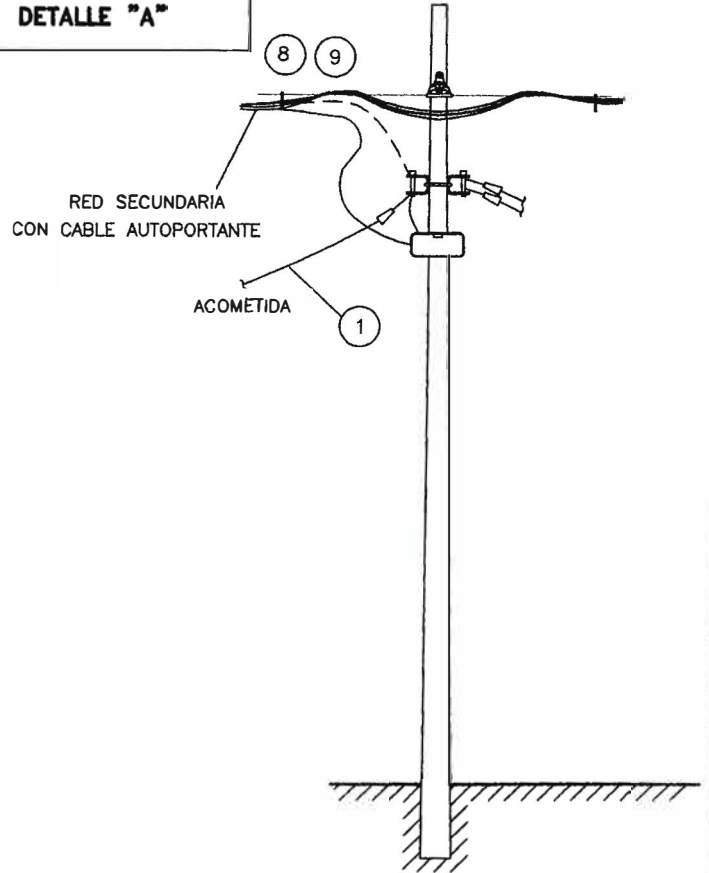
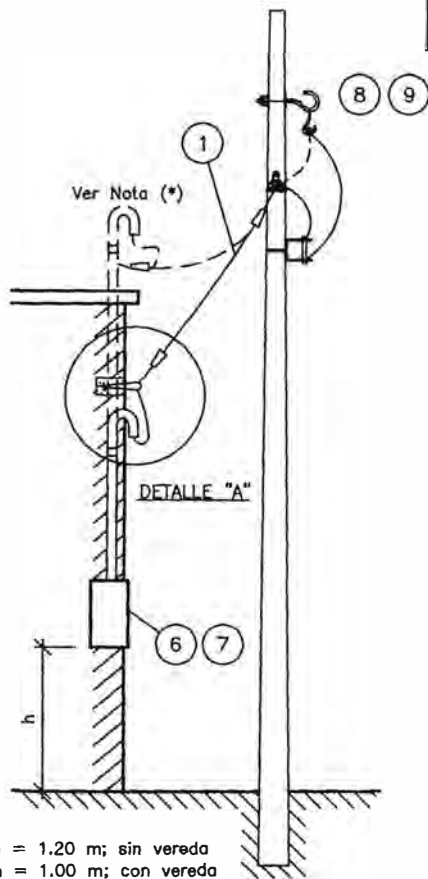
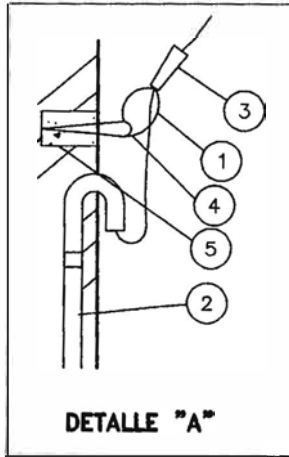
**MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS**  
DIRECCION EJECUTIVA DE PROYECTOS

**REDES SECUNDARIAS**

ESTRUCTURA EXTREMO DE LINEA CON DERIVACION PARA RED AEREA  
CON CONDUCTORES AUTOPORTANTES  
TIPO E4

LAMINA N°:

**004**



**\* NOTA :**

PARA TRES O MENOS ACOMETIDAS NO SE  
INSTALARA LA CAJA DE DERIVACION PARA ACOMETIDAS Y  
DEBERA CONSIDERARSE CONECTORES BIMETALICOS  
PARA EL NEUTRO Y FASE POR CADA ACOMETIDA

(\*) En el caso de fachadas relativamente bajas, no se recortará el tubo de FG'

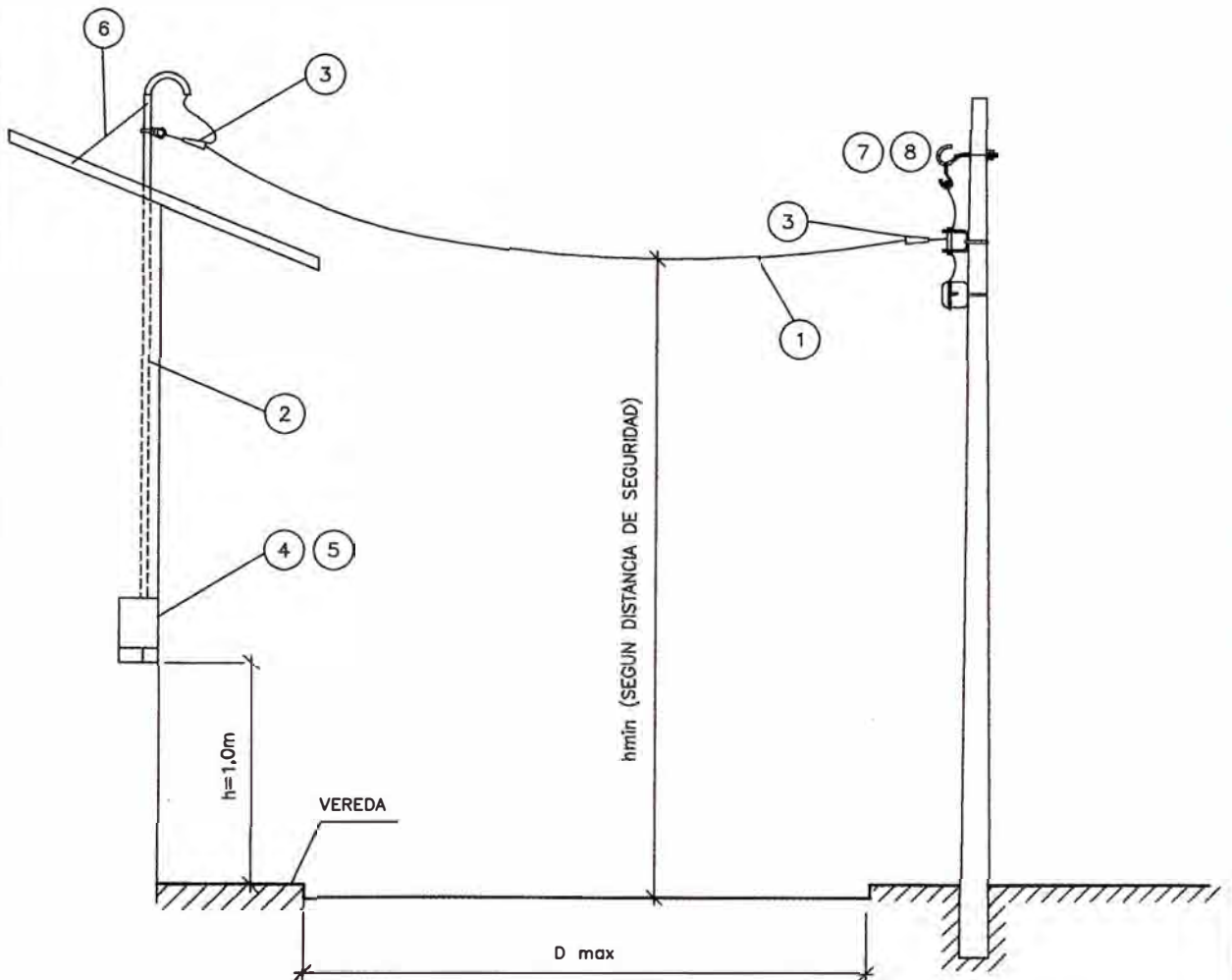
	9	CONECTOR BIMETALICO, PARA Al 25 mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	NOTA
	8	CONECTOR BIMETALICO AISLADO, PARA Al 25 mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , FASE AISLADA, TIPO PERFORACION	NOTA
	7	MEDIDOR DE ENERGIA ACTIVA, 220V, 60 Hz, 1Ø, BIPOLAR	1
	6	CAJA METALICA PORTAMEDIDOR EQUIPADO CON INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO BIPOLAR DE 5 A, 220 V, 60 Hz	1
	5	TARUGO DE CEDRO DE 13mm x 50mm	1
	4	ARMELLA TIRAFONDO DE 10mmØ x 64mm LONGITUD	1
	3	TEMPLADOR DE A'G'	2
	2	TUBO DE A'G' STANDARD/REDONDO DE 19mmØ x 1,5mm x 2,5m, PROVISTO DE CODO	1
	1	CONDUCTOR CONCENTRICO DE COBRE 2x4mm <sup>2</sup> CON AISLAMIENTO DE PVC	15 m
CODIGO	ITEM	DESCRIPCION	CANT.

**MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS**  
DIRECCION EJECUTIVA DE PROYECTOS

**REDES SECUNDARIAS**  
ACOMETIDAS DOMICILIARIAS PARA RED AEREA  
CON CONDUCTORES AUTOPORTANTES -  
CONFIGURACION: CORTA

LAMINA N°:

007



\* CUANDO NO HAY VEREDA h=1,2 m

**NOTA :**

PARA TRES O MENOS ACOMETIDAS NO SE INSTALARA LA CAJA DE DERMACION PARA ACOMETIDAS, Y DEBERA CONSIDERARSE CONECTORES BIMETALICOS FORRADOS PARA EL NEUTRO Y FASE POR CADA ACOMETIDA

Tipo de Area	Al Cruce de vias Transitable por Vehiculos	Otras Aereas
h mfn.	5,50	4,00
Long. Tubo de A'G'	6,00m	4,00m

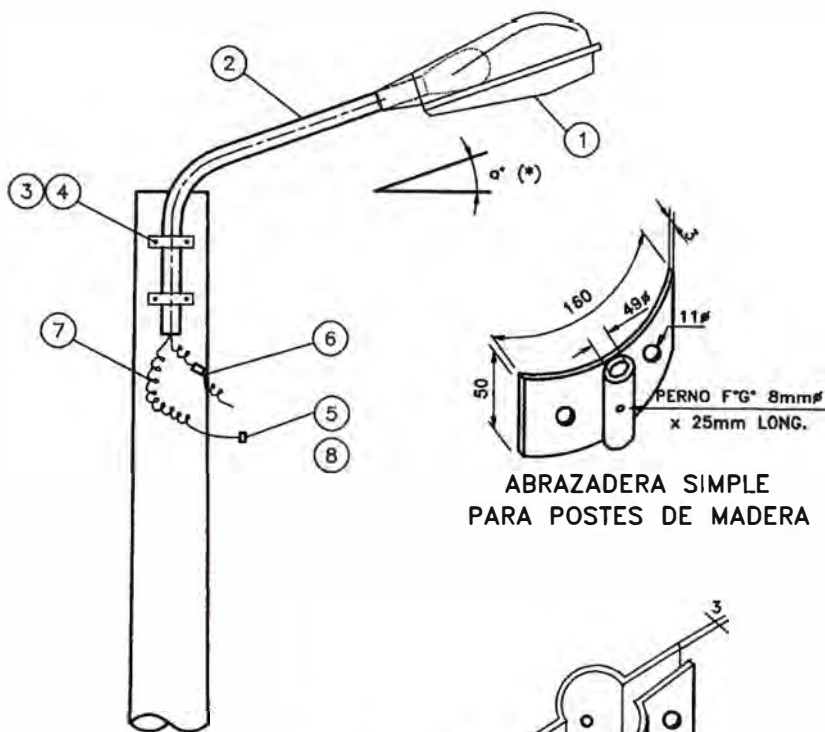
CODIGO	ITEM	DESCRIPCION	CANT.
	8	CONECTOR BIMETALICO, PARA AI 25 mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	NOTA
	7	CONECTOR BIMETALICO AISLADO, PARA AI 25 mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , FASE AISLADA, TIPO PERFORACION	NOTA
	6	ALAMBRE GALVANIZADO N° 12 AWG	2 m
	5	MEDIDOR DE ENERGIA ACTIVA, 220V, 60 Hz, 1Ø	1
	4	CAJA METALICA PORTAMEDIDOR, EQUIPADO CON INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO BIPOLAR DE 5 A, 220 V, 60 Hz	1
	3	TEMPLADOR DE A'G'	2
	2	TUBO DE A'G' STANDARD/REDONDO DE 19mmØ x 1,5m PROVISTO DE CODO, LONGITUD SEGUN REQUERIMIENTO	1
	1	CABLE CONCENTRICO DE COBRE 2x4mm <sup>2</sup> CON AISLAMIENTO DE PVC	30 m

**MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS**  
DIRECCION EJECUTIVA DE PROYECTOS

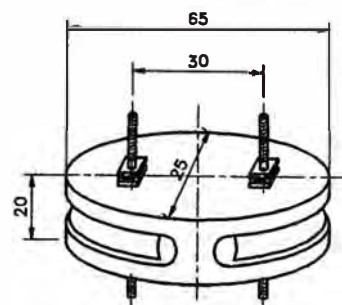
**REDES SECUNDARIAS**  
ACOMETIDAS DOMICILIARIAS PARA RED AREA  
CON CONDUCTORES AUTOPORTANTES -  
CONFIGURACION: LARGA

LAMINA N°:

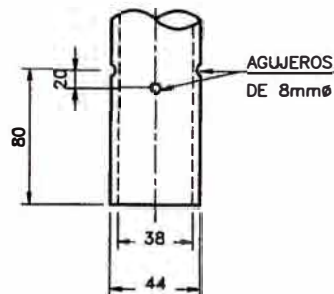
**008**



ABRAZADERA SIMPLE  
PARA POSTES DE MADERA

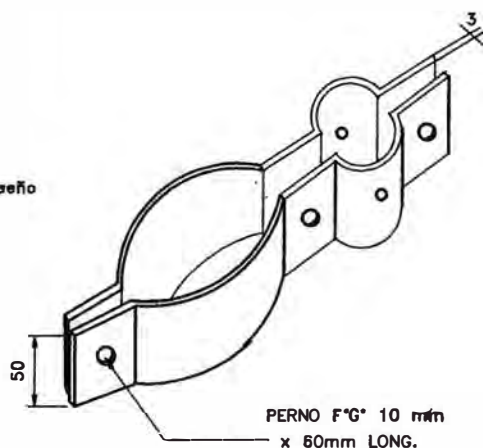


PORTAFUSIBLE AEREO  
UNIPOLAR

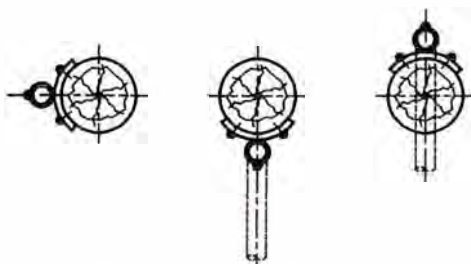
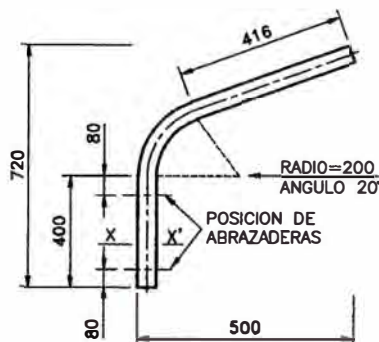


CORTE X-X'

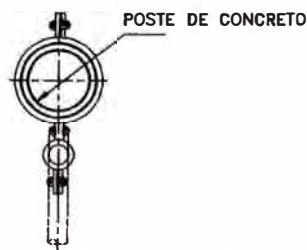
(\*)  $\alpha$  según diseño



ABRAZADERA SIMPLE PARA POSTE CAC



ALTERNATIVAS DE UBICACION DE  
PASTORALES EN POSTES DE MADERA



ALTERNATIVA DE UBICACION DE  
PASTORALES EN POSTES DE CONCRETO

CODIGO	ITEM	DESCRIPCION	P. MAD.	P. CONC.
	8	CONECTOR BIMETALICO PARA AL 25mm <sup>2</sup> /Cu 4 - 10 mm <sup>2</sup> , NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	1	1
	7	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO, TIPO N2XY, BIPOLAR, 2x2,5mm <sup>2</sup>	1,5m	1,5
	6	PORTAFUSIBLE UNIPOLAR 220V, 5A, PROVISTO CON FUSIBLE DE 1A	1	1
	5	CONECTOR BIMETALICO FORRADO PARA AL 25mm <sup>2</sup> /Cu 4-10mm <sup>2</sup> , PARA FASE AISLADA, TIPO PERFORACION	1	1
	4	TIRAFON DE A'G' 10mmx100mm LONGITUD	4	-
	3	ABRAZADERA DE A'G' PARA FIJACION DE PASTORAL EN POSTE DE CONCRETO O POSTE DE MADERA	2	2
	2	PASTORAL DE TUBO DE A'G' 38mm $\phi$ INT., 500mm DE AVANCE HORIZ.ONTAL, 720mm ALTURA	1	1
	1	LUMINARIA CON LAMPARA DE VAPOR DE SODIO	1	1

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS  
DIRECCION EJECUTIVA DE PROYECTOS

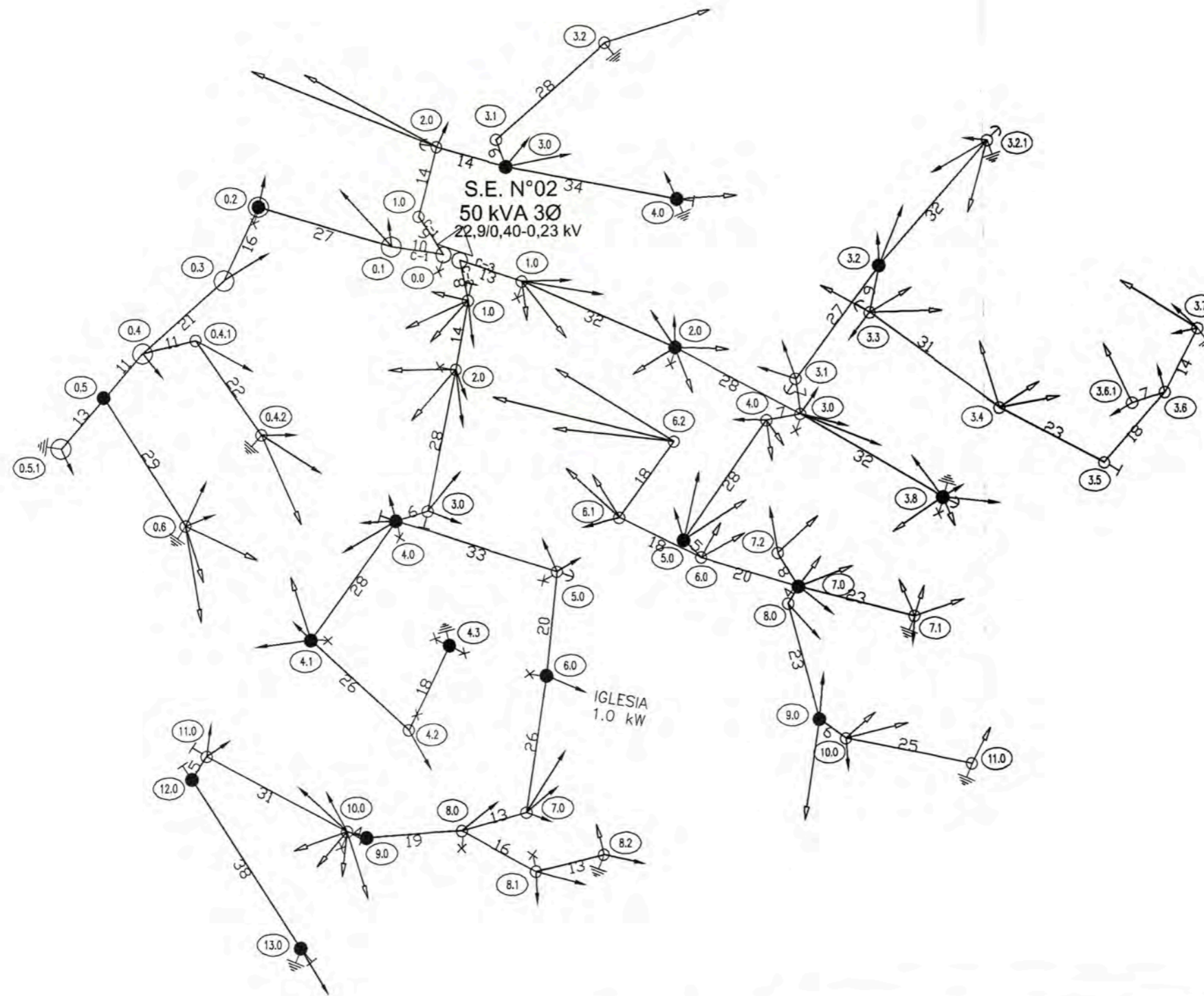
DISTRIBUCION SECUNDARIA  
PASTORAL Y ACCESORIOS PARA  
ALUMBRADO PUBLICO

LAMINA N°:

016

# **ANEXO E**





DIS.	-
DIB.	-
REV.	-
APR.	-
FECHA	AGO-2008

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

DIAGRAMA DE CARGAS  
VICHAYCOCHA

DIST. PACARAOS

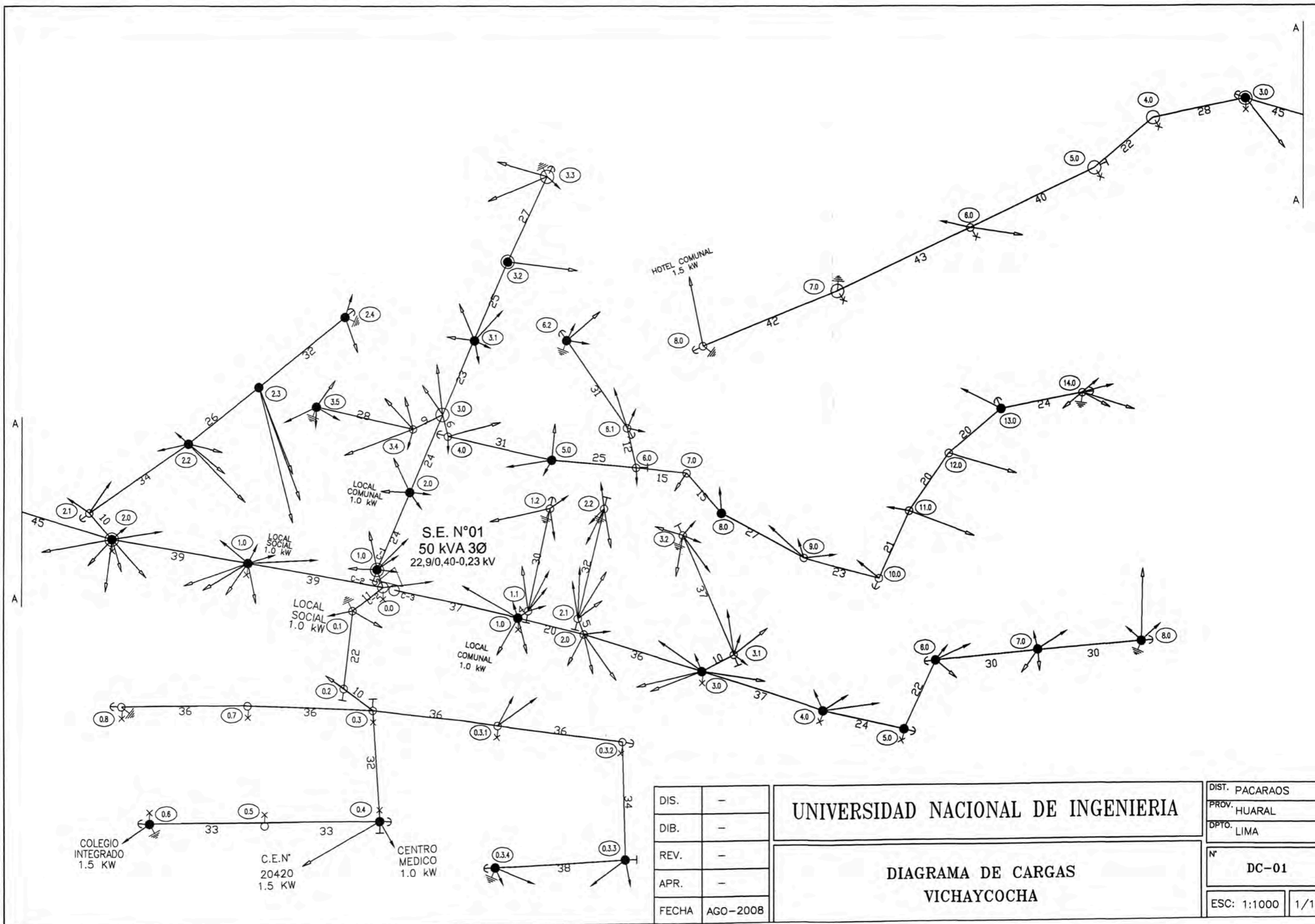
PROV. HUARAL

DPTO. LIMA

N° DC-02

ESC: S / E

1/1



DIS.	-
DIB.	-
REV.	-
APR.	-
FECHA	AGO-2008

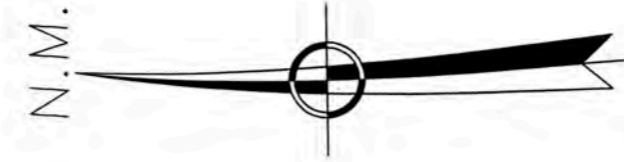
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

DIAGRAMA DE CARGAS  
VICHAYCOCHA

DIST. PACARAOS	
PROV. HUARAL	
DPTO. LIMA	
N° DC-01	
ESC: 1:1000	1/1

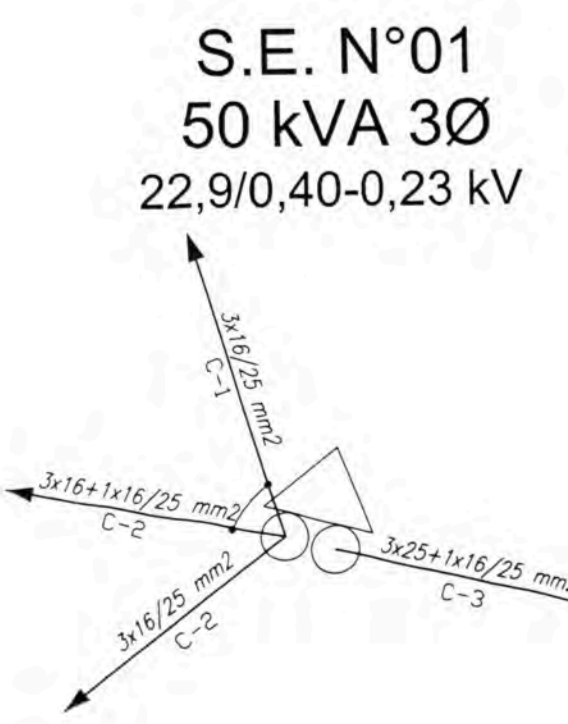
CUADRO DE CARGAS DE LA RED SECUNDARIA 380-220V

S.E. N°	CIRCUITO N°	N° de lotes	Cargas especiales (kW)	Demanda SP (kW)	I (A)	N° de luminarias	Demanda AP (kW)	Demanda total (kW)	Demanda total (kVA)	Potencia del transt. (kVA)
01	C-1	56	1.00	12.20	20.60	0	0.00	12.20	44.15	50
	C-2	38	7.50	15.10	25.49	16	1.31	16.41		
	C-3	49	1.00	10.80	18.23	4	0.33	11.13		
	Sub-total	143	9.50	38.10	64.32	20	1.63	39.73		
02	C-1	23	0.00	4.60	7.77	2	0.16	4.76	31.10	50
	C-2	36	1.00	8.20	13.84	11	0.90	9.10		
	C-3	69	0.00	13.80	23.30	4	0.33	14.13		
	Sub-total	128	1.00	26.60	44.91	17	1.39	27.99		



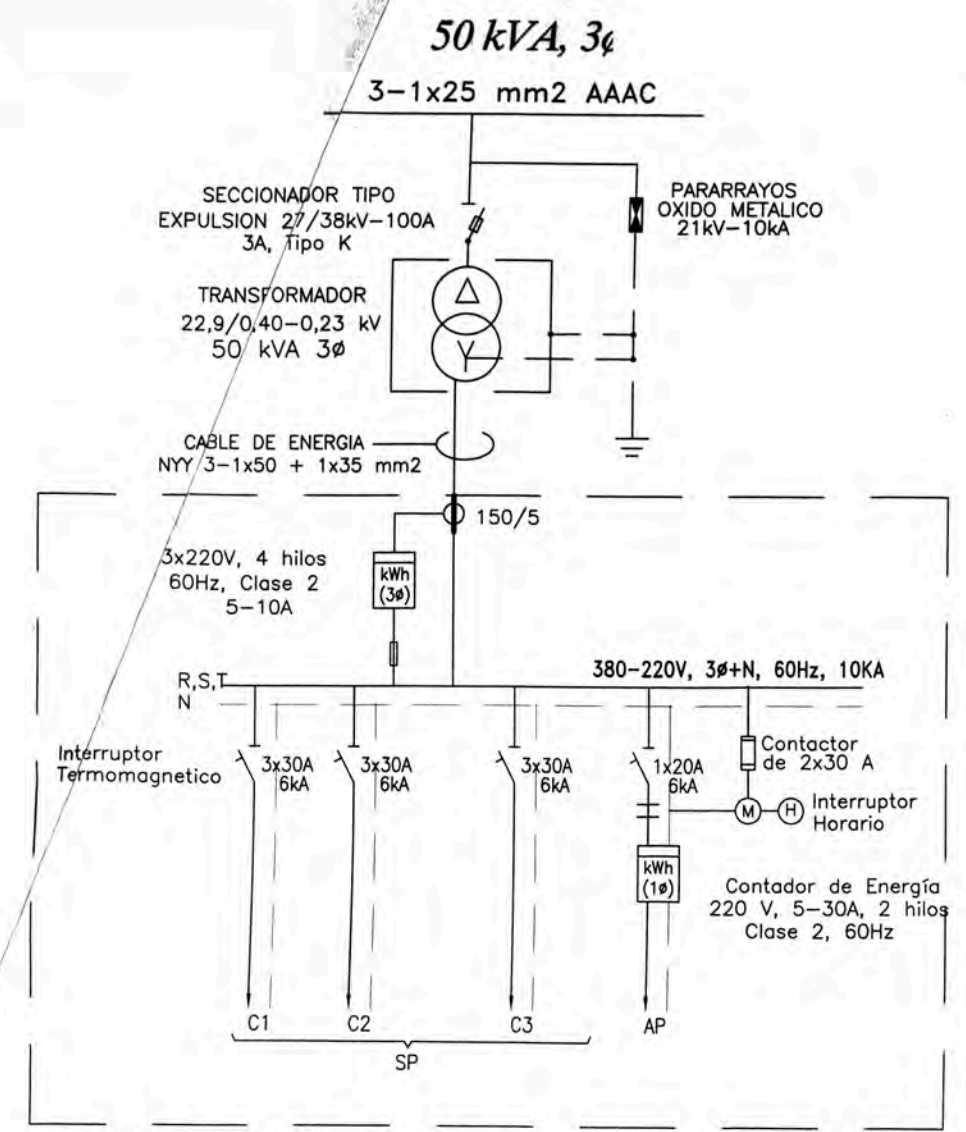
LEYENDA	
Símbolo	Descripción
	Subestación Aerea Biposte (SAB) en poste de concreto de 13m (Proyectada)
	Poste de C.A.C. de 13m (existente)
	Poste de C.A.C. de 13m/200 daN (red primaria proyectada)
	Poste de C.A.C. de 8m (existente)
	Poste de C.A.C. de 8m/200 daN (red secundaria proyectada)
	Retenida inclinada (proyectada)
	Retenida vertical (proyectada)
	Puesta a tierra
	Conductor de red secundaria (Proyectada)
VF	Vano flojo, EDS = 7% tiro rotura
E1	ARMADO DE ALINEAMIENTO INCLUYE CAJA DE DERIVACION
E2	ARMADO DE CAMBIO DE SECCION, INCLUYE CAJA DE DERIVACION
E3	ARMADO DE FIN DE CIRCUITO, INCLUYE CAJA DE DERIVACION
E4	ARMADO DE FIN DE CIRCUITO CON VANO FLOJO, INCLUYE CAJA DE DERIVACION
E5	ARMADO DE ALINEAMIENTO CON DERIVACION, INCLUYE CAJA DE DERIVACION
E1/s	ARMADO DE ALINEAMIENTO SIN CAJA DE DERIVACION
E2/s	ARMADO DE CAMBIO DE SECCION, SIN CAJA DE DERIVACION
E3/s	ARMADO DE FIN DE CIRCUITO, SIN CAJA DE DERIVACION
E4/s	ARMADO DE FIN DE CIRCUITO CON VANO FLOJO, SIN CAJA DE DERIVACION
E5/s	ARMADO DE ALINEAMIENTO CON DERIVACION, SIN CAJA DE DERIVACION
	Lote de vivienda / carga especial

Leyenda de Conductores	
	3x25+1x16/25 mm <sup>2</sup>
	3x16+1x16/25 mm <sup>2</sup>
	3x16/25 mm <sup>2</sup>
	2x16/25 mm <sup>2</sup>
	1x16/25 mm <sup>2</sup>

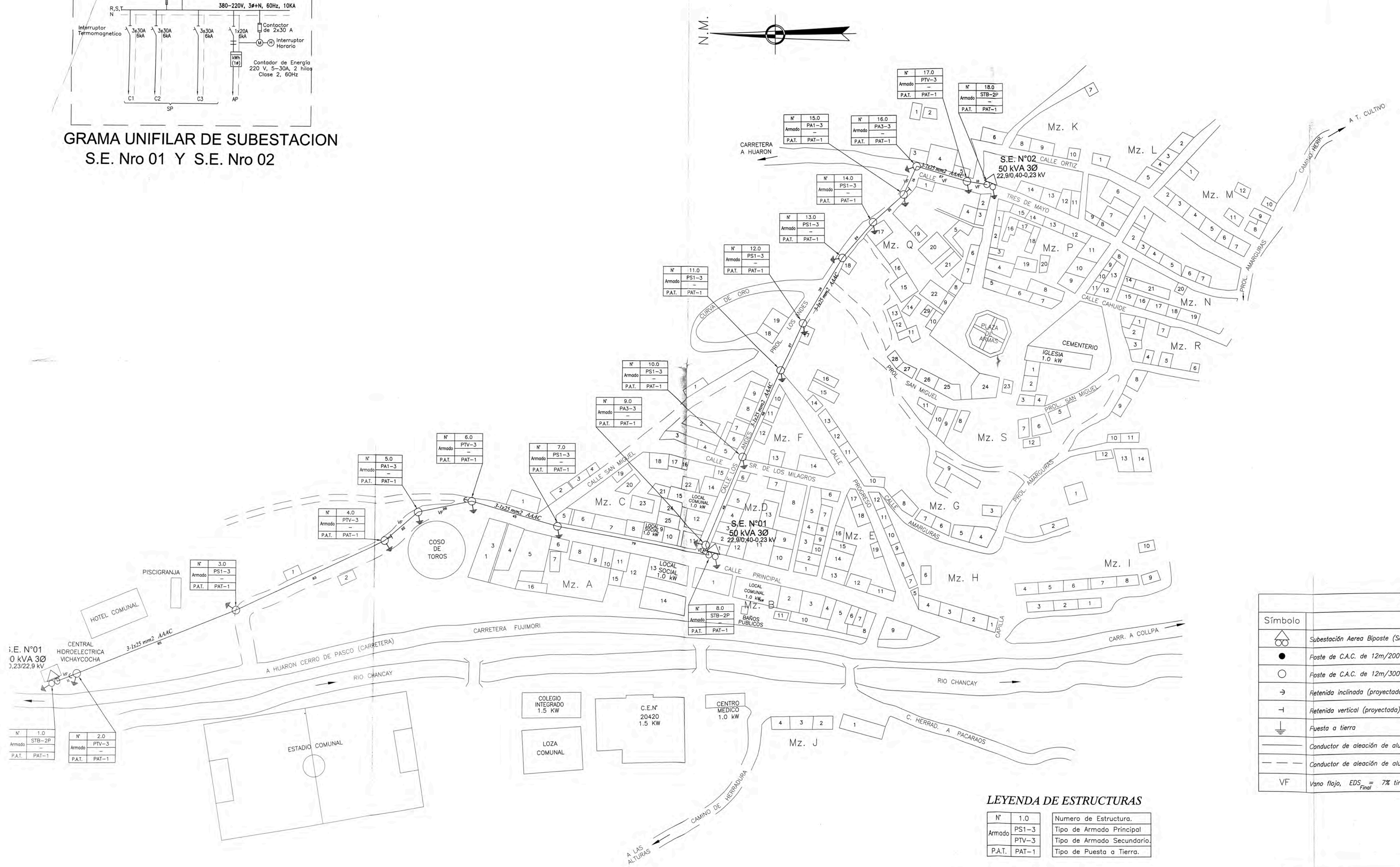


Nota:  
EN EL DISEÑO DE LAS REDES SECUNDARIAS PROYECTADAS SE TOMARÁ EN CUENTA TODOS LOS FACTORES EXISTENTES QUE SE ENCUENTREN EN LAS CONDICIONES (VER LEYENDA)

DIS.	-	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	DIS.	PACARAOS
DIB.	-		PROY.	HUARAL
REV.	-		DPTO.	LIMA
APR.	-		N°	RS-01
FECHA	ACD-2008		ESC.	1:1000 1/1
		RED DE DISTRIBUCION SECUNDARIA 220 V		
		VICHAYCOCHA		



**GRAMA UNIFILAR DE SUBSTACION  
S.E. Nro 01 Y S.E. Nro 02**



LEYENDA	
Símbolo	Descripción
	Substación Aerea Biposte (SAB). En poste de concreto de 13m/300 daN (Proyectada)
	Poste de C.A.C. de 12m/200 daN (existente)
	Poste de C.A.C. de 12m/300 daN (proyectada)
	Retenido inclinado (proyectada)
	Retenido vertical (proyectada)
	Puesta a tierra
	Conductor de aleación de aluminio AAAC, red primaria (Existente)
	Conductor de aleación de aluminio AAAC, red primaria (Proyectada)
VF	Vano flojo, EDS <sub>Final</sub> = 7% tiro rotura

LEYENDA DE ESTRUCTURAS	
N°	Numero de Estructura.
Armado	Tipo de Armado Principal
P.A.T.	Tipo de Armado Secundario
PAT-1	Tipo de Puesta a Tierra.

**NOTAS:**  
 - El EDS<sub>Inicio</sub> es de 18% del tiro de rotura  
 - El EDS<sub>Final</sub> de 16% del tiro de rotura ha sido considerado para la distancia de seguridad.  
 - Para los vanos flojos se considera un EDS de 7% del tiro de rotura.

# **ANEXO F**

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. ALGESA, “Manual de instalación, operación y mantenimiento de alternadores modernos sin escobillas-auto excitados”, Lima 1985.
2. Colmenares Alberto, “Regulación electrónica de carga para micro centrales hidroeléctricas”, expositor en el “Encuentro Técnico de micro centrales hidroeléctricas” ITDG, Lima – Perú 1989.
3. Chapman Stephen J. “Maquinas Electricas”
4. ELECTROPERÚ S.A. “Formulación de estudios de factibilidad ( Metodología AID para pequeñas centrales hidroeléctricas )”, ELECTROPERÚ, Lima, 1989.
5. Guerra Jaime, “Utilización de motores de inducción como generadores de micro centrales hidroeléctricas”, expositor en el “Encuentro Técnico de micro centrales hidroeléctricas”, ITDG, Lima - Perú 1989.
6. Huayllasco Montalva Carlos “Instalaciones Eléctricas II”, Lima 1993.
7. Intermediate Technology Development Group, “Manual de mini y micro centrales hidráulicas”, ITDG-Perú-1995
8. Lansgdorf Alexander, “ Teorias de las Maquinas de Corriente Alterna”, Editorial Mc Graw Hill.
9. Ministerio de Energía y Minas, Código Nacional de Electricidad- Capítulos “Utilización” (2006) y “Suministros” (2001), Lima-Perú 2006.
10. Nozaki Tsuguo, “Guía para la elaboración de proyectos de pequeñas centrales hidroeléctricas destinadas a la electrificación rural del Perú” JICA, Lima 1980.

11. ONERN, “Inventario, evaluación y uso racional de los recursos naturales de la costa: Valle Chancay- Huaral- Ministerio de Agricultura, Lima – Perú 1966.
12. .Ortiz Flores Ramírez, “Pequeñas centrales hidroelectricas”, Editorial Mc Graw Hill
13. Ponce Flores Jorge y Alva Julca Ricardo, “Redes Secundarias”, Lima- Perú.
14. Torres Herrera Francisco, “Obras hidráulicas”, Lima- Perú.
15. Rashid Muhammad H. “Electrónica de Potencia ” Editorial Peerson
16. Viani Velarde Bruno Enrico, Tesis: “Micro central hidroeléctrica para la comunidad de Mayorarca (Ancash )”, Lima – Perú 1991.
17. Yanque Montufar Justo, “Sistemas de Puesta a tierra”, Lima – Perú 1992.