

Universidad Nacional de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



Tesis Para Optar el Título de INGENIERO CIVIL

**“Planteamientos para el Pre - Diseño de Pequeñas Centrales
Hidroeléctricas en el Perú, Aplicación a la Pequeña
Central de Cutervo”**

ANDRES JESUS MELLADO NAVARRO

1 9 8 2

PROLOGO

Presento a continuación un documento pretendiendo sea un manual para el Pre-Diseño de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, y que en un futuro no muy lejano sea una Herramienta de Trabajo para los Ingenieros Hidráulicos dedicados a este tipo de obras, tan importante para el desarrollo social, económico y cultural del País.

Reconociendo que debido a la amplitud del tema, algunos puntos aquí tratados están sujetos a cambios y/o profundización; por lo que agradeceré a los lectores, se sirvan hacer llegar todo tipo de sugerencias que servirán para mejorar este Manual.

En mi centro de trabajo, Instituto de Investigaciones Energéticas y Servicios de Ingeniería Eléctrica (INIE), de la Empresa ELECTROPERU, en donde me desempeño precisamente en el estudio de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, nació la inquietud de este Estudio, y me dió la oportunidad de consultar todo tipo de estudio allí realizado, además de tratar con Ingenieros de bastante experiencia en la materia.

Toda obra que sea motivo de polémica, así como que pudiera ser mejorada y/o ampliada, puede denominarse "Obra Viva"; si esta Tesis cumple lo referido, habré cumplido con el país y con la humanidad.

ANDRES JESUS MELLADO NAVARRO

I N D I C E

- 1.0 INTRODUCCION
 - 1.1 GENERALIDADES
 - 1.2 CONCEPTO DE UN PEQUEÑO SISTEMA ELECTRICO (P.S.E.)
 - 1.3 CONCEPTO DE UNA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELECTRICA (P.C.H.)
 - 1.4 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE UNA P.C.H.
- 2.0 ANTECEDENTES
- 3.0 OBJETIVOS
- 4.0 INFORMACION BASICA
 - 4.1 CARTOGRAFIA
 - 4.2 HIDROLOGIA
 - 4.3 GEOLOGIA
 - 4.4 MERCADO ELECTRICO
 - 4.5 VISITA DE RECONOCIMIENTO DEL P.S.E.
- 5.0 METODOLOGIA
 - 5.1 DETERMINACION DEL MERCADO ELECTRICO
 - 5.1.1. Generalidades
 - 5.1.2. Pronóstico de la Demanda de Energía Eléctrica.
 - 5.1.2.1. Pronóstico de la Población y la Densidad familiar.
 - 5.1.2.2. Pronóstico del Número de Viviendas.
 - 5.1.2.3. Pronóstico del Número de Abonados Domésticos.

- 5.1.2.4. Pronóstico del Número de Abonados Comerciales
 - 5.1.2.5. Pronóstico del Consumo de Energía Eléctrica en los sectores Doméstico y Alumbrado Público.
 - 5.1.2.5.1. Principios.
 - 5.1.2.5.2. Zonificación del Perú - Ecuaciones de las Curvas de Consumo Unitarios para localidades Menores.
 - 5.1.2.6. Categorización de las Localidades Menores
 - 5.1.2.7. Pronóstico del Consumo Comercial.
 - 5.1.2.8. Pronóstico del Consumo Neto Industrial
 - 5.1.2.9. Pronóstico del Consumo de Cargas Especiales.
 - 5.1.2.10. Pronóstico del Consumo Neto Total.
 - 5.1.2.11. Pronóstico del Consumo Bruto Total.
 - 5.1.2.12. Pronóstico de la Máxima Demanda de Potencia.
 - 5.1.2.13. Perfiles de Carga.
- 5.2. EVALUACION DEL RECURSO HIDRICO
- 5.2.1. Determinación del Caudal Aprovechable de Diseño.
 - 5.2.2. Determinación de la Máxima Descarga Instantánea.
- 5.3 CONFORMACION DEL PEQUEÑO SISTEMA ELECTRICO
- 5.3.1. Delimitación Preliminar.
 - 5.3.2. Reconocimiento de Campo.
 - 5.3.3. Replanteo del Pequeño Sistema Eléctrico
- 5.4 ASPECTO TECNICO
- 5.4.1. Formación del Salto - Potencia Neta.
 - 5.4.2. Bocatoma
 - 5.4.2.1. Generalidades
 - 5.4.2.2. Diseño Paramétrico de la Toma
 - 5.4.3. Barraje de Derivación
 - 5.4.3.1. Generalidades

- 5.4.3.2. Parámetros Necesarios para el Diseño del Barraje.
- 5.4.3.3. Diseño del Barraje.
- 5.4.4. Caída Aprovechable.
- 5.4.5. Desarenador
 - 5.4.5.1. Generalidades
 - 5.4.5.2. Ubicación.
 - 5.4.5.3. Parámetros para el Diseño
 - 5.4.5.4. Determinación de las Dimensiones del Desarenador.
 - 5.4.5.5. Diseño Paramétrico.
- 5.4.6. Canales de Aducción.
 - 5.4.6.1 Generalidades
 - 5.4.6.2 Diseño de Canales
 - 5.4.6.3. Diseño Paramétrico de Canales
- 5.4.7. Cámara de Carga
 - 5.4.7.1. Generalidades
 - 5.4.7.2. Partes de la Cámara de Carga
 - 5.4.7.3. Diseño de Cámara de Carga
 - 5.4.7.4. Diseño Paramétrico de Cámara de Carga
- 5.4.8. Tubería de Presión.
 - 5.4.8.1. Generalidades
 - 5.4.8.2. Diseño Paramétrico del Tubo de Presión
- 5.4.9. Selección del Tipo de Turbina.
- 5.4.10. Casa de Máquinas
 - 5.4.10.1 Critarios de Diseño
 - 5.4.10.2 Diseño de la Casa de Máquinas
- 5.4.11. Canal de Descarga
- 5.4.12. Sistema de Transmisión

5.4.12.1. Sub-Estación de salida.

5.4.12.2. Línea de Transmisión

5.4.13. Costos de Obras del Proyecto

5.5. ASPECTO ECONOMICO - RELACION B/C

5.5.1 Justificación Económica de un Proyecto Hidroeléctrico - comparación económica entre una Central Hidráulica y una Central Térmica.

5.5.1.1. Generalidades

5.5.1.2. Hipótesis y premisas para la comparación de alternativas.

5.5.1.3. Procedimiento de comparación de alternativas

5.5.1.4. Costo actualizado de las Centrales Térmicas Diesel.

5.6. ASPECTO SOCIAL

6.0 APLICACION AL PEQUEÑO SISTEMA ELECTRICO CUTERVO, ESTUDIOS DE PRE-FAC
TIBILIDAD

6.1 CARACTERISTICAS FISICAS DEL LUGAR

6.1.1. Ubicación.

6.1.2. Conformación del Pequeño Sistema Eléctrico

6.1.3. Oferta Existente

6.1.4. Accesibilidad

6.1.5. Principales Actividades Económicas.

6.1.6. Reconocimiento de campo.

6.1.7. Geología de la Zona.

6.2. INGENIERIA DEL PROYECTO

6.2.1. Determinación del Mercado Eléctrico

6.2.1.1. Pronóstico de Población.

- 6.2.1.2. Categorización de las localidades
- 6.2.1.3. Pronóstico del Número de Viviendas
- 6.2.1.4. Pronóstico del Número de Abonados Domésticos
- 6.2.1.5. Pronósticos del Consumo de Energía en los Sectores Doméstico y Alumbrado Público.
- 6.2.1.6. Pronóstico del Número de Abonados Comerciales.
- 6.2.1.7. Pronóstico del Consumo de Energía en el Sector Comercial.
- 6.2.1.8. Pronóstico del Consumo de Energía en el Sector Industrial.
- 6.2.1.9. Pronóstico del Consumo de Cargas Especiales.
- 6.2.1.10. Pronóstico del Consumo Neto Total.
- 6.2.1.11. Pronóstico del Consumo Bruto Total
- 6.2.1.12. Pronóstico de la Máxima Demanda de Potencia.
- 6.2.2. Evaluación del Recurso Hídrico.
 - 6.2.2.1. Generalidades
 - 6.2.2.2. Cuenca Representativa
 - 6.2.2.3. Información de la Cuenca Representativa
 - 6.2.2.4. Determinación del Caudal Aprovechable de Diseño.
 - 6.2.2.5. Determinación de la Máxima Descarga Instantánea.
- 6.2.3. Aspecto Técnico del Proyecto.
 - 6.2.3.1. Altura de Caída Aprovechable.
 - 6.2.3.2. Características Principales.
 - 6.2.3.3. Obras de Captación.
 - 6.2.3.4. Canal de Aducción.
 - 6.2.3.5. Desarenador.
 - 6.2.3.6. Cámara de Carga.
 - 6.2.3.7. Tubería forzada.
 - 6.2.3.8. Casa de Máquinas

- 6.2.3.9. Equipo Electromecánico.
- 6.2.3.10. Canal de Descarga
- 6.2.3.11. Líneas de Transmisión
- 6.2.3.12. Sub-Estación de Salida.
- 6.2.4. Costos del Proyecto.
- 6.3. ASPECTO ECONOMICO DEL PROYECTO
 - 6.3.1. Justificación Económica del Proyecto - Relación Benefi -
cio/Costo.
- 6.4. IMPACTOS DE ORDEN SOCIAL POLITICO Y AMBIENTAL
- 6.5 RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES DISPONIBLES
- 7.0 RESULTADOS
- 8.0 CONCLUSIONES
 - 8.1 CONCLUSIONES TECNICAS
 - 8.2 CONCLUSIONES ECONOMICAS
- 9.0 RECOMENDACIONES
- 10.0 BIBLIOGRAFIA
- A.1 ANEXO 1.
 - A.1.1. CALCULO DE LA ESTABILIDAD DE LA ESTRUCTURA DE ANCLAJE DEL TUBO
DE PRESION
 - A.1.1.1. Generalidades.
 - A.1.1.2. Condiciones de Estabilidad del Anclaje.
 - A.1.1.3. Cálculo de las Fuerzas al Anclaje.
 - A.1.1.4. Ejemplo de Cálculo.
 - A.1.2. CALCULO DE ESTABILIDAD DEL APOYO DEL TUBO DE PRESION
 - A.1.2.1. Generalidades
 - A.1.2.2. Condiciones de Estabilidad del Apoyo
 - A.1.2.3. Cálculo de las Fuerzas del Apoyo
 - A.1.2.4. Ejemplo de Cálculo.

- A.2. ANEXO 2
- A.2.1. FORMATOS DE RECONOCIMIENTO
- ANEXO 3
- A.3 PROCEDIMIENTOS, ESTRUCTURAS Y DISPOSITIVOS DE MEDICION DE CAUDALES.
- A.3.1. AFORO POR EL METODO VOLUMETRICO
- A.3.2. AFORO POR EL METODO FLOTADOR
- A.3.3. AFOROS POR EL METODO DEL CALCULO DIRECTO
- A.3.4. AFOROS POR VERTEDERO RECTANGULAR CON CONTRACCION

CAPITULO 1 INTRODUCCION

CAPITULO 2 : ANTECEDENTES

CAPITULO 3 : OBJETIVOS

1.0 INTRODUCCION

1.1 GENERALIDADES

Este estudio consta de tres partes bien definidas y que a continuación los resumo y explico :

La primera parte es una descripción general del estudio y consta de los tres primeros Capítulos; así tenemos que el primer Capítulo es la "Introducción", con algunas definiciones importantes; el segundo y tercer Capítulos, "Antecedentes" y "Objetivos", complementan al primero.

La segunda parte comprende la Metodología a emplearse para el diseño preliminar de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, aplicable en cualquier punto del país; cabe destacar que para la región de la Selva, existen algunos parámetros que deben tomarse con cierta cautela, consultando previamente con personas con experiencias en trabajos similares en dicha región. Esta parte está constituida por los Capítulos Cuatro y Cinco.

La tercera parte comprende de un ejemplo de aplicación de la metodología a un caso concreto, una Pequeña Central Hidroeléctrica en la Provincia de Cutervo en Cajamarca.

1.2 CONCEPTO DE UN PEQUEÑO SISTEMA ELECTRICO (P.S.E) :

Un P.S.E., consiste en la agrupación de un cierto número de localidades dentro de un determinado radio de acción y alrededor de un centro de generación eléctrica (Térmica ó Hidráulica), que necesariamente debe tener la capacidad suficiente para cubrir la demanda de Potencia Eléctrica de dichas localidades integrantes del Sistema.

Las condiciones topográficas del País obligan a una distribución - especial de la población que no coincide con la distribución de los recursos naturales existentes, originando fuertes desequilibrios entre las re-

giones; es por esto que el objetivo principal de los P.S.E. es la electrificación de los pueblos del interior del País mediante la localización de los mismos y la puesta en operación al alcance de la colectividad la Energía Eléctrica, por ser ésta un bien de consumo final y, a la vez un producto básico que participa en casi todas las actividades productivas del País.

También es favorable el P.S.E. porque centraliza la generación eléctrica en un sólo punto, evitando el tener centrales más pequeñas diseminadas en cada localidad, estando próximas unas de otras, elevando el costo de operación.

1.3 CONCEPTO DE UNA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELECTRICA (P.C.H.):

Una P.C.H. es una instalación que utiliza la Energía Hidráulica y la convierte en electricidad por medio de uno o más conjuntos Turbina-Generador, con el objeto de abastecer de Energía Eléctrica a las pequeñas localidades que generalmente tienen poca Demanda.

Debido al rango de Potencia que cubren las P.C.H., dentro de la variabilidad que ofrecen las condiciones naturales, y según la literatura existente en el país, se tiene a las P.C.H. en base a la Potencia generada dentro de la clasificación de centrales dado en el siguiente cuadro.

DENOMINACION	RANGO DE POTENCIAS
MINI CENTRALES HIDR.	HASTA 100 KW.
PEQUEÑAS CENTRALES HIDR.	DE 100 - 1000 KW.
MEDIANAS CENTRALES HIDR.	DE 1000 - 5000 KW.
CENTRALES DE GRAN CAPAC.	MAYORES DE 5000 KW.

1.4 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE UNA P.C.H. :

El procedimiento para el diseño de una P.C.H. aquí expuesto, consistirá en la aplicación de la metodología indicada en los sucesivos Capítu-

los en la forma siguiente :

- 1) Recopilación de la información cartográfica necesaria en las escalas que existan, de hidrología, de censos y visita de reconocimiento, etc., en la forma expuesta en el Capítulo 4.0.
- 2) Conformación del P.S.E. priorizando a las localidades que van a recibir el beneficio de la energía eléctrica, en la forma expuesta en el capítulo 5.3.
- 3) Determinación de la demanda de energía eléctrica del P.S.E., para un período de 20 años, en la forma expuesta en el numeral 5.1.
- 4) Determinación de la oferta de los recursos naturales.
 - a) Se estima el caudal aprovechable para la generación de energía eléctrica por cualquiera de los métodos expuestos en el numeral 5.2.
 - b) Se estima la caída necesaria para obtener la capacidad instalada necesaria señalada en el estudio de demanda, en el numeral 1.4.3., por la forma expuesta en el numeral 5.4.4. y mediante la fórmula :

$$H = \frac{P}{7.5 \times Q}$$

Donde :

H - Caída necesaria (adicionar pérdidas en la tubería)

P - Potencia a cubrir , determinado en 1.4.3.

Q - Caudal aprovechable determinado en 1.4.4.1.

- c) Sucesivamente se busca el sitio en donde se pueda conseguir esta caída y también aquellos donde se ubicarían convenientemente las estructuras del barraje de derivación, bocatoma, desarenador, canales, cámara de carga, tubería de presión, casa de fuerza y canal de fuga.
- d) Como alternativa a 1.4.4.b., teniendo alturas de caída fijas, se obtiene el caudal necesario para el proyecto mediante la fórmula :

$$Q = \frac{P}{7.5 \times H}$$

en donde "H" está considerando pérdidas en la tubería.

5) Conocidas las características de la central, se diseñan las estructuras en la forma expuesta a continuación :

- a) Bocatoma, explicado en el numeral 5.4.2.
- b) Barrajes de derivación, en la forma expuesta en el numeral 5.4.3.
- c) Desarenador, explicado en el numeral 5.4.5.
- d) Canal de aducción, explicado en el numeral 5.4.6.
- e) Cámara de carga, explicado en el numeral 5.4.7.
- f) Tubería de presión, explicado en el numeral. 5.4.8.
- g) Se selecciona el tipo de turbina a emplear, en la forma explicada en el numeral 5.4.9.
- h) Se halla el área de construcción de la casa de máquinas según el numeral 5.4.10.
- i) Se halla el costo total de todas las obras según la estimación del costo explicado en el numeral 5.4.13.
- j) Se realiza la comparación económica entre el costo de la central en estudio con la alternativa térmica equivalente, según el numeral 5.5.

2.0 ANTECEDENTES :

El estudio de las P.C.H. en el Perú se realiza en forma aislada, siendo desarrollado actualmente por las Empresas Mineras, que en forma independiente las construyen sin ningún tipo de estudio justificativo.

También, las construyen las Municipalidades ante los requerimientos de su población pero en forma empírica y sin ninguna planificación.

A nivel nacional están siendo implementadas estos estudios por la Empresa ELECTROPERU, a través del Convenio firmado con el AID, con fecha del 24.11.80, para realizar estudios de este tipo de obras en los Departamentos de Cajamarca, Junín y San Martín.

Para un inmediato futuro, existe bastante interés de varios gobiernos extranjeros de invertir en este campo; contándose entre ellos a los Gobiernos de Japón, Inglaterra, Alemania, etc., que han hecho llegar sus respectivas propuestas al Gobierno Peruano.

Tratándose de literatura en la materia, existe la "Guía para la Elaboración de Proyectos de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas destinadas a la Electrificación Rural del Perú", cuyo Autor es el Ingeniero TSUGUO NOZAKI, Experto enviado por el Gobierno del Japón bajo el Plan de Cooperación Técnica para los Países de Latinoamérica, actualmente Asesor de ELECTROPERU-INIE, estudio que ha servido de guía de esta TESIS.

También en el mes de setiembre de 1980 se realizó un curso "Diseños de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas", cuya realización fué efectuada por la Organización Latinoamericana de Energía, OLADE, cuya metodología empleada, comparada con la presentada en este documento tiene bastante similitud.

3:0 OBJETIVOS :

El presente documento tiene como objetivo primordial la realización de estudios a nivel de pre-factibilidad buscando las posibilidades de implementación de P.C.H. con niveles de Potencia entre 100 y 1000 KW.

Debido al nivel del estudio, y por la rapidez con que debe realizarse para decidir la profundización de su estudio y posterior construcción, esta metodología se basa en diseños paramétricos, es decir en abacos preparados para dimensionamientos estimativos, así como también con abacos de metros unitarios, con el objeto de que el cálculo que realiza el proyectista sea estimativo y en forma rápida.

De esto se desprende que este documento es muy importante para los Proyectistas de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, debido a que les da una visión integral del proyecto, y lo que es tan o más importante aún, una vez actualizado los costos a la fecha en que dicho proyecto se realice, se estima el costo total de la P.C.H. debido a que cuenta con todos los elementos necesarios para tal fin.

CAPITULO 4

INFORMACION BASICA

4.0 INFORMACION BASICA

4.1 CARTOGRAFIA :

4.1.1. GENERALIDADES :

La CARTOGRAFIA es necesaria para el planeamiento del Pequeño Sistema Eléctrico en el cual se decidirá si se ejecutan o no las Obras Civiles de la Central Hidroeléctrica procurando en esta etapa conformar el Pequeño Sistema Eléctrico agrupando localidades cercanas en función de las longitudes máximas de líneas de transmisión recomendadas.

También es necesaria para estimar el comportamiento de la cuenca en estudio para el consiguiente aprovechamiento hidroeléctrico y sus cuencas vecinas, encontrando las posibles "Cuencas Representativas" que servirán para una futura correlación de datos buscando entre las cuencas de similares factores geométricos y altitudes medias semejantes.

Es necesaria también para la fase de los estudios de factibilidad o definitivos.

4.1.2. OBTENCION DE LA CARTOGRAFIA

Esta información se obtiene de las siguientes Entidades en el Perú :

- a) Mapas Físico-Político a escala 1 : 500,000 en el Instituto Geográfico Militar (IGM).
- b) Cartas Nacionales de Restitución Aerofotogramétrica a escala 1 : 100,000 en el Instituto Geográfico Militar (IGM).
- c) Cartas Nacionales de Restitución Aerofotogramétrica a escala 1 : 25,000 en la Oficina General de Catastro Rural del Ministerio de Agricultura.
- d) En zonas donde se carece de toda información Cartográfica, es po

sible conseguir información a través del Servicio Aerofotográfico Nacional (SAN), Institución que tiene Aerofotografías de casi todo el Perú a escala de 1 : 60,000 fáciles de conseguir a solicitud del comprador.

e) Algunos levantamientos topográficos existentes en la zona de estudio serían muy importantes debido al nivel de precisión con que se realizan.

f) Para complementar, en zonas sin recubrimiento Aerofotográfico es necesario realizar el levantamiento topográfico de la zona en estudio que generalmente es para la etapa de estudios definitivos.

4.2 HIDROLOGIA :

4.2.1. GENERALIDADES :

La HIDROLOGIA es necesaria para la evaluación del recurso hídrico en la etapa de planeamiento porque de ello depende directamente el d scarte o no de un determinado proyecto de un Pequeño Sistema Eléctrico, porque una mala estimación del caudal aprovechable para la Central Hidroeléctrica podría descartarla definitivamente al estimar una oferta de Potencia por debajo de la estimación de la Máxima Demanda de Potencia futura o algunas veces de la misma demanda actual.

También es necesaria para estimar la Máxima Avenida para el diseño de las obras de toma de un determinado Proyecto Hidroeléctrico.

4.2.2. FUNDAMENTOS E INFORMACION NECESARIA :

Para estimar el Caudal Aprovechable y la Máxima Avenida de diseño de una determinada cuenca es necesario contar con la siguiente información :

a) Mediciones del caudal a nivel medio diario, que es para el análisis respectivo, tanto de las cuencas vecinas como de la cuenca en estudio. Para cuencas sin esta información se usará el método de "Correlación de Cuencas Representativas", descrita en el numeral 5.2 Estos datos de-

ben ser lo más confiable, abundante y de la mayor cantidad posible de años hidrológicos o años cronológicos como a veces se encuentran.

b) Mediciones del caudal a nivel medio anual, es para cuencas con recursos de aguas subterráneas, ojos de agua o "Puquios" como comúnmente se les denomina a los manantiales y en donde no se puede aplicar la metodología de "Correlación de Cuencas Representativas", debido a que la limitación geográfica de la cuenca, su precipitación media anual y el volumen de agua drenada no guardan una relación estrecha para poder aplicar dicha metodología.

Por citar un ejemplo : en la estación hidrológica "Puente Conchano", en el río Conchano, que drena a la cuenca del río Llaucano en el Departamento de Cajamarca, con sólo un área de cuenca de 44 kilómetros cuadrados tiene un coeficiente de escurrimiento de 1.916 (Evaluado por la Misión Alemana en el Perú en su documento "Evaluación del Potencial Hidroeléctrico Nacional", para el período de registros de 1958-1979), coeficiente tal que indica que la cuenca es bastante permeable y generalmente conformada geológicamente por Calizas.

El Perú, es muy rico en este tipo de recursos y es por esta razón que no es posible la determinación del caudal con una cierta persistencia por la metodología de "Correlación de Cuencas Representativas", en cuencas de estas condiciones.

Como estos flujos no presentan una considerable variación a lo largo del año, se podría considerar como una primera aproximación que los caudales mínimo medio anual son los representativos de los caudales aprovechables de las Centrales Hidroeléctricas por lo que es necesario también contar con estas informaciones del caudal a nivel medio anual.

c) Precipitación Media Anual de todas las estaciones cercanas tanto a la cuenca en estudio como a la representativa, para encontrar la preci-

pitación media multianual de las cuencas en estudio estimando de planos de Isoyetas construídos con esta información.

La precipitación media multianual se toma en consideración para que la estimación del recurso hídrico por el método de "Correlación de Cuencas Representativas", descrito en el numeral 5.2, para cuencas sin información hidrológica, sea más representativa.

4.2.3. OBTENCION DE INFORMACION HIDROLOGICA :

Toda esta información se obtiene de las siguientes Entidades :

- a) Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), que tiene información hidrológica tanto de caudales medio diarios y medio anuales de todas las Estaciones Meteorológicas existentes en el Perú, debido a que controla directamente algunas de estas Estaciones; las restantes, que hayan sido implementadas para proyectos específicos o controladas por otras Entidades tienen un convenio especial, por el cual reportan permanentemente todos sus datos al SENAMHI, Entidad que los evalúa, procesa y archiva codificadamente.
- b) Oficina del Plan MERIS del Ministerio de Agricultura que cuenta con información de caudales medios diarios para cuencas pequeñas con fines de Irrigación. Esta información generalmente es de períodos cortos pero de bastante utilidad.
- c) Misión Alemana de Cooperación Técnica del Ministerio de Energía y Minas ha preparado el estudio "Evaluación del Potencial Hidroeléctrico - Nacional", en donde se encuentra información hidrológica correspondiente a caudales medio mensual y medio anual en forma codificada de todas las Estaciones Meteorológicas de interés para los proyectos hidroeléctricos del Perú.
- d) Oficina Nacional de Evaluación de los Recursos Naturales (ONERN), que cuenta con informaciones hidrológicas y meteorológicas correspondientes a caudales medios diarios, medio mensual y de precipitaciones medio

mensual y medio anual de todas las estaciones existentes en el Perú, las cuales han sido recopiladas, analizadas, evaluadas y archivadas codificadamente.

e) Instituto Nacional de Investigaciones Energéticas y Servicios de Ingeniería Eléctrica (INIE), que cuenta con información hidrológica y meteorológica correspondiente a caudales medio diario y medio mensual y de precipitaciones a nivel medio mensual y medio anual en las estaciones de las cuencas de los ríos Santa, Mantaro, Marañón, Huallaga y el Ucayali que están bajo su control, para su posterior empleo en Proyectos Hidroeléctricos.

4.3 GEOLOGIA :

4.3.1. GENERALIDADES :

Para la fase del planeamiento de los Pequeños Sistemas Eléctricos no es tan importante un estudio profundo de la geología de la posible zona de construcción de las obras civiles, para cada una de las alternativas que se propone para el aprovechamiento del recurso hídrico, pero en cambio sí es necesario una apreciación real en forma global y sustentada del aspecto geológico en esta fase del estudio.

4.3.2. FUNDAMENTOS E INFORMACION NECESARIA :

Para cumplir lo expuesto líneas arriba, se usan documentos geológicos que para diversos fines existen de todo el Perú, dando una idea de la condición del lugar de los proyectos y que en una posterior visita de reconocimiento a la zona del proyecto será verificado realmente.

El conocimiento de una geología superficial en la forma expuesta se fundamenta en que si una zona de captación de las aguas de una cuenca de un determinado proyecto hidroeléctrico en estudio no mostrara las condiciones necesarias para una cimentación o para un pequeño almacenamiento de agua llamado pondaje al ser un terreno muy permeable, conformado de calizas por ejemplo, ó porque la zona del posible trazo del canal de conducción.

es muy inestable, o el lugar mismo de cimentación de la casa de máquinas no presenta condiciones estructurales mínimas necesarias, terrenos pantanosos por ejemplo, deshechan esta posible alternativa por más que las condiciones hidrológicas muestren una cuenca con muy buena oferta.

4.3.3. OBTENCION DE LA GEOLOGIA REGIONAL :

Estos documentos son las CARTAS NACIONALES DE GEOLOGIA REGIONAL, que a escala de 1 : 200,000 se encuentran en la Oficina Nacional de Recursos Naturales (ONERN), que para su elaboración utilizó cartas nacionales aerofotogramétricas a escalas 1 : 100,000 y 1 : 200,000 del IGM y de la Oficina General de Catastro Rural (OGGR), del Ministerio de Agricultura.

4.4 MERCADO ELECTRICO :

4.4.1. GENERALIDADES :

La evaluación del mercado eléctrico para el planeamiento de los Pequeños Sistemas Eléctricos es muy importante porque indica cuál es la Demanda de Potencia Eléctrica que tendrán las diversas localidades conformantes del Pequeño Sistema Eléctrico en estudio, tanto en la fecha de inicio de éstos como para la vida futura del proyecto, para lo cual se consideran factores históricos particulares para cada localidad así como factores comunes en general para todo el Pequeño Sistema Eléctrico.

4.4.2 FACTORES A CONSIDERARSE EN LA PROYECCION DE DEMANDA ELECTRICA :

- Uno de los factores particulares y quizá más común a considerar es la tasa de crecimiento poblacional de la localidad en estudio, así, en nuestra serranía ocurre que en muchos casos es negativa, lo que no ocurre con poblados costeros; lo que pasa es que existe la migración generalmente hacia las grandes ciudades y a las zonas costeras buscando mejores niveles de vida.

Si se proyectara la población al futuro para estas localidades -

con su tasa de crecimiento poblacional negativo, llegaría un momento que desaparece, lo que no ocurriría con la construcción de una Pequeña Central Hidroeléctrica al crearse perspectivas de desarrollo, por lo que en la metodología de demanda de potencia expuesto en el numeral 5.1., con otros criterios expuestos se altera esta tasa.

En la zona de la selva se aprecia algo que llama la atención, pues existen localidades sin mucho movimiento económico como gran cantidad de pueblos sin electrificación existentes en esta región, que si analizando - su población y su tasa de crecimiento poblacional se proyectara al futuro se estimaría una determinada demanda de potencia, pero, cuando se construye una Central Eléctrica, en menos de 1 ó 2 años, el consumo eléctrico supera a la demanda proyectada quizá con una estimación de 10 ó 15 años y, muchas veces, a toda la demanda ofertada.

Este fenómeno se explica porque el construir una Central Eléctrica, en esta región carente de energía, genera un polo de desarrollo, agrupándose en torno a ella industrias pesadas como aserraderos u otro tipo de comercio ávidos de energía eléctrica, por los ingentes recursos económicos naturales no explotados existentes en dicha región, ocurriendo el fenómeno señalado.

- Otro factor a considerarse es la tasa de crecimiento habitacional que sirve para proyectar al futuro el número de viviendas con energía eléctrica, para cada año de vida de la Central Eléctrica.

- También son factores a considerarse, las costumbres del pueblo y las actividades económicas a las que se dedican, así por ejemplo, si una población está ubicada cerca a una mina y todos los pobladores trabajan en ella, el pueblo será un desierto de Lunes a Viernes habiendo vida sólo los Sábados y Domingos, días en que retornan a sus hogares.

Lógicamente los factores a considerarse para proyectar al futuro

la demanda de potencia para una localidad como la descrita anteriormente serán muy distintos al de un poblado netamente agrícola, que generalmente usa el servicio eléctrico en las noches, y ambos, muy distintos a un poblado netamente pequeño industrial que sí necesitaría energía eléctrica en gran parte del día.

Para una primera estimación pueden usarse solamente las tasas de crecimiento poblacional y habitacional por falta de datos, pero también es importante el conocimiento de los demás factores antes citados que tienen que ser recogidos y evaluados en la visita de reconocimiento a la zona en estudio, empleando formatos especialmente elaborados para tal fin y que se detallan en el Anexo N° 2, recomendándose su uso completo porque todos los datos que allí se piden son muy necesarios para ser procesados posteriormente.

4.4.3. OBTENCION DE INFORMACIONES DE DEMANDA :

Las informaciones necesarias y las entidades donde se encuentran son las siguientes :

- a) Censos poblacionales y habitacionales más recientes existentes para las localidades en estudio tomados de los censos nacionales, publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).
- b) Tasas de crecimiento demográfico para las localidades en estudio proporcionados por el Departamento de Demografía del INEC.

4.5 VISITA DE RECONOCIMIENTO DEL PEQUEÑO SISTEMA ELECTRICO :

4.5.1. GENERALIDADES :

Una vez planteado el Pequeño Sistema Eléctrico en el papel y teniendo todas las informaciones necesarias descritas en párrafos anteriores, se puede empezar a procesarlas, pero existe el inconveniente de que se estaría trabajando sólo por referencias por lo que se hace imprescindible el contacto del equipo a cargo del estudio con todas las localida -

des del futuro Pequeño Sistema Eléctrico para estudiar en el mismo terreno y a escala natural las diferentes alternativas del aprovechamiento y obtener el conocimiento de la realidad Socio-Económico de las localidades.

4.5.2. ALCANCES :

Para esta labor se programa recorridos y visitas de las localidades conformantes del Pequeño Sistema Eléctrico, teniendo como base las conclusiones y recomendaciones de la "Delimitación Preliminar".

Los estudios comprenden principalmente :

- Verificación indirecta de la población de cada localidad, bien por información de las autoridades locales, por cantidad y base de la población escolar, por número de casas habitadas, etc.;

- Recopilación de datos en cuanto a las actividades económicas - de la población;

- Examen de la situación de sus servicios eléctricos, tipos de consumo y horas de uso;

- Recorrido y toma de cotas (con altímetro) de las topografías - más interesantes para el desarrollo de caídas hidroeléctricas.

- Aforos en los ríos aledaños y compulsa con manifestaciones verbales de pobladores, sobre todo dedicados a la agricultura.

- Examen geológico de superficie de las zonas planteadas para la ubicación de bocatomas, canales de aducción, conductos forzados y casa de fuerza.

- Levantamientos de secciones transversales típicas en la zona de posible ubicación de las obras.

- Recorrido y situación de carreteras y trochas.

- Recorrido de valles y toma de datos, en cuanto a posibilidad de irrigación y facilidades de acceso para el tendido de líneas de transmisión.

Toda esta información puede ser recogida utilizando los "Formatos de Reconocimiento", explicados en el Anexo N° 2.

CAPITULO 5

METODOLOGIA

5.0 METODOLOGIA

5.1 METODOLOGIA DE LA PROYECCION DEL MERCADO ELECTRICO.

5.1.1. GENERALIDADES :

En el análisis y previsión de la Demanda de Energía Eléctrica, no se trata de evaluar en forma exacta y definitiva lo que acontecerá en el futuro, sino más bien de formular hipótesis de trabajo razonables con el propósito de calcular los valores que probablemente adoptará cada una de las variables implicadas.

Teniendo en cuenta que, si el cálculo se basa en criterios lógicos y claramente establecidos, siempre será factible proceder a una revisión periódica de los resultados obtenidos, a fin de introducir en ellos las correcciones necesarias en razón a variaciones posteriores no previsibles.

Para estimar la Demanda de la Energía y la Potencia en las localidades denominadas "Centros Aislados", se hace uso de la metodología expuesta en este Capítulo, basada en datos históricos; por lo que es necesario recopilar la información básica para proceder a su análisis, y luego seleccionar los reportes de mayor confiabilidad que serán utilizados en la elaboración de las curvas que determinan el comportamiento de la variación a seguir en el futuro de ciertas variables y parámetros, tales como el consumo unitario de Energía Doméstica o Residencial, la variación del coeficiente eléctrico, la Tasa de Crecimiento de Población, etc.

Esta metodología, expuesta en el presente Capítulo y desarrollada en los siguientes numerales en forma secuencial, permite su aplicación en localidades con deficiente servicio eléctrico y en localidades que aún no tienen experiencia en el uso de Energía Eléctrica, debido a que éstas

pueden ser agrupadas conjuntamente con localidades que tienen experiencia en consumo de energía eléctrica, en forma regular, asumiéndoles las variables y parámetros calculados para localidades con este tipo de experiencias.

Esta agrupación se hace en función de las características y comportamientos similares de los pueblos, tales como : Ubicación Geográfica, Rango de Población, Actividad Económica del Pueblo, Grado de Desarrollo alcanzado dentro de una misma zona, etc.

En principio se definen dos grandes grupos de localidades :

A) LOCALIDADES MAYORES :

Se designan así a las capitales de departamentos o ciudades que son considerados como Polos de desarrollo, o aquellas que no teniendo una de las determinaciones anteriores tienen características similares a éstas, vale decir, que tienen un desarrollo acelerado respecto a la mayoría de las otras localidades.

B) LOCALIDADES MENORES :

Son aquellas que tienen un grado de desarrollo menos acelerado - que las localidades denominadas "Mayores", y , generalmente, con deficiente servicio eléctrico o sin él.

Teniendo en cuenta estas premisas, se ha zonificado al Perú en 7 zonas, mostradas en la Lámina 5.1 y tratada en el numeral 5.1.2.5.3., correspondientes a las localidades menores, en concordancia con la realidad geográfica y con la finalidad de agrupar localidades con experiencia en el consumo de Energía Eléctrica y determinar las variables y parámetros que regirán el comportamiento de localidades menores de la respectiva zona.

En 5 zonas se han obtenido dos curvas en cada una, correspondiendo la curva alta a los que tienen mejores ingresos económicos y una mayor aptitud para el uso de Energía Eléctrica, la curva baja corresponde

a las poblaciones de menor ingreso económico en la respectiva zona.

En las otras dos zonas hay una sola curva para cada una de ellas.

La relación de las ecuaciones de estas curvas se muestran en el numeral 5.1.2.5.3.

Esta metodología es solo para localidades menores, de allí que no se va a tratar más de las localidades mayores, cuyo estudio se realiza en forma similar al aquí propuesto pero con parámetros propios de cada localidad.

Queda a consideración que el análisis de demanda de un determinado estudio se realice para una vida útil del proyecto de 20 años de vida, a partir de la puesta en marcha del servicio.

5.1.2. PRONOSTICO DE LA DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA :

A continuación se explica, en forma secuencial, los criterios adoptados en el desarrollo del estudio del mercado eléctrico que son aplicables a cada localidad, en forma independiente.

Esta metodología es la utilizada por la Empresa ELECTROPERU para la determinación del mercado eléctrico a nivel nacional.

5.1.2.1. PRONOSTICO DE LA POBLACION Y LA DENSIDAD FAMILIAR :

- Tomando como base la información poblacional que proporcione el último Censo existente de la zona y utilizando las tasas de crecimiento demográfico que proporciona el Departamento de Demografía del Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC, con la consideración de las variaciones coyunturales y estructurales de la población, el pronóstico de la población para la vida futura del proyecto se realiza de la siguiente manera : Se asume tasas de crecimiento demográfico del uno por ciento (1%) para aquellas localidades que al curso del año del último Censo en referencia registraron tasas negativas o menores de dicho valor, la tasa de crecimiento real para aquellas tasas de crecimiento comprendidas entre

el uno y el tres por ciento (1% y 3%), y se considera el tres por ciento (3%), para aquellas localidades que superan este límite.

- LA DENSIDAD FAMILIAR se toma el que aparece en los últimos Censos Nacionales y se considera que su valor permanece inalterable durante todo el período de análisis.

5.1.2.2. PRONOSTICO DEL NUMERO DE VIVIENDAS :

El número de viviendas existentes año por año viene dado por la relación :

$$\text{Número de viviendas} = \frac{\text{Número de Habitantes}}{\text{Habitantes por vivienda}}$$

En donde el denominador es la densidad familiar y es constante durante todo el período de análisis.

5.1.2.3. PRONOSTICO DEL NUMERO DE ABONADOS DOMESTICOS :

Para determinar el número de abonados usuarios del servicio doméstico se hace uso de un parámetro denominado "Coeficiente de Electrificación" (c.e.), que relaciona el número de abonados o usuarios del servicio doméstico con el número de familias o número de viviendas.

El número de abonados usuarios del servicio doméstico es igual al número de viviendas anteriormente calculadas multiplicadas por el coeficiente de electrificación.

El valor de este parámetro se estima de las curvas que aparecen en la Lámina N° 5.2. La selección de cualquiera de estas curvas se realizará teniendo en cuenta la información obtenida de los registros estadísticos y/o apreciaciones personales obtenidas durante la visita realizada por el equipo de trabajo a cada una de las localidades en estudio.

Las curvas graficadas indican lo siguiente :

C₂ : Representa el comportamiento que tendrá el coeficiente de electrificación en una localidad que a la fecha no

cuenta con servicio eléctrico, siendo el año 4, el año de puesta en funcionamiento de la Central Eléctrica.

C_1 : Se diferencia del caso anterior en que para el período señalado, el crecimiento del coeficiente eléctrico es más acelerado debido a que estas localidades poblacionalmente corresponden a una del tipo B (según el numeral 5.1.2.6.).

B_2 : Representa el comportamiento que tendría el coeficiente de electrificación en una localidad que actualmente cuenta con servicio eléctrico restringido y con una oferta igual o menor a la demanda existente, lo cual no permite la incorporación de nuevos abonados.

B_1 : Se diferencia del caso anterior, en que para el período señalado, es posible incorporar nuevos abonados aunque en forma limitada.

A : Representa el comportamiento que tendría el coeficiente de electrificación en una localidad que actualmente cuenta con servicio eléctrico y cuyo coeficiente de electrificación actual es igual o mayor a 0.5

Los bajos coeficientes de electrificación ocurren generalmente en localidades pequeñas, o localidades grandes con un mal servicio, mientras los más altos coeficientes eléctricos corresponden a localidades de mayor población, o con un servicio continuo y eficiente. Se asume también que la electrificación de las localidades mal servidas y localidades pequeñas será integral, es decir que se renovarán las redes y la generación será suficiente y ampliada según las necesidades.

Con estas hipótesis así planteadas, se proyecta el incremento del número de abonados domésticos año a año para cada localidad integran-

te del Pequeño Sistema Eléctrico.

5.1.2.4. PRONOSTICO DEL NUMERO DE ABONADOS COMERCIALES :

Para determinar el número de abonados usuarios en el sector Comercial, se utiliza la relación entre el número de abonados domésticos y el número de abonados comerciales, existente en el inicio del estudio y que se considera constante a lo largo de la vida del proyecto (20 años).

La Lámina N° 5.3 elaborada a partir de información histórica - disponible respecto al suministro de electricidad a localidades que registran consumo de tipo comercial, muestra la relación existente entre el número de abonados domésticos y el número de abonados comerciales en el Perú.

Al igual que en el caso anterior, los valores a adoptarse dependerán de la información estadística obtenida, y/o apreciaciones objetivas hechas durante el trabajo de campo.

Las curvas de la Lámina N° 5.3 permiten apreciar, que la relación mencionada se encuentra más comúnmente entre 4 y 7, valores considerados como límites normales dentro de los cuales esta relación se mantiene constante durante el período de análisis debido a que se supone que la estructura comercial de las poblaciones es definitiva y que su crecimiento es proporcional a la incorporación de nuevos abonados del servicio doméstico.

De encontrarse que la relación mencionada entre el número de abonados domésticos y el número de abonados comerciales esté fuera del intervalo señalado como el más común (4 y 7), se proyecta la población comercial para la vida futura del proyecto, iniciándolo con esta primera relación, pero con tendencia a tomar los valores normales en la forma mostrada en la Lámina N° 5.3 , (obsérvese cómo las líneas que están fuera de

la región achurada se acercan a ésta y en 5 años del período de estudios alcanzan los valores normales 4 ó 7, proyectándose en forma constante para los restantes años de estudio).

5.1.2.5. PRONOSTICO DEL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN LOS SECTORES DOMESTICO Y ALUMBRADO PUBLICO:

5.1.2.5.1. Principios :

El consumo de energía eléctrica para cada año de vida útil - del proyecto por parte de los sectores doméstico y alumbrado público para localidades con características como las indicadas en este Capítulo, se calcula en forma conjunta, dado que en la mayoría de ellas una fracción importante del consumo neto total está constituido por ambos tipos de consumo.

El consumo neto de energía en los sectores doméstico y alumbrado público , para cada año de vida útil del proyecto, resulta de multiplicar el consumo unitario de Energía Doméstica y Alumbrado Público por el número de abonados o usuarios del servicio doméstico, en cada año.

5.1.2.5.2. Ajuste de una Curva de Consumo Unitario por el Método de los "MINIMOS CUADRADOS" :

Con el propósito de establecer la tendencia histórica del consumo de Energía del Sector Doméstico y Alumbrado Público y establecer los lineamientos para la proyección, lo cual implica :

a) Hacer un análisis cuidadoso de los registros obtenidos, a fin de seleccionar los datos a ser procesados para elaborar las curvas.

b) En esta metodología se emplea la siguiente curva de tipo exponencial

$$y = ax^b$$

Donde : Y - Consumo unitario de energía doméstica y alumbrado público (en kWh/abo).

X = Número de abonados o usuarios del servicio doméstico.

a, b = Constantes.

Existen, para la proyección del Mercado Eléctrico, otros tipos de ajuste de curvas tan importantes como la aquí mostrada, y que son de la forma : $Y = ab^X$, $Y = X^b$; pero históricamente para el Perú, con esta ecuación, propuesta por la Montreal Engineering (Overseas) Limited-MONENCO, Empresa ésta que ha elaborado estudios del Mercado Eléctrico en el Perú, se obtiene un mejor ajuste.

c) Cálculo de los parámetros que intervienen en la ecuación de la curva elegida :

Estos parámetros se determinan empleando el método de los mínimos cuadrados a serie de valores (X, Y) seleccionados luego de analizar y depurar la información disponible sobre el consumo de Energía Eléctrica - en cada una de las zonas clasificadas.

Con fines de ilustración, a continuación se determinan los parámetros de la curva correspondiente a una zona con cuatro localidades representativas y con un comportamiento similar.

En el cuadro que se muestra a continuación, en las dos primeras columnas están los datos más representativos del consumo unitario y número de abonados; en las 4 columnas siguientes se muestran las operaciones efectuadas con estos valores y así determinar los parámetros a y b .

Localidad	Y	X	$Y_o = \lg Y$	$X_o = \lg X$	X_o^2	$X_o Y_o$
1	315	246	2.4983	2.3909	5.7165	5.9732
	400	296	2.6020	2.4712	6.1072	6.4304
2	439	1785	2.6424	3.2516	10.5731	8.5923
	457	1550	2.6599	3.1903	10.1782	8.4860
	521	1559	2.7168	3.1928	10.1942	8.6744
	580	1560	2.7634	3.1931	10.1960	8.8239
3	567	1152	2.7535	3.0614	9.3724	8.4299
	586	1129	2.7678	3.0526	9.3189	8.4495
	537	1205	2.7299	3.0809	9.4924	8.4110
	513	1255	2.7101	3.0986	9.6015	8.3976
4	515	1105	2.7118	3.0433	9.2620	8.2530
	603	1083	2.7803	3.0346	9.2089	8.4372
	418	1148	2.6211	3.0599	9.3632	8.0206
	331	1200	2.5198	3.0791	9.4813	7.7590

$$\sum Y_o = 38.8249$$

$$\sum X_o = 43.9867$$

$$\sum X_o^2 = 138.2783$$

$$\sum X_o Y_o = 122.0046$$

$$(\sum X_o)^2 = 1934.8323$$

Los valores de a y b se calculan mediante las siguientes expresio

nes :

$$a_o = \frac{(\sum X_o) \cdot (\sum X_o^2) - (\sum X_o)^2 \cdot (\sum X_o Y_o)}{N \cdot (\sum X_o^2) - (\sum X_o)^2}$$

$$b = \frac{N \cdot (\sum X_o Y_o) - (\sum X_o) \cdot (\sum Y_o)}{N \cdot (\sum X_o^2) - (\sum X_o)^2}$$

Donde : N = 14 = N° de datos

a = Antilog(a_o)

Luego : Reemplazando valores tenemos :

a = 87.796

b = 0.2641

La ecuación es entonces : $Y = 87.796 X^{0.2641}$

Naturalmente que el consumo unitario no puede crecer indefinidamente en función del número de abonados, por el contrario, es de esperar que este valor con el tiempo tienda a un límite de saturación cuando el consumo promedio por usuario alcance un valor que satisfaga las necesidades.

Por esta razón, mantener invariable los parámetros a y b durante períodos muy largos puede conducir a resultados poco concordantes con la realidad, por tal motivo, es necesario actualizar en forma periódica el cálculo de estos parámetros.

5.1.2.5.3. Zonificación del Perú - Ecuaciones de las Curvas de Consumo unitarios para localidades menores :

Un buen porcentaje de los datos históricos recopilados no cuentan con adecuados instrumentos de medición ni personal de operación calificado para registrar correctamente los datos, además, el mantenimiento de las instalaciones es irregular y deficiente, dándose el caso frecuente de interrupciones totales en el suministro de energía, durante meses.

Es evidente que estos hechos hacen que los datos históricos obtenidos no sean confiables en su totalidad, más aún si se tiene presente que existe un número apreciable de abonados a pensión fija, a quienes no se les registra el consumo real de energía, motivo por el cual para las ecuaciones aquí propuestas se han seleccionado los datos históricos más coherentes con la realidad.

Estas ecuaciones propuestas por la división de Desarrollo de la Gerencia de Distribución y Comercialización de ELECTROPERU, en su documento "DIAGNOSTICO DE GENERACION Y DISTRIBUCION A NIVEL NACIONAL" - Anexo Volumen III, se dan a continuación :

Zona 1 :

Departamentos : - Tumbes
- Piura
- Lambayeque
- La Libertad.

Curva Alta : $Y = 269.8454 X^{0.1376}$

Curva Baja : $Y = 173.5977 X^{0.1416}$

Zona 2 .

Departamento : - Ancash.

Unica curva : $Y = 178.2543 X^{0.1807}$

Zona 3 .

Departamentos : - Cajamarca
- Amazonas.

Unica curva : $Y = 62.9779 X^{0.2894}$

Zona 4 :

Departamentos : - Loreto
- San Martín
- Madre de Dios.
- Huánuco (Selva).

Curva Alta : $Y = 120.2824 X^{0.2563}$

Curva Baja : $Y = 62.3309 X^{0.2849}$

Zona 5 :

Departamentos : - Lima
- Ica
- Arequipa

Curva Alta : $Y = 213.1039 X^{0.1799}$

Curva Baja : $Y = 67.1098 X^{0.3203}$

Zona 6 :

Departamentos : - Huánuco
- Pasco.
- Junín
- Huancavelica.
- Ayacucho.

Curva Alta : $Y = 216.2896 X^{0.1522}$

Curva Baja : $Y = 102.0946 X^{0.2116}$

Zona 7 :

Departamentos : - Apurímac.
- Puno.
- Cuzco.
- Moquegua
- Tacna

Curva Alta : $Y = 279.5545 X^{0.09178}$

Curva Baja : $Y = 184.1373 X^{0.1139}$

La aplicación de la Curva Alta o la Curva Baja a determinada localidad, queda a criterio del equipo de estudios.

Esta zonificación se muestra en la Lámina N° 5.1.

5.1.2.6. CATEGORIZACION DE LAS LOCALIDADES MENORES :

Debido a la gran variabilidad en cantidad de población en las localidades consideradas como menores y para efectos del uso de parámetros fijos, en la mayoría de los casos se hace una clasificación de localidades en tres tipos : A, B y C, en función primordialmente a la cantidad de habitantes que tendrán en el año número 20, último año del período de análisis (A partir de la puesta en funcionamiento de la Central Hidroeléctrica); y a consideraciones de tipo económico, peculiar de cada

localidad en estudio, obteniéndose lo que a continuación se muestra :

<u>Localidades</u>	<u>Número de Habit. (año 20)</u>
A	Más de 3000
B	de 1000 a 3000
C	menos de 1000

5.1.2.7. PRONOSTICO DEL CONSUMO COMERCIAL :

El consumo neto de energía eléctrica del sector comercial en cada localidad resulta de multiplicar el consumo unitario comercial por el número de abonados comerciales.

El consumo unitario comercial está definido como la relación de la energía comercial consumida anualmente entre el número de abonados comerciales promedio en el año.

El número de abonados comerciales se obtiene según se explica en el numeral 5.1.2.4.

La Lámina N° 5.4 permite estimar el valor unitario del consumo comercial.

Siguiendo el criterio indicado en el numeral 5.1.2.6., los valores considerados a continuación serán los más representativos para cada tipo de localidad; de las Láminas Nos. 5.3. y 5.4.

<u>Tipo de Localidad</u>	N° de Habit. Domést. N° de Habit. Comerc.	Consumo Unit. Comerc. Cons.Unit. Dom. y A.P.
A	5	1.25
B ₁	6	1.10
B ₂	6	1.05
C ₁	7	1.05
C ₂	7	1.00

5.1.2.8. PRONOSTICO DEL CONSUMO NETO INDUSTRIAL :

El consumo de energía industrial en un gran porcentaje de localidades es utilizada en las pequeñas industrias, cuya producción es destinada a abastecer las necesidades de las propias poblaciones; en muy pocos casos el excedente de su producción es enviada hacia otros mercados.

El análisis histórico de los datos estadísticos del consumo de esta Energía a través de los años, en cada una de las localidades, nos induce a asumir que en el futuro el consumo de Energía Industrial será un porcentaje de la Energía Doméstica y Alumbrado Público; este porcentaje será constante dentro del período de estudio.

Se condiciona la Energía Industrial a la doméstica en un cierto porcentaje de ésta, toda vez que a un cierto incremento de consumo de Energía Doméstica registrada, indica una mejor utilidad de la Energía y un avance en el desarrollo del pueblo, lo cual se refleja en las pequeñas industrias abastecedoras de productos al mercado local.

Debido al tamaño de la población, así como a las características socio-económicas en las localidades, se asumen los siguientes valores :

<u>Tipo Localid.</u>	<u>% (Consumo Domést. y A.P. + Cons.Comerc.)</u>
A	5%
B	
C	

Es necesario hacer notar que esta proyección no toma en cuenta las posibilidades de grandes o medianas industrias que se puedan instalar en el futuro, posibilidad que se tomará en cuenta en la visita de reconocimiento del equipo de estudios a la localidad, y su análisis se realiza en forma independiente.

5.1.2.9. PRONOSTICO DEL CONSUMO DE CARGAS ESPECIALES :

En localidades donde se haya podido identificar con cierto grado de certeza la implementación de Proyectos concerniente a colegios, comisarías, cuarteles, hospitales, cinemas, campos deportivos, estaciones de radio y/o televisión (retransmisoras); etc. Las Demandas a ser consideradas,

si no son parte de la información obtenida por el equipo de trabajo en el viaje de reconocimiento a la localidad, se estima por similitud con instalaciones de características similares.

De no ser este el caso, esta Demanda se estima con el 3% de la suma de las Demandas del Consumo Doméstico y Alumbrado Público con el del Consumo Comercial.

5.1.2.10.PRONOSTICO DEL CONSUMO NETO TOTAL :

La energía neta de consumo o energía facturada, dado que los datos con los que se han determinado todos estos valores son a partir de los datos de facturación, se determina sumando las energías totales correspondientes a los sectores doméstico y alumbrado público, comercial, industrial y de cargas especiales.

5.1.2.11.PRONOSTICO DEL CONSUMO BRUTO TOTAL :

Resulta de adicionar al consumo neto total las correspondientes pérdidas de Energía. Estas pérdidas a nivel de distribución se estima como un porcentaje del consumo neto total, considerándose los siguientes valores :

<u>Tipo de Localid.</u>	<u>% de pérdidas de Energía</u>
A	15%
B	12%
C	10%

En todos los casos se estima que el factor de pérdidas es constante durante todo el período de análisis.

5.1.2.12.PRONOSTICO DE LA MAXIMA DEMANDA DE POTENCIA :

La máxima demanda de potencia de cada localidad conformante del Pequeño Sistema Eléctrico nos indica la necesidad de potencia en cada año proyectado y se determina dividiendo la Energía proyectada año a año, entre las horas de utilización para cada año.

La máxima demanda del Pequeño Sistema Eléctrico se determina su-
mando en forma aritmética la Máxima Demanda de Potencia de cada una de -
las localidades conformantes.

Horas de Utilización : Se define así al número de horas al -
año que trabajaría la central con una Potencia igual a la Máxima Demanda.

Los valores a usarse son :

<u>Tipo Localidad</u>	Horas de Utiliz.	Increment.de horas al año
A	de 2740 a 3500	40 horas/año
B	de 2430 a 3000	30 "
C	de 2125 a 2600	25 "

Estos valores son crecientes linealmente durante el período de
análisis.

5.1.2.13. PERFILES DE CARGA :

Los Perfiles de Carga son diagramas que indican la historia del
uso de Energía Eléctrica, durante las 24 horas del día de una determinada
localidad.

De la historia del uso de Energía Eléctrica en localidades típi-
cas A, B y C, se deducen sus respectivos Diagramas de Cargas, mostrados
en las Láminas 5.5, 5.6 y 5.7, respectivamente, indicando claramente las
costumbres de vida de estos pueblos, con un uso de Energía de pocas ho-
ras al día, generalmente en horas de la noche. Esto implica bajos facto-
res de carga y un alto costo de KW instalado, debido a que la mayor parte
del día, estas instalaciones con un alto costo de inversión inicial, no
son utilizadas.

Es lógico que al conformar a las localidades del tipo en estudio
en un determinado Pequeño Sistema Eléctrico, las costumbres de vida de es-
tas localidades variarán considerablemente, incrementándose cada vez el
uso de la Energía Eléctrica; también la construcción de la Central Eléc -

trica debe ser acompañada de una política de motivación e incentivos hacia el consumo de este producto por parte de la población. De todo esto se concluye que la proyección de Demanda de Energía Eléctrica debe hacerse - con factores de carga más altos que los históricos, considerando que así sería el funcionamiento de la localidad en el futuro.

(Por motivos de metodología de proyección de Demanda Eléctrica)

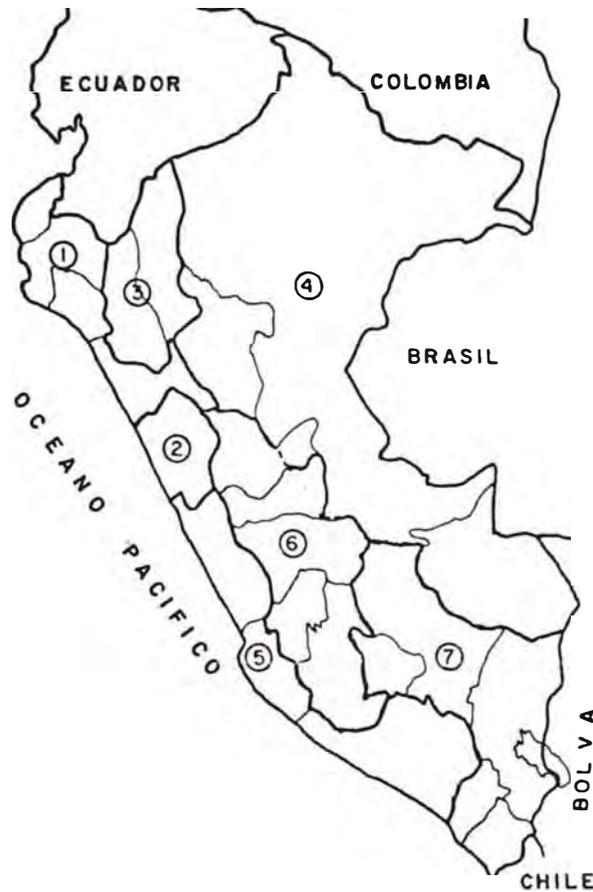
Por lo expuesto, se plantea que los perfiles de cargas típicos para localidades "A", "B" y "C", en el futuro, serán los mostrados en las Láminas Nos. 5.8, 5.9 y 5.10, respectivamente.

Por motivos de metodología de proyección paramétrica de la Demanda de Energía Eléctrica, se considera al perfil de carga de una localidad tipo "A", mostrada en la Lámina N° 5.8, como la característica de un Pequeño Sistema Eléctrico que cuente entre las localidades que la conforman a una de tipo "A", por lo menos.

Si la localidad de mayor rango entre las localidades conformantes de un Pequeño Sistema Eléctrico fuera una de tipo "B", el perfil de carga del Sistema a usar será la del tipo "B", mostrada en la Lámina N° 5.9.

De la misma manera, si todas las localidades fueran del tipo "C" el perfil de carga del Pequeño Sistema Eléctrico a usar, será la correspondiente al de una localidad tipo "C", mostrada en la Lámina N° 5.10.

LAMINA 5.1

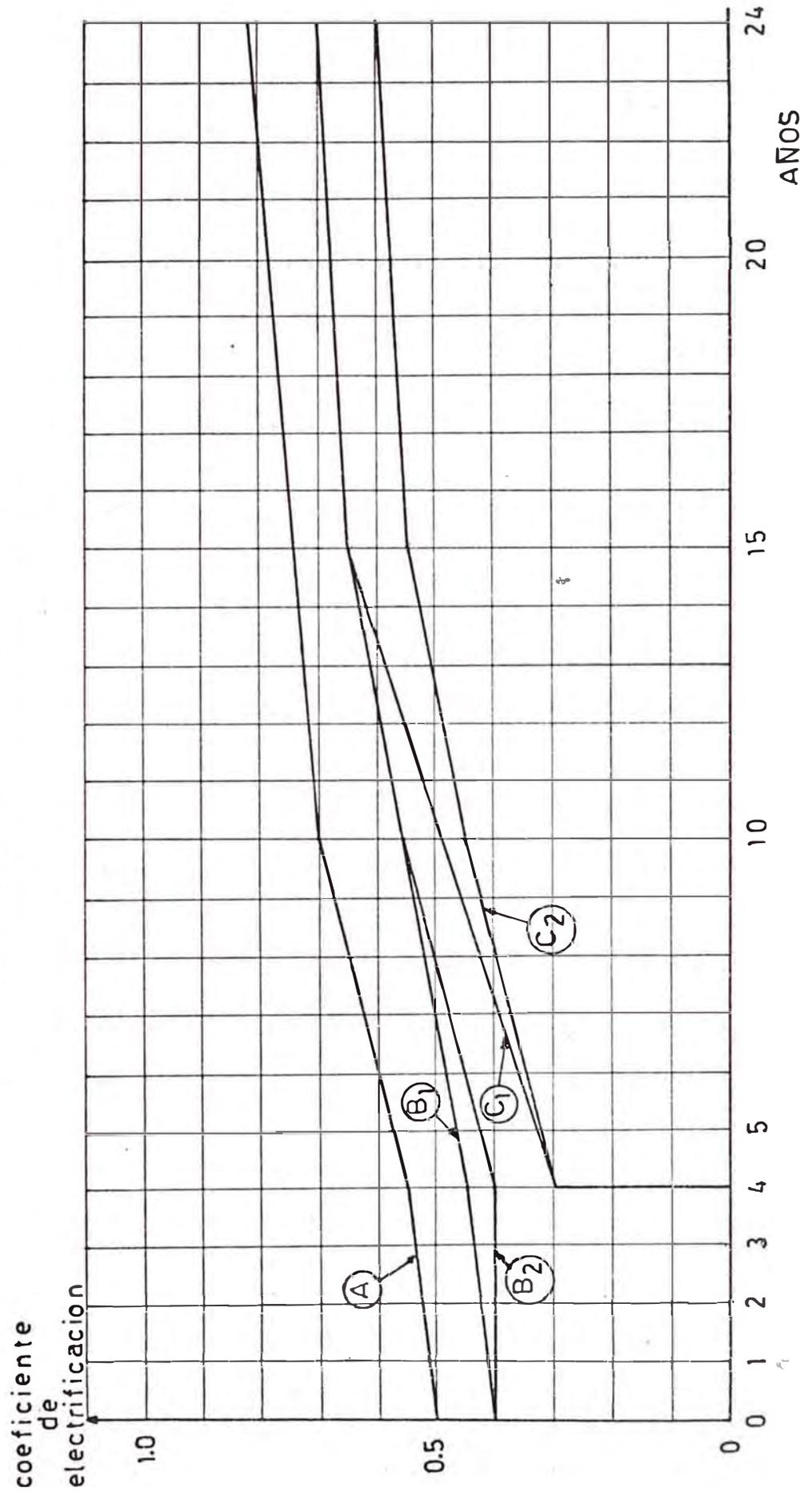


ZONIFICACION DEL PERU

Zona	Departamentos	Tipo	Curva
①	Tumbes Piura	Alta	$Y = 269.8454 X^{0.1376}$
	Lambayeque La Libertad	Baja	$Y = 173.5979 X^{0.1416}$
②	Ancash	Unica	$Y = 178.2543 X^{0.1807}$
③	Cajamarca Amazonas	Unica	$Y = 62.9779 X^{0.2894}$
④	Loreto	Alta	$Y = 120.2824 X^{0.2563}$
	San Martin Madre de Dios Huanuco(Selva)	Baja	$Y = 62.3309 X^{0.2849}$

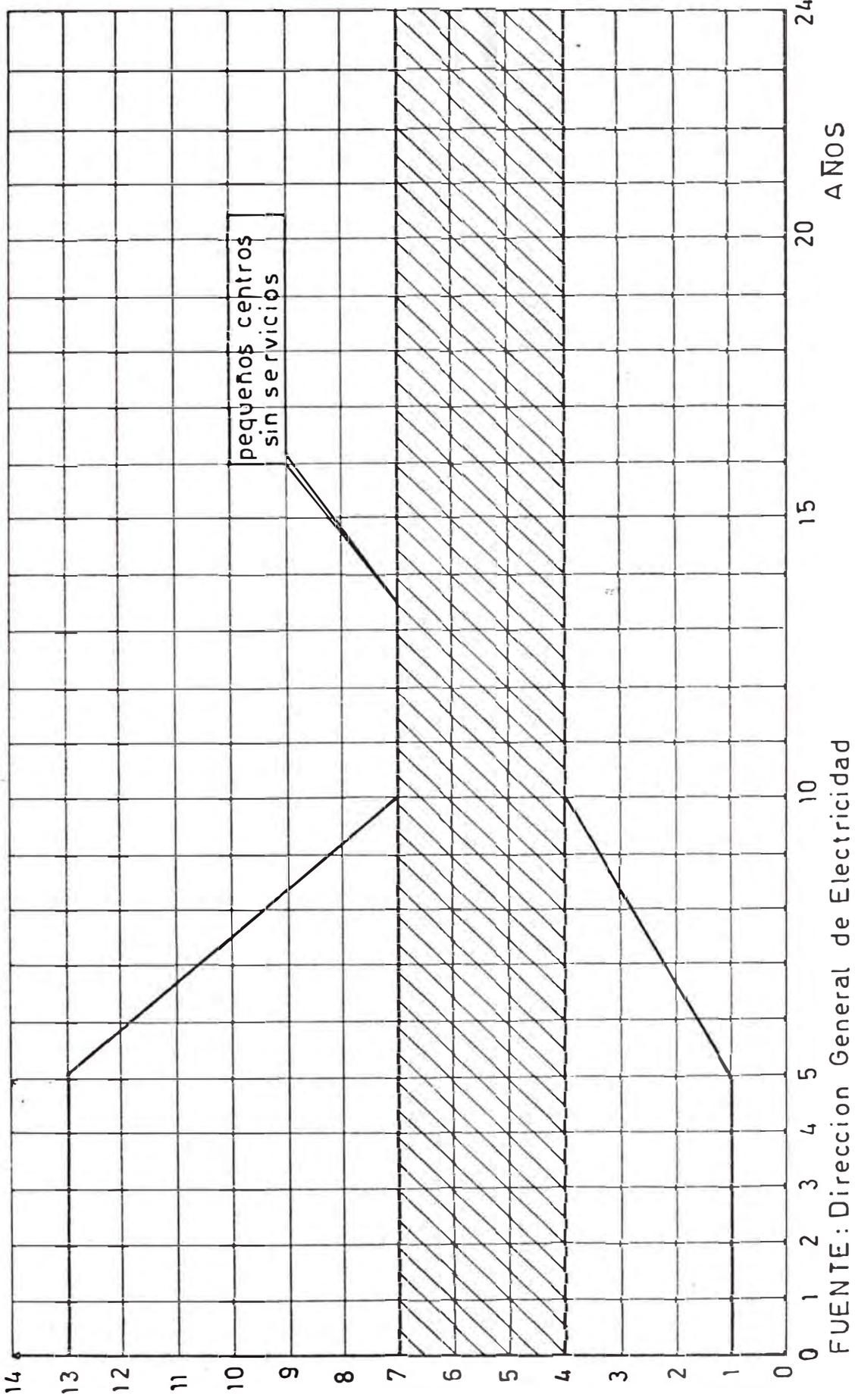
Zona	Departamentos	Tipo	Curva
⑤	Lima	Alta	$Y = 213.1039 X^{0.1799}$
	Ica Arequipa	Baja	$Y = 67.1098 X^{0.3203}$
⑥	Huanuco Pasco	Alta	$Y = 216.2896 X^{0.1522}$
	Junin Huancavelica Ayacucho	Baja	$Y = 102.0946 X^{0.2116}$
⑦	Apurimoc Puno	Alta	$Y = 279.5545 X^{0.09178}$
	Cuzco Moquegua Tacna	Baja	$Y = 184.1373 X^{0.1139}$

PRONOSTICO DEL COEFICIENTE DE ELECTRIFICACION



PRONOSTICO DE LA RELACION ENTRE EL NUMERO DE ABONADOS DOMESTICOS Y EL NUMERO DE ABONADOS COMERCIALES

nº de abonados domesticos
nº de abonados comerciales

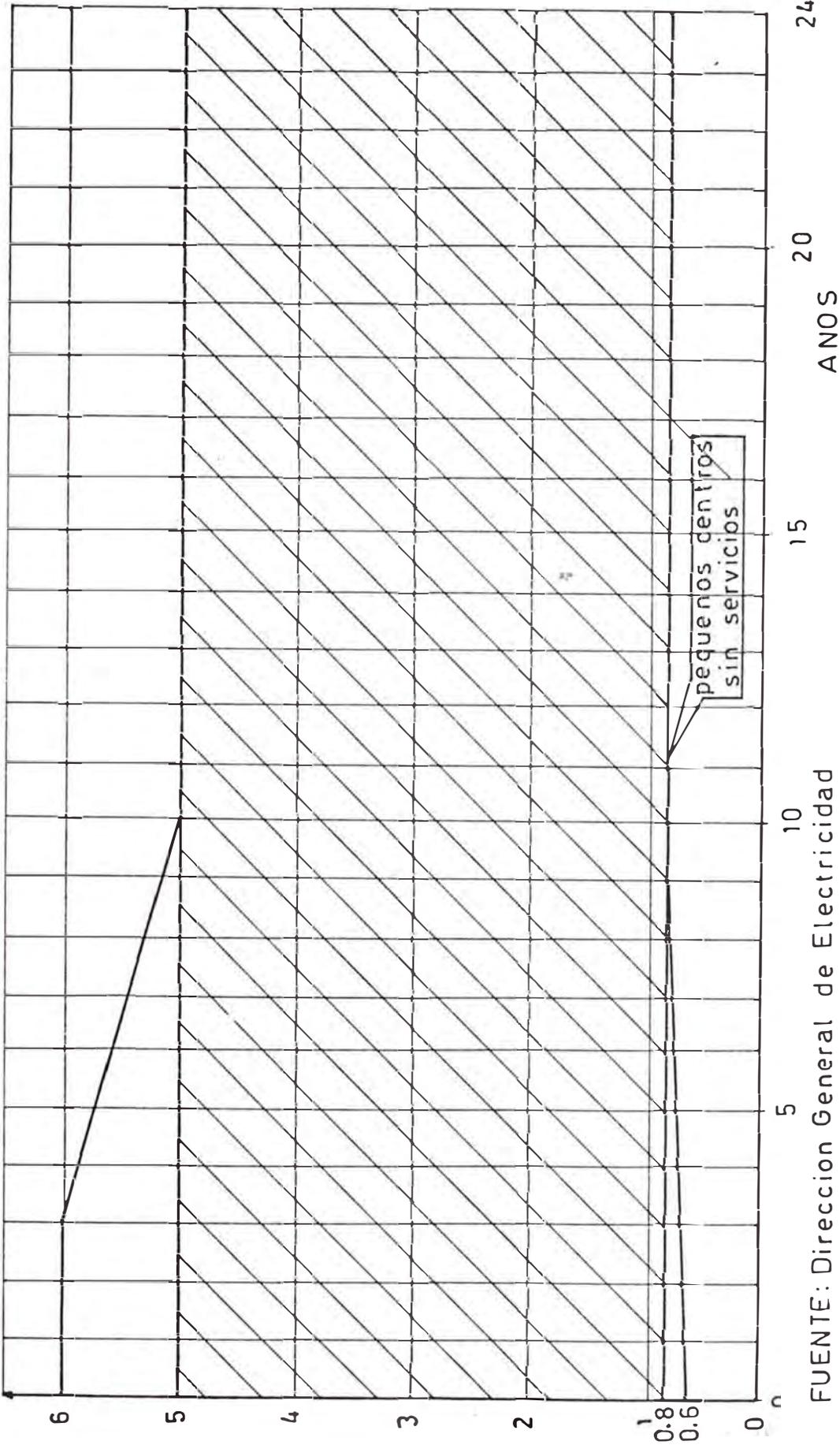


pequeños centros
sin servicios

FUENTE: Direccion General de Electricidad

PRONOSTICO DE LAS RELACIONES ENTRE LA VENTA MEDIA POR ABONADO COMERCIAL Y LA VENTA MEDIA POR ABONADOS DOMESTICOS Y DE ALUMBRADO PUBLICO

consumo unitario comercial
cons. unit. domestico y a. publico



FUENTE: Direccion General de Electricidad

DIAGRAMA DE CARGA LOCALIDAD TIPO "A"

$f_c = 0.30$

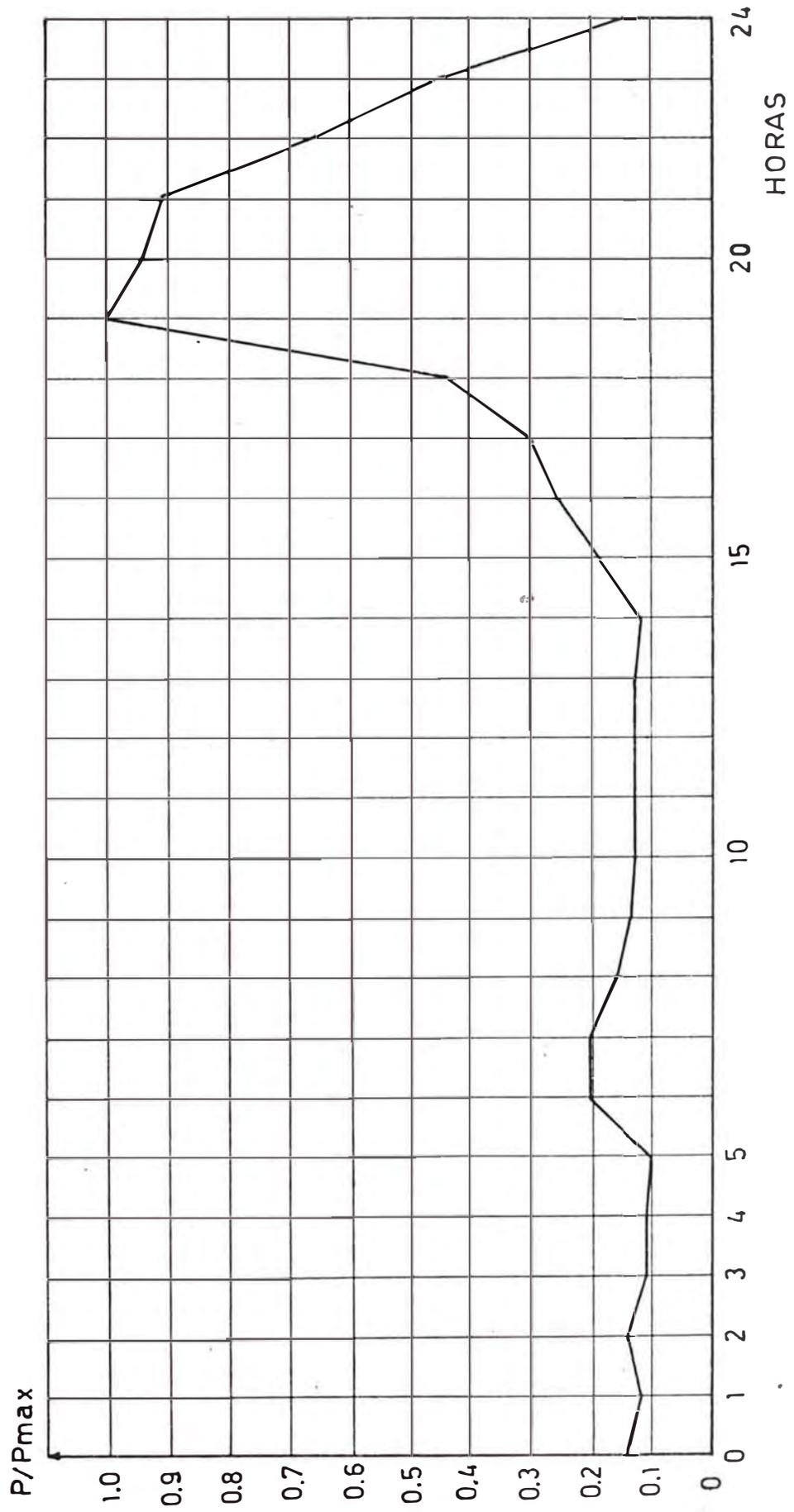


DIAGRAMA DE CARGA LOCALIDAD TIPO "B"
 $f_c = 0.25$

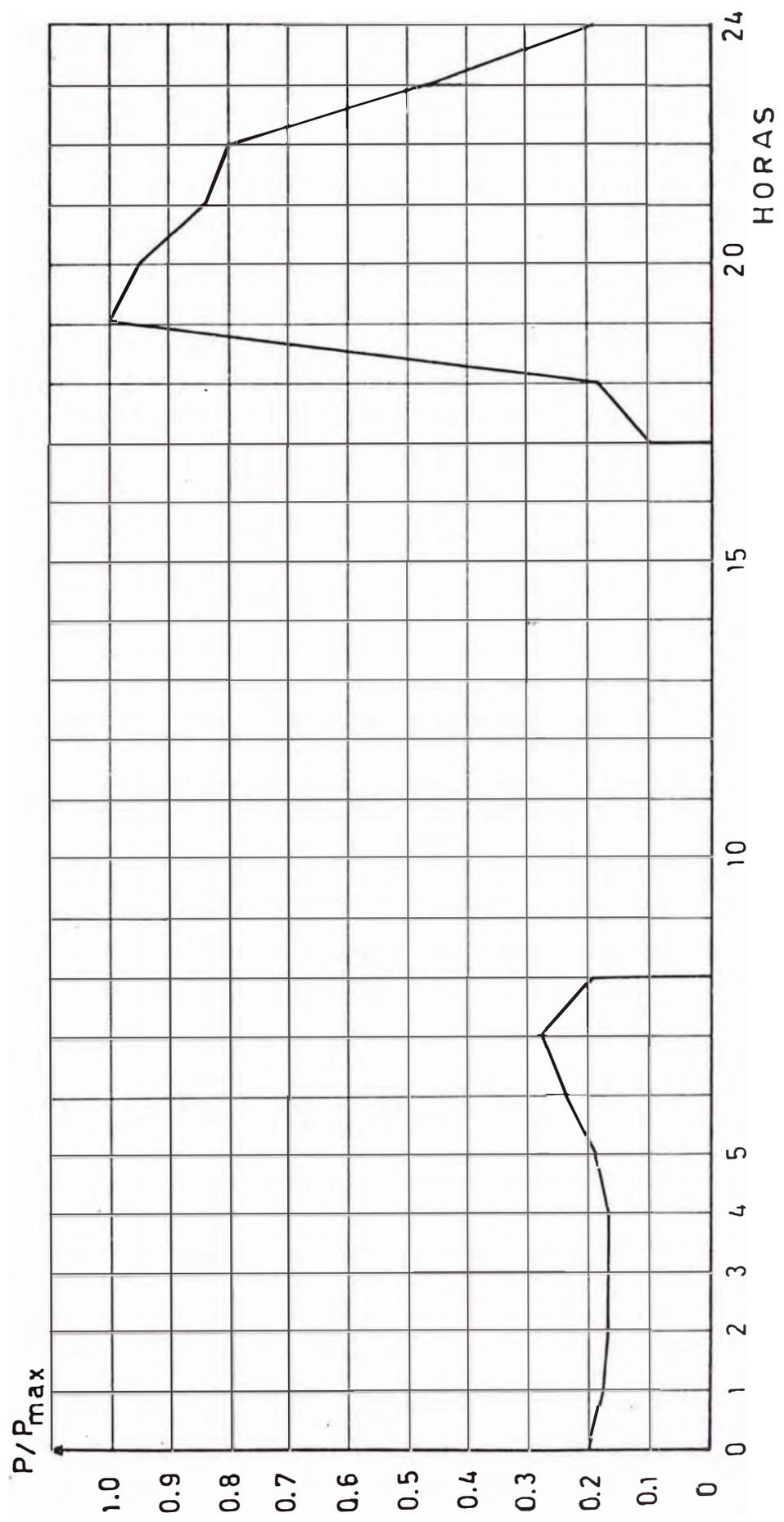


DIAGRAMA DE CARGA LOCALIDAD TIPO "C"

$f_c = 0.22$

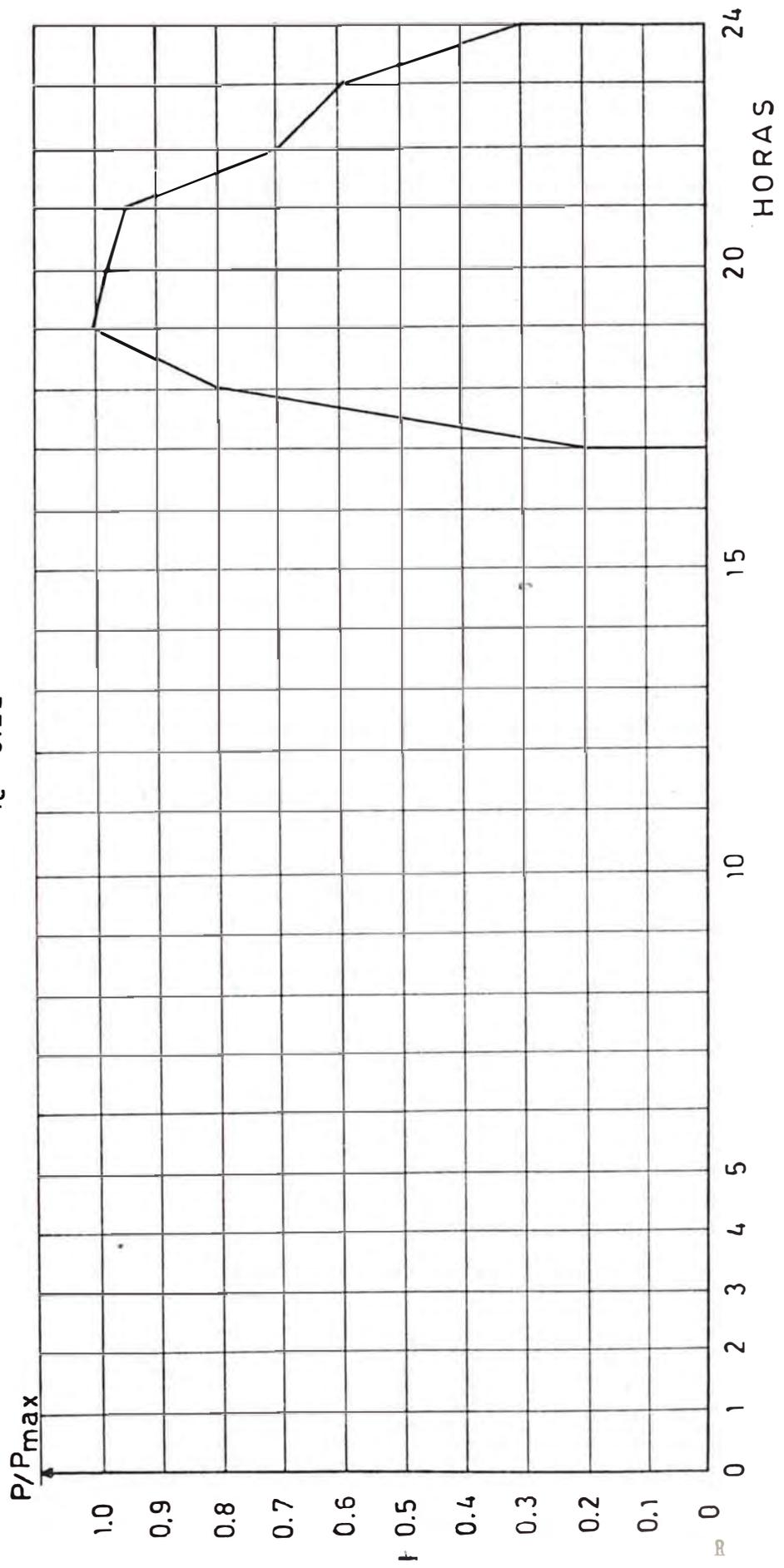


DIAGRAMA DE CARGA UNITARIO
LOCALIDAD TIPO "A"
 $f_c = 0.40$

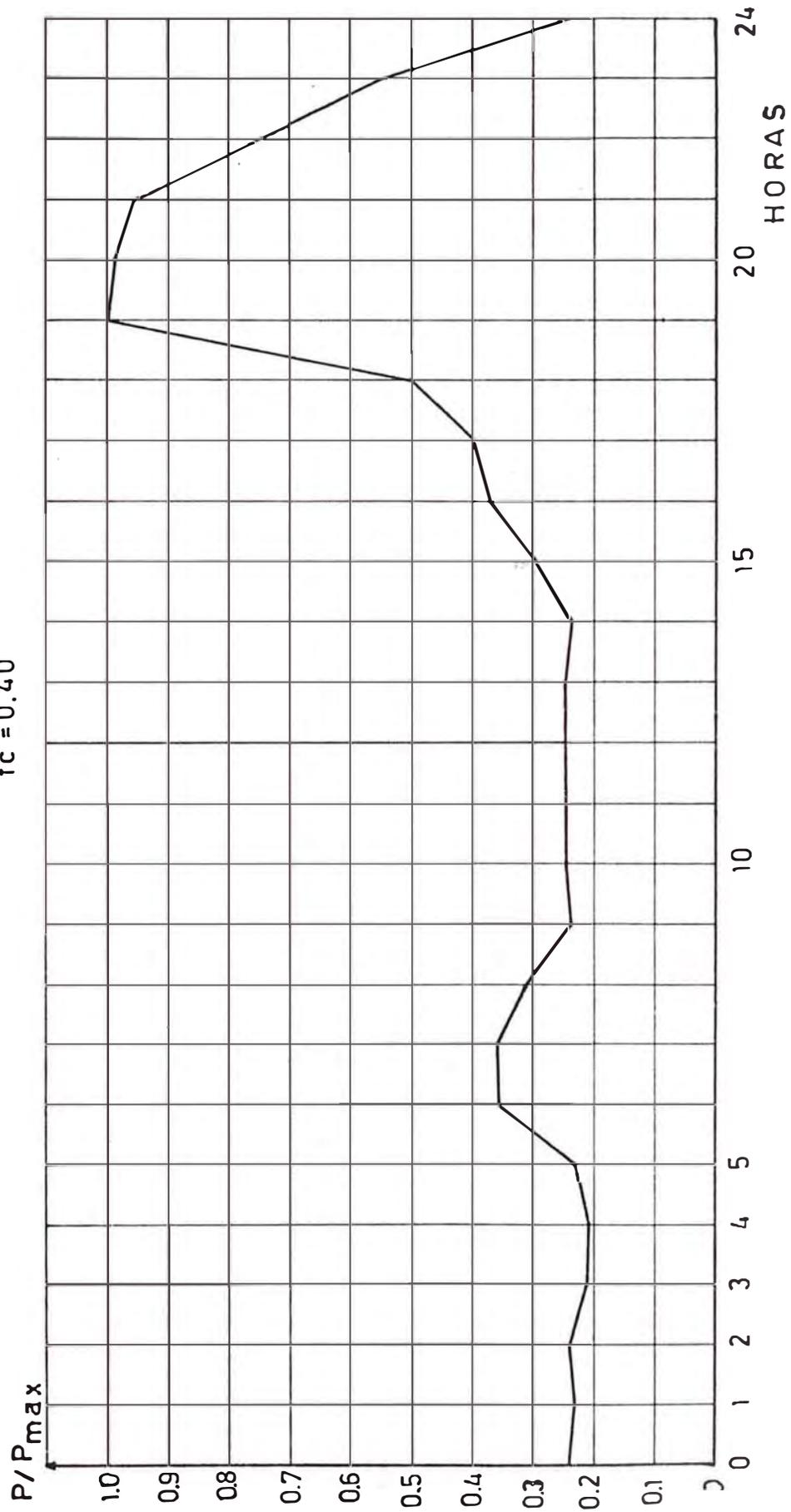


DIAGRAMA DE CARGA UNITARIO
LOCALIDAD TIPO "B"
 $f_c = 0.342$

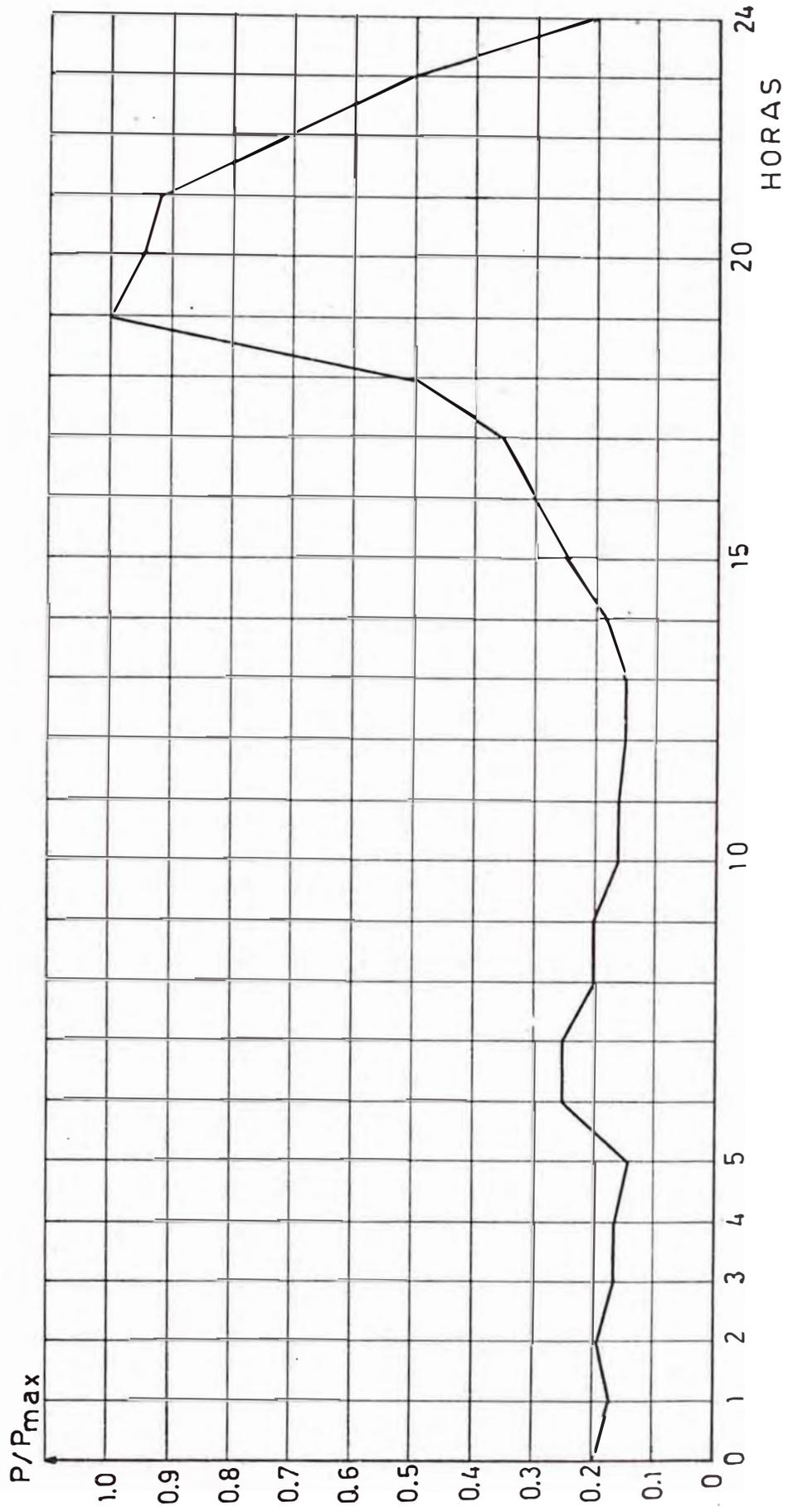
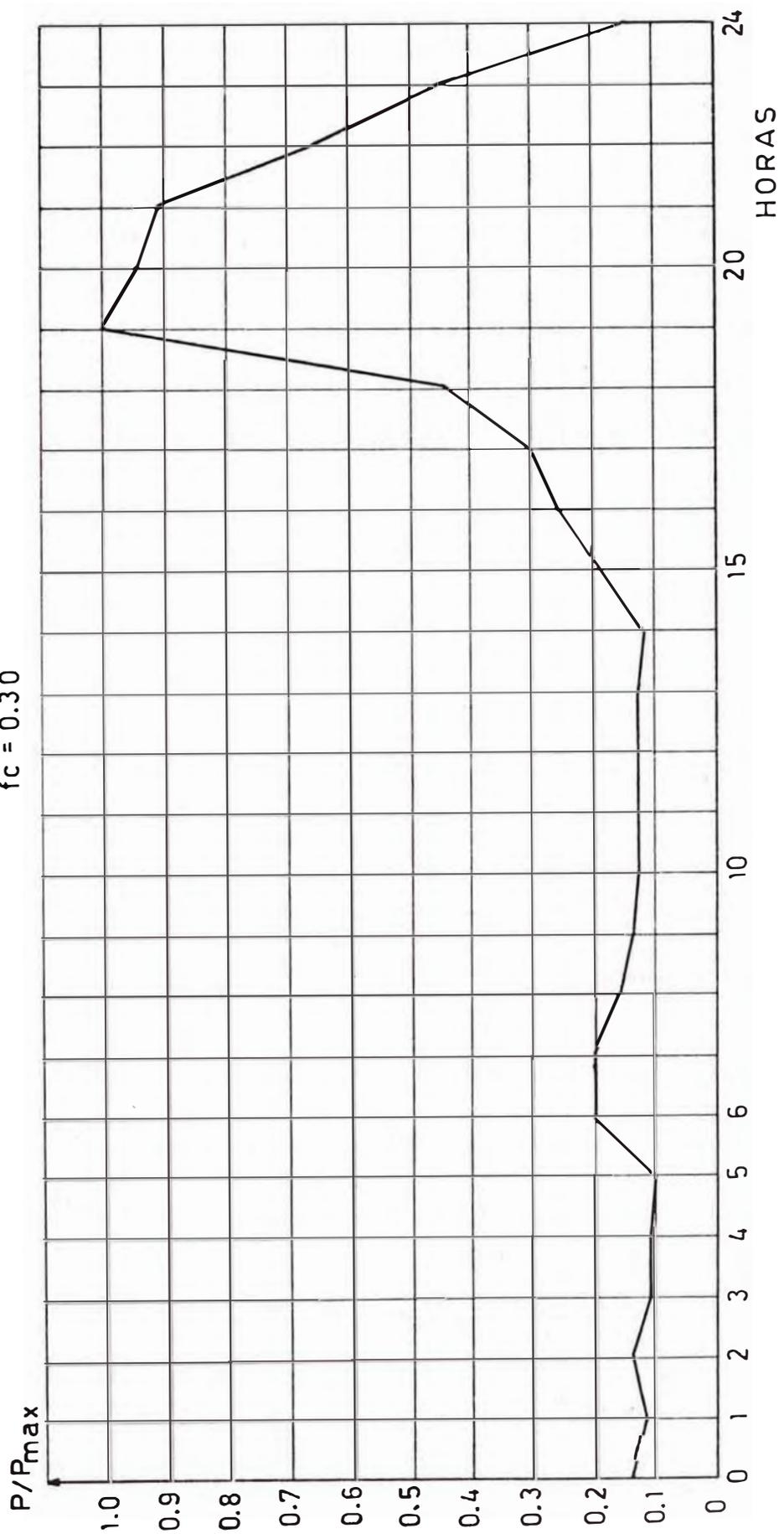


DIAGRAMA DE CARGA UNITARIO
LOCALIDAD TIPO "C"
 $f_c = 0.30$



5.2 EVALUACION DEL RECURSO HIDRICO :

5.2.1. DETERMINACION DEL CAUDAL APROVECHABLE DE DISEÑO :

El principal problema a afrontar en la evaluación del caudal aprovechable con que se contará para diseñar las obras civiles y electromecánicas de la Central Hidroeléctrica en estudio , es la falta de aforos del ó los recursos de agua involucrados en el estudio, debido a que difícilmente se tendrá una estación de mediciones del caudal diario escurrido en un determinado río o quebrada en un punto cercano al lugar donde se proyecta captar este recurso para el Proyecto en estudio. El conjunto de mediciones en un período determinado de años, daría la información real tanto del ciclo hidrológico como de la secuencia de las mediciones de los caudales diarios de la cuenca en estudio.

Si existiera una cuenca con mediciones diarios del caudal escurrido (Aforos), en el lugar mismo del aprovechamiento hídrico o muy cercano a él para la pequeña central en estudio, Para hallar el caudal aprovechable de diseño de las obras civiles puede seguirse cualquiera de las metodologías mostradas a continuación o emplear cualquiera otra no descrita aquí, pero debidamente sustentada.

1) Teniendo las mediciones diarias del caudal de un determinado recurso de por lo menos 2 - 3 años, se escoge del listado los 45 valores más bajos entre aquellos registrados durante todo el período del aforo antes mencionado. El promedio aritmético de estos 45 valores será el caudal de diseño para las estructuras tales como : Canales de conducción bocatomas, desarenadores, cámara de carga, tubería de presión (de acuerdo a la altura de caída) y accesorios de la casa de máquinas.

2) Teniendo las mediciones diarias del caudal de un determinado recurso de por lo menos 2 - 3 años, se construye una curva de duración de caudales medio diarios; el caudal para el diseño de las estructuras será

el caudal al 90% de persistencia, caudal que garantiza el buen funcionamiento de una Pequeña Central Hidráulica durante todo el año con un riego de paralización de 36 días, generalmente en época de estiaje para lo cual - se puede tomar las providencias del caso mediante grupos térmicos u otros

El caudal así hallado es todo lo que ofrece la Cuenca en estudio - como recurso, y que satisface las consideraciones para el cálculo de la oferta de Potencia Eléctrica.

Pero, si los requerimientos de Energía Eléctrica para el último año del período de análisis del Pequeño Sistema Eléctrico en estudio no fueran satisfechas, el caudal aprovechable de diseño puede aumentar su valor hasta 2 a 4 veces, siempre y cuando pudiera conseguirse un volumen suficiente para regulación diaria, mediante pequeños represamientos (Pondajes), ó con la construcción de algún reservorio artificial (Pulmón).

La fórmula de cálculo de la capacidad necesaria para el reservorio es la siguiente :

$$V = 3,600 \cdot t \cdot (Q_1 - Q_2) \quad \dots (1)$$

Donde :

Q_1 = Caudal necesario para la Central Hidroeléctrica para satisfacer la Demanda de Potencia Eléctrica, en el último año del período de análisis (m³/seg.)

Q_2 = Caudal aprovechable de la cuenca en estudio (m³/seg.)

V = Volumen del reservorio de agua (m³)

t = Tiempo en horas en que la Potencia de la Central no abastece la Demanda del Pequeño Sistema Eléctrico en estudio, hallado de su perfil de carga típico.

Ejemplo de Cálculo de un Pulmón de Almacenamiento (reservorio) : Sean las características de la Central en estudio, las siguientes :

- Q diseño = Q90% = 0.30 m³/seg.
- Altura neta de la caída (Hn) = 230 mts.
- Demanda de Potencia (año 20 del período de análisis) = 1,035 KW.
- Entre las localidades conformantes del Pequeño Sistema Eléctrico en estudio, existe una de tipo "A".

Con las características hídrico-topográfico, se calcula la Potencia ofertada :

$$\text{Pot.} = 7.5 \cdot Hn \cdot Q90\% ; \text{ (del numeral 5.4.1.)}$$

$$\text{Pot.} = 7.5 \times 230 \times 0.30$$

Luego :

$$\text{Pot. (ofertada)} = 517.5 \text{ KW.}$$

Como se puede observar, esta Potencia no cubre la Demanda Eléctrica - del último año del período de análisis, solucionándose ésta deficiencia con la construcción de un reservorio (pulmón), que para encontrar sus dimensiones , se procede de la siguiente manera :

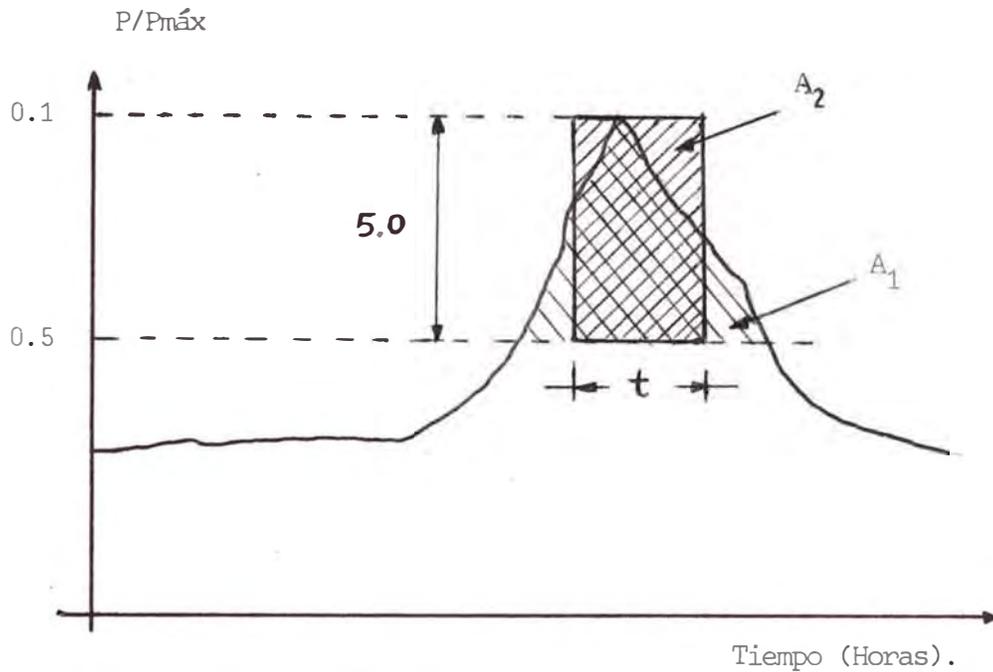
- Como entre las localidades conformantes del Sistema Eléctrico, existe una de tipo "A", y por consideraciones del numeral 5.1. el perfil de carga a utilizarse es la mostrada en la Lámina N° 5.5

- Se calcula la relación P/Pmáx., que con los datos del ejemplo resulta :

$$\frac{P}{P_{\text{máx.}}} = \frac{517.5}{1035} = 0.5$$

- Con la ordenada de P/Pmáx. = 0.5 en la Lámina N° 5.5, se observa - que la central no cubre el Pico del Perfil de carga (de 18 - 23 horas), en cambio el consumo diurno sí está asegurado.

- El pulmón será tal que cubra el área por encima de la recta P/Pmáx - 0.5, por lo que el tiempo "t" de funcionamiento del pulmón se halla igualando las áreas achuradas en el perfil de carga correspondiente mostrada a continuación :



LAMINA N° 5.5

Datos : $A_1 = 17.4$; de la Lámina N° 5.5

$A_2 = 5t$; de la Lámina N° 5.5

$A_1 = A_2$

Luego : $5t = 17.4$

$t = 3.5$ horas.

- Durante 3.5 horas de Punta, la Potencia de la Central no abastece la Máxima Demanda de Potencia del Pequeño Sistema Eléctrico.

- Se calcula el caudal necesario para que la Máxima Demanda de Potencia sea abastecida, con el dato de caída neta $H_n = 230$ mts.

$$Q_{nec} = \frac{P_{máx}}{7.5 H_n} = \frac{1,035}{7.5 \times 230}$$

$$Q_{nec} = 0.60 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

- En este caso $Q_{nec} = 2 Q_{90\%}$; es aceptable.

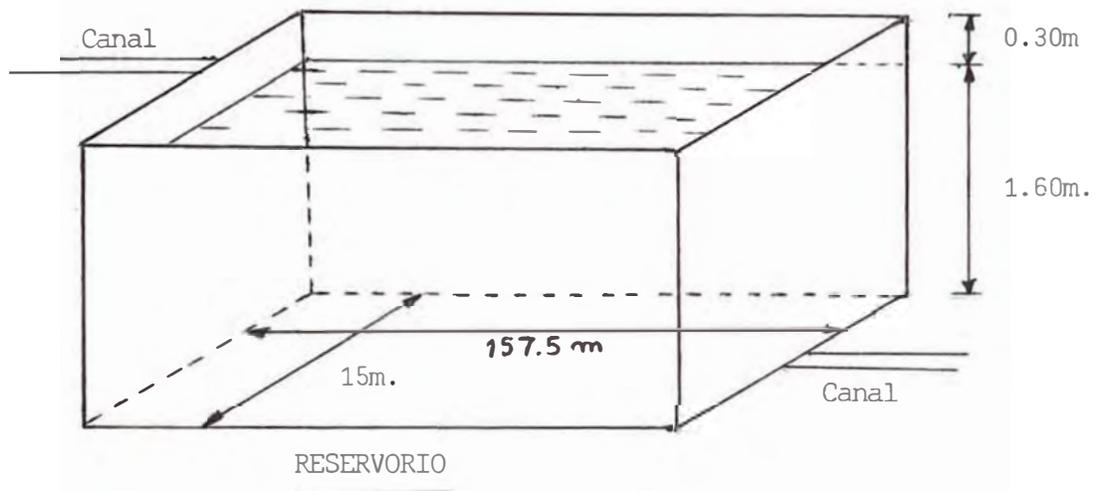
- Se calcula el volumen del reservorio por la Ecuación N° 1

$$V = 3600 \times t \times (Q_1 - Q_2)$$

$$V = 3600 \times 3.5 \times (0.60 - 0.30)$$

$$V = 3,780 \text{ m}^3.$$

- Las dimensiones del reservorio a tantearse son :



- Las dimensiones finales del reservorio son :

$$\text{Largo} = 157.5 \text{ m.}$$

$$\text{Ancho} = 15 \text{ m.}$$

$$\text{Alto} = 1.60 \text{ m.}$$

$$\text{Borde libre} = 0.30 \text{ m.}$$

- Estas dimensiones podrán variar para adaptarse al terreno, y si fuera posible aumentar las dimensiones del largo y del ancho, con el objeto de que disminuya la altura para una menor pérdida de altura.

Comúnmente, los recursos hídricos para un determinado aprovechamiento ya sea Hidroeléctrico, Agrícola, Abastecimiento de Aguas o de cualquier otro tipo no cuentan con aforos en lugares cercanos a éstos, motivo por el

el cual la aplicación de los métodos de cálculo para hallar el caudal aprovechable de diseño de las Obras Civiles descritos en los párrafos (1) y (2) mostrados anteriormente es restringido a pocos casos.

Generalmente los aforos de caudales comienzan cuando ya está decidido el aprovechamiento de un determinado recurso, para el cual se disponen los dispositivos para la medición que, lógicamente durará por lo menos 2 años y recién comenzarán los estudios.

Procedimientos más comunes de aforos de caudales se muestran en el Anexo 3.

Cabe destacar que además de la falta de medición de caudales en los cursos de agua involucrados en los aprovechamientos, se añaden problemas tales como la existencia de conflictos de intereses con el sector agrícola y otros sectores, así como el tamaño de las cuencas y la existencia de microclimas, que hacen que las metodologías convencionales para la predicción de caudales en cuencas sin aforos no puedan ser aplicadas.

Determinación del Caudal Aprovechable en Cuencas sin información Hidrológica por el Método de "Correlación de Cuencas Representativas".

Se muestra a continuación una metodología denominada "Correlación de Cuencas Representativas", la cual toma en cuenta las mediciones existentes en otras cuencas con similares condiciones a la en estudio y que permite deducir los caudales de ésta, mediante una extrapolación lineal.

La metodología a seguir puede resumirse como sigue :

- a) Recopilación de informaciones tanto hidrológica como de precipitación existente, de las cuencas en estudio y la representativa.
- b) Mediciones de campo (cuando sea posible y en época de estiaje) de los recursos de agua por aprovechar a manera de chequeo de la cuenca en estudio.

c) Determinación del caudal de diseño para la Pequeña Central Hidroeléctrica.

c.1 Determinación del Caudal Medio Diario al 90% de Persistencia :

Se determina este caudal mediante el uso de "Cuencas representativas" que implican cuencas hidrológicamente semejantes de la cuenca objeto de estudio, debido a que ésta no cuenta con registros de caudales y a veces ni de precipitaciones.

c.2 Determinación del Caudal Mínimo Medio Anual :

Este es el caso de recursos provenientes de aguas subterráneas, ojos de agua a "puquios", común denominativo de los manantiales y que por su naturaleza no es posible la determinación del caudal a cierta persistencia de la cuenca en estudio. Sin embargo, debido a que éstos flujos no varían a lo largo del año, se considera que el caudal mínimo medio anual es el representativo de los caudales de estiaje.

Para la aplicación del método "Correlación de Cuencas Representativas", es necesario elaborar una curva de duración a nivel medio diario para un período de por lo menos de 5 años de registros de la cuenca representativa elegida con el objeto de encontrar su caudal medio diario al 90% de persistencia. También es necesario elaborar un plano de Isoyetas (curvas de igual precipitación) que comprendan a estas dos cuencas mencionadas utilizando Estaciones Pluviométricas, cercanas a ellas con el objeto de encontrar las precipitaciones medias multianuales, tanto de la cuenca representativa como de la cuenca en estudio.

La estimación de la escorrentía según el concepto de "Cuenca Representativa", obedece a la siguiente relación :

$$Q' = \frac{A'}{A} \cdot \frac{p' \cdot Q}{p} \quad \text{----- (2)}$$

Donde :

Q' : Caudal medio diario al 90% de persistencia a estimarse en la cuenca en estudio.

Q : Caudal medio diario al 90% de persistencia de la cuenca representativa.

A' : Area de la cuenca en estudio

A Area de la cuenca representativa.

p' : Precipitación media multianual de la cuenca en estudio.

p : Precipitación media multianual de la cuenca representativa.

Es necesario hacer notar que la estimación del caudal de diseño por este método no es del todo preciso al igual que cualquier teoría debida a que si se analiza la ecuación propuesta, no es una ecuación homogénea porque se ve que las variables p y p' , son precipitaciones medias, A y A' son constantes, en cambio Q y Q' son caudales al 90% de persistencia y que para poder hallarlos se modifica completamente la historia hidrológica de la cuenca, es decir, está forzándose la extrapolación de un punto de la curva de duración de la cuenca representativa. Esta ecuación en cambio sí es más precisa cuando Q' por hallar y Q dato sean caudales medios en el período de registro; pero, es necesario estar conscientes de que es la única herramienta de que dispone el Ingeniero Projectista para su estimación.

CUENCA REPRESENTATIVA : El concepto de "Cuenca Representativa" en general implica similaridad con la cuenca en estudio en cuanto a los factores fisiográficos; así, ambas cuencas deberían guardar similaridad tanto en cuanto a las características de la cuenca, como del curso de agua. Con

respecto a la cuenca : Factores Geométricos (tamaño, forma, pendiente, orientación elevación) y Factores Físicos (cobertura de la superficie, condición de infiltración, tipo de suelo, condiciones geológicas tales como permeabilidad y capacidad de retención, presencia de ojos de agua o "puquios" y lagos) y con respecto al curso de agua : Capacidad de conducción (tamaño y forma de la sección, pendiente, rugosidad, longitud de tributarios) y capacidad de almacenamiento (curva de remanso).

Es difícil encontrar dos cuencas con todos los factores similares anotados anteriormente debido a que también faltan datos para la cuantificación de éstos por lo que se llega a una simplificación, tal que solo se podrán comparar los factores que se conozcan siendo prioridad los siguientes : Tamaño de Cuenca, porque no se podrían comparar dos cuencas de diferente tamaño, debido a que la respuesta de las cuencas a las precipitaciones (tiempo de concentración) son diferentes, de allí que las áreas de las cuencas a compararse deben ser similares o muy parecidas o quedar a criterio del Ingeniero Projectista; Altitud, factor básico porque las precipitaciones están en función directa a la altitud, de allí que si se comparan dos cuencas de diferente altitud aunque con otros factores similares, la estimación sería errónea. Los demás factores podrían obviarse para este nivel de planeamiento, no dejando de ser importantes.

5.2.2. DETERMINACION DE LA MAXIMA DESCARGA INSTANTANEA :

También llamadas Avenidas, es el caudal de un río que haya superado a todas las demás observadas durante un período de tiempo dado y son las responsables de los daños de las estructuras hidráulicas, tales como barrajes y bocatomas cuando las dimensiones de éstas son inferiores a las que corresponderían a la dicha Descarga Máxima. En este numeral se da una metodología para estimar esta descarga de diseño.

Para estimar estas descargas de diseño se encuentran los mismos inconvenientes que existen para estimar caudales mínimos aprovechables descritos en el ítem anterior, por lo que se tendrán las mismas consideraciones en su estimación, pues se utilizará la misma metodología denominada "Correlación de cuencas Representativas".

Para la aplicación de esta metodología es necesario contar con informaciones hidrológicas a nivel medio diario de por lo menos 3 años de registros, si esta información es dada por estaciones con banda Limnigráfica, es decir, con datos de máximos instantáneos sería lo ideal. También es necesario elaborar un plano de Isoyetas similarmente al caso anterior.

La estimación de la Máxima Descarga, según el concepto de Correlación de Cuencas Representativas, obedece a la siguiente relación :

$$Q' = \frac{A'}{A} \cdot \frac{p'}{p} \cdot Q \quad \text{----- (2)}$$

Donde :

Q' : Máxima Descarga o Avenida de diseño para un tiempo de retorno correspondiente a un 65.6% de riesgo de falla para una vida útil de las estructuras de 50 años, a estimarse para la cuenca en estudio.

Q : Máxima Descarga o Avenida de diseño para un tiempo de retorno correspondiente a un 63.6% de riesgo de falla para una vida útil de las estructuras de 50 años, calculados en la cuenca representativa.

p' : Precipitación media anual de la cuenca en estudio.

p : Precipitación media anual de la cuenca representativa.

A' : Area de la cuenca en estudio.

A : Area de la cuenca representativa.

A continuación se muestran los pasos a seguir para el cálculo de la Avenida de diseño de la cuenca representativa con todas las consideraciones a tomarse. Este cálculo se basa en la distribución probabilística LOG PEARSON III, que es una de las distribuciones dadas por Pearson y la más recomendable para el caso de Pequeñas Cuencas. Se muestra también un ejemplo completo del cálculo de una avenida usando las tablas y fórmulas dadas para un caso común.

a) Teniendo los registros de caudales a nivel medio diario de una estación de aforos de la cuenca representativa (si los registros dieran caudales máximos instantáneos, mediante bandas limnigráficas, la estimación de la avenida de diseño se acercaría más a la realidad), de por lo menos 3 años de registros, se procede a seleccionar el máximo caudal medio diario de cada uno de los años registrados, teniendo en consecuencia un listado de t valores correspondientes a los caudales máximos en cada año, donde t es el número de años de registros.

b) Se ordena esta relación en forma decreciente colocando números de orden a cada uno de los valores siendo $i = 1$, para el mayor valor e $i=t$ para el menor valor, donde t es el número de valores existentes. Como mínimo t debe ser 3 y a mayor cantidad de años de registros la estimación se acerca más a la realidad.

c) Se construye una tabla tal como se muestra a continuación que son los datos necesarios que servirán como informaciones para las fórmulas de la distribución Log Pearson III y según se usen las fórmulas (11) y (13) se necesitan construir las columnas (a), (b), (c), (f) y (g) mientras que si se usan las fórmulas (12) y (14) se necesitan construir las columnas (a), (b), (c), (d), y (e), solamente.

Tabla de Datos para el Uso de las Fórmulas de la Distribución Log. Pearson III

Nº Orden	Caud. Máx.	x_1	x_1^2	x_1^3	$(x_1 - \bar{x})^2$	$(x_1 - \bar{x})^3$
1 (a)	- (b)	- (c)	- (d)	- (e)	- (f)	- (g)
t	-	-	-	-	-	-
	$\sum =$	x_1	x_1^2	x_1^3	$(x_1 - \bar{x})^2$	$(x_1 - \bar{x})^3$

Donde :

$$x_1 = \text{Log. } Q_1 \text{ --- (3), Logaritmo de la muestra}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_1}{t} \text{ --- (4), Media de los logaritmos de la muestra}$$

$$\bar{x}^2 = \left(\frac{\sum x_1}{t} \right)^2 \text{ --- (5), Cuadrado de la media de los logaritmos de la muestra.}$$

$$\bar{x}^3 = \left(\frac{\sum x_1}{t} \right)^3 \text{ --- (6), Cubo de la media de los logaritmos de la muestra.}$$

$$x_1^2 = (\log Q_1)^2 \text{ --- (7), Cuadrado de los logaritmos de la muestra.}$$

$$\bar{x}^2 = \frac{\sum (x_i^2)}{t} \text{ ---- (8), Media del cuadrado.}$$

$$x_i^3 = (\log. Q_i)^3 \text{ -- (9), Cubo de los logaritmos de la muestra}$$

$$\bar{x}^3 = \frac{\sum (x_i^3)}{t} \text{ --- (10) Media del cubo de los logaritmos de la muestra.}$$

d) Se calcula a continuación tanto la Desviación Standard (S) como el coeficiente de Asimetría, también llamado "Sesgo", (g), de la muestra histórica que indica la desviación con respecto a la distribución normal (Curva de Gauss), mediante las siguientes fórmulas :

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{t - 1}} \quad \text{----- (11)}$$

$$S = \sqrt{\frac{t (\overline{X^2} - \bar{X}^2)}{t - 1}} \quad \text{----- (12)}$$

$$g = \frac{t \sum (X_i - \bar{X})^3}{(t - 1) (t - 2) S^3} \quad \text{----- (13)}$$

$$g = \frac{t^2 (\overline{X^3} - 3\overline{X^2} \bar{X} + 2\bar{X}^3)}{(t - 1) (t - 2) S^3} \quad \text{----- (14)}$$

Donde :

S : Desviación Standard de los logaritmos de los eventos históricos con respecto a la media de los logaritmos de los eventos y puede calcularse indistintamente por (11) ó (12).

g : Coeficiente de asimetría (Sesgo) de los logaritmos de la muestra, se calcula indistintamente por (13) ó (14).

e) Cálculo del período de retorno (Tr) de la avenida de diseño teniendo en cuenta la vida útil o vida económica de las estructuras y el riesgo de que las estructuras fallen debido a que la descarga considerada para su diseño sea superada.

Si "p" es la probabilidad promedio de que un evento supere el límite considerado, es decir, que la descarga considerada para el diseño de las estructuras sea superada o igualada, entonces :

(1-p) es la probabilidad de que un evento no supere el límite en un año.

$(1-p) (1-p)$ es la probabilidad que un evento no supere el límite en 2 años.

$(1-p) (1-p) (1-p)$ es la probabilidad que un evento no supere el límite en tres años.

En el año "n", la probabilidad de que un evento no supere el límite será $(1-p)^n$.

En consecuencia, la probabilidad de que el evento sí ocurra en "n" años consecutivos es :

$$J = 1 - (1-p)^n , \quad \text{----- (15)}$$

Donde :

J = Probabilidad de falla promedio en los próximos "n" años de vida útil del proyecto, ó el riesgo que se corre de que una descarga supere a la descarga de diseño, y cuando esto ocurre, las estructuras fallarán.

El tiempo de retorno (Tr) se puede calcular empleando la siguiente expresión :

$$Tr = \frac{1}{p} , \quad \text{----- (16)}$$

Donde :

Tr = Tiempo de retorno promedio de la avenida de diseño .

En base a (15) y (16) se elabora una Tabla que relaciona el riesgo, la vida esperada del proyecto y los períodos de retorno reales para calcular la descarga de diseño.

TABLA N° 5.2.1.

RELACION DE PERIODOS DE RETORNO PRECISOS PARA RIESGO DE OCURENCIA
DURANTE LA VIDA DE LAS ESTRUCTURAS

Riesgo Permisible de falla	Vida esperada de las Estructuras (años)					
	1	5	10	25	50	100
0.01	100	498	995	2487	4975	9950
0.10	10	48	95	238	475	950
0.25	4	18	35	87	174	348
0.50	2	8	15	37	73	145
0.636	1.5	5	10	25	50	99
0.75	1.3	4	8	18	37	73
0.99	1.01	1.7	2.7	6	11	22

El riesgo a asumirse para cada proyecto es único e independiente de la política de normalización mediante una metodología para el diseño porque este depende de los daños que causaría el que la avenida de diseño sea superada, es decir, que si los intereses a proteger son muy elevados económicamente como son vidas humanas (valor incalculable), importantes inversiones, etc., el riesgo a tomar para el diseño tiene que ser menor que si las estructuras al fallar, las pérdidas no fueran tan significativas.

Apreciando la Tabla anterior, a un riesgo menor y para una misma vida esperada de las estructuras, el período de retorno con que se diseñarán las estructuras aumenta considerablemente, aumentando las dimensiones de las obras civiles, con un lógico encarecimiento de las obras.

A pesar de una visita de reconocimiento al campo de parte del equipo de estudios del proyecto, faltarán criterios para poder estimar un riesgo que sea el óptimo para el caso que estuviere en estudio. Para esta etapa de planeamiento podemos asumir un riesgo según la Tabla anterior de 0.636, que quiere decir que existe un riesgo del 63% de que la estructura falle. Como la vida económica de las estructuras se estima en 50 años también, estos valores pueden ratificarse o cambiarse en un futuro -

estudio de factibilidad.

f) Cálculo de la avenida de diseño por la distribución Log Pearson tipo III :

f.1 Fórmulas y Tablas :

El valor del caudal para cualquier nivel de probabilidad se calcula por la siguiente ecuación y luego tomando el antilogaritmo.

$$\log Q_{Tr} = \bar{X} + K_p \cdot S \quad \text{----- (17)}$$

Donde :

$$\bar{X} = \frac{\log Q_i}{t}$$

K_p : Es la desviación "K" de la distribución Log Pearson tipo III y que se obtiene de la Tabla N° 5.2.2., dada a continuación, dependiendo del tiempo de retorno de la avenida de diseño o el nivel de probabilidad promedio de ocurrencia del evento y de un coeficiente de asimetría dado (sesgo).

Uso de la Tabla : Una vez hallado "g" con la ecuación (13) (14), se va a la Tabla N° 5.2.2. (si no es exacto se aproxima con una interpolación lineal), y con un Tiempo de Retorno (Tr), anteriormente calculado, se halla el " K_p " que será aplicado a la ecuación (17).

Observando la Tabla se ve que existe un $g = 0$, esto quiere decir que los valores "K" en esta fila para los distintos Tr siguen una distribución normal (Curva de Gauss).

Si no se quiere usar la Tabla N° 5.2.2. existe una expresión que relaciona aproximadamente las desviaciones "K", de una distribución normal : " K_n ", (en la Tabla N°5.2.2. es la fila con $g = 0$ para los diferentes Tr y que además se da en la Tabla N° 5.2.3.). Con las desviaciones -

TABLA N°5.2.2.: Valores de " K_p " para la distribución Log. Pearson III en función del tiempo de retorno de la avenida de diseño o el nivel de probabilidad promedio de ocurrencia del evento para diferentes coeficientes de asimetría dados.

g Coef.de asimetría	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS				
	5	10	25	50	100
	NIVEL DE PROBABILIDAD EN PORCENTAJE				
	20	10	4	2	1
3.0	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051
2.8	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973
2.6	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889
2.4	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800
2.2	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705
2.0	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605
1.8	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499
1.6	0.675	1.329	2.163	2.780	3.383
1.4	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271
1.2	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149
1.0	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022
0.8	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891
0.6	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755
0.4	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615
0.2	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472
0.0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326
-0.2	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178
-0.4	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029
-0.6	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880
-0.8	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733
-1.0	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588
-1.2	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449
-1.4	0.832	1.041	1.198	1.270	1.313
-1.6	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197
-1.8	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087
-2.0	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990
-2.2	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905
-2.4	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832
-2.6	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769
-2.8	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714
-3.0	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667

"K" de la distribución Log. Pearson III, "Kp", para un "g" dado que es la siguiente :

$$K_p = \frac{2}{g} \cdot \left\{ \left[\frac{g}{6} (K_n - \frac{g}{6}) + 1 \right]^3 - 1 \right\} \quad \text{--- (18)}$$

TABLA N° 5.2.3. : VALORES DE "Kn" PARA UNA DISTRIBUCION NORMAL EN FUNCION DEL TIEMPO DE RETORNO O EL NIVEL DE PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LA AVENIDA DE DISEÑO

g coef, de asimetría	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS				
	5	10	25	50	100
	NIVEL DE PROBABILIDAD EN PORCENTAJE				
	20	10	4	2	1
0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326

f.2 Método de Cálculo :

Una vez calculados "S" y "g" y teniendo el "Tr" para un riesgo asumido, existen dos alternativas :

- 1) Sólo con "g" y el Tiempo de retorno "Tr" se entra a la Tabla N° 5.2.2. y mediante una interpolación (si los valores de "g" son intermedios entre los allí existentes), se determina el "Kp".
- 2) Con el Tiempo de Retorno "Tr" se va a la Tabla N° 5.2.3., hallándose el "Kn" para g = 0 que luego con el verdadero valor de "g" calculado se aplican a la ecuación (18) determinándose el "Kp" buscado. Esta forma da mayor precisión al hallar el Kp.

Hallado "Kp" mediante cualquiera de las dos formas mencionadas, y junto con "S" calculado se halla "Q_{Tr}" con la ecuación (17), hallando el antilogaritmo de dicha expresión.

g) Metodología cuando el Tiempo de Retorno no es el asumido anteriormente : Hasta aquí sólo se ha tomado el tiempo de retorno para un riesgo asumido del 63% (Para una etapa de planeamiento). Si se quiere calcular una avenida para otro tiempo de retorno no mostrado en la tabla (máximo de ser 100 años), se sigue de la siguiente manera :

1) Se calcula las avenidas en la misma forma descrita anteriormente para varios Tiempos de Retorno arbitrarios y que pueden ser 5, 10, 25, 50, y 100 años, etc. (En textos de hidrología esta Tabla está más completa).

2) Empleando las descargas calculadas y su correspondiente tiempo de retorno se confecciona un gráfico en un papel logarítmico. Generalmente, este gráfico se realiza en papel probabilístico Log-Normal, de eventos extremos. Este Gráfico es Caudal vs. Probabilidad promedio de falla o Tiempo de Retorno de las avenidas de diseño.

3) Con el Tiempo de Retorno real asumido para el proyecto se entra a este Gráfico y se determina la descarga con que se diseñarán las estructuras.

h) Ejemplo del Cálculo de una Avenida de Diseño para la Cuenca Representativa de la Cuenca en Estudio

Por ejemplo la relación de máximos caudales por año para el período 1975 - 1980, es decir la serie histórica sea : $t = 6$

<u>AÑO</u>	<u>Q_{máx.} (m³/seg.)</u>
1975	74.26
1976	166.40
1977	21.10
1978	34.80
1979	27.60
1980	60.35

Construcción de la Tabla de Datos para usar la Distribución Log Pearson III, utilizando las Fórmulas (12) y (14)

Nº de Orden	Caudales Máximos	$X_i = \text{Log } Q_i$	X_i^2	X_i^3
1	166.40	2.2212	4.9335	10.9581
2	74.26	1.8708	3.4997	6.5471
3	60.35	1.7807	3.1708	5.6462
4	34.90	1.5428	2.3803	3.6724
5	27.60	1.4409	2.0762	2.9916
6	21.10	1.3243	1.7537	2.3224
$\Sigma =$		10.1807	17.8142	32.1378

Se halla :

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X_i}{t} = \frac{10.1807}{6} = 1.6968$$

$$\bar{X}^2 = \frac{\Sigma (X_i^2)}{t} = \frac{17.8142}{6} = 2.9690$$

$$\bar{X}^3 = \frac{\Sigma (X_i^3)}{t} = \frac{32.1378}{6} = 5.3563$$

Cálculo de la desviación Standard "S" y del Sesgo "g" mediante las fórmulas (12) y (14), respectivamente.

$$s = \sqrt{\frac{t (\bar{X}^2 - \bar{X}^2)}{t - 1}} = \sqrt{\frac{6 \times [2.9690 - (1.6968)^2]}{6 - 1}}$$

$$s = 0.3284$$

$$g = \frac{t^2 [\bar{X}^3 - 3 (\bar{X}^2) \cdot (\bar{X}) + 2 \bar{X}^3]}{(t - 1) (t - 2) \cdot s^3}$$

$$g = \frac{(6)^2 \cdot [5.3563 - 3 (2.9690) (1.6968) + 2 (1.6968)^3]}{(6 - 1) (6 - 2) (0.3284)^3}$$

$$g = 0.6871.$$

Asumiendo un riesgo del 63.6% de falla y teniendo que la vida económica de las estructuras es de 50 años, se obtiene un tiempo de retorno de la avenida de diseño de 50 años también de la Tabla N° 5.2.1.

$$Tr = 50 \text{ años.}$$

Usando la Tabla N° 5.2.3. para un tiempo de retorno de 50 años, se obtiene $K_n = 2.054$; con lo que se obtiene " K_p " en la ecuación (18), con " g " y " K_n " de datos :

$$K_p = \frac{2}{g} \left\{ \left[\frac{g}{6} \left(K_n - \frac{g}{6} \right) + 1 \right]^3 - 1 \right\}$$

$$K_p = \frac{2}{0.6871} \cdot \left\{ \left[\frac{0.6871}{6} \left(2.054 - \frac{0.6871}{6} \right) + 1 \right]^3 - 1 \right\}$$

$$K_p = 2.4021$$

El cálculo de la avenida con que se diseñarán las estructuras de Toma en la Cuenca Representativa se realiza tomando el antilogaritmo a la ecuación (17) :

$$\log.Q_{50} = X + K_p \cdot S = 1.6968 + (2.4021) (0.3284)$$

$$\log.Q_{50} = 2.48565$$

$$\text{Luego : } Q_{50} \text{ años} = 306 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Mediante el método de correlación de cuencas extrapolando éste valor, se estima la avenida de diseño de las obras de toma en la cuenca en estudio.

5.3 CONFORMACION DEL PEQUEÑO SISTEMA ELECTRICO :

La determinación de las localidades conformantes del pequeño Sistema Eléctrico, obedece tanto a factores técnicos como económicos, conjugado con las necesidades energéticas de dichas localidades.

Esta conformación se realiza en tres etapas :

- Delimitación Preliminar del Pequeño Sistema Eléctrico.
- Reconocimiento de Campo —Determinación del tamaño de Planta de la Central Hidráulica.
- Replanteo del Pequeño Sistema Eléctrico con nuevos elementos de juicio obtenidos en el reconocimiento de campo.

La secuencia en el proceso de estudios es el de aproximaciones sucesivas : Con la delimitación preliminar y con los estudios específicos de mercado, del recurso hídrico, geología, topografía y las distancias de las localidades al centro de generación con motivos de transmisión eléctrica, se ajustan las localidades que comprenderán el Pequeño Sistema Eléctrico en Estudio, verificándose luego si los aspectos técnicos confirman esta delimitación.

Esta metodología, aquí expuesta, ha sido obtenida de la Jefatura de Electrificación Rural de la Gerencia de Planeamiento de ELECTROPERU.

5.3.1. DELIMITACION PRELIMINAR :

Los pasos a seguir para la conformación preliminar del Pequeño Sistema Eléctrico, son los siguientes :

- a) Haciendo uso de cartas nacionales (escala 1:100,000) se ubica en ellas a la localidad o localidades que están en los planes de electrificación, obteniendo el Pequeño Sistema Eléctrico el nombre de la localidad más importante de ellas. Como ejemplo se tiene al Pequeño Sistema Eléctrico "Cutervo", (Desarrollado en el Capítulo 6.0), que obtiene el nombre de la localidad del mismo nombre, que es la más importante de las lo-

calidades que lo conforman.

b) Se hace un listado de todas las localidades vecinas a las anteriormente mencionadas cuyas poblaciones al último Censo existente figuren con más de 200 habitantes, ubicándolas en la misma Carta de la Localidad en Estudio más importante, determinando luego el posible trazo de las líneas de transmisión de la Energía Eléctrica a cada una de ellas. La condición que deben cumplir estas localidades es que estén dentro del radio máximo de la línea de transmisión posible, descrita en el numeral 5.3.3.b.

c) Se incrementa la relación de las posibles localidades conformantes del Pequeño Sistema Eléctrico con aquellas que cuenten con menos de 200 habitantes, a la fecha del último Censo, con la condición de que estén ubicadas dentro del sistema de líneas de transmisión posibles.

d) Se obtiene la referencia de los recursos hídricos y topográficos que abastecería al Pequeño Sistema Eléctrico preliminarmente conformado, utilizando cartas a escalas 1:100,000 y 1:25,000 de la zona de estudio. El objetivo de esta referencia es de orientación para el equipo que viaje para el reconocimiento de campo.

5.3.2. RECONOCIMIENTO DE CAMPO :

El objetivo de esta etapa es la verificación tanto de los Centros de Demanda ubicados en la conformación preliminar efectuada en gabinete, como la constatación de los recursos existentes en la zona, procurando ubicar las caídas más atractivas para el estimado del tamaño de planta.

Para esta labor se programan recorridos y visitas a las localidades que conforman preliminarmente el Pequeño Sistema Eléctrico y a los lugares posibles del recurso tanto hídrico como el topográfico.

La visita del reconocimiento al Pequeño Sistema Eléctrico se ex-

plica en el numeral 4.5

5.3.3. REPLANTEO DEL PEQUEÑO SISTEMA ELECTRICO :

Según informaciones obtenidas tanto en la primera como en la segunda etapa, se procede a bosquejar nuevas delimitaciones del Pequeño Sistema Eléctrico, de la siguiente manera :

- a) Analizando la información recogida en el reconocimiento de campo, y con los datos del recurso hídrico y de la caída más atractivos, se estima la Potencia que se puede generar con la construcción de la Central Hidroeléctrica (Tamaño de Planta).
- b) Se encuentra el radio de influencia de la Central, que es la longitud máxima de las líneas de transmisión técnico-económica más convenientes a partir del centro de generación y que está dado en el Cuadro siguiente :

Tensión	Longitud máxima Técnico - Económica	Capacidad de ransmisión
10 KV	12 Km.	Hasta 2000 KW
13.8 KV	20 Km.	Hasta 2000 KW
30 KV	45 Km.	Hasta 10,000 KW

No se incluyen líneas de transmisión de mayores tensiones por las limitaciones del tamaño de Central que se aborda en la presente Tesis.

Se observa del Cuadro anterior que las Centrales Eléctricas del tipo que están en estudio (generación de alrededor de los 1000 KW), sólo podrán utilizar líneas de transmisión para tensiones de 10 KV ó 13.8 KV , siendo limitativo el uso de líneas de tensión de 30 KV, debido a la poca generación. Es por este motivo que el radio de acción de las Centrales en Estudio sólo pueden alcanzar hasta los 20 Km. (cuando se use Tensiones de 13.8 KV), teniendo como origen al centro de generación.

- c) Se eliminan de la relación preliminar de localidades conformantes del Pequeño Sistema Eléctrico a todas aquellas que estén fuera del radio de acción de la Central Eléctrica; o se aumentan si dichas localidades se encuentran dentro del radio de acción y que no hayan sido consideradas.
- d) La Máxima Demanda de Potencia de las localidades conformantes del Pequeño Sistema Eléctrico al final del período de estudio, deben ser como máximo igual a la Potencia ofertada por la Central Eléctrica en una primera etapa.-

Si esta Demanda en el último año de estudio fuese mayor que la Potencia ofertada por la Central, se van eliminar a las localidades con menos posibilidades de desarrollo a corto plazo y generalmente a las más alejadas del centro de generación. Quedando conformado de esta manera el Pequeño Sistema Eléctrico.

5.4 ASPECTO TECNICO

5.4.1. FORMACION DEL SALTO - POTENCIA NETA :

La formación del salto se realiza elevando primero el nivel superficial del agua del curso del río utilizando para ello un barraje de derivación; luego se conduce estas aguas por un canal de menor pendiente que el del cauce del río hasta un lugar denominado cámara de carga ó cámara de presión que es un ensanchamiento del canal que conduce estas aguas, habiéndose dispuesto en su intermedio de un desarenador cuya función es eliminar las arenas que el agua lleva en suspensión; desde la cámara de carga parte una tubería que en conducción forzada lleva el agua hasta las turbinas (saltos de altura mayor a unos 12 metros); de las turbinas parte el canal de **descarga** que devuelve las aguas al cauce primitivo.

La disposición general con las partes esenciales del salto, se muestran en la Lámina N° 5.11.

POTENCIA NETA :

Es la energía producida por la caída neta durante un tiempo específico : el segundo.

Conocidos la caída neta y el gasto de diseño, la potencia neta que ofrece la disposición, se estima por la siguiente expresión :

$$P_n = 7.5 \times Q \times H_n$$

Donde :

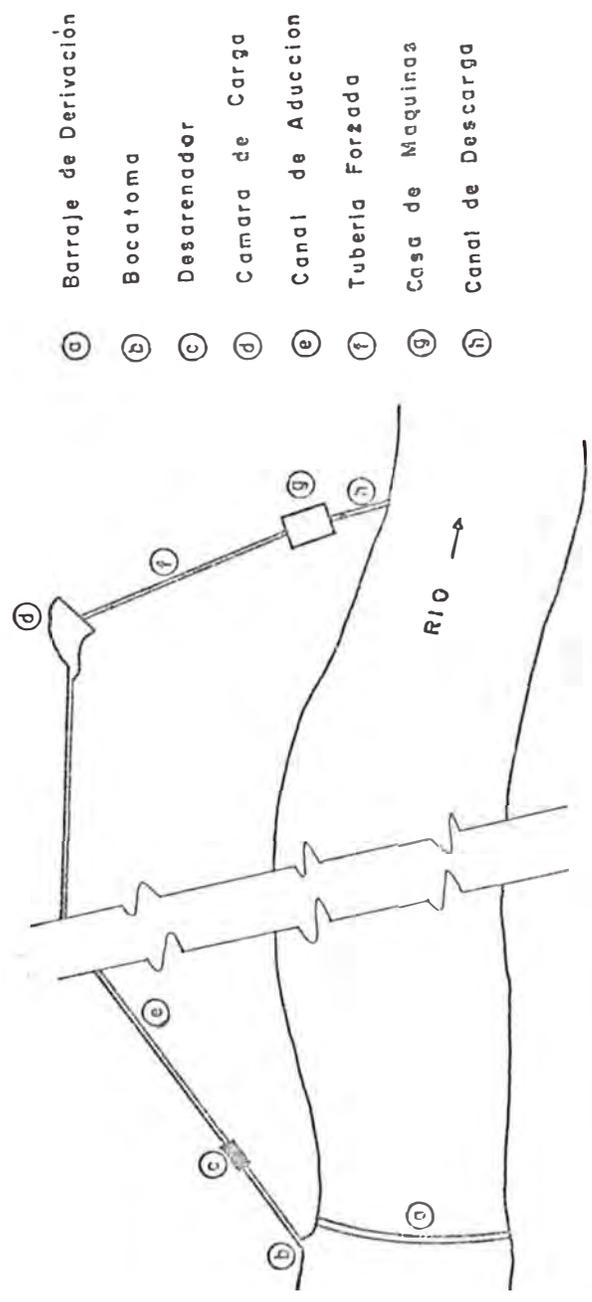
P_n = Potencia neta (en KW)

Q = Caudal de diseño del proyecto (en m³/seg.)

= Altura neta de caída (en metros)

7.5 = Coeficiente que toma en cuenta las eficiencias tanto de la turbina como del generador.

DISPOSICION GENERAL DEL SALTO



- (a) Barraje de Derivación
- (b) Bocatoma
- (c) Desarenador
- (d) Camara de Carga
- (e) Canal de Aduccion
- (f) Tuberia Forzada
- (g) Casa de Maquina
- (h) Canal de Descarga

5.4.2. BOCATOMA

5.4.2.1. GENERALIDADES :

Bocatoma, también denominada Toma, es toda estructura hidráulica sobre el cauce de un río o canal con el fin de captar parcialmente el agua que acarrea.

Las obras a realizarse se denominan "Obras de Captación Directa" debido a que sólo permiten captar el caudal necesario para el Proyecto, caudal que puede ser hallado por cualquiera de los métodos explicados en el numeral 5.2. Por lo tanto, es necesario que el caudal que está circulando por el río debe ser mayor que el caudal a captarse durante la mayor parte del año; debido a esto las obras de regulación o almacenamiento que encarecen este tipo de obras, son innecesarias.

Las obras de Toma deben captar el mínimo de sólidos y deben disponer de medios apropiados para la evacuación de los mismos. También debe preverse un sistema adecuado que permita el paso de las Avenidas con un alto contenido de sólidos y material flotante.

De acuerdo a las características de las Centrales Hidroeléctricas en estudio, éstas son implementadas generalmente en las nacientes de las cuencas, quebradas ó ríos pequeños, lugares en los que se adaptan mejor las Tomas con barraje de derivación fijo, que funcionan eficientemente en ríos con caudales de agua relativamente pequeños, con fuertes pendientes en la zona de Toma, y ríos que corren por valles no muy amplios.

Las Láminas Nos 5.12 y 5.13, muestran el esquema de Bocatoma Standard con Barraje de Derivación Fijo y sus principales elementos.

El diseño del Barraje de Derivación Fijo es tratado en el numeral N° 5.4.3.

5.4.2.2. UBICACION DE LAS OBRAS DE TOMA :

Cuando el tramo del río en donde se van a ubicar las obras de Toma es rectilíneo se puede ubicar el eje de la misma formando un ángulo " θ " de 60° a 90° , con la dirección de la corriente (ver Esquema de la Bocatoma en la Lámina N° 5.12).

Pero, en tramos en que el río forma ondulaciones en su cauce como es el caso más general de la mayoría de los ríos, se debe hacer varias consideraciones, así por ejemplo es recomendable ubicar la bocatoma en donde comienza la concavidad (Zona de Barranco) y termina la parte convexa (Zona de Playa), puntos "A" (ver Lámina N° 5.13.)

Si se ubican las obras de toma en el tramo convexo (Zona de Playa), puntos "B" de la Lámina N° 5.13, se corre el riesgo de que durante los períodos de Avenidas entre arena y piedras, mientras que después de las Avenidas se forma frente a la Bocatoma un banco de arena que impide o hace difícil el paso del agua por la derivación.

Por otro lado, si se ubican las obras de Toma en el lado cóncavo (zona de barrancos) del cauce del río, puntos "C" en la Lámina N° 5.13 durante las Avenidas los materiales flotantes grandes y las piedras impactan directamente contra las estructuras del Barraje de Derivación y de la Bocatoma ocasionando fuertes erosiones que pueden constituir un peligro al cabo de unos años.

La Lámina N° 5.13, muestra el esquema de ubicaciones recomendables de la bocatoma, puntos "A", y los puntos inconvenientes para su ubicación, puntos "B" y "C".

Finalmente, la ubicación de las obras de toma depende fundamentalmente de la cota necesaria para obtener la caída que permita instalar la Potencia determinada por la Demanda de la población a la que se quiere dotar de Energía Eléctrica. Es por esto que para definir el si-

tio de toma, generalmente se parte del lugar de la Cámara de Presión, que se ubica en un lugar apropiado para la producción de la Energía Eléctrica, y desde allí se traza la línea de conducción teniendo en cuenta consideraciones tanto económicas como técnicas hasta encontrar su intersección con el río y establecer, aproximadamente el sitio de las obras de toma.

5.4.2.3. DISEÑO PARAMETRICO DE LA BOCATOMA :

El diseño de las obras de toma, comprende el dimensionamiento - completo de los elementos que constituyen dicha estructura.

Las Láminas Nos. 5.12 y 5.13 muestran el esquema de una Bocatoma Standard denominada "Bocatoma Tipo Peruano" con todos sus elementos , que considera además en su diseño la descarga de fondo denominado desempedrador.

5.4.2.3.1. PARAMETROS NECESARIOS DE DISEÑO :

El diseño de la Bocatoma depende de los siguientes parámetros :

- a) Ubicación en el curso del río (en recta o curva).
- b) Configuración del terreno (pendiente del cauce del río, ancho del valle, etc.).
- c) Caudal de diseño a derivarse (Q) y ángulo de desvío (θ) , el caudal por captarse.
- d) Acarreo de material (cantidad, frecuencia y tamaño de pedros - nes acarreados, cuerpos flotantes, acarreo de fondo y en suspensión).
- e) Tirante de agua en el canal (a)
- f) Ancho superficial del agua en el canal (B)

Por la gran variedad de estos parámetros no es conveniente diseñar una "Toma Standarizada" sino solamente un esquema básico complementado con indicaciones para cada parte integrante de la toma esquemática.

5.4.2.3.2. PARTES DE LA TOMA - INDICACIONES DE DISEÑO :

1) BARRAJE DE DERIVACION :

Tratado en el numeral 5.4.3.

2) DESCARGA DE FONDO :

En todos los ríos con acarreo de fondo importante en las épocas de lluvia, se recomienda instalar una compuerta metálica con sistema manual operable desde un puente, que debe construirse a un nivel superior al de aguas máximas.

El tamaño de la compuerta depende de los bloques más grandes que puede acarrear el río, procurando que no se produzcan obstrucciones.

La pendiente del fondo antes y después de la compuerta, depende de la pendiente natural del río y debe ser suficiente para eliminar todo el material de acarreo.

3) VENTANA DE CAPTACION :

Como su nombre lo indica es una ventana construída en el muro de encauzamiento, cuya función es captar el agua de diseño del Proyecto. El nivel inferior de ésta ventana debe colocarse, por lo menos, a 0.50 mt del nivel de la descarga de fondo. Este escalón es la protección de toda la obra de toma al efecto del acarreo de pedrones. También como protección de las obras de toma al acarreo de cuerpos flotantes por el río, se coloca en la ventana de captación una reja gruesa, que puede consistir de tubos de hierro de 2 pulgadas de diámetro con 20 centímetros de distancia libre de separación.

4) ZONA DE TRANSICION :

Es la parte de la Bocatoma ubicada inmediatamente después de la ventana de captación, comunicándola con el canal de aducción; es un canal con una sección tal que la velocidad del agua en su mayor parte no pase de los 50 cms. por segundo, y su nivel de fondo por lo menos debe co-

locarse a 30 cm. sobre el nivel de la zona de decantación.

5) REJA FINA DE ADMISION :

Consiste en una reja fina de 4 - 5 centímetros de paso, colocada entre la zona de transición y el canal de conducción y delante de la compuerta de admisión. Tiene como misión impedir la entrada de cuerpos grandes al canal de conducción.

Delante de esta reja se colocará un dispositivo para eliminar este material acumulado.

6) COMPUERTA DE ADMISION :

Se coloca detrás de la reja fina de admisión para controlar la admisión del agua en el canal de conducción.

7) CANAL DE ADUCCION :

Tratado en el numeral 5.4.6.

8) DESRIPIADOR :

Es una profundización del fondo del canal en la zona de transición delante la reja fina de admisión; con 0.50 mts. de profundidad, un ancho de 0.75 mts. y un talud de entrada de 1:1 a 1:2. La función de éste desripiador es eliminar periódicamente el material acumulado en él mediante una compuerta de purga (ver Esquema de Bocatoma Standard, corte A-A en la Lámina Nº 5.12).

9) ENROCADO PESADO :

Es un enrocado embebido en concreto que se coloca a continuación del Barraje de Derivación en el lecho del río para proteger esta estructura debido a la erosión regresiva del agua, el detalle de sus dimensiones y características se trata en el numeral 5.4.3.

10) CANAL DE DESFOGUE :

Es un canal que parte desde la compuerta de purga delante de la reja fina de admisión que permite comunicar al Desripiador con el río

aguas abajo del Barraje de Derivación; su misión es eliminar el material grueso que logra pasar por la ventana de captación y que se acumula en el desrapiador cuando no se acciona la compuerta de purga. Su pendiente depende de la pendiente natural del río y debe ser lo suficientemente grande para eliminar este tipo de material (generalmente esta pendiente es bien fuerte).

11) MUROS DE ENCAUZAMIENTO :

Son muros de concreto construídos en las márgenes del río, y como su nombre lo indica su función es encauzar el agua del río, además, de proteger las obras civiles de la toma. Su longitud es variable pudiendo ser diferente a ambas márgenes del río; como mínimo esta longitud debe extenderse desde la ventana de captación hasta donde termina el enrocado pesado aguas abajo del Barraje de Derivación.

12) ZONA DE DECANTACION :

Es la parte en el río delante de la ventana de captación y de la compuerta de descarga de fondo, y es una zona donde se deposita el material sólido acarreado por el río debido a la presencia del barraje de derivación.

El piso de la zona delante de la ventana de captación (zona de de cantación), tendrá una inclinación fuerte hacia la compuerta de descarga de fondo y un pavimento de concreto o empedrado. Su nivel de entrada será igual al nivel natural del río para facilitar el paso del acarreo pesado de fondo.

La zona delante del barraje quedará sin pavimento ya que será de decantación solamente, no habiendo en ella erosión por la menor velocidad del agua.

5.4.2.3.3. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO PARAMETRICO:

Si las condiciones topográficas y de diseño hicieran factible

una standarización, se puede utilizar un diseño standarizado paramétrico mediante la Tabla N° 5.4.1., que proporciona el dimensionamiento de los elementos de las estructuras principales de la toma propiamente dicha según el esquema de las Láminas Nos. 5.12 y 5.13 que complementan este dimensionamiento, para caudales de diseño desde $0.1 \text{ m}^3/\text{seg.}$ hasta $10\text{m}^3/\text{seg.}$

La Lámina N° 5.14 proporciona el volumen de concreto y el ~~área~~ de encofrado para la Bocatoma en función del caudal de diseño.

Para estimar el volumen de excavación se usa la siguiente relación :

$$V_{\text{excav.}} = 2 V_{\text{conc}}$$

Donde :

$V_{\text{conc.}}$ = Volumen de concreto de la Bocatoma estimado de la Lámina N° 5.14 para un caudal de diseño del proyecto dado.

$V_{\text{excav.}}$ = Volumen de excavación de la Bocatoma en estudio.

Para dimensionar los elementos de la Toma propiamente dicha, se procede de la siguiente manera : (Ver Lámina N° 5.12)

a) Conocido las características del canal de aducción, tirante (a) y el ancho superficial del mismo (B_0), se halla el ancho del inicio de la transición (B), mediante la siguiente relación :

$$B = 2B_0$$

b) Se escoge un ancho para la ventana de captación (B_1), recomendándose que sea igual al ancho superficial del agua en el canal de conducción :

$$B_1 = B_0$$

c) Conocidos el ancho de la ventana de captación (B_1) y el caudal de diseño a derivarse para el proyecto (Q), se calcula la altura de la ventana de captación mediante la fórmula de Francis para vertederos

$$Q = 1.84 B_1' H^{3/2}$$

Donde :

$B'_1 = 0.75 B_1$; considerando como una primera aproximación un 25% para las rejillas de la ventana de captación.

d) Conocido el tirante de agua en el canal de aducción (a), se calcula la altura del canal en la compuerta de admisión (H_o) con la siguiente relación :

$$H_o = 1.3a$$

e) La altura que puede tener el marco de la compuerta de admisión (A) es variable, estimándose la mitad de la altura de la ventana de captación (H) y que se toma como borde libre :

$$A = \frac{H}{2}$$

f) El ancho del marco de la compuerta de admisión (C), también es variable estimándose su dimensión condicionándolo a la longitud de transición (L)

$$C = \frac{L}{2}$$

g) La longitud de la rejilla de entrada, que forma un ángulo de 60° con la horizontal (recomendable), se puede calcular conociendo la altura del canal en el marco de la compuerta (H_o) y la altura del marco de la compuerta de admisión (A), mediante la siguiente relación.

$$l = (H_o + A) \operatorname{Cosec} 60^\circ$$

Cuando esta longitud sobrepase los 2.80 mts., se hace necesario colocar un apoyo intermedio, mostrado en paréntesis en la Lámina N° 5.4.1.

h) Los metrados de las obras referentes al volumen de concreto, volumen de excavación y área de encofrado se encuentran en la Lámina N° 5.14.

Los metrados de volumen de concreto, volumen de excavación y área de encofrado del muro de encauzamiento se hallan de las Láminas Nos

5.15 y 5.16.

Solucionando estas ecuaciones para caudales comprendidos desde $0.1 \text{ m}^3/\text{seg.}$ hasta $10\text{m}^3/\text{seg.}$, se hallan las dimensiones de los elementos principales de la Bocatoma, en la Tabla N°5.4.1.

Donde :

a - Tirante de agua en el canal

B_0 - Ancho superficial del agua en el canal

B - Ancho en el inicio de la transición

C - Espesor del marco de la compuerta de admisión

A - Altura del marco de la compuerta de admisión

l - Longitud de la rejilla de admisión. Los valores entre paréntesis nos indican que la longitud de la rejilla exige un apoyo intermedio que se debe instalar.

H_0 - Altura del canal en la compuerta de admisión

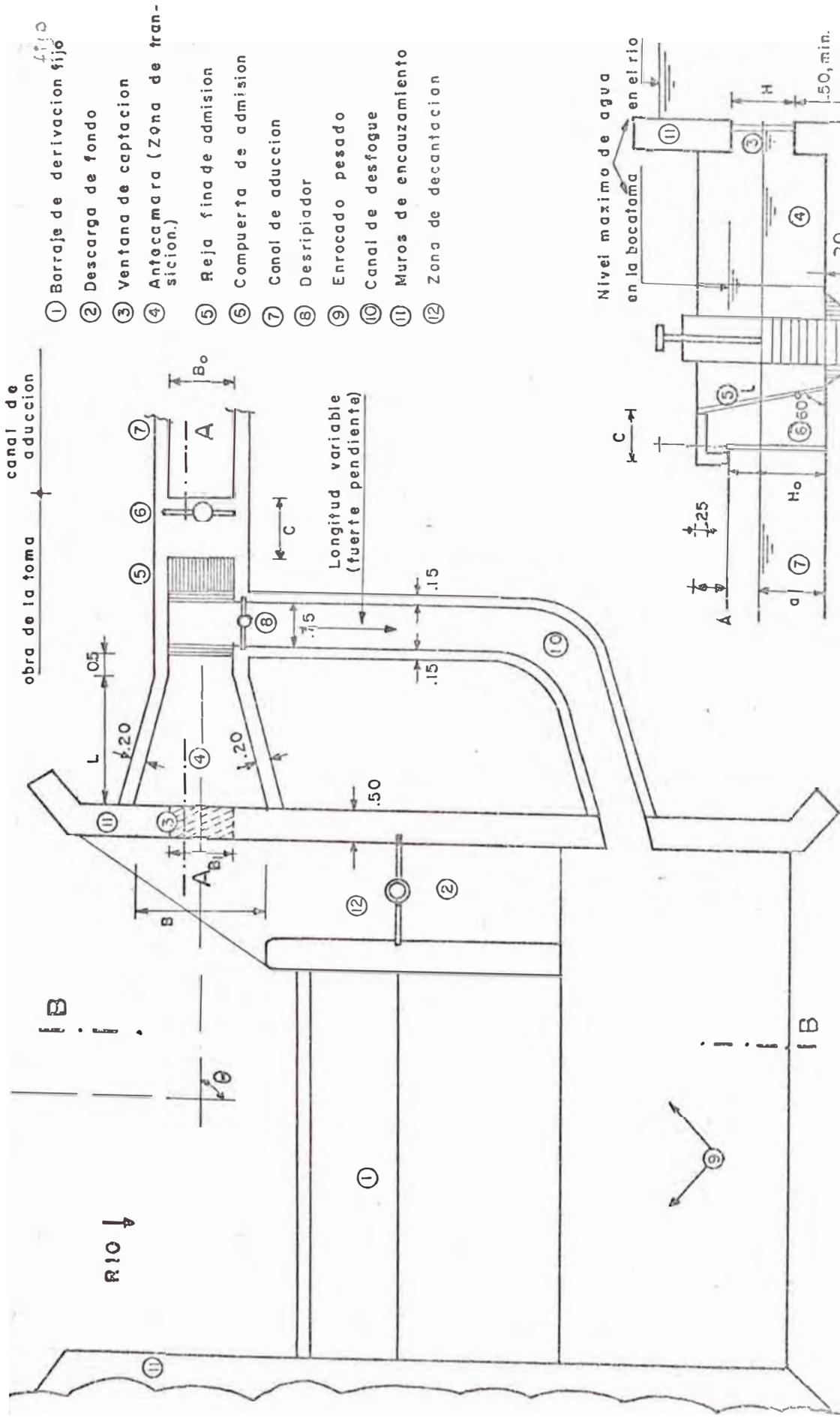
B_1 - Ancho de la ventana de captación

H - Altura de la ventana de captación.

TABLA N° 5.4.1.

DIMENSIONAMIENTO DE BOCATOMA

Q (m ³ /sg)	DI	M	E	N	S	I	O	N	E	S
	A	Bo	B	L	Ho	H	A	C	L	B ₁
0.1	0.29	0.50	1.00	1.00	0.40	0.30	0.15	0.50	1.00	0.50
0.2	0.38	0.65	1.30	1.30	0.50	0.40	0.20	0.65	1.30	0.65
0.3	0.44	0.75	1.50	1.50	0.60	0.45	0.25	0.75	1.50	0.75
0.4	0.49	0.85	1.70	1.70	0.65	0.50	0.25	0.85	1.60	0.85
0.5	0.54	0.90	1.80	1.80	0.70	0.55	0.30	0.90	1.75	0.90
0.6	0.57	0.95	1.90	1.90	0.75	0.60	0.30	0.95	1.85	0.95
0.7	0.60	1.00	2.00	2.00	0.80	0.65	0.35	1.00	2.00	1.00
0.8	0.64	1.10	2.20	2.20	0.85	0.65	0.35	1.10	2.10	1.10
0.9	0.66	1.15	2.30	0.85	0.70	0.40	1.15	1.15	2.20	1.15
1.0	0.69	1.20	2.40	0.90	0.90	0.70	0.40	1.20	2.25	1.20
1.2	0.74	1.25	2.50	2.50	0.95	0.80	0.40	1.25	2.45	1.25
1.4	0.78	1.35	2.70	2.70	1.00	0.85	0.45	1.35	2.50	1.35
1.6	0.83	1.40	2.80	2.80	1.10	0.90	0.45	1.40	2.70	1.40
1.8	0.86	1.45	2.90	2.90	1.15	0.95	0.50	1.45	(2.85)	1.45
2.0	0.90	1.55	3.10	3.10	1.20	0.95	0.50	1.55	(2.95)	1.55
2.5	0.96	1.65	3.30	3.30	1.25	1.05	0.55	1.65	(3.10)	1.65
3.0	1.05	1.80	3.60	3.60	1.35	1.10	0.60	1.80	(3.40)	1.80
3.5	1.10	1.85	3.70	3.70	1.40	1.25	0.65	1.85	(3.55)	1.85
4.0	1.15	1.95	3.90	3.90	1.50	1.30	0.70	1.95	(3.80)	1.95
4.5	1.20	2.00	4.00	4.00	1.55	1.40	0.75	2.00	(4.00)	2.00
5.0	1.25	2.15	4.30	4.30	1.60	1.40	0.75	2.15	(4.10)	2.15
6.0	1.35	2.30	4.60	4.60	1.75	1.55	0.80	2.30	(4.40)	2.30
7.0	1.42	2.40	4.80	4.80	1.85	1.65	0.85	2.40	(4.70)	2.40
8.0	1.50	2.55	5.10	5.10	1.95	1.75	0.90	2.55	(4.95)	2.55
9.0	1.56	2.65	5.30	5.30	2.00	1.85	0.95	2.65	(5.10)	2.65
10.00	1.62	2.75	5.50	5.50	2.10	1.90	1.00	2.75	(5.40)	2.75



obra de la toma canal de aduccion

- ① Barraje de derivacion fijo
- ② Descarga de fondo
- ③ Ventana de captacion
- ④ Antecamara (Zona de transicion.)
- ⑤ Reja fina de admision
- ⑥ Compuerta de admision
- ⑦ Canal de aduccion
- ⑧ Deslamiador
- ⑨ Enrocado pesado
- ⑩ Canal de desfogue
- ⑪ Muros de encauzamiento
- ⑫ Zona de decantacion

Longitud variable (fuerte pendiente)

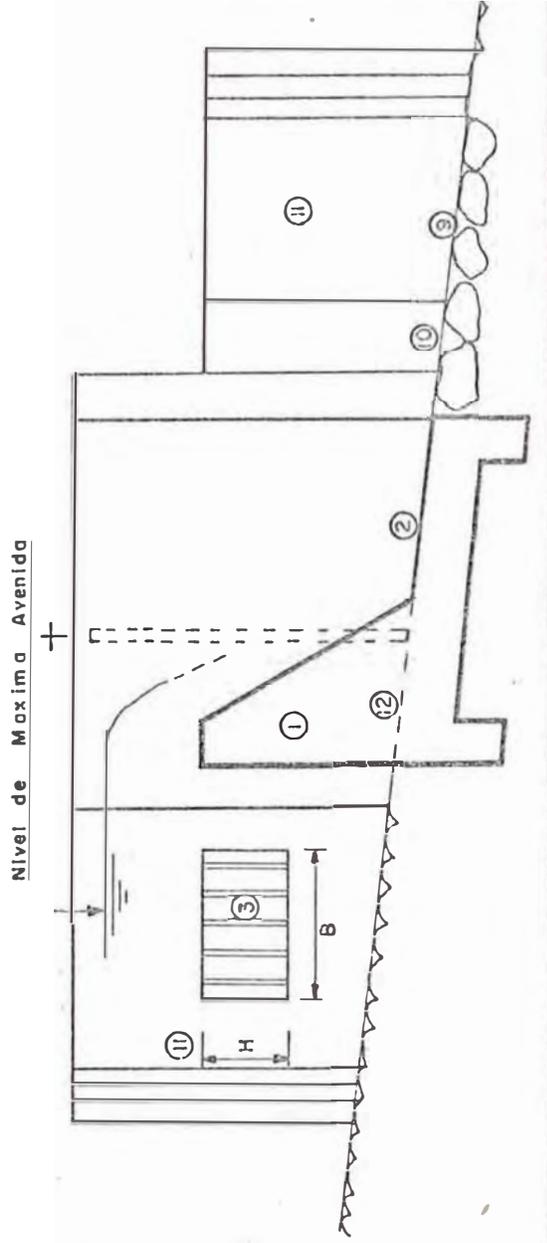
ESQUEMA DE BOCATOMA ESTANDAR

CON BARRAJE FIJO

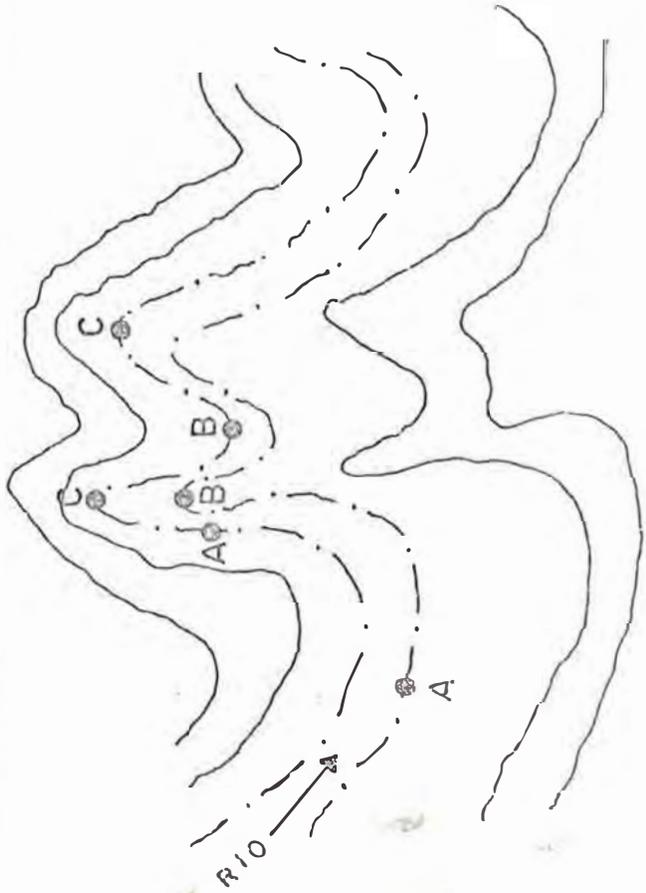
CORTE A-A

ESQUEMA DE BOCATOMA ESTANDARD

CON BARRAJE FIJO



CORTE B-B

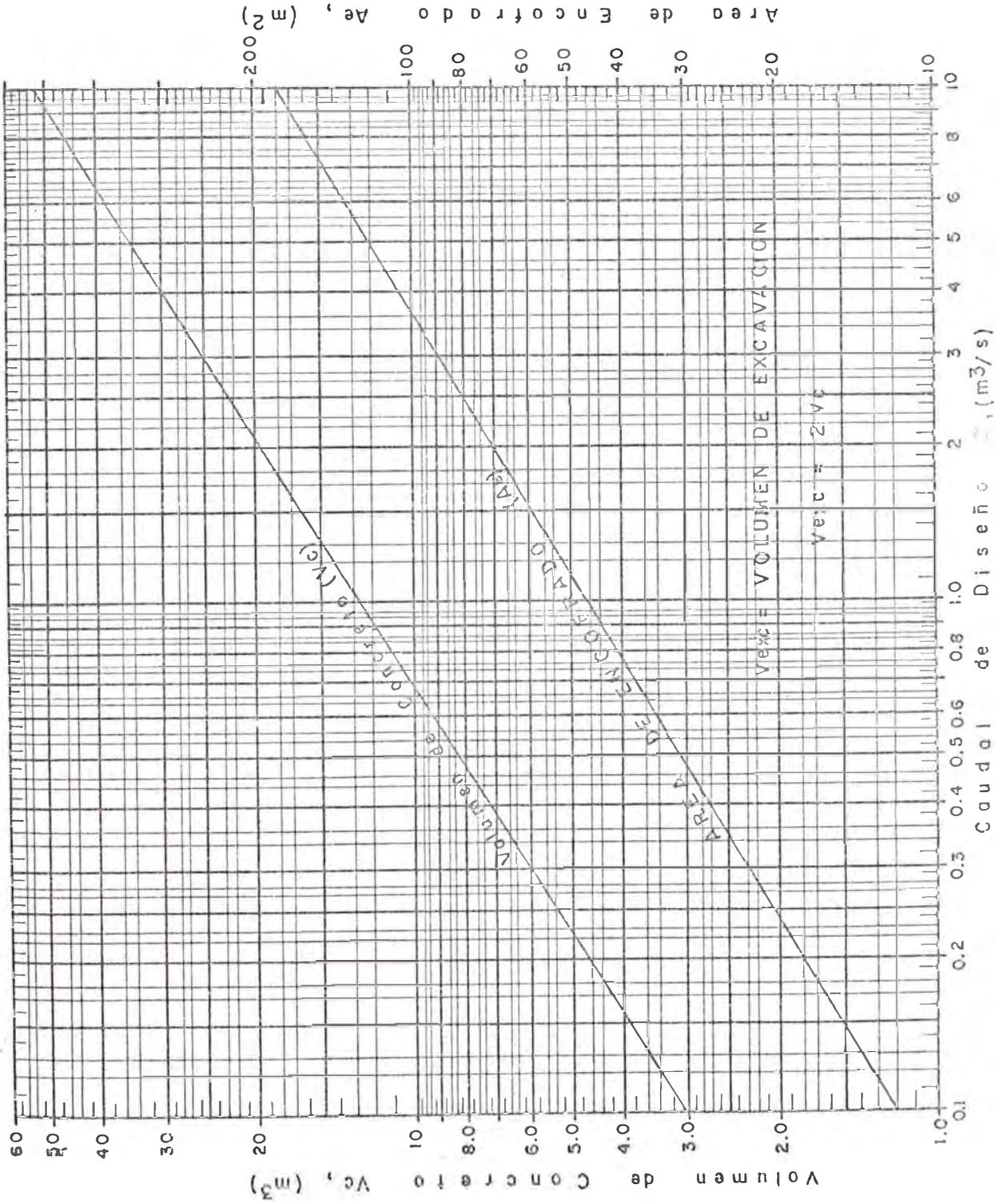


ESQUEMA DE UBICACIONES DE

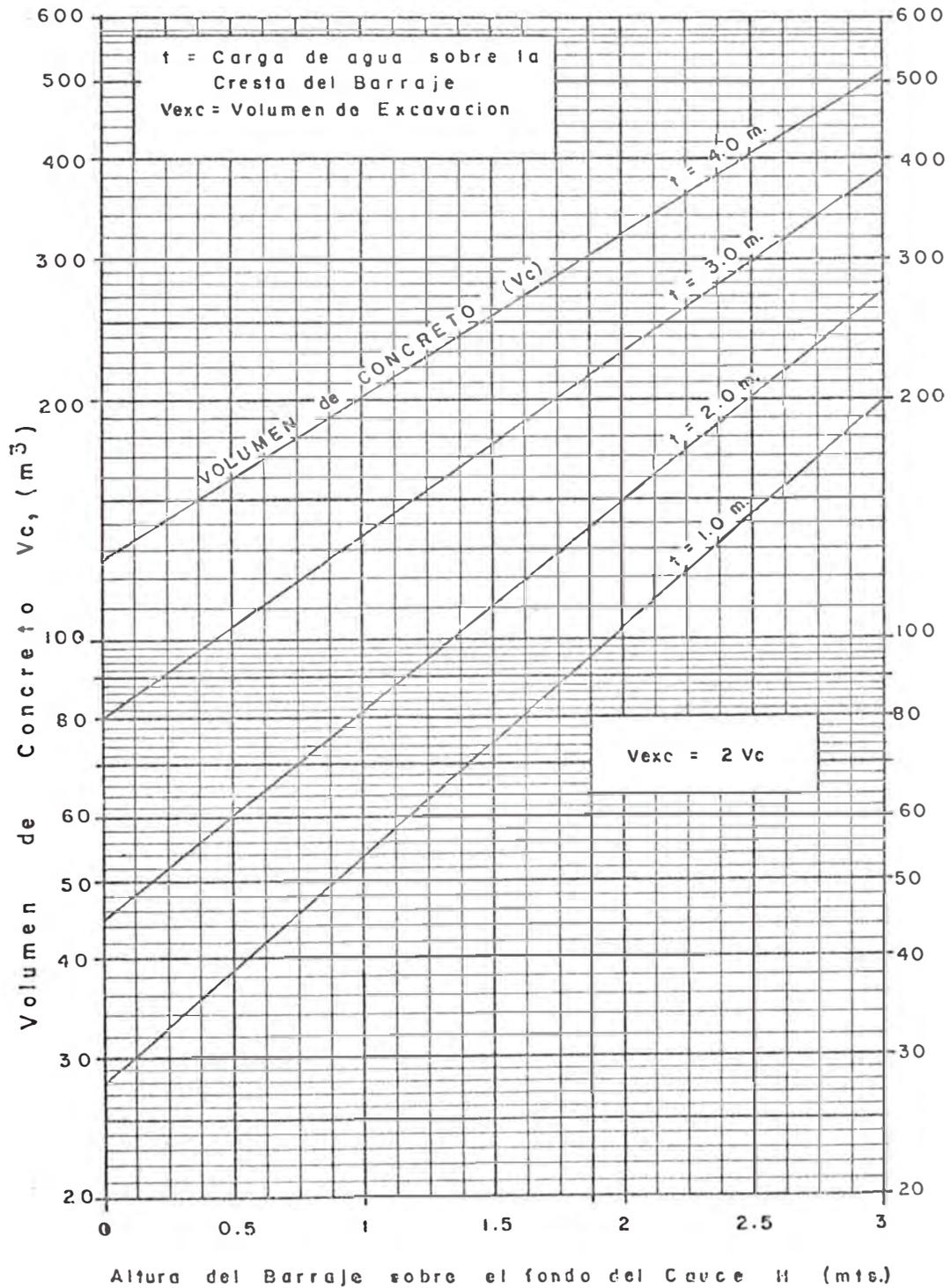
BOCATOMA

- Puntos "A" = Recomendables
- Puntos "B" = Inconvenientes
- Puntos "C" = Inconvenientes

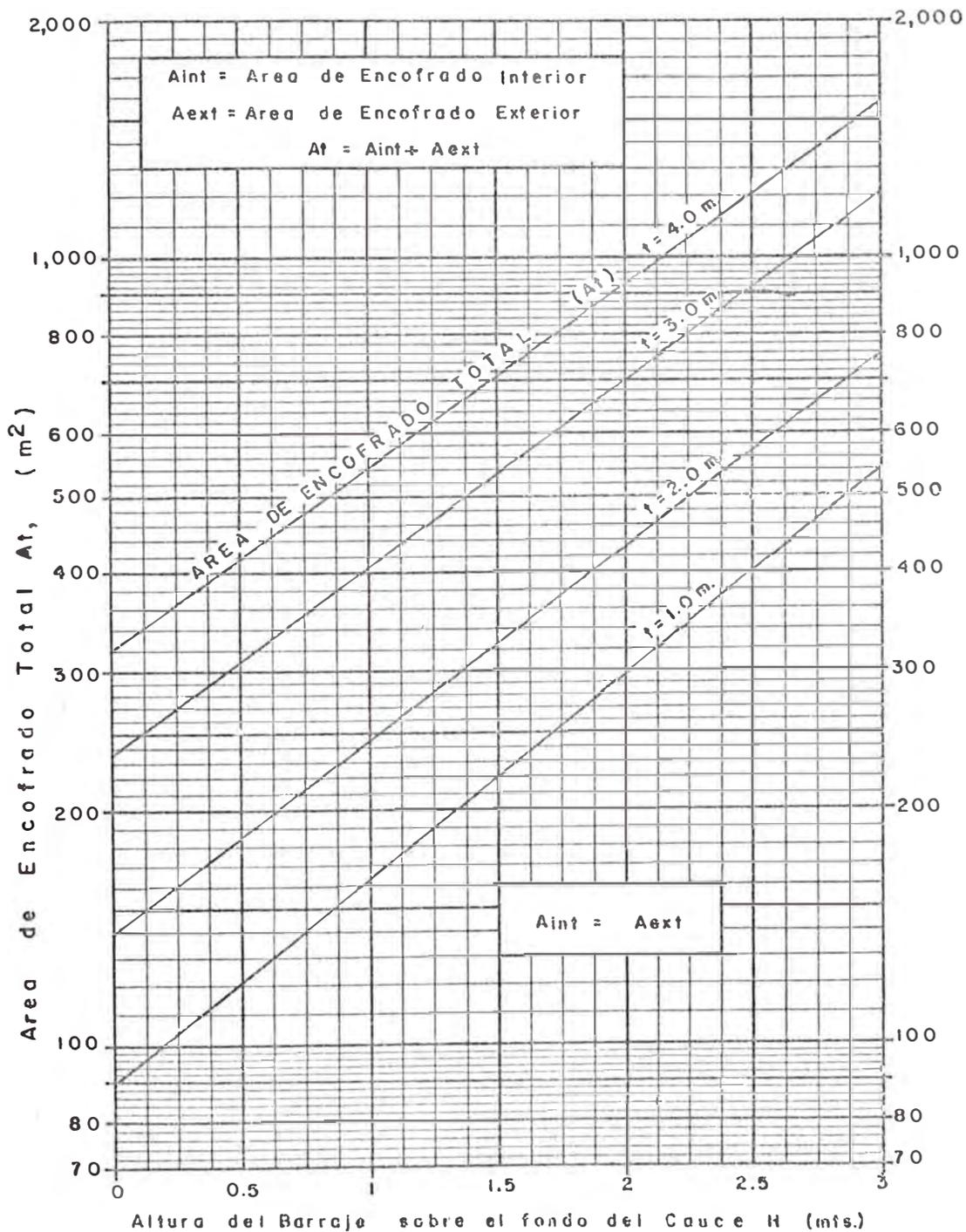
METRADO DE BOCATOMAS



METRADO DEL MURO DE ENCAUZAMIENTO



METRADO DEL MURO DE ENCAUZAMIENTO



5.4.3. BARRAJE DE DERIVACION :

5.4.3.1. GENERALIDADES :

Barraje, también denominado AZUD, es una estructura cuya función es levantar el nivel del agua del río y facilitar el ingreso de agua en el bocal de toma en un determinado aprovechamiento hidroeléctrico.

El Barraje debe construirse con base en la roca firme del cauce si no es este el caso como son los ríos peruanos con un cauce aluvional en la mayoría de los casos, se deberá construir el Barraje sobre este tipo de material.

Para lo cual, su base debe tener una longitud suficiente para que el agua de percolación en la superficie de contacto entre la base de la estructura y el material aluvional del cauce no produzca el fenómeno de la tubificación o erosión regresiva.

5.4.3.2. PARAMETROS NECESARIOS PARA EL DISEÑO DEL BARRAJE :

Los parámetros necesarios para el diseño del azud son los siguientes :

a) Caudal de Máxima Avenida de Diseño :

Como las tomas para este tipo de centrales al nivel de pre-factibilidad no son muy importantes, la máxima avenida de diseño se calcula para un tiempo de retorno de 50 años, que puede obtenerse en la forma expuesta en el Capítulo de METODOLOGIA, correspondiente a "Evaluación del Recurso Hídrico", en el numeral 5.2.2.

b) Ancho del Barraje (b)

El ancho del barraje se puede considerar como el ancho total de río en condiciones normales.

c) Elevación del vertedero sobre el cauce del río (H)

El vertedero del barraje sobre el cauce se coloca a una altura necesaria para la derivación, dependiendo de las siguientes consideraciones :

Establecido el tirante "a" de agua en el canal en la forma expuesta en el Capítulo 5.4.5., se ubicará el vertedero del barraje a una elevación sobre el fondo del río, igual a :

$H = 3a$, cuando el caudal de diseño del canal es muy pequeño

$H = 2.5a$, cuando este caudal está entre $1\text{m}^3/\text{seg.}$ y $10\text{m}^3/\text{seg.}$

$H = 2a$, cuando este caudal es mayor que $10\text{m}^3/\text{seg.}$

Donde "a", es el tirante de agua en el canal de conducción.

d) Tirante de Rebose sobre la Cresta del Vertedero (t) :

Es la carga total sobre la cresta del vertedero cuando discurre sobre ella la máxima avenida de diseño

El caudal de máxima avenida de diseño, el ancho del río en la zona de toma y el tirante de rebose sobre la cresta del vertedero se relacionan mediante la siguiente expresión.

$$Q = C.b.t^{3/2}$$

Donde :

Q = Avenida de diseño para un tiempo de retorno de 50 años.
($\text{m}^3/\text{seg.}$)

b = Ancho del río en la zona del aprovechamiento.

t = Espesor de la carga de agua vertiente sobre la cresta del vertedero.

C = Coeficiente de descarga. Cuando el parámetro aguas arriba con la cresta hacen un ángulo recto, entonces.

$$C = 1.84$$

Cuando el perfil de la cresta es del tipo "Creager", "C" se calcula mediante la siguiente expresión

$$C = \left[0.407 + \frac{0.045t}{t-H} \right] \times \left[1 + 0.285 \left(\frac{H}{t-H} \right)^2 \right] \times \sqrt{2g}$$

H = Altura del vertedero del barraje sobre el fondo del río.

5.4.3.3. DISEÑO DEL BARRAJE :

El diseño común del perfil del vertedero de un barraje se denomina "PERFIL CREAGER" en homenaje a su Autor, debido a que según este diseño, todos los puntos están sometidos a una presión casi nula.

Si no se dá este tipo de perfil en la coronación del azud, pueden producirse depresiones en determinadas zonas, que no sólo deben tenerse en cuenta por que afectan a la estabilidad del Azud, sino que pueden producir fenómenos de cavitación, con los consiguientes deterioros en el material de que esté construído el Azud.

Pero, haciendo una consideración a que este tipo de perfil es necesario en los vertederos de las presas denominadas "altas" o en presas que sirven para almacenamientos grandes, por lo que se ha expuesto líneas arriba; en cambio para los proyectos que se está estudiando, los barrajes son pequeños, entre 1 metro y 3 metros de altura sobre el fondo del río, no son de almacenamiento sino de "paso" por lo que unido a lo antieconómico que resulta la construcción del perfil tipo Creager, se muestra a continuación un tipo de barraje con su diseño paramétrico.

5.4.3.3.1 DISEÑO PARAMETRICO DEL BARRAJE DE DERIVACION :

La Lámina N° 5.17, muestra un diseño económico del barraje de derivación, y la Lámina N°5.18 sus dimensiones, de donde se obtiene directamente para valores de "H" de 1 metro, 2m . y 3m.; donde "H" es la altura del vertedero sobre el fondo del cauce.

Cuando se quiere obtener las dimensiones para los valores de "H" intermedios, se debe interpolar de la siguiente forma :

Ejemplo : Sea $H = 1.8m$, con una carga total sobre la cresta de 2.0 metros; hallar el valor de A.

a) En la Lámina N°5.18, para $H = 1.0m$, con carga total = 2.0m, en las abscisas se obtiene el punto "N" en la curva de A, correspondiente a este segundo gráfico.

b) En la misma lámina para $H=2.0m$, con carga total =2.0m; en las abscisas se obtiene el punto "N" en la curva de "A", correspondiente a este segundo gráfico.

c) Sobre la recta MN, a partir de M, se mide los ocho décimos (8/10) de \overline{MN} y se obtiene el punto "P".

d) Proyectando este punto sobre las ordenadas del gráfico en la escala correspondiente a "dimensiones" se lee el valor de $A = 11.0m$. que es el que corresponde a un barraje de carga total de agua igual a $2.0m$ y un valor de $H = 1.8m$.

e) Igual procedimiento se sigue para cada una de las otras dimensiones, en su curva correspondiente.

En el caso de emplear el espesor "G" indicado en la Lámina N° 5.17, se debe emplear tubos de 3" a 4" de diámetro cada 2 a 3 mts. de intersección longitudinal del área de "E".

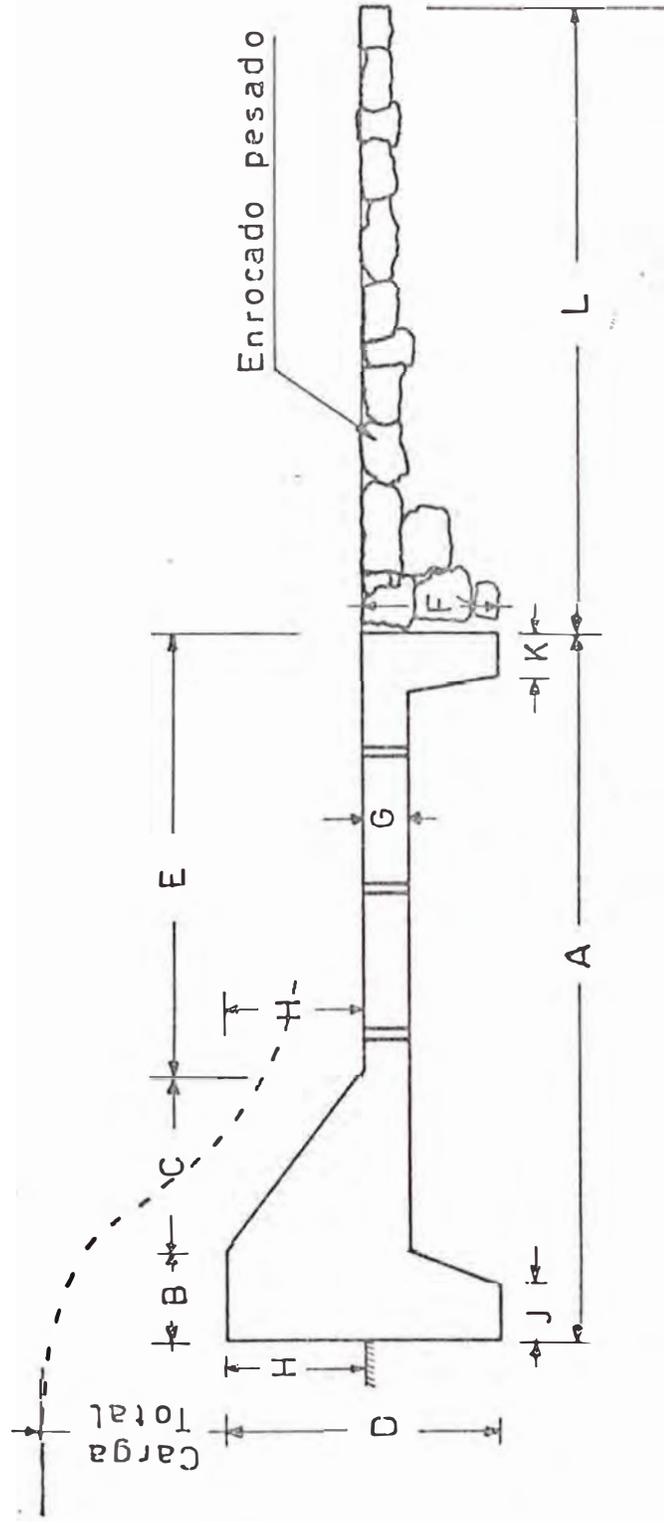
En el caso de que hubiera posibilidad de descarga intensa de piedras grandes en el lecho del río, se debe aumentar de 1.5 a 2.0 veces el espesor de "G", que se indica en la Tabla, y en ese caso no se necesita ubicar los tubos para sub-presión.

El volumen de concreto total que se utilizará para la construcción del barraje se halla multiplicando su área de sección transversal correspondiente que se obtiene de la Lámina N° 5.18, en la misma forma que sus demás dimensiones, por el ancho del río en la zona de toma, en condiciones normales.

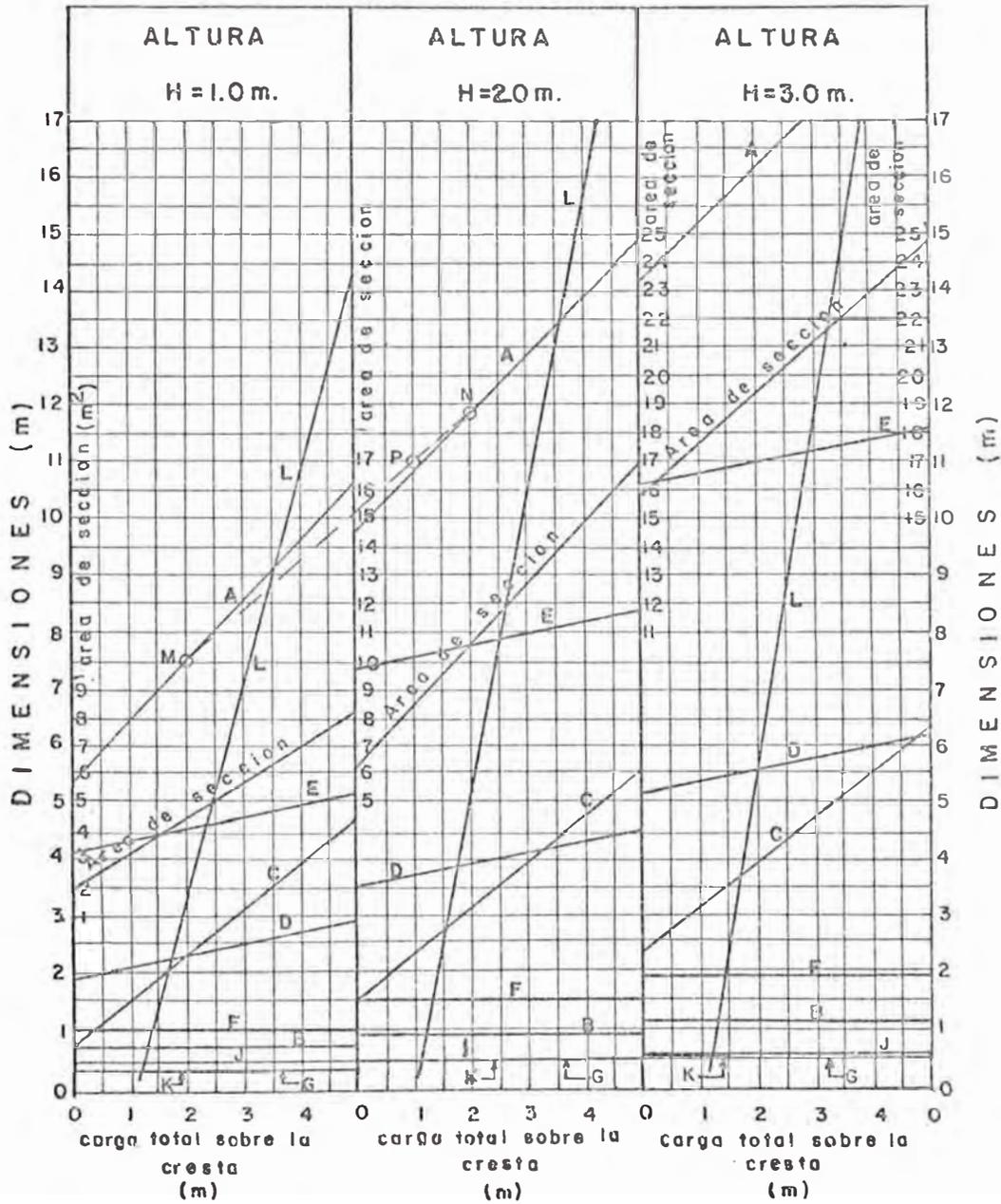
El volumen de excavación se considera que es el doble del volumen del concreto como una buena aproximación.

Para efectos de la eliminación de los depósitos sólidos que se forman frente al orificio de toma, se debe disponer una compuerta en el barraje mismo que debe ubicarse lo más cerca posible a este orificio.

SECCION Y DIMENSIONES DEL
BARRAJE DE DERIVACION



**DIMENSIONES DEL BARRAJE DE
DERIVACION**



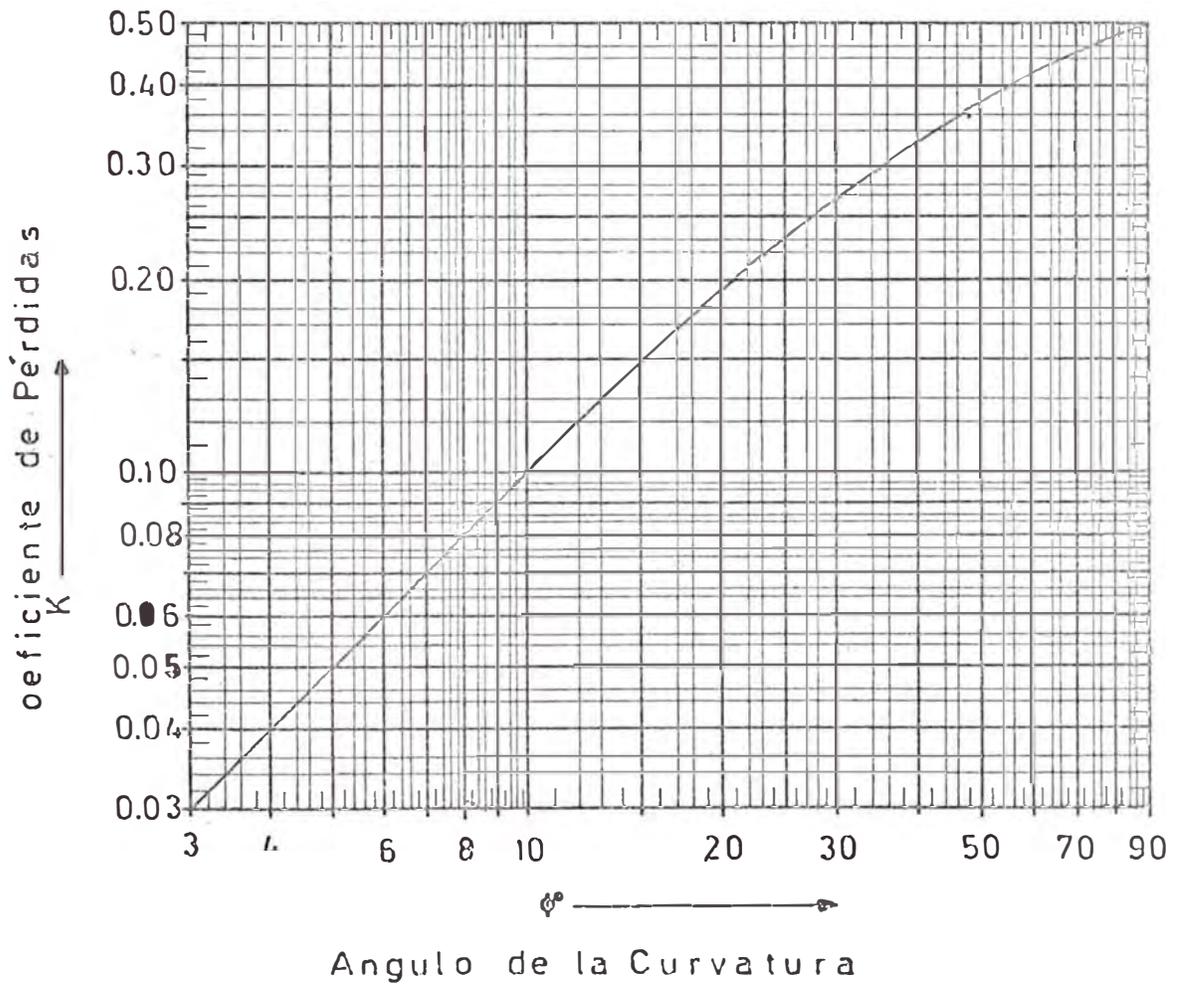
5.4.4. CAIDA APROVECHABLE

La caída aprovechable (ó altura neta de caída) para producir la potencia que cubra la demanda de un Pequeño Sistema Eléctrico, se obtiene substrayendo las pérdidas de carga tanto por fricción (mediante la Lámina N°5.31) como por curvatura (estimándolo con la Lámina N° 5.19 en la cual se entra con el dato del ángulo de curvatura) que se producen en la tubería de presión, de la diferencia de cotas existente entre el pelo de agua en la Cámara de Carga y el eje de las turbinas en la Casa de Máquinas.

Las pérdidas de carga a considerarse entre la Bocatoma y la Cámara de Carga, para que ésta produzca la caída necesaria del Proyecto, se calculan en cada caso particular en forma independiente para cada estructura intermedia entre las antes mencionadas (pérdidas por la gradiente del canal, por sifones, por rápidas, por ensanches, por los accesorios de la bocatoma, por el desarenador, etc.)

COEFICIENTE DE PERDIDA POR CURVA

$$h_f = K \frac{v^2}{2g}$$



5.4.5. DESARENADOR :

5.4.5.1. GENERALIDADES :

Desarenador, es la estructura que permite la eliminación de las partículas mayores de cierto diámetro que son transportadas por el agua en los cursos naturales debido a una reducción de la velocidad de transporte que se produce en esta estructura, dado que las partículas hacen mucho daño a las turbinas desgastándolas cuando llegan hasta éstas debido a la alta energía cinética que posee el agua.

La eliminación de estos materiales acarreados por la corriente se consigue reduciendo la velocidad del agua en el desarenador y con ello se reduce su capacidad de transporte de sedimentos.

La eliminación de estos materiales acarreados por la corriente comprende dos etapas :

a) La decantación de los materiales en suspensión :

Se efectúa obligando a los filetes de agua a fluir con una velocidad baja de tal manera que el flujo pierda su capacidad de transporte de sólidos y decante los materiales en suspensión.

b) La evacuación de los materiales depositados :

Consiste en eliminar los materiales depositados.

Los desarenadores propiamente dichos son estructuras hidráulicas donde las dos operaciones tanto de decantación y eliminación de los depósitos se efectúan simultáneamente.

5.4.5.2. UBICACION :

Para que las aguas que corren por el canal sean lo más limpias posibles, evitando así la formación en él de sedimentos conviene que el depósito esté lo más cerca posible del barraje de derivación.

Por otra parte, si se coloca el depósito de sedimentación junto a la Casa de Máquinas, puede servir para cámara de presión, y en cierto

modo, de depósito de regulación o de compensación.

Además no en todos los puntos podrá situarse el depósito; se necesita que sean favorables las circunstancias de relieve del terreno, para no determinar un excesivo movimiento de tierras y que no resulte muy caro su construcción.

En resumen : siempre que las circunstancias lo permitan, el depósito de sedimentación debe ubicarse junto o muy cerca del barraje de derivación.

5.4.5.3. PARAMETROS PARA EL DISEÑO

Los datos que se necesitan para el diseño del desarenador son los siguientes

- Caudal de diseño
- Diámetro de las partículas a eliminarse \emptyset , en mm.
- Dimensiones de los elementos geométricos del canal de llegada (ancho, tirante, inclinación de taludes).

5.4.5.4. DETERMINACION DE LAS DIMENSIONES DEL DESARENADOR :

Para el dimensionamiento de la estructura del desarenador se siguen los siguientes pasos :

1) Determinación del Diámetro de las Partículas a eliminar :

El tamaño máximo del grano que se debe separar en el depósito de sedimentación depende del tipo de turbina que se emplee, la altura del salto y de la composición granulométrica de los materiales sólidos que lleva el agua.

Conjugando todos los factores anteriores para el diseño del desarenador, se determina el diámetro del grano a eliminar según la tabla siguiente :

TABLA N° 5.4.2.

Diámetro de las partículas a eliminar en el Desarenador	Altura de Caída (H)
1.0 mm.	Hasta 50 mts.
0.5 mm.	de 50 a 200 mts.
0.3 mm.	de 200 a 500 mts.
0.1 mm.	de 500 a 1000 mts.

2) Velocidad del Agua (V) :

Es la velocidad media en el desarenador. Según Du BUAT, las velocidades límites por debajo de las cuales el agua cesa de arrastrar diversas materias son: Para la arcilla plástica, 0.081 mts/seg.; para la arena fina, 0.16 mts./seg. y para la arena gruesa, 0.216 mts/seg. La separación de las partículas limosas diluídas en el agua sólo se consiguen en depósitos en que el agua "duerma" bastantes horas, a veces más de 24; y aunque convendría separar dichas materias, no causan éstas tanto daño como la arena que, desde luego hay que hacerlas sedimentar por completo.

Para alcance de éste estudio, con centrales de pequeña capacidad, se asume que la velocidad del agua en el desarenador debe ser menos de 0.30 metros por segundo.

3) Capacidad del Desarenador :

La capacidad del desarenador debe ser más de 1.5 - 2.0 veces que la capacidad teórica.

4) Determinación de la Velocidad de Sedimentación de las Partículas

En aguas tranquilas, los granos de arena descienden con una velo

cidad de sedimentación "M"; y cuando el agua está en movimiento, existe una velocidad "w", debido a la turbulencia, que tiende a retrasar el descenso; la diferencia (M-w), es la velocidad efectiva de sedimentación ó simplemente "velocidad de sedimentación real".

Para los diferentes diámetros de granos, la velocidad de sedimentación real (M-w) se obtienen de la Lámina N° 5.20.

5) Dimensionamiento del Ancho y Alto del Desarenador :

Con el caudal de diseño y la velocidad del agua de 0.3 mts./seg., se estiman las dimensiones ancho y alto de la poza de sedimentación de acuerdo a las posibilidades topográficas, considerando siempre que debido a la mayor turbulencia no se produce arrastre de los materiales acumulados en el fondo.

Es preferible construir pozas de sedimentación anchas y relativamente poco profundas.

El ancho y la profundidad de la poza de sedimentación se estiman mediante las siguientes expresiones :

$$\text{Adoptando : } B = T.H.$$

$$\text{Donde } T = 1.5 \text{ a } 2.0$$

Se toma $T = 2.0$, por motivos de seguridad.

$$\text{Luego } B = 2H.$$

$$\text{Además } B.H = 0.30$$

Donde :

B Ancho de la poza de sedimentación

H Profundidad de la poza de sedimentación

Q Caudal de diseño.

0.30 Velocidad máxima del agua en la poza de sedimentación
(en m/seg.).

6) Longitud de Transición del Canal al Desarenador (L_1) :

Se calcula mediante la siguiente expresión

$$L_1 = 2(B_1 - B_0), \text{ donde :}$$

L_1 = Longitud de la transición

B_1 = Ancho del desarenador

B_0 = Ancho superficial del canal de aducción

7) Cálculo de la longitud del Desarenador (L) :

La longitud horizontal de la poza de sedimentación se calcula mediante la siguiente expresión :

$$L = V.H. \frac{1}{(M - w)} \cdot C$$

Donde :

L = Longitud de la poza de sedimentación

V = Velocidad media real del agua en la poza de sedimentación
y como máximo es 0.3 mts/seg.

(M-w) = Velocidad de sedimentación real del diámetro de grano considerado.

C = Coeficiente de almacenamiento 2.0

8) Ejemplo de Cálculo :

B = 2.50 mts.

H = 1.25 mts.

Altura de caída neta de la central (Hn) = 80 mts.

Qd = 0.80 m³/seg.

- Diámetro máximo a eliminar (de la Tabla 5.4.2.)

$$\emptyset = 0.5 \text{ mm.}$$

- Cálculo de la velocidad del agua en el desarenador

$$V = \frac{Qd}{A} = \frac{0.80}{2.5 \times 1.25} = 0.256 \text{ m/seg.} < 0.3 \text{ m/seg., O.K.}$$

-Estimación de la velocidad de sedimentación real para un diámetro de 0.5 mm.

$$\text{De la Lámina N}^\circ 5.20, (M-w) = 6.95 \frac{\text{cms}}{\text{seg.}} = \frac{0.0695 \text{ m}}{\text{seg.}}$$

- Cálculo de la longitud del desarenador :

$$L = V \times H \times \frac{1}{(M-w)} \times C = 0.256 \times 1.25 \times \frac{1}{0.0695} \times 2 = 9.20 \text{ mts.}$$

Luego :

$$\text{Longitud del Desarenador} = 9.20 \text{ mts.}$$

5.4.5.5. DISEÑO PARAMETRICO :

Si las condiciones del terreno hacen factible una estandarización de las dimensiones del desarenador, éstas pueden ser halladas usando los diseños standarizados que muestran las Tablas Nos. 5.4.3. , 5.4.4. y 5.4.5. Tablas que pueden ser usadas de acuerdo a las características de cada central en estudio, debido a que la Tabla N° 5.4.3. muestra las dimensiones de un desarenador para un diámetro máximo de partícula a eliminar de 0.3 - mm, la Tabla N° 5.4.4. de 0.5 mm. y la Tabla N° 5.4.5. de 1.0 mm., respectivamente, según el esquema mostrado en la Lámina N° 5.21.

Además las Láminas Nos. 5.22, 5.23 y 5.24, muestran los metrados completos tanto de concreto, área de encofrado interior y volumen de excavación para los desarenadores standard de las características dadas en las Tablas de dimensiones anteriormente mencionadas. Para usar las Láminas en referencia se entra con el caudal de diseño, obteniéndose con cada curva su metrado correspondiente.

Si el caudal de diseño de la central hidroeléctrica en estudio no figurara en las tablas mencionadas líneas arriba y estuviera comprendido entre dos valores dados en las tablas de dimensiones del desarenador standard; para un diámetro máximo de partícula a eliminar determinada, pa

ra encontrar el diseño del desarenador correspondiente al caudal, en estudio, se interpola cada una de las dimensiones del desarenador para los caudales en que está comprendido en la tabla correspondiente al diámetro de partícula.

Las tablas de dimensionamiento de los elementos que constituyen el desarenador standard, para un diámetro de partícula a eliminar determinado (0.3 mm, 0.5 ó 1.00 mm) se dan a continuación, así como las Láminas para los metrados totales.

Donde :

D_0 = Tirante del agua en el canal de entrada.

B_0 = Ancho superficial del canal de entrada o salida

d_1 = Ancho del desarenador.

L = Longitud del desarenador

L_1 = Longitud de transición del desarenador

d_2 = Tirante final del agua en el desarenador

F = Borde libre

d_3 = Profundidad máxima de la canaleta de desarenación

J = Ancho de la canaleta de desarenación

M = Ancho del concreto para la compuerta.

TABLA N° 5.4.3.

DIAMETRO MAXIMO DE PARTICULAR A ELIMINAR (\emptyset) = 0.3mm.

DIMENSIONES	Q (m ³ /seg)										
	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0		
D ₀	0.29	0.38	0.50	0.57	0.65	0.69	0.80	0.90	1.05		
B ₀	0.50	0.65	0.85	0.97	1.11	1.17	1.36	1.53	1.79		
d ₁	0.45	0.60	0.85	1.05	1.20	1.35	1.60	1.85	2.25		
B ₁	0.90	1.20	1.70	2.10	2.40	2.70	3.20	3.70	4.50		
L	5.40	8.00	11.20	13.60	15.90	17.60	22.30	25.70	31.70		
L ₁	0.80	1.10	1.70	2.25	2.60	3.00	3.70	4.30	5.40		
d ₂	0.70	0.90	1.30	1.60	1.85	2.00	2.50	2.90	3.50		
F	0.20	0.20	0.20	0.25	0.25	0.25	0.30	0.30	0.30		
d ₃	0.72	0.93	1.34	1.65	1.91	2.07	2.58	2.99	3.61		
J	0.40	0.55	0.70	0.80	0.90	0.90	1.10	1.10	1.25		
M	0.60	0.75	0.90	1.00	1.10	1.20	1.40	1.50	1.70		
K	0.30	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.70	0.75	0.85		
t ₁	0.40	0.45	0.55	0.60	0.60	0.70	0.75	0.85	0.95		

TABLA N° 5.4.4.

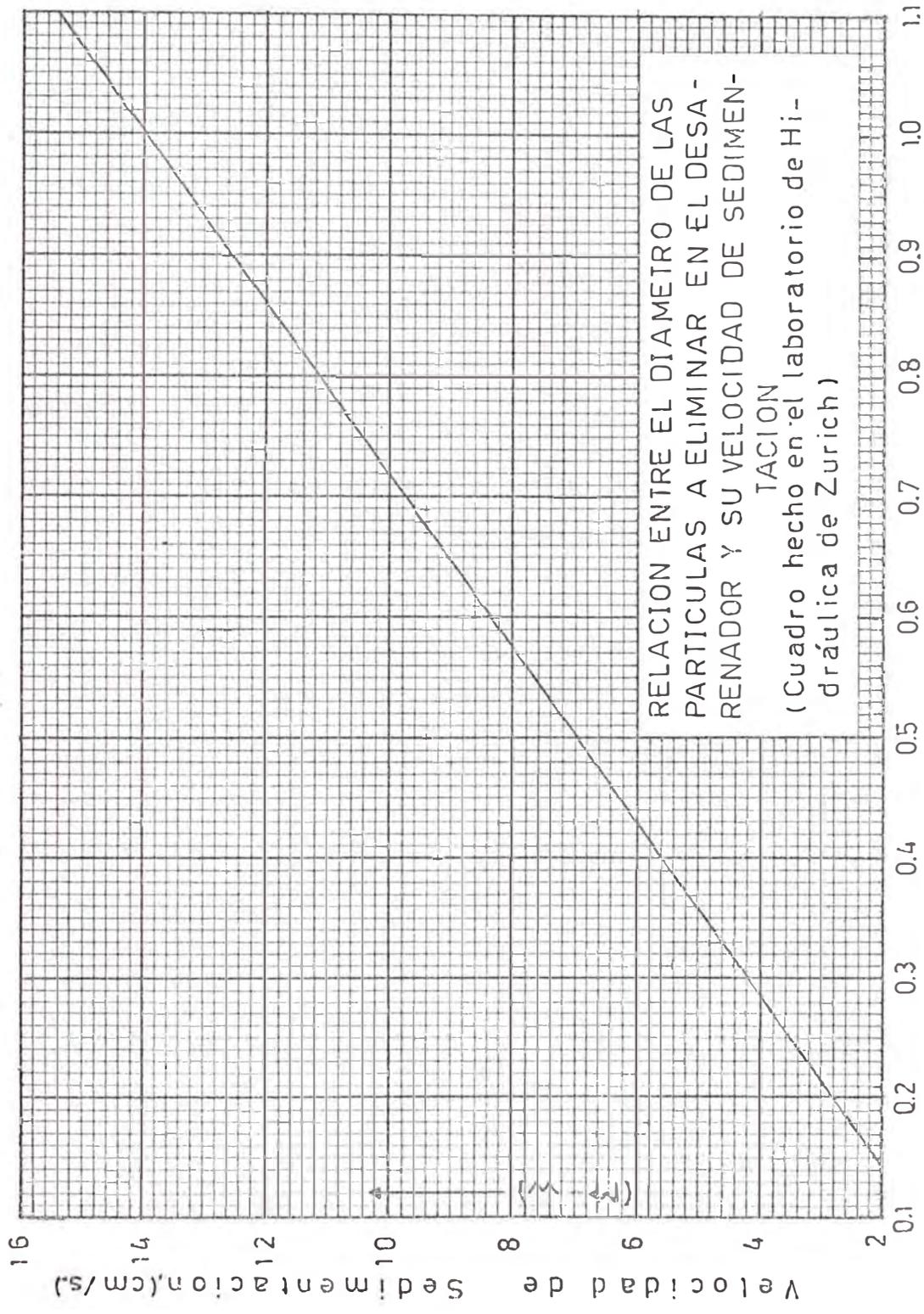
DIAMETRO MAXIMO DE PARTICULAS A ELIMINAR (\emptyset) = 0.5 mm

DIMENSIONES	Q (m ³ /seg)									
	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0	
D ₀	0.29	0.38	0.50	0.57	0.65	0.69	0.80	0.90	1.05	
B ₀	0.50	0.65	0.85	0.97	1.11	1.17	1.36	1.53	1.79	
d ₁	0.45	0.60	0.85	1.05	1.20	1.35	1.60	1.85	2.25	
B ₁	0.90	1.20	1.70	2.10	2.40	2.70	3.20	3.70	4.50	
L	3.20	4.80	6.70	8.20	9.50	10.60	13.40	15.45	19.00	
L ₁	0.80	1.10	1.70	2.25	2.60	3.00	3.70	4.30	5.40	
d ₂	0.60	0.80	1.10	1.40	1.60	1.80	2.15	2.45	3.00	
F	0.20	0.20	0.20	0.25	0.25	0.25	0.30	0.30	0.30	
d ₃	0.63	0.83	1.15	1.45	1.66	1.87	2.23	2.55	3.12	
J	0.40	0.55	0.70	0.80	0.90	0.90	1.00	1.10	1.25	
M	0.60	0.75	0.90	1.00	1.10	1.20	1.40	1.50	1.70	
K	0.30	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.70	0.75	0.85	
t ₁	0.40	0.45	0.55	0.60	0.60	0.70	0.75	0.85	0.95	

TABLA N° 5.4.5.

DIAMETRO MAXIMO DE PARTICULAS A ELIMINAR (\emptyset) - 1.0 mm

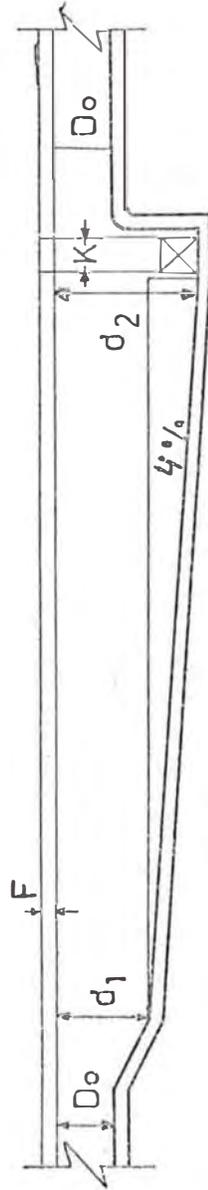
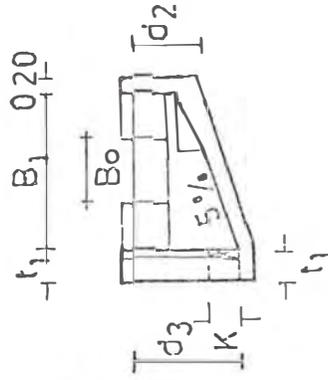
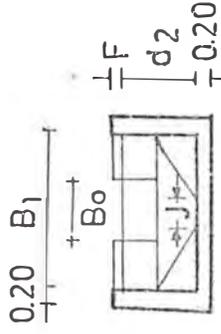
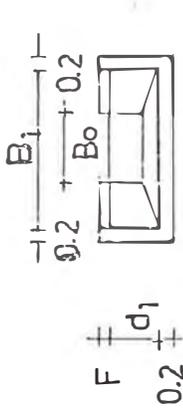
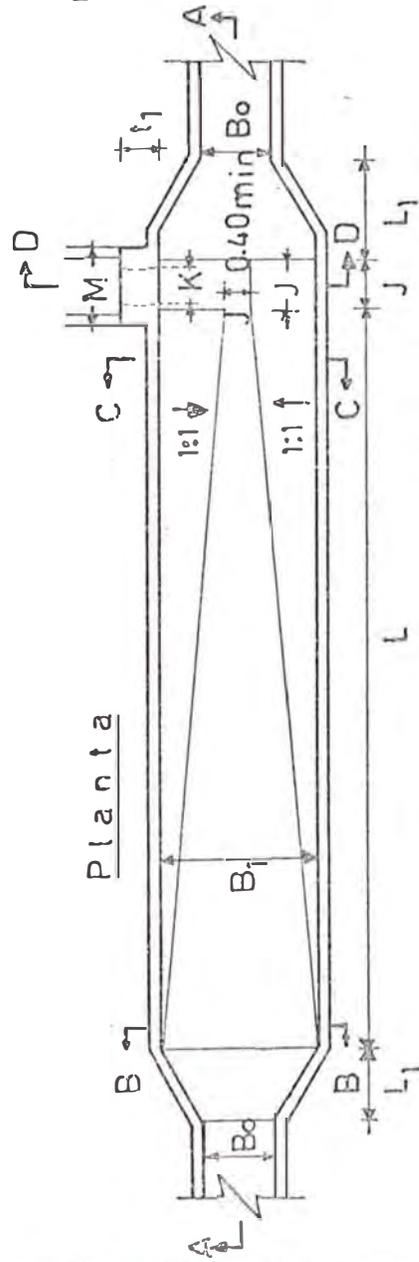
DIMENSIONES	Q (m ³ /seg)									
	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0	
D°	0.29	0.38	0.50	0.57	0.65	0.69	0.80	0.90	1.05	
B ₀	0.50	0.65	0.85	0.97	1.11	1.17	1.36	1.53	1.79	
d ₁	0.45	0.60	0.85	1.05	1.20	1.35	1.60	1.85	2.25	
B ₁	0.90	1.20	1.70	2.10	2.40	2.70	3.20	3.70	4.50	
L	1.60	2.40	3.40	4.10	4.80	5.30	6.70	7.70	9.50	
L ₁	0.80	1.10	1.70	2.25	2.60	3.00	3.70	4.30	5.40	
d ₂	0.50	0.70	1.00	1.20	1.40	1.55	1.85	2.15	2.65	
F	0.20	0.20	0.20	0.25	0.25	0.25	0.30	0.30	0.30	
d ₃	0.53	0.73	1.05	1.25	1.46	1.62	1.93	2.25	2.77	
J	0.40	0.55	0.70	0.80	0.90	0.90	1.00	1.10	1.25	
M	0.60	0.75	0.90	1.00	1.10	1.20	1.40	1.50	1.70	
K	0.30	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.70	0.75	0.85	
t ₁	0.40	0.45	0.55	0.60	0.60	0.70	0.75	0.85	0.95	



Diametro de las Partículas (mm.)

Velocidad de Sedimentación (cm/s)

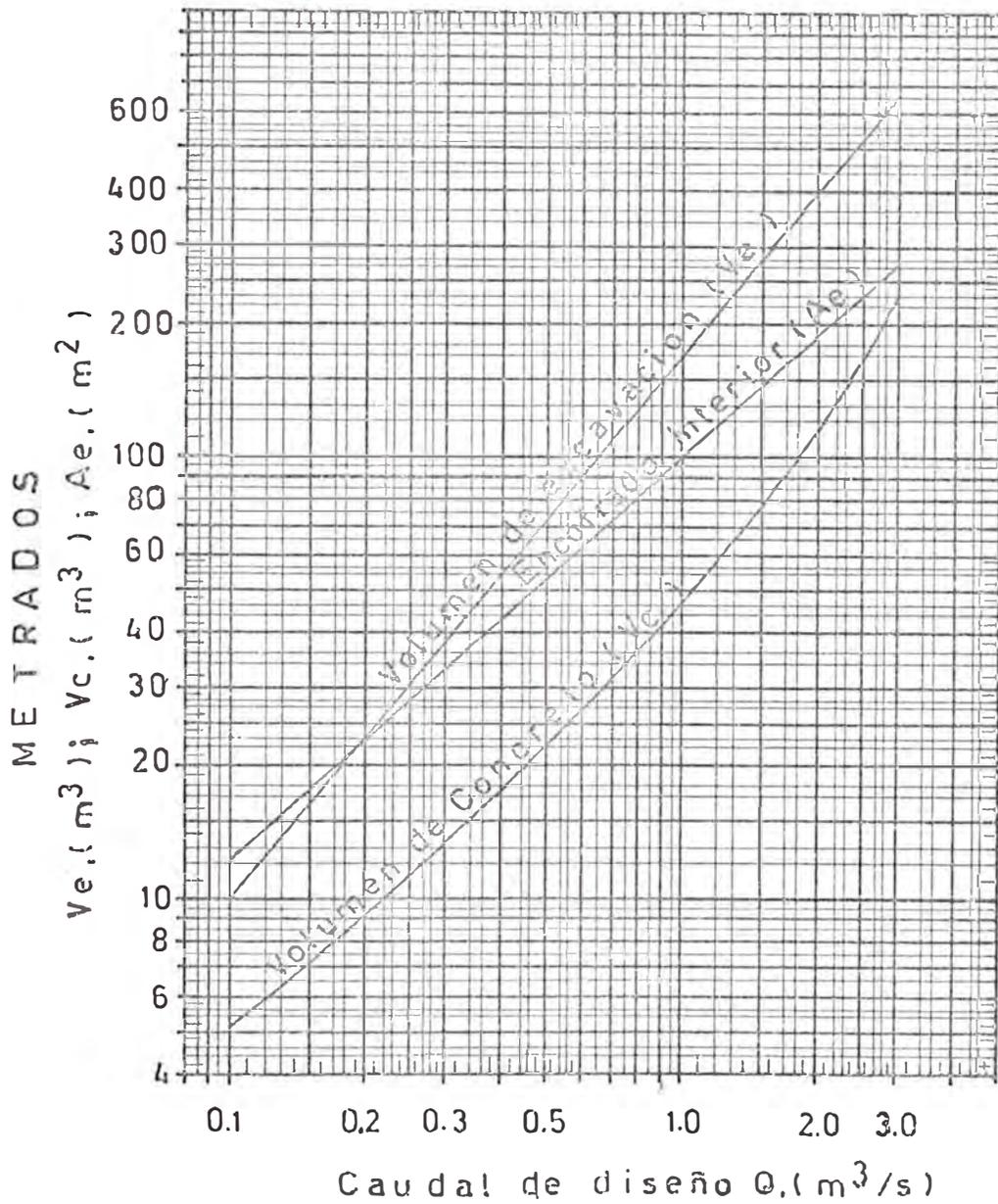
PLANO ESTANDAR DEL
DESARENADOR



Seccion A-A

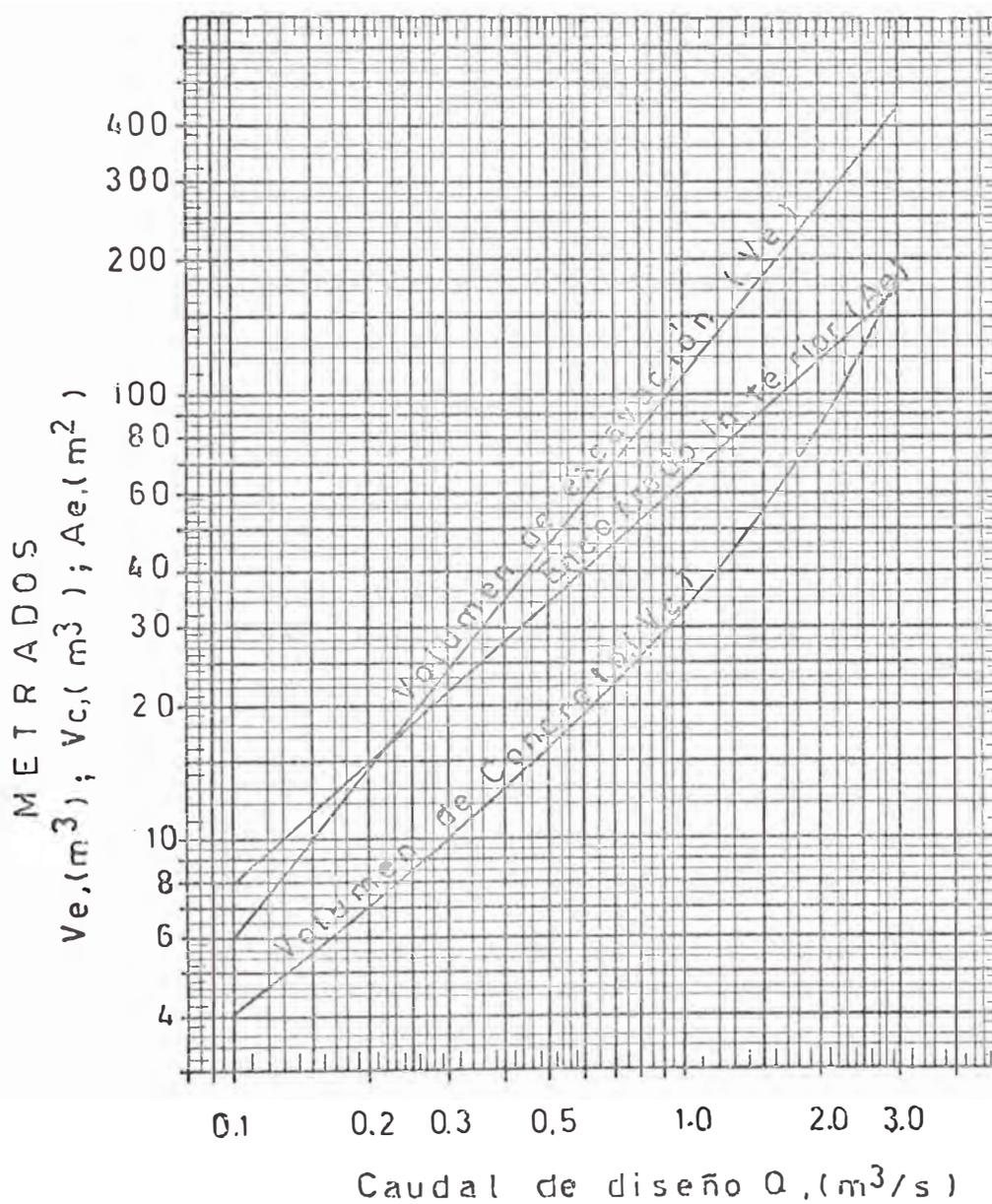
METRADO DEL DESARENADOR
ESTANDARD

Diametro maximo de partícula a eliminar en el DESARENADOR = 0.3 mm.



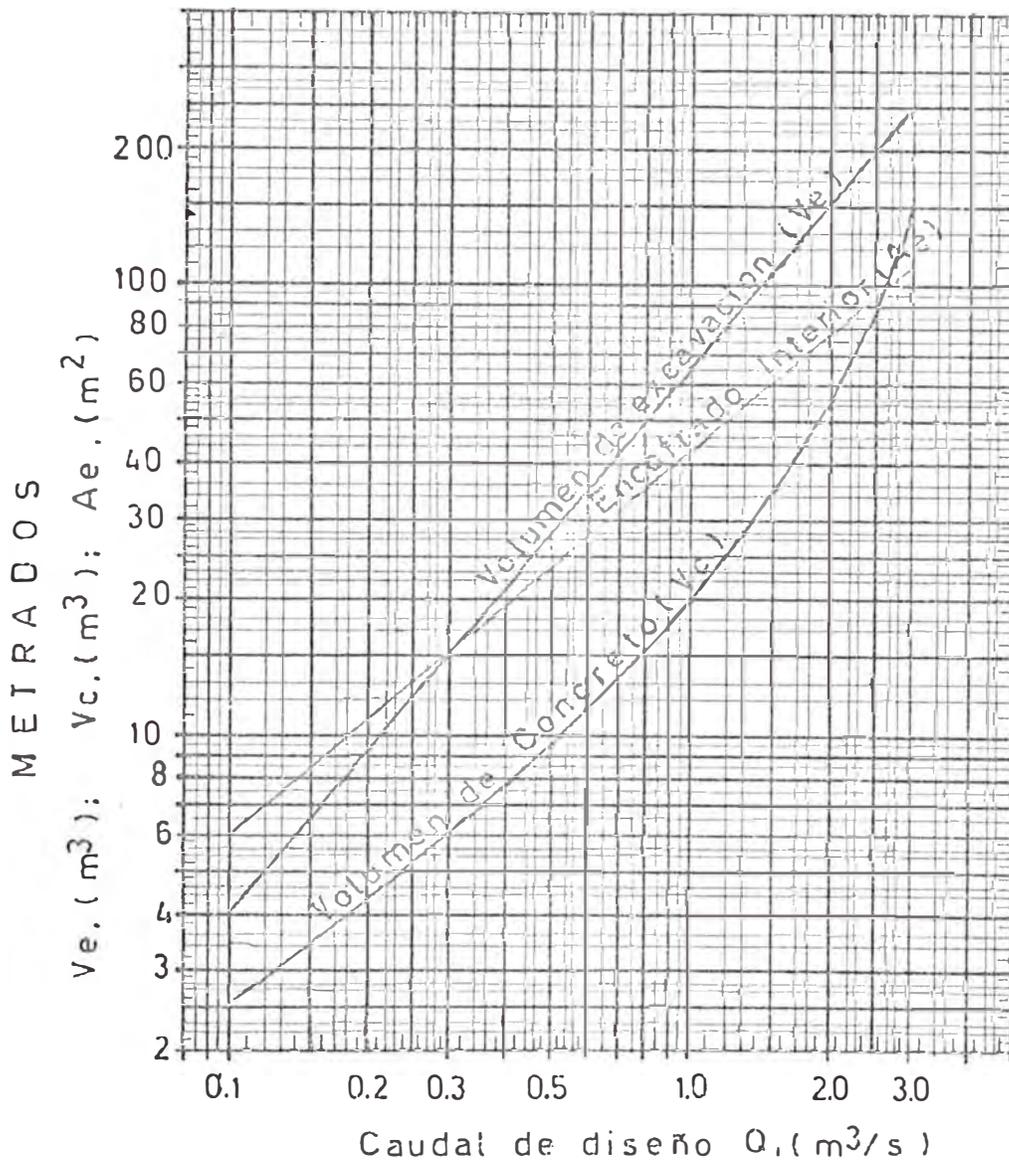
METRADO DEL DESARENADOR
ESTANDAR

Diametro maximo de partícula a eliminar en el DESARENADOR = 0.5 mm,



METRADO DEL DESARENADOR
ESTANDARO

Diametro maximo de partucula a eliminar
en el DESARENADOR = 1.0 mm.



5.4.6. CANALES DE ADUCCION

5.4.6.1. GENERALIDADES

Los canales, son estructuras que sirven para conducir el agua para diversos fines por el sistema de gravedad, y cuya característica es que sobre el pelo del agua en conducción actúa solamente la presión atmosférica. Este es el tipo de conducción, más comúnmente llamados conducción a "pelo libre".

Para el caso de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas generalmente el canal es la estructura que deriva el caudal de agua desde el sitio de toma hasta la cámara de carga, lugar donde desemboca a la tubería de presión.

5.4.6.2. DISEÑO DE CANALES

Para el diseño de los conductos abiertos (canales de conducción) existen diferentes fórmulas (más de 20), preconizadas para ello; de las cuales se muestra a continuación la más utilizada que es la ecuación de Manning.

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad \text{-- (1)}$$

Y la ecuación de continuidad :

$$Q = A \cdot V \quad \text{-- (2)}$$

Donde :

R = Radio medio hidráulico del canal de conducción, y es el cociente de dividir el área transversal mojada entre el perímetro mojado de la sección del canal.

$$R = \frac{A}{P} \quad \text{-- (3)}$$

P - Perímetro mojado de la sección transversal del canal de conducción.

A = Area de la sección transversal mojada del canal de conducción

S = Pendiente longitudinal del canal de conducción.

n = Coeficiente de rugosidad de las paredes del canal según Manning, que puede tomar los siguientes valores :

<u>SUPERFICIE DEL CANAL</u>	<u>"n"</u>
- En concreto	0.014
- En mampostería	0.020
- En tierra, rectos y uniformes	0.020
- En piedra mal puesta	0.040
- En tierra, dragado	0.028
- De piedra en el fondo y los lados	0.030

Q = Caudal de diseño del proyecto en conducción por el canal.

V = Velocidad promedio del agua en el canal.

Reemplazando las ecuaciones (1) y (3) en la ecuación (2) :

$$Q = A \cdot \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{A}{P}\right)^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (4).$$

Luego :

$$Q = \frac{A^{5/3} \cdot S^{1/2}}{n \cdot P^{2/3}} \quad - - (5)$$

Según el esquema de la sección transversal de un canal trapecoidal de la Lámina N° 5.25, se tiene :

$$\text{Area mojada} = A = (m \cdot y + b) \cdot y \quad --(6)$$

$$\text{Perímetro mojado} = P = 2 \cdot y \cdot \sqrt{1+m^2} + b \quad --(7)$$

Reemplazando las ecuaciones (6) y (7) en la ec.(5) se tiene :

$$Q = \frac{(m \cdot y + b)^{5/3} \cdot y^{5/3} \cdot S^{1/2}}{(2 \cdot y \cdot \sqrt{1+m^2} + b)^{2/3} \cdot n} \quad --(8)$$

Donde m, es el talud de las paredes transversales del canal; y, es el tirante de agua en el canal; b, es el ancho del fondo del canal y n, es el coeficiente de rugosidad de Manning. La ecuación (8) se soluciona por el método de las aproximaciones sucesivas quedando el canal completamente dimensionado.

5.4.6.3. DISEÑO PARAMETRICO DE CANALES :

Para un dimensionamiento rápido de los canales de conducción, se han preparado unos gráficos (abacos), que se muestran y describen a continuación y que permiten el diseño de los canales conociendo el caudal que van a conducir.

El diseño paramétrico de los canales de conducción se realiza de la siguiente manera :

a) Determinación de la pendiente longitudinal del canal:

Se escoge una determinada pendiente longitudinal que tendrá el canal de acuerdo a diversas consideraciones, pendientes que pueden ser

$1/300$, $1/500$, $1/800$, $1/1000$, $5/10000$

De todas estas pendientes posibles, se recomienda usar la pendiente $1/500$, por razones de seguridad a la colmatación del canal en toda su longitud.

b) Determinación del talud de las paredes laterales del canal

Se asigna el talud de las paredes laterales del canal de acuerdo a la topografía y material del terreno y que pueden ser :

$1/4:1$, $1/2:1$, ó **$1:1$** .

Es decir si el canal atravieza una ladera muy inestable, se usará $1/4:1$ ó $1/2:1$, si el canal atravieza una zona casi horizontal se usará $1:1$, etc.

c) Ubicación y uso de los Abacos :

Una vez escogido el talud de las paredes laterales del canal según (b), se ubica el juego de láminas a usar, según sea el caso.

Cada juego de láminas consta de 3, en la primera se muestra la solución de las ecuaciones (1) y (2) del numeral 5.4.6.2. que dá el caudal de diseño que discurre por el canal en función del tirante de agua para las pendientes de fondo del canal según (a), así como también la velocidad del agua en el canal en función del tirante para las mismas pendientes de fondo que del caudal.

En esta primera lámina se entra con el caudal de diseño de la central; horizontalmente hasta interceptarse con la curva de la pendiente escogida hallándose en el lado inferior el tirante de agua correspondiente para las condiciones dadas.

En la segunda lámina se muestra el dimensionamiento general de las estructuras del canal y que pueden ser halladas usando las ecuaciones o las curvas allí mostradas. En esta lámina se entra con el tirante de agua del canal, hallado en la primera lámina por el lado inferior, cortando a cada una de las curvas correspondiente a las dimensiones del canal que se leen en los costados verticales.

La tercera lámina muestra el metrado general del volumen de excavación por metro lineal para taludes del terreno natural 1.5:1 y 2:1, el volumen por metro lineal de concreto y el área por metro lineal de encofrado interior.

De los tres juegos de láminas, sólo las láminas 5.28 muestran un diseño de "Máxima eficiencia hidráulica".

d) En la primera lámina del juego a usar, con el caudal y la pendiente longitudinal determinados, se halla el tirante de agua.

e) Con este tirante así hallado, se entra a la segunda lámina del mismo juego y se encuentran las dimensiones generales del canal.

f) Con el mismo tirante, se entra a la tercera lámina del juego y se encuentran los metrados totales de excavación, concreto y encofrado interior, para las condiciones dadas.

g) Ejemplo Ilustrativo

Datos:

Q (diseño) $0.36 \text{ m}^3/\text{seg.}$

pendiente de fondo (asumido) 1/500

talud paredes (asumido) 1/4:1.

Según el talud de paredes 1/4:1, se usa el juego de láminas 5.26 :

Primera lámina :

Con $Q = 0.36 \text{ m}^3/\text{seg.}$ y $S = 1/500 :$

.Tirante de agua = $a = 0.47 \text{ m.}$

Segunda Lámina :

Con $a = 0.47 \text{ m.} :$

.Ancho de fondo = $b = 0.57 \text{ m.}$

.Altura desde el fondo = $A = 0.65 \text{ m.}, \text{ etc.}$

Tercera Lámina

Con $a = 0.47 \text{ m} :$

.Volumen de excavación (para un talud natural de 2:1)
= $1.19 \text{ m}^3/\text{m.}$

.Volumen de concreto = $0.31 \text{ m}^3/\text{m.}$

.Area interior = $2 \text{ m}^2/\text{m.}$

En los tres juegos de láminas , las capacidades de descarga han sido obtenidos para un coeficiente de rugosidad $n = 0.014$.

Si se tuviera que aplicar otros coeficientes de fricción n' , simplemente se multiplica el caudal de diseño por el factor $(n'/0.014)$ y con este caudal Q' así hallada se dimensionará sus estructuras en la misma forma mencionada anteriormente.

Ejemplo Ilustrativo :

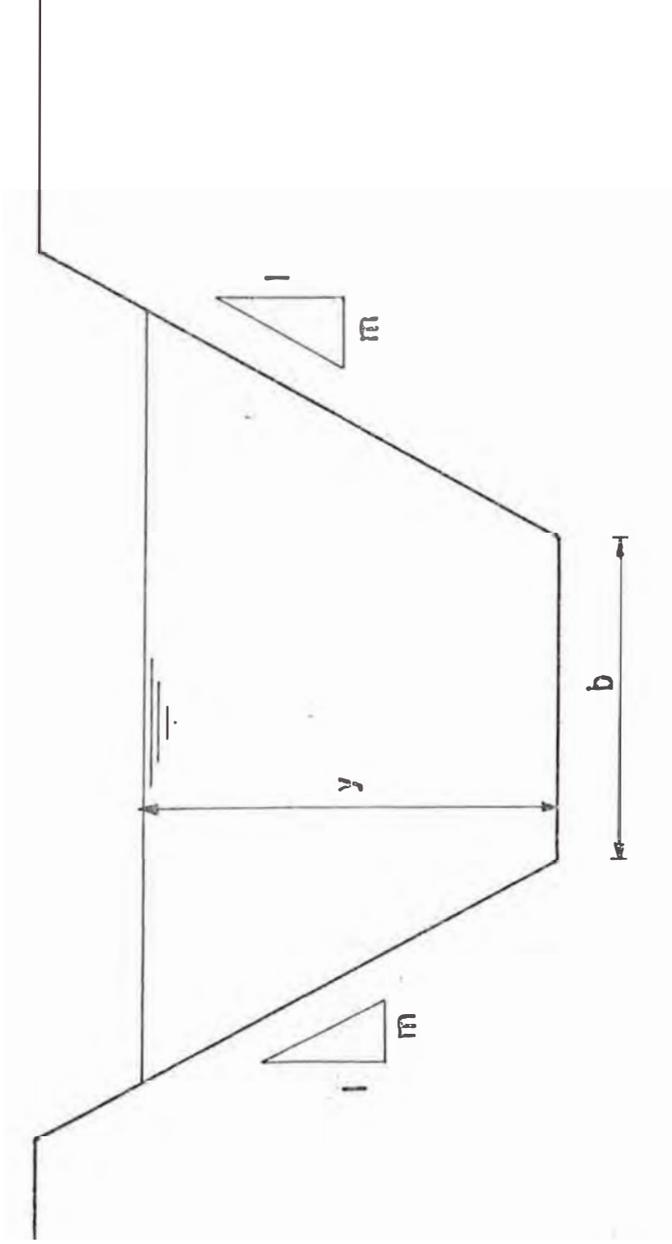
Caso de $n' = 0.020$ y $Q = 0.4 \text{ m}^3/\text{seg.}$

$$Q = 0.4 \times \frac{0.020}{0.014} = 0.57 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

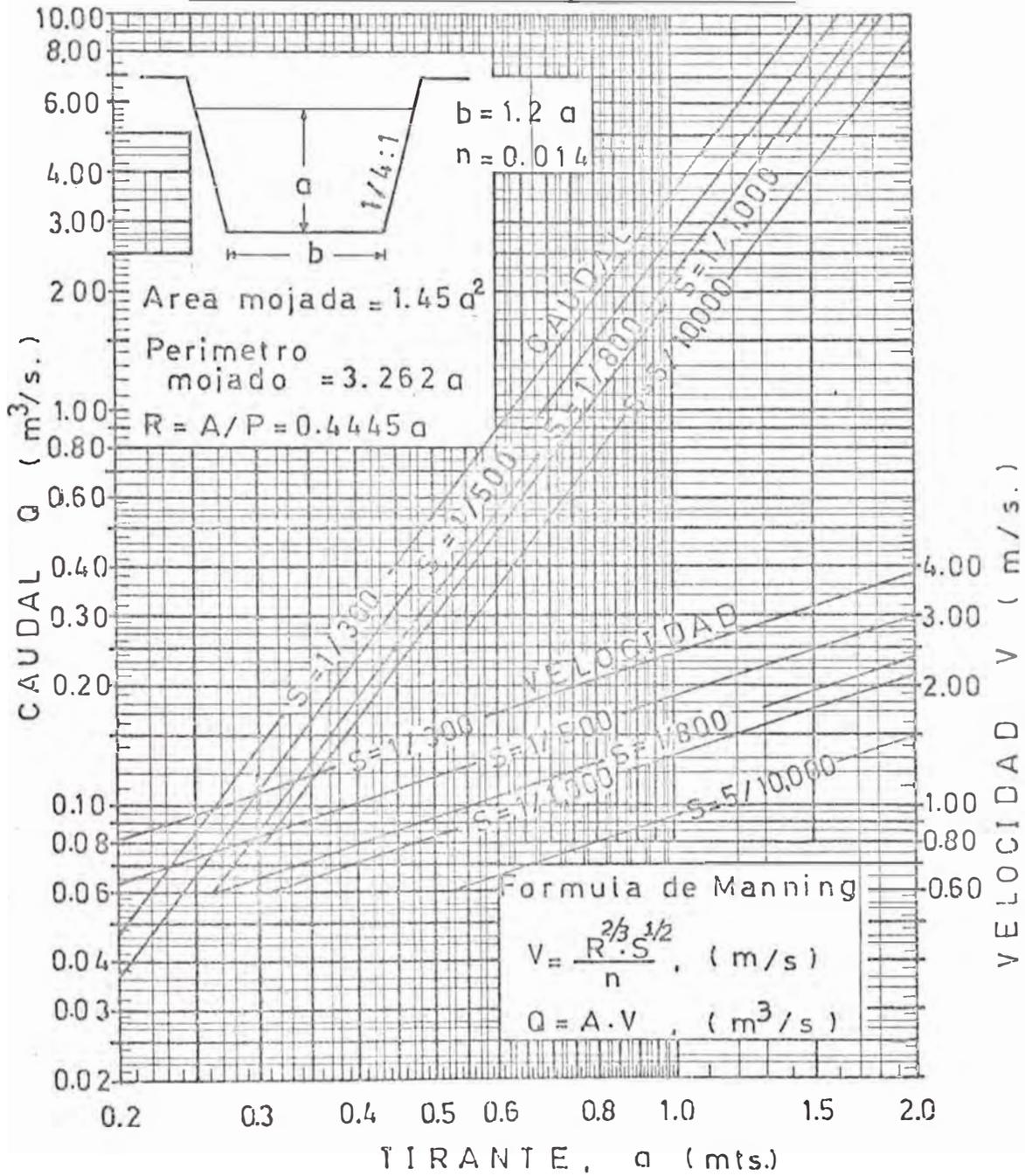
Por lo tanto, las dimensiones del canal para $n' = 0.020$ se deducirán de las mismas láminas pero con un caudal de $0.57 \text{ m}^3/\text{seg.}$

En los canales abiertos se recomienda disponer juntas de dilatación cada 10 mts. de longitud para absorber los efectos de las diferencias de temperatura.

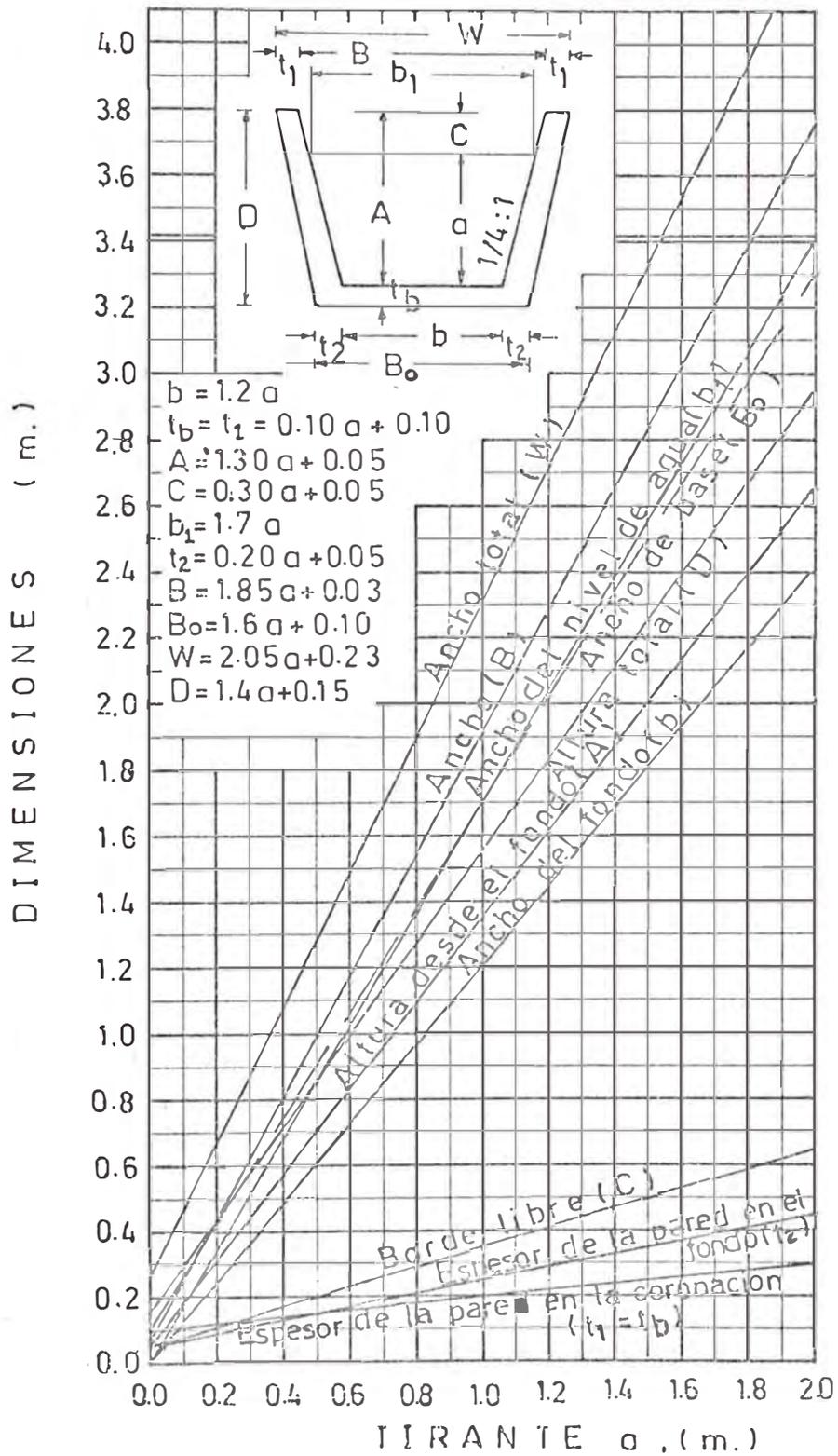
SECCION TRANSVERSAL DE UN CANAL TRAPEZOIDAL



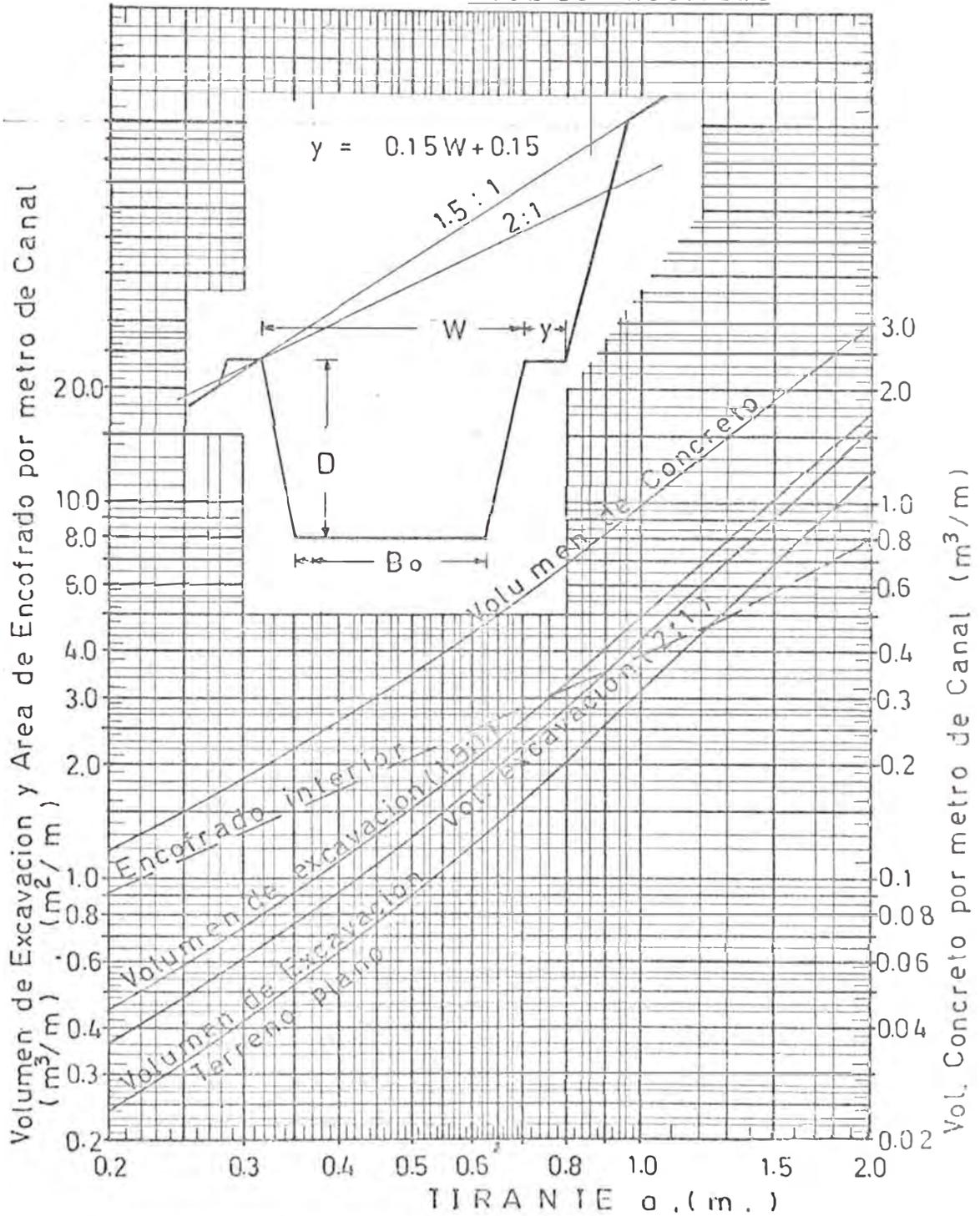
tirante vs Caudal y Velocidad



DIMENSIONES GENERALES

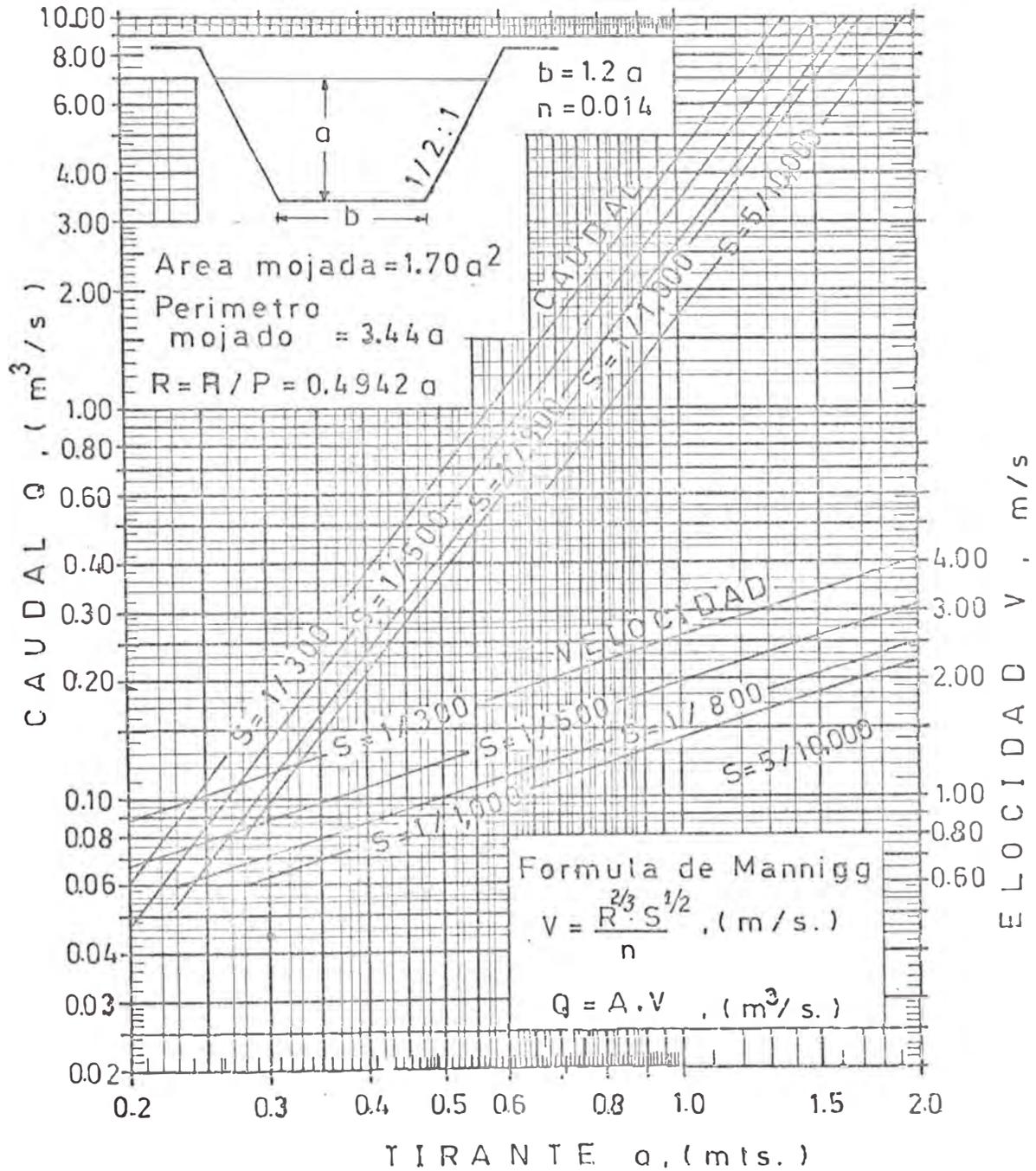


Volumen de Excavacion
 Volumen de Concreto
 Area de Encofrado

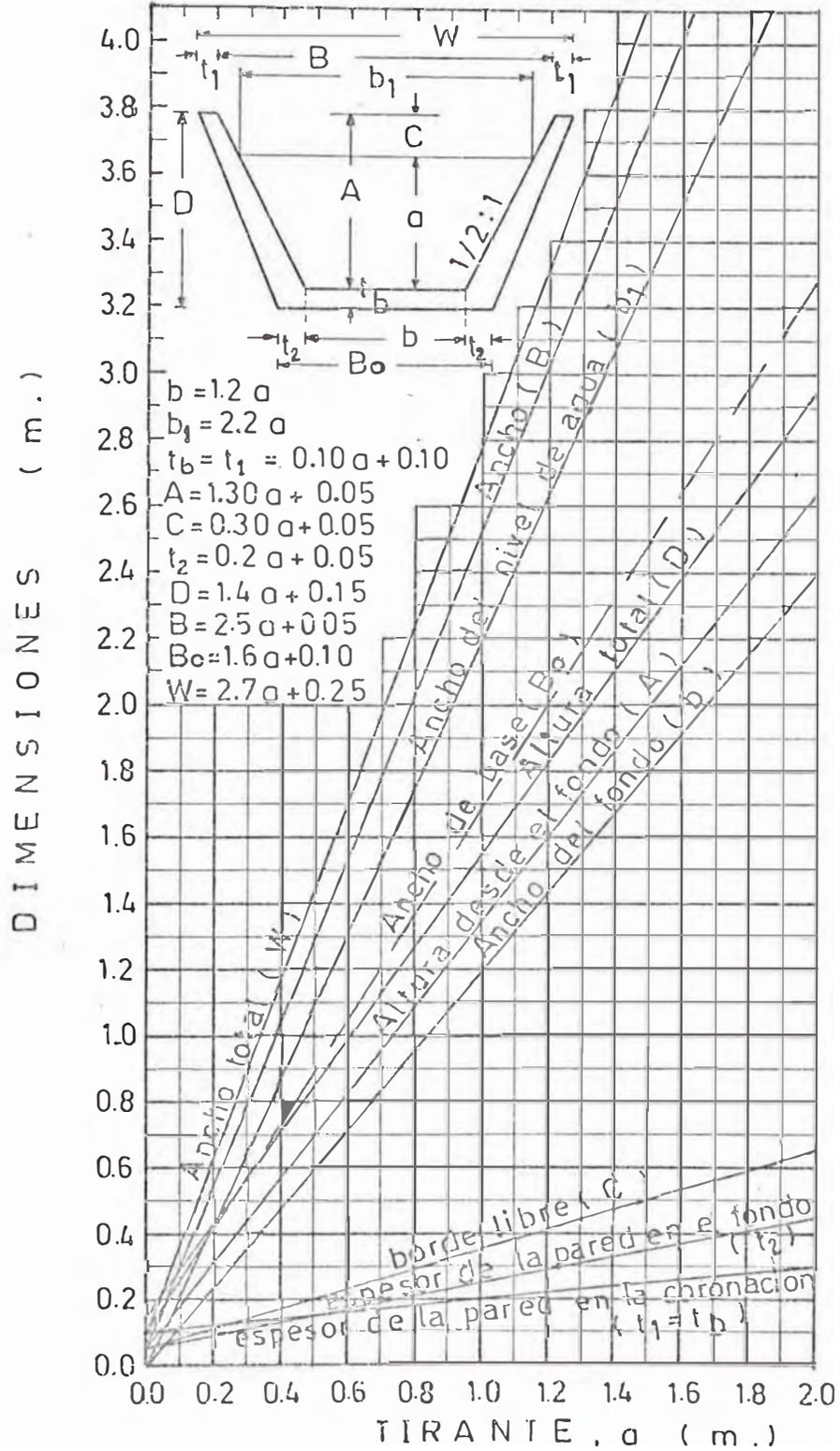


talud paredes canal 1/4:1

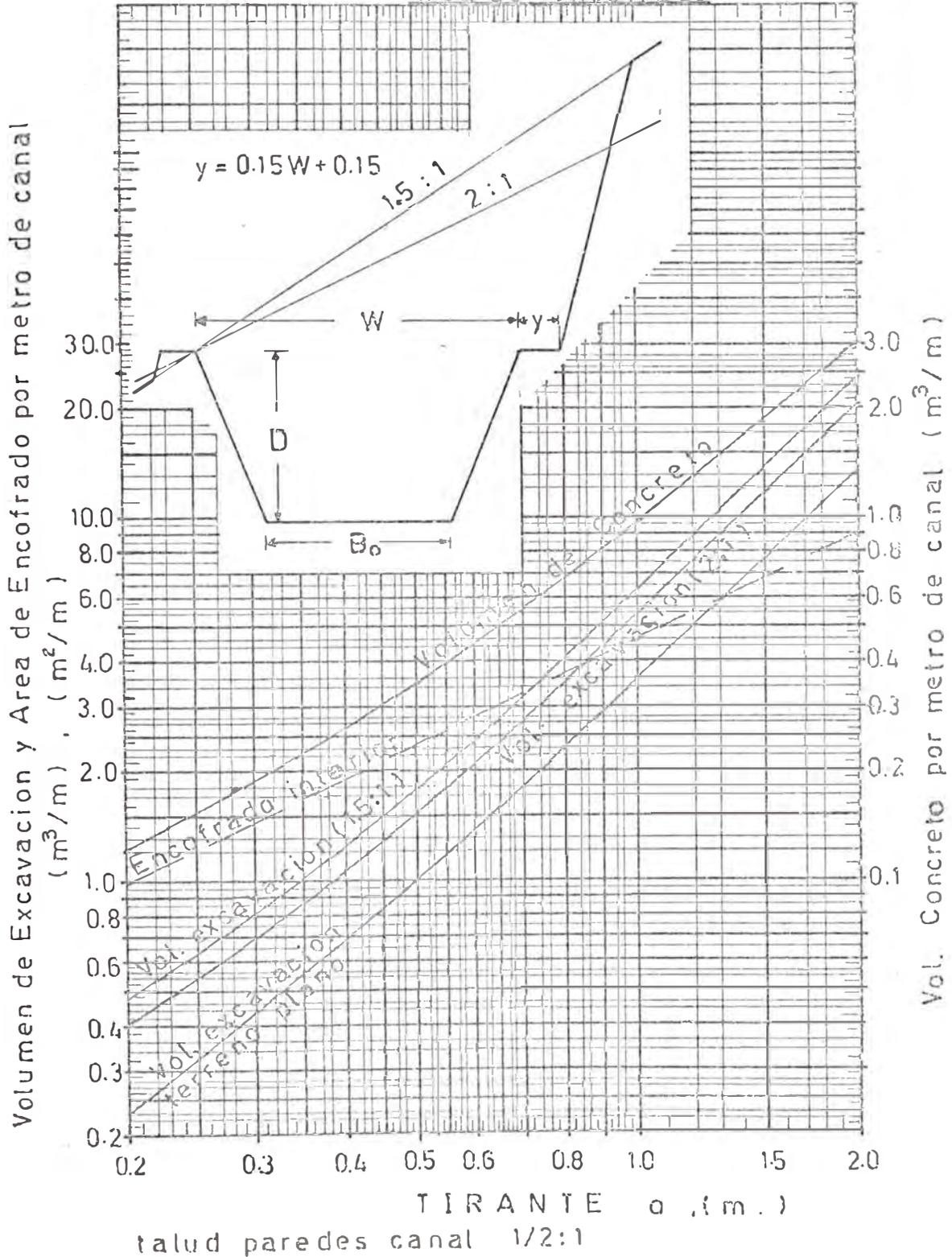
tirante vs Caudal y Velocidad



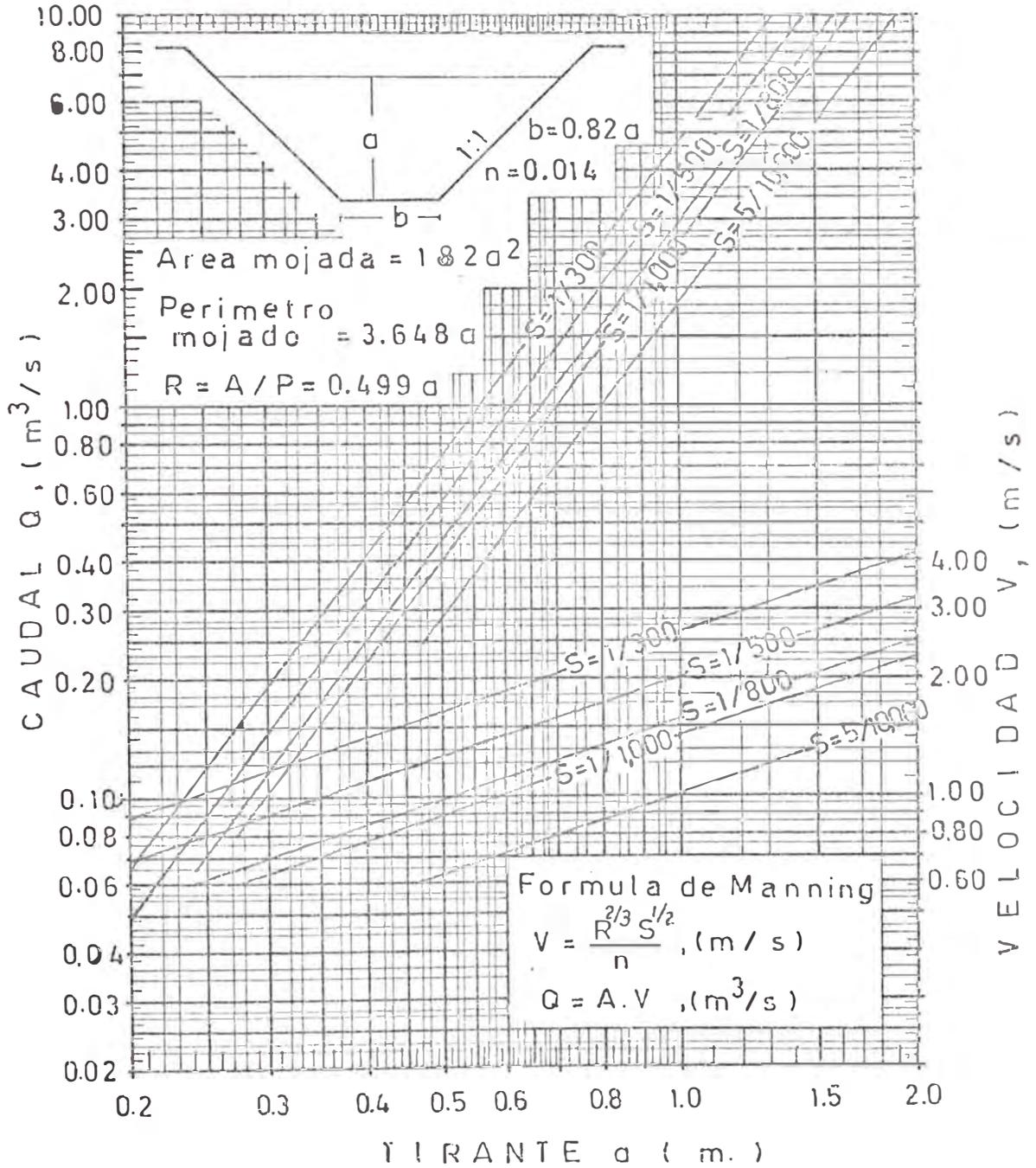
DIMENSIONES GENERALES



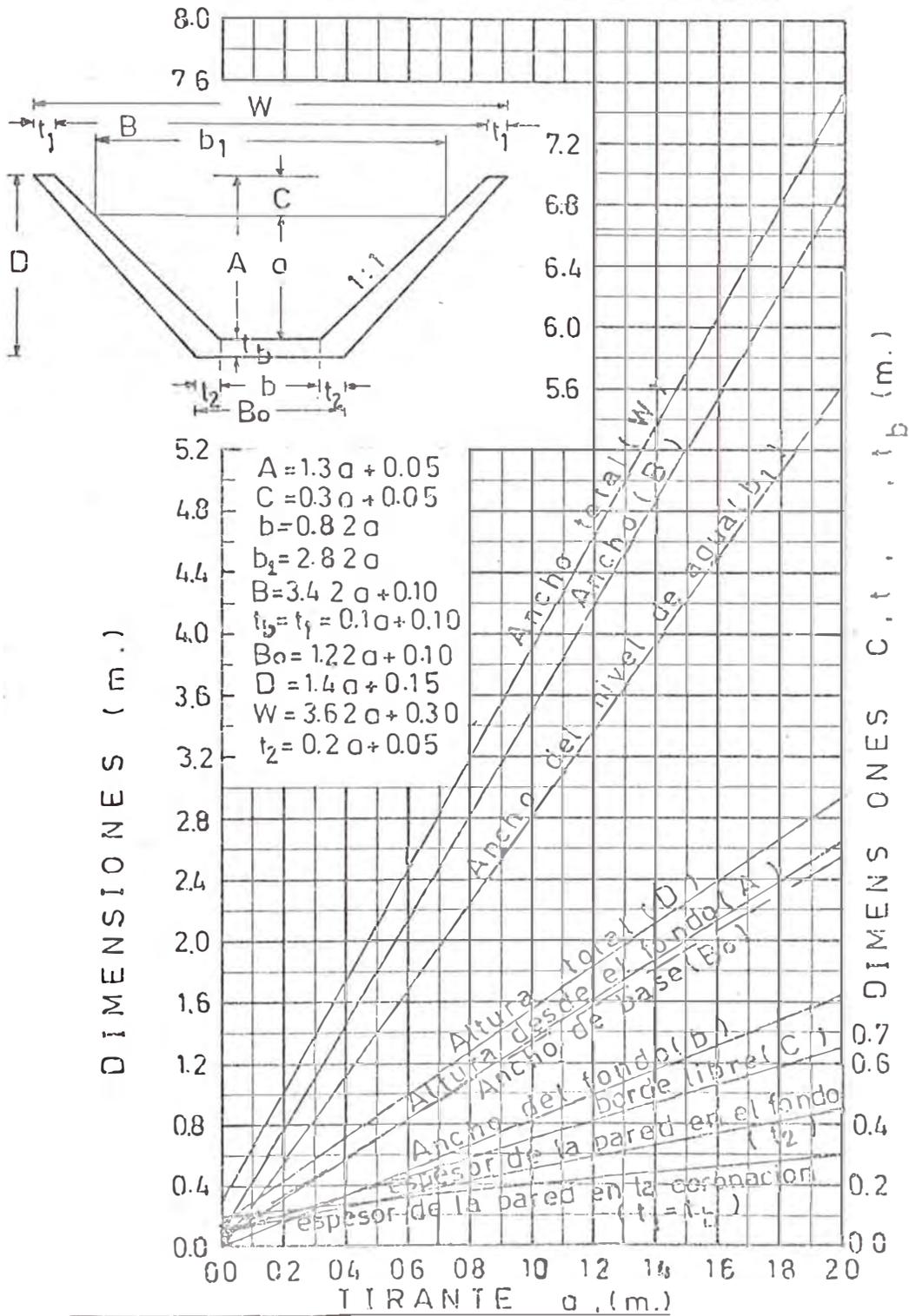
Volumen de Excavación
 Volumen de Concreto
 Area de encofrado

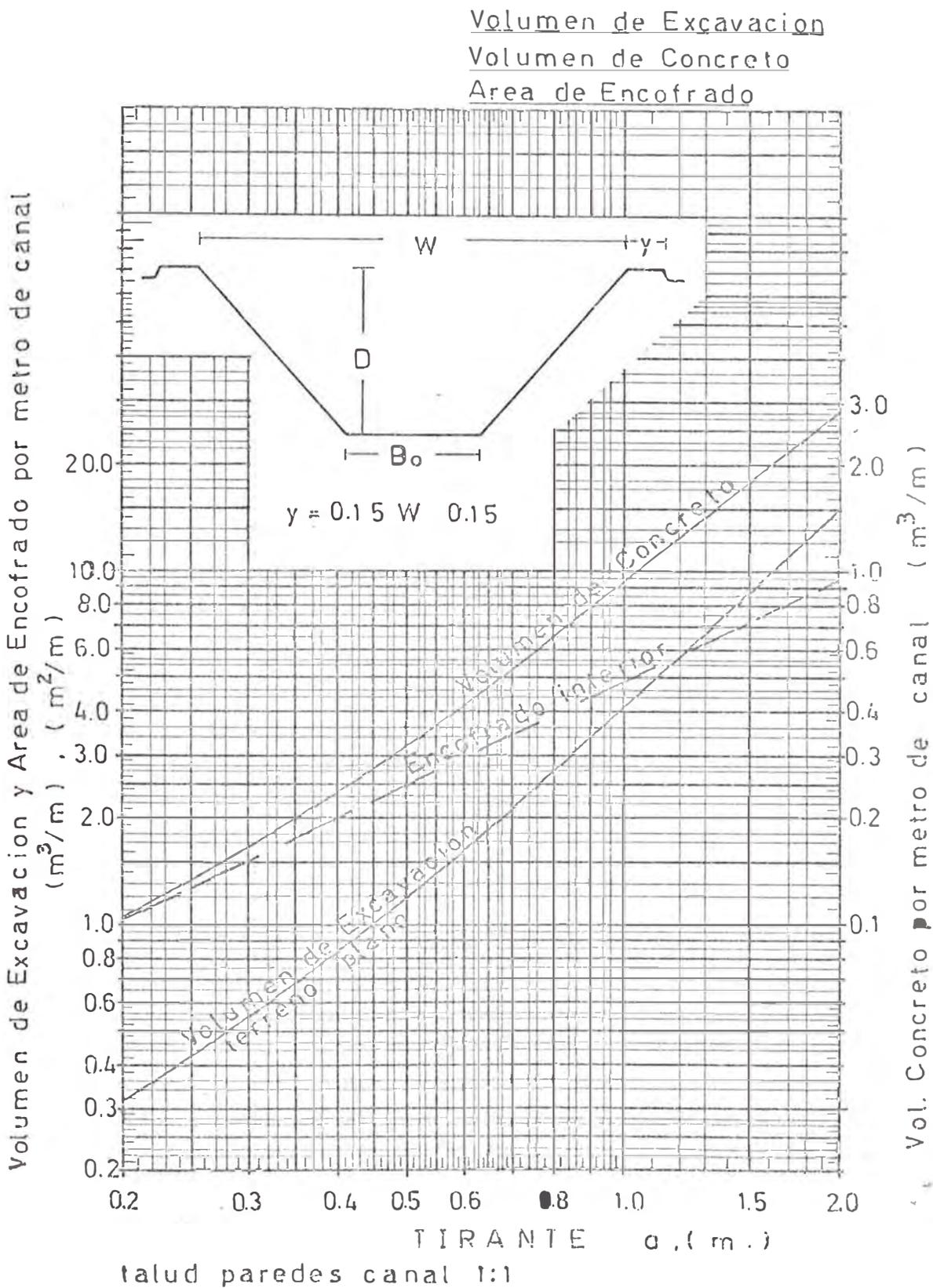


tirante vs. Caudal y Velocidad



DIMENSIONES GENERALES





5.4.7. CAMARA DE CARGA

5.4.7.1. GENERALIDADES :

Cámara de Carga, es la estructura que sirve para enlazar la sección normal del canal de aducción a la tubería de presión, y consiste en el ensanchamiento del canal al final de éste.

Esta estructura tiene la forma de un recipiente o cámara que además de servir de transición entre el canal y la tubería de presión, suministra cierta regulación para los cambios de carga debido a la apertura o cierre de las turbinas. También, funciona como un desarenador haciendo una depuración final de los agregados gruesos o finos que pudiera contener el agua como consecuencia de que el canal está expuesto a recibir pequeños derrumbes de tierra en todo su recorrido habiéndose dispuesto en su diseño una compuerta de Limpia.

Del mismo modo, la cámara de carga cuenta con un aliviadero que desfoga hacia el canal de limpia. Este aliviadero entra en funcionamiento cuando se cierran las turbinas por alguna circunstancia y, por lo tanto, el agua rebosará por el aliviadero.

Asímismo, una función principal de la Cámara de Carga es la de mantener sobre la tubería una altura de agua suficiente para evitar la entrada de aire a la misma como consecuencia de la formación de remolinos que es muy peligroso para el buen funcionamiento de las turbinas.

5.4.7.2 PARTES DE LA CAMARA DE CARGA

Las partes más resaltantes de que consta la Cámara de Carga y que están sujetas a diseño son las siguientes :

- Poza de decantación de materiales gruesos.
- Aliviadero de Descarga
- Cámara de presión propiamente dicha.

5.4.7.3. DISEÑO DE CAMARA DE CARGA :

Para el diseño de la cámara de carga, se procede a diseñar cada una de las partes que lo constituyen, así :

a) Diseño de la Poza de Decantación :

Su diseño está supeditado a las condiciones topográficas de la zona del proyecto, y podrá realizarse según cualquiera de las combinaciones siguientes :

1) Si la topografía no permite construir un desarenador completo en la zona de toma, se construye un desarenador preliminar o simplemente un desrapiador en dicha zona, y un desarenador completo para el diámetro de partícula a eliminar previsto en la Cámara de Carga. El diseño se realiza con los mismos criterios y en la misma forma que el diseño del desarenador explicado en el capítulo 5.4.5. al cual se le adapta la Cámara de Presión.

2) Si las condiciones topográficas permiten la construcción de un desarenador completo en la zona de toma, se construye entonces uno auxiliar en la Cámara de Carga, que no necesita ser de grandes dimensiones.

El diseño de la poza de decantación auxiliar se realiza también con los mismos criterios y en la misma forma del diseño del desarenador, explicado en el capítulo 5.4.5., pero con el diámetro específico a eliminar de 0.5 mm; al que se le adaptará la cámara de presión; cualquier modificación queda a criterio del proyectista.

b) Diseño del aliviadero de descarga

El diseño completo del aliviadero de descarga comprende dos etapas :

1) Diseño del Aliviadero propiamente dicho :

El aliviadero de descarga debe diseñarse para que todo el caudal que viene por el canal (caudal de diseño del proyecto), debe rebosar

a través de él con una lámina vertiente de agua muy pequeña.

Para este dimensionamiento se usa la ecuación de Francis para vertederos de cresta viva o aguda :

$$Q = 1.84 L t^{3/2}$$

Donde :

Q - Caudal de diseño del Proyecto

L - Ancho total del aliviadero

t - Espesor de la lámina de agua sobre el vertedero.

2) Diseño del canal de Descarga del Aliviadero :

Para este diseño se aplica la teoría de canales, siendo para la sección rectangular :

a = Tirante de agua en el canal

b = Ancho del fondo del canal = 1.4 a

A = Area de la sección transversal = 1.4 a²

P = Perímetro mojado = 3.4a

R = Radio medio hidráulico = A/P = 0.412 a

S = Pendiente de fondo del canal = 0.002

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (concreto) = 0.014

Luego : Aplicando la ecuación de Manning, se obtiene el dimensionamiento del canal con :

$$Q = \frac{A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n}$$

c) Diseño de la Cámara de Presión propiamente dicha :

El dimensionamiento de la Cámara de Presión está regido solamente por la altura mínima de agua sobre la tubería de presión a la entrada de ésta, para evitar la entrada de aire a la misma.

La altura mínima a escoger debe ser la mayor de cualquiera de los siguientes valores

H , mayor que 1.10 D ó

H , mayor que 0.80 metros.

Donde :

H = Altura mínima de agua por encima del tubo de presión a la entrada del mismo.

D = Diámetro del tubo de presión.

El ancho de la rejilla de la cámara de presión se estima al doble de la tubería que sale de ella.

5.4.7.4 DISEÑO PARAMETRICO DE LA CAMARA DE CARGA :

Teniendo todas las consideraciones para el diseño de la cámara de carga expuestas en el numeral 5.4.7.3., la lámina N° 5.29 . muestra el plano standard de cámara de carga.

La poza de desarenación está diseñada para decantar partículas de 0.5 mm. de diámetro o más

La tabla 5.4.6. proporciona las dimensiones de la cámara de carga standard para caudales de diseño comprendidos desde $0.1 \text{ m}^3/5\text{g.}$ hasta $4\text{m}^3/5\text{g.}$, según el plano de la lámina N° 5.29 . que la complementa.

La Lámina 5.30 proporciona los metrados totales de volúmenes de concreto, excavación y área de encofrado en función del caudal de diseño.

Tanto en la Lámina 5.29 . como en la Tabla 5.4.6. las variables implicadas son

D_o = Tirante de agua en el canal de entrada

B_o = Ancho superficial del canal de entrada

d_1 = Tirante inicial del agua en el desarenador.

B_1 = Ancho del desarenador

L = Longitud del desarenador

L_1 = Longitud de transición del desarenador.

d_2 = Tirante de agua al final del desarenador

K = Ancho y altura de la compuerta de limpia

B_2 = Ancho del canal del aliviadero de descarga

- d_3 = Tirante de agua en el canal del aliviadero
- F = Borde libre
- n = Longitud de rejilla; a partir de 2.40 m. necesita apoyo intermedio.
- h = Altura mínima de agua sobre el tubo de presión.
- V = Ancho de la pasarela de maniobra de la rejilla.
- D = Diámetro de la tubería de presión.
- M = Tirante de agua a la entrada de la tubería de presión.
- B = Ancho de la rejilla.

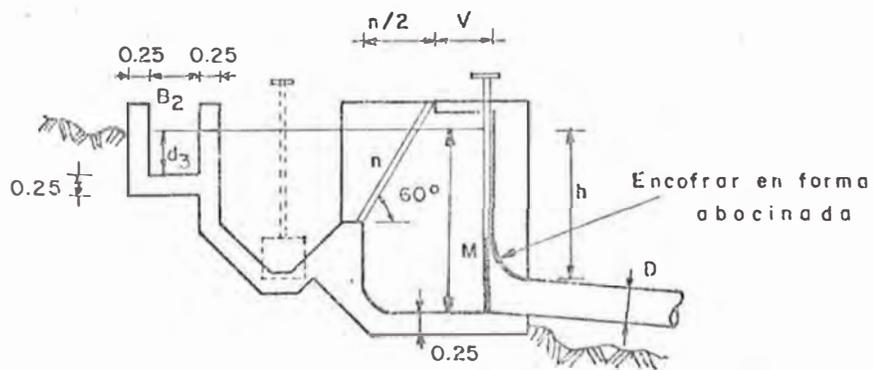
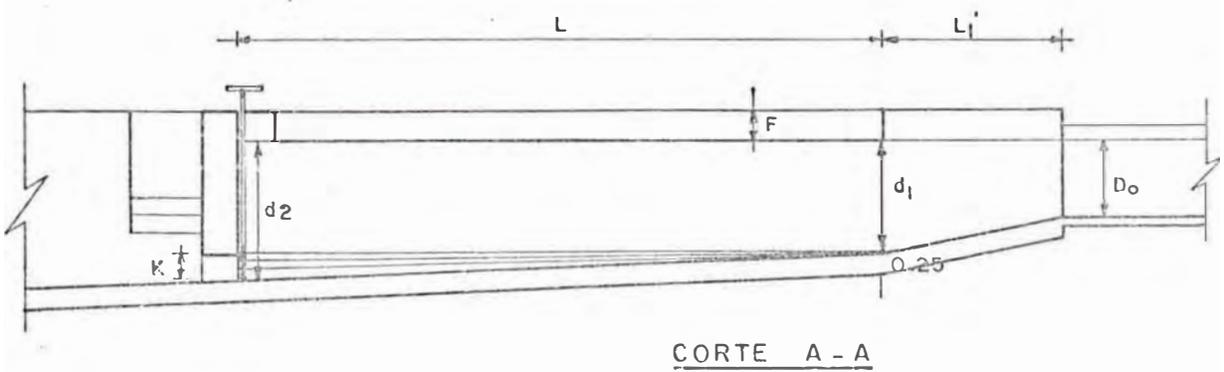
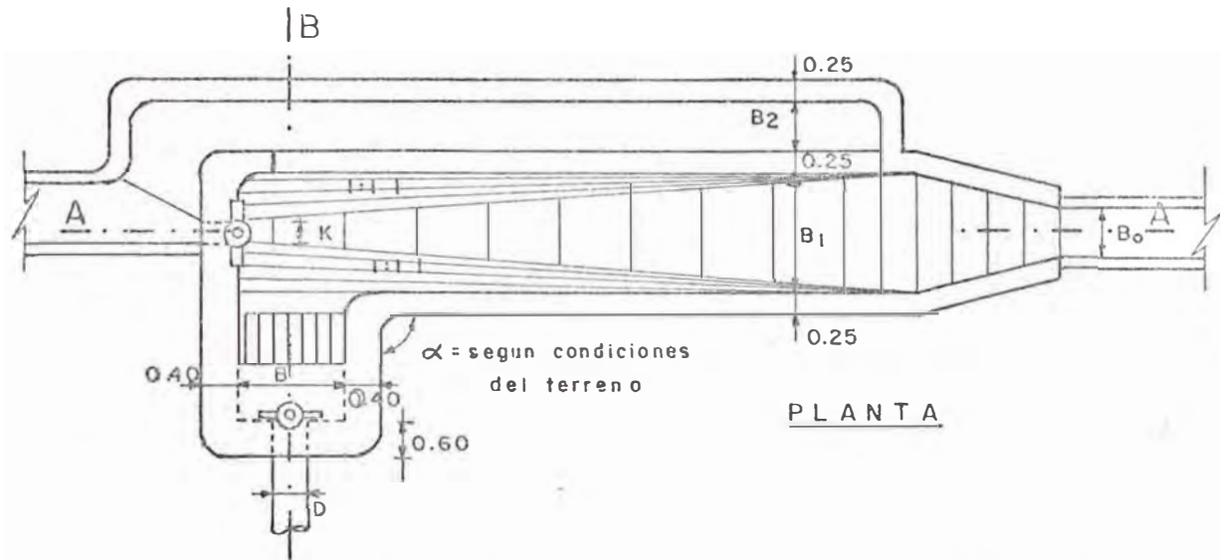
TABLA N° 5.4.6.

DIMENSIONES DE CAMARA DE CARGA STANDARD

DIMEN- SIONES	Q diseño (m3/seg.)								
	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0
D _o	0.29	0.38	0.50	0.57	0.65	0.69	0.80	0.90	1.05
B _o	0.50	0.65	0.85	0.97	1.11	1.17	1.36	1.53	1.79
d ₁	0.45	0.60	0.85	1.05	1.20	1.35	1.60	1.85	2.25
B ₁	0.90	1.20	1.70	2.10	2.40	2.70	3.20	3.70	4.50
L	3.20	4.80	6.70	8.20	9.50	10.60	13.40	15.45	19.00
L ₁	0.80	1.10	1.70	2.25	2.60	3.00	3.70	4.30	5.40
d ₂	0.60	0.80	1.10	1.40	1.60	1.80	2.15	2.45	3.00
K	0.30	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.70	0.75	0.85
d ₃	0.30	0.39	0.50	0.56	0.65	0.71	0.83	0.92	1.07
B ₂	0.42	0.55	0.70	0.78	0.91	1.00	1.16	1.29	1.50
F	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
n	0.75	1.00	1.35	1.60	1.85	2.10	(2.40)	(2.80)	(3.30)
h	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.90	1.00	1.20
V	0.40	0.60	0.75	0.90	1.20	1.45	1.60	1.90	2.00
D	0.25	0.30	0.50	0.55	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
M	1.05	1.10	1.30	1.35	1.40	1.50	1.70	1.90	2.30
B	0.50	0.60	1.00	1.10	1.20	1.40	1.60	1.80	2.20

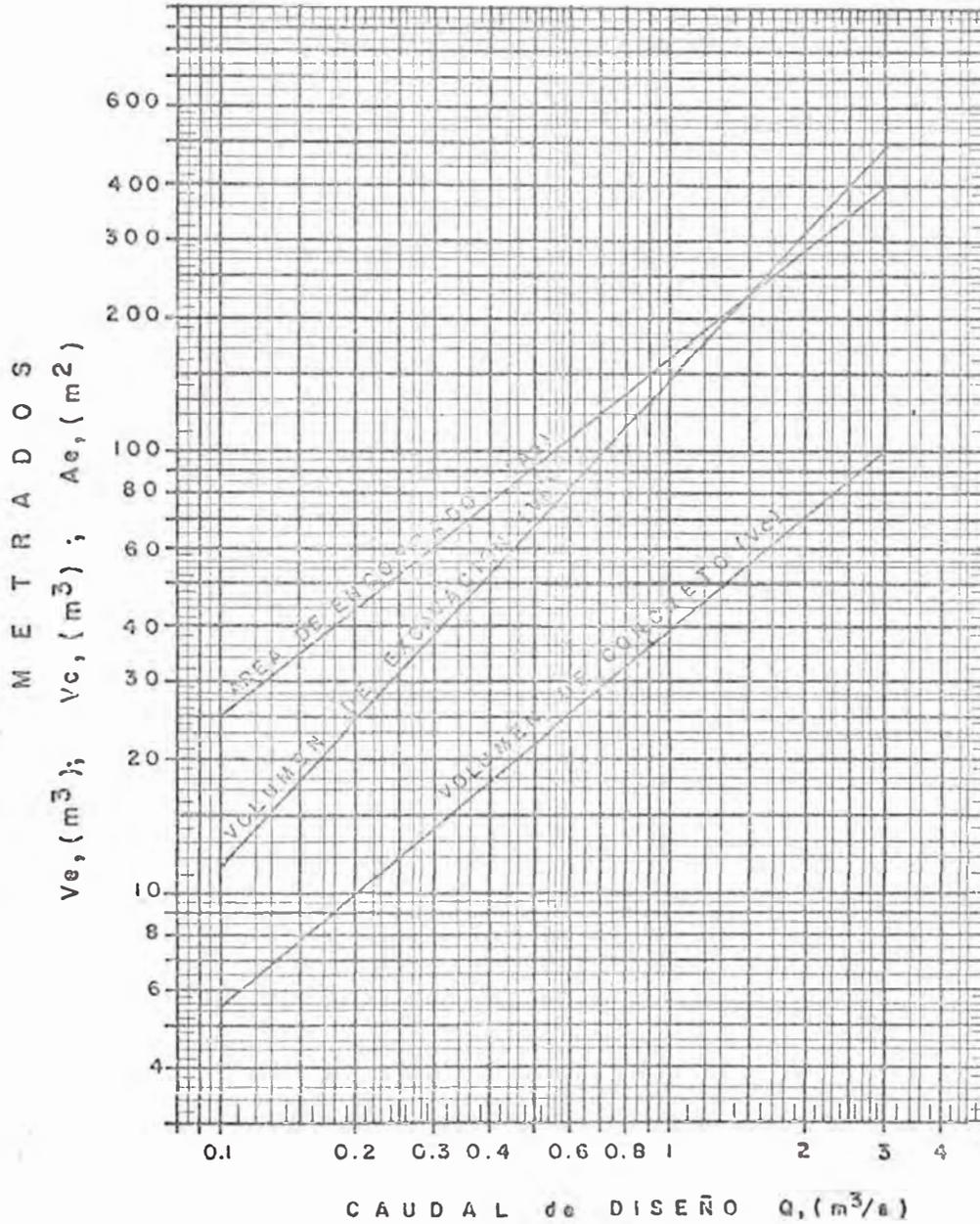
NOTA : Los valores de "n" entre paréntesis indica que necesitan apoyo intermedio.

PLANO ESTANDAR DE LA
CAMARA DE CARGA



CORTE B - B

METRA DO PARA CAMARA DE
CARGA ESTANDARD



5.4.8 TUBERIAS DE PRESION

5.4.8.1. GENERALIDADES :

En los saltos de agua, las conducciones o tuberías de presión tienen por objeto conducir el agua desde la Cámara de Presión ó Cámara de Carga hasta las turbinas, para transformar la energía potencial de posición que tiene el agua en dicha Cámara de Carga en Energía potencial de presión que posee junto a la turbina al final de la conducción forzada.

El material más comunmente utilizado es el acero trabajado y para el cual se desarrollan las fórmulas dadas a continuación.

Otros materiales que se pueden utilizar para tuberías de presión denominados no convencionales son el plástico (P.V.C.), para el cual el ITINTEC está realizando ensayos para su utilización en plantas piloto; **asbesto-cemento y** concreto armado.

5.4.8.2. DISEÑO PARAMETRICO DEL TUBO DE PRESION :

Para el diseño de la tubería de presión, se sigue el procedimiento mostrado a continuación.

a) Determinación del Diámetro Económico (De) :

El diámetro económico de una tubería depende de muchos factores entre ellos el interés del capital de préstamo, las horas de funcionamiento de la tubería en el año, precios de venta de la energía, etc.

Pero, para un diseño preliminar, puede calcularse el diámetro económico de una tubería de presión, mediante la siguiente expresión recomendada por muchos autores :

$$\begin{aligned} De &= \sqrt[7]{0.052 (Q)^3} && ; && \text{para } H_1 < 100\text{mts.} \\ De &= \sqrt[7]{\frac{5.2 (Q)^3}{H_1}} && ; && \text{para } H_1 > 100\text{mts.} \end{aligned}$$

$$H_1 = 1.3 H$$

Donde :

Q Caudal de diseño de la tubería

H_1 - Altura bruta de caída al cual se adiciona la sobrepresión accidental o de golpe de ariete

H - Altura bruta de caída

De - Diámetro económico redondeado a valores comerciales.

b) Determinación paramétrica del diámetro del tubo de presión :

Con el diámetro económico calculado con las fórmulas anteriores como primera aproximación, se estiman las pérdidas de carga por fricción por cada 100 metros de longitud de tubería utilizando la Lámina N° 5.31, preparada para tal fin.

La verificación de este diámetro se realiza con la Lámina 5.32, debido a que la velocidad del agua en la tubería debe estar comprendida entre 2.5 a 6.0 metros por segundo para un óptimo funcionamiento del equipo electromecánico.

Si el diámetro económico calculado no cumple con este requisito, se tantearán diámetros inmediatamente superiores o inferiores que si lo cumplan.

Ej. de Cálculo :

$$Q = 0.5 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$H = 130 \text{ mts.}$$

$$\text{Long. de tubería} = 260 \text{ mts.}$$

- Cálculo de diámetro económico

$$De = \sqrt[7]{\frac{5.2 Q^3}{1.3 H}} = \sqrt[7]{\frac{5.2 (0.5)^3}{1.3 \times 130}}$$

$$De = 0.45 \text{ mts.}$$

Con el diámetro de 0.45 mts. se entra a la Lámina N° 5.32. y se encuentra que la velocidad para el diámetro en estudio es de 3.1 m/seg.

que está dentro de los rangos establecidos, y la pérdida de carga por cada 100 mts. de la Lámina N° 5.31 es de 2.80 mts.,

Luego :

$$h'_f = \frac{2.80 \text{ m}}{100 \text{ m}} \times 260 \text{ m.} = 7.28$$

Donde : h'_f = pérdida de carga por fricción en toda la tubería.

NOTA

Estas Láminas 5.31 y 5.32 sólo contemplan el caso del coeficiente de rugosidad de Manning "n" de 0.012 (acero trabajado), y si se empleara otro coeficiente de rugosidad n' , se usarán las mismas láminas considerando un caudal de diseño correspondiente a :

$$Q' = \frac{n'}{0.012} \times Q$$

Y con este caudal así hallado, siendo Q el caudal de diseño del proyecto, se hallará las dimensiones de la tubería de presión en la misma forma mencionada líneas arriba.

Fórmulas usadas para la Lámina N° 5.31

Según Darcy weiswach :

$$h'_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} , \quad - (1)$$

Según Manning :

$$v = \frac{R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n} = \frac{(D/4)^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n} ; \text{ (conducto circular)}$$

$$S = \frac{v^2 \cdot n^2}{\left(\frac{D}{4}\right)^{4/3}}$$

$$h'_f = S \times L = \frac{v^2 \cdot n^2}{\left(\frac{D}{4}\right)^{4/3}} \times L ; \quad - (2)$$

Igualando (1) = (2)

$$h'_f = \frac{(4)^{4/3} \cdot (16)}{\pi^2} \cdot \frac{n^2 \cdot L \cdot Q^2}{D^{16/3}} \quad - (3)$$

Cuando : $n = 0.012$ y $L = 100$ mts.

$$h'_f = 0.1482 \cdot \frac{Q^2}{D^{5.33}} \quad - (4)$$

Estando la ecuación (4) graficada en la Lámina N° 5.31, indicando la pérdida de carga en la tubería por fricción en las paredes por cada 100 mts. de longitud para diferentes diámetros de la tubería,

Donde :

h'_f = Pérdida de carga por fricción por cada 100 mts. de longitud de la tubería de presión.

Q = Caudal de diseño del proyecto

D = Diámetro de la tubería

Fórmulas usadas para la Lámina N° 5.32

Por la ecuación de continuidad :

$$Q = A \cdot V$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad (\text{para tubería circular})$$

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} = 1.273 \frac{Q}{D^2}$$

Donde :

V = Velocidad del agua en la tubería de presión en función del caudal de diseño para diversos diámetros de tubería.

c) Determinación del Espesor del Tubo de Presión (t). (LAMINA N° 5.33)

Conocidos el diámetro del tubo y la altura de caída total en un determinado proyecto hidroeléctrico, el espesor del tubo de presión se determina en la Lámina N° 5.33, donde se entra con estos dos parámetros.

Esta lámina contempla un esfuerzo de trabajo del fierro igual a:

$$f = 750 \text{ Kg/cm}^2$$

Si se empleara un acero con otro esfuerzo de trabajo, por ejemplo $f = 1,150 \text{ Kg/cm}^2$. se utiliza la misma lámina considerando una caída

ficticia de :

$$H^1 = Hx \frac{750}{1150} = 0.65 H.$$

El mínimo espesor considerado para desgaste por corrosión y transporte, es de 3/16".

Al usar los valores de la Lámina N° 5.33 no debe realizarse la interpolación lineal para determinar el espesor de la tubería de presión; debe usarse la curva del espesor que queda por encima del espesor teórico encontrado por la intersección de los parámetros de entrada (H y D).

Ejemplo Ilustrativo :

Altura de caída neta (H) 150 mts.

Diámetro de tubería (D) 0.40 mts.

Usando la Lámina N° 5.33; t = 5/16".

Según la ecuación general del espesor de un tubo a presión.

$$t = \frac{P \cdot D}{2f} + t' \quad - (1)$$

Donde :

t = espesor del tubo de presión

P = Presión del tubo en un punto en estudio, en este caso es la altura bruta de caída del proyecto H, (altura piezó métrica total).

Por seguridad de golpe de ariete, a esta presión se le adiciona, un 50% de donde :

$$P = \frac{1.5 H}{10} ; \text{ (en Kg/cm}^2\text{)}$$

D = Diámetro del tubo de presión en centímetros

f = Esfuerzo de trabajo del acero, y tiene el valor de .

$$f = 750 \text{ Kg/cm}^2$$

t' = Espesor adicional de seguridad = 0.15 cms.

Reemplazando en (1)

$$t = \frac{1.5H \cdot D}{2 \times 10 \times 750} + 0.15 = \frac{H \cdot D}{10,000} + 0.15$$

Despejando el valor de H :

$$H = \frac{10,000}{D} \times (t - 0.15) \quad \text{-- (2)}$$

Estando la ecuación (2) graficada en la Lámina N° 5.33 y representa la altura de caída de un proyecto hidroeléctrico en función del diámetro de la tubería y del espesor de la misma, donde H , en metros; D en centímetros; t , en centímetros.

Equivalencia : 1 pulgada = 2.54 centímetros

d) Determinación del Peso del Tubo :

Conocido el diámetro del tubo de presión, para cada espesor se puede determinar el peso del tubo por metro lineal, mediante la lámina N° 5.34

Ej. Ilustrativo :

D = 0.70 mts.

t = 7/16 pulgadas

Long. total del tubo = 150 mts.

De la Lámina N° 5.34 , peso del tubo por metro lineal = 200 kg/m.

Peso total = 200 Kg/m x 150 m.

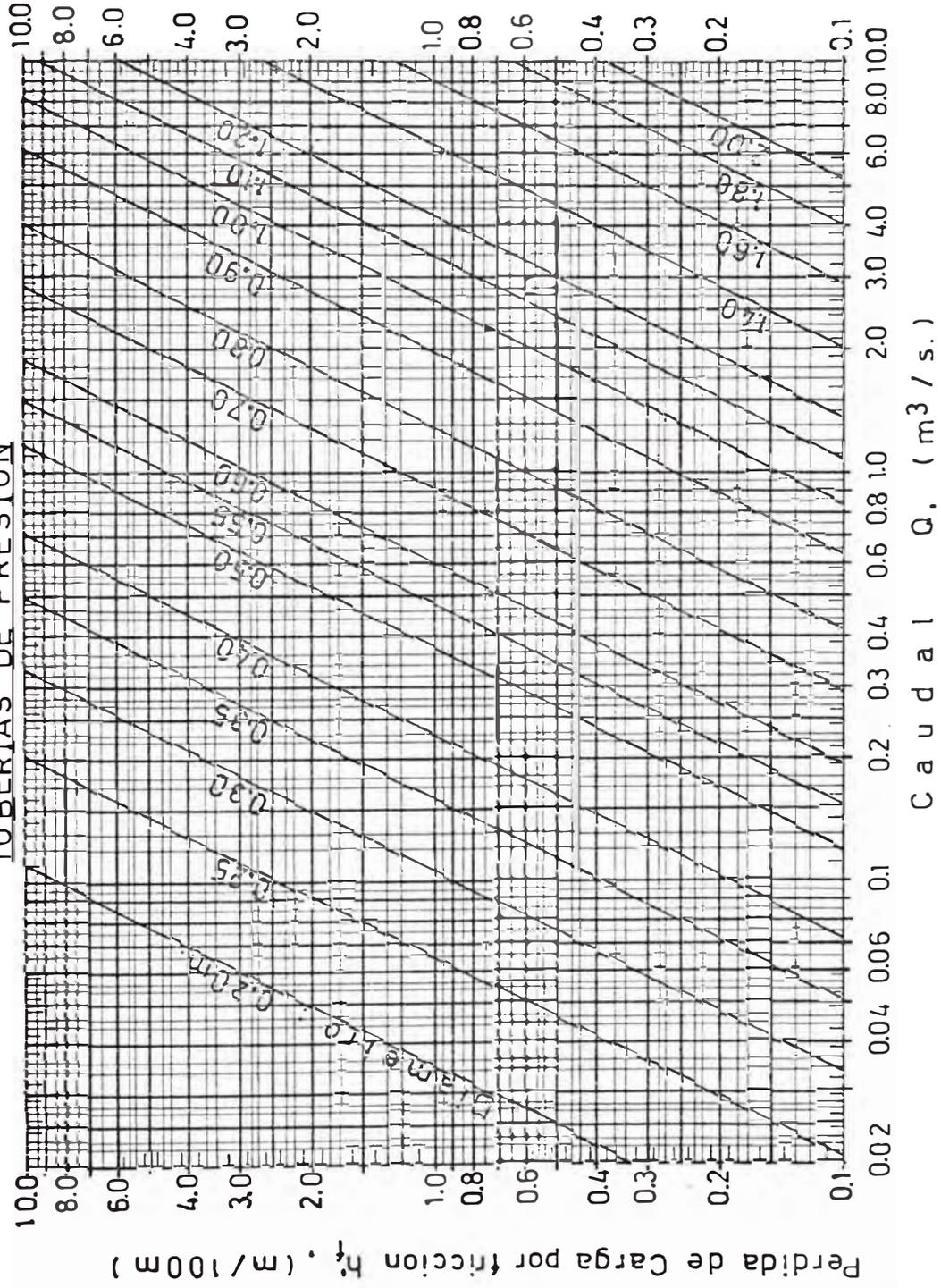
= 30,000 Kg.

= 30 toneladas.

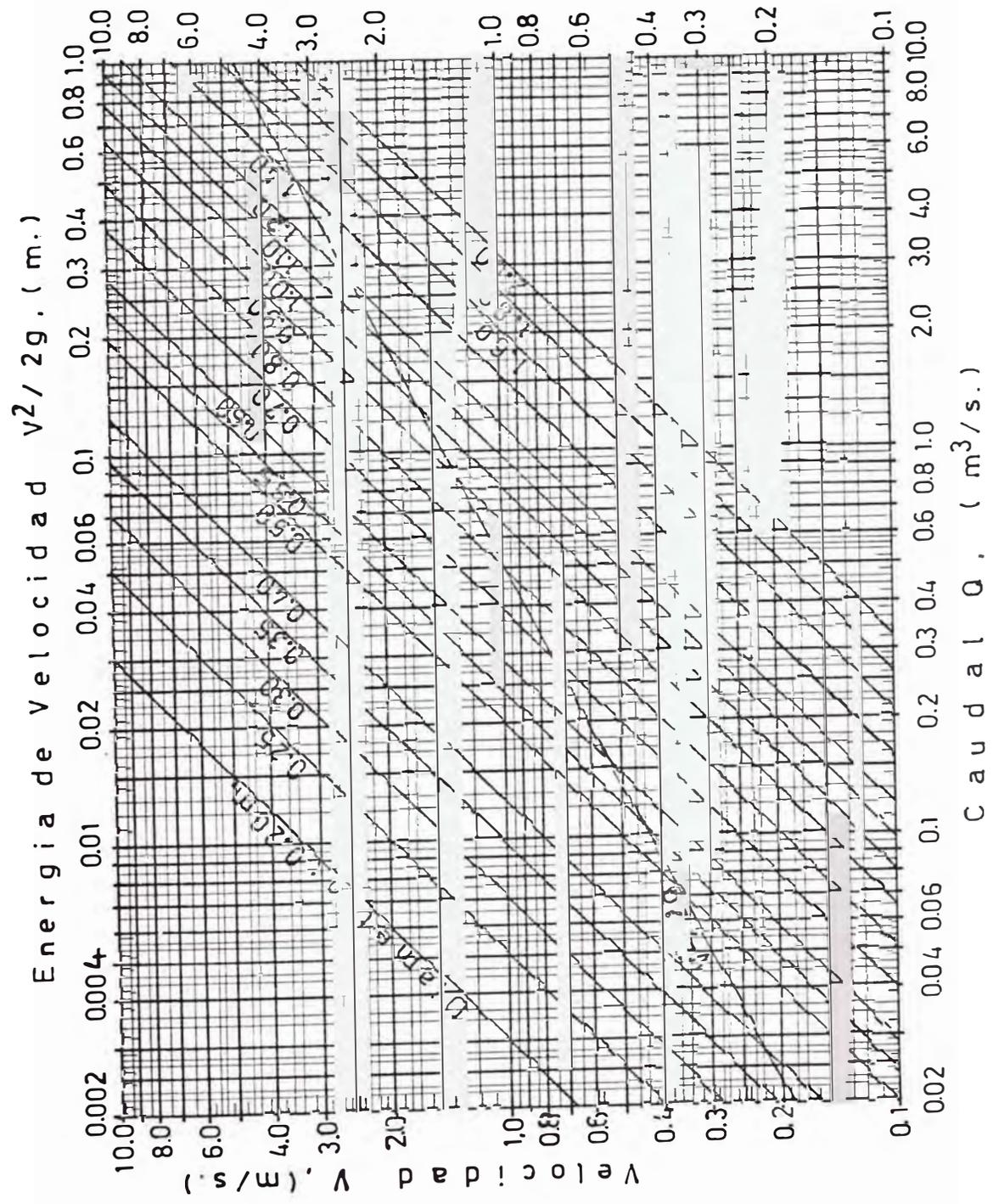
e) Cálculo de Estabilidad del Anclaje

En el Anexo N° 1.

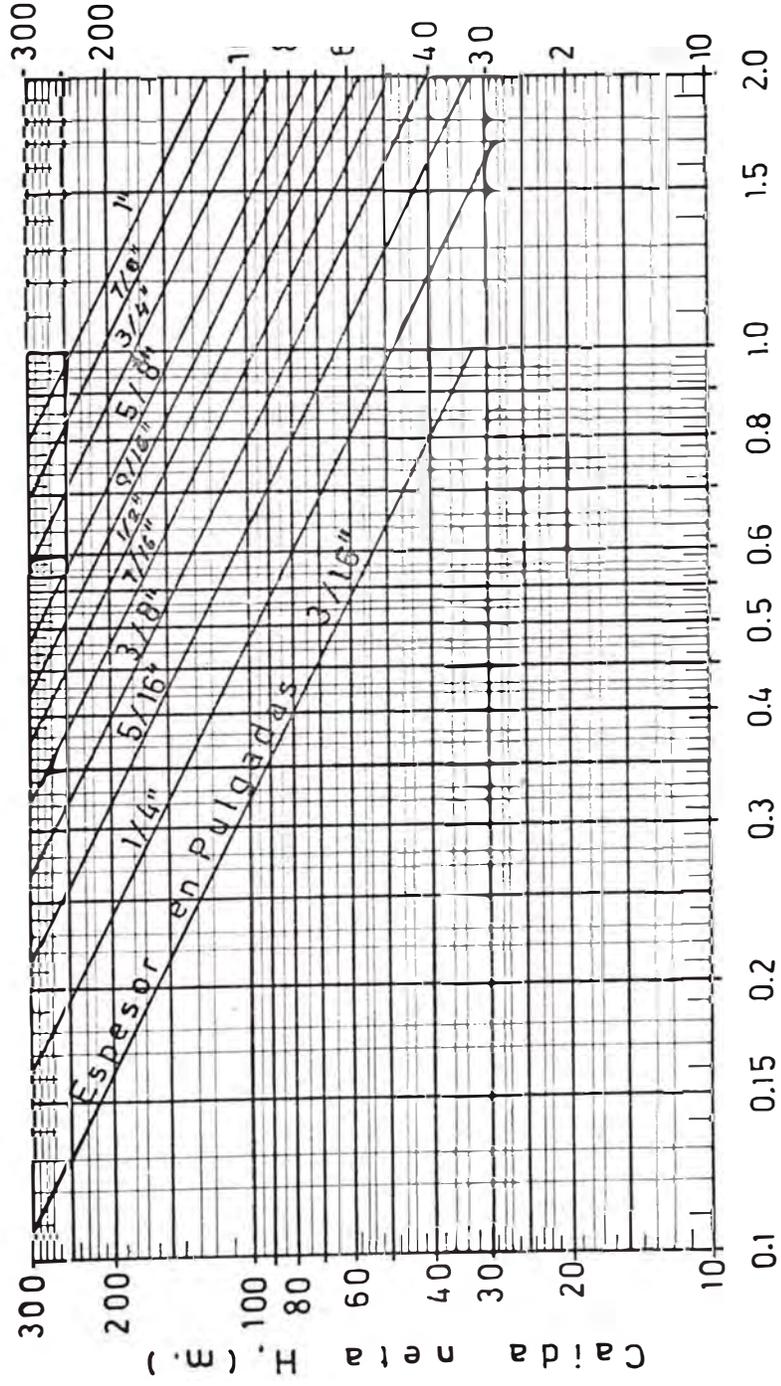
**PERDIDA DE CARGA POR FRICCIÓN EN
TUBERIAS DE PRESION**



RELACION ENTRE CAUDAL; VELOCIDAD Y $v^2/2g$. (m.)



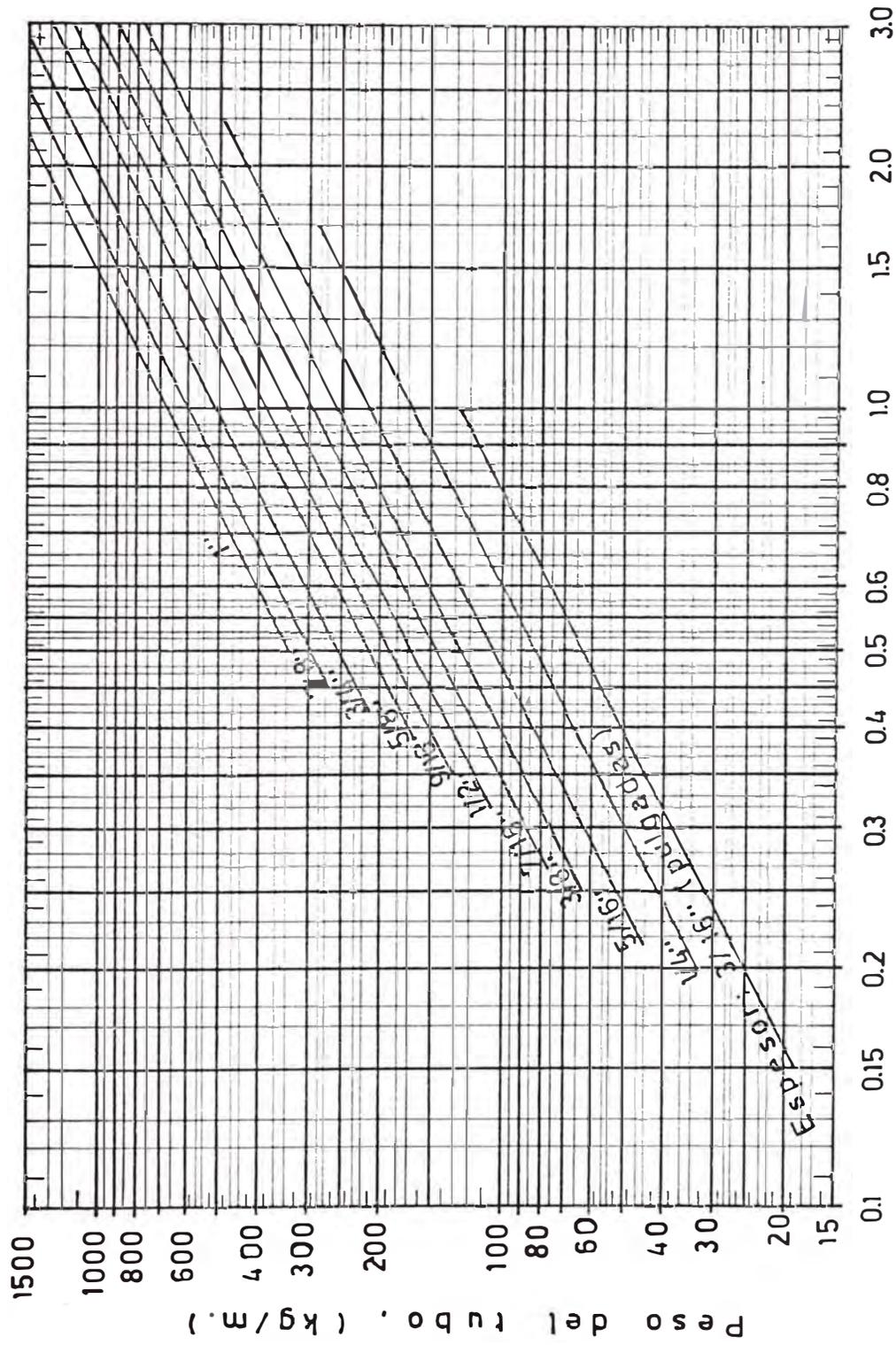
RELACION ENTRE DIAMETRO Y ESPESOR DE
TUBERIA CON ALTURA DE CAIDA NETA



Diametro del tubo D. (m.)

PESO Y DIAMETRO DEL TUBO DE PRESION

(Incluyendo alas, pernos, etc.)



Diámetro del tubo D. (m.)

5.4.9. SELECCION DEL TIPO DE TURBINA :

La selección del equipo electromecánico : Turbina - Generador, debe realizarse en base a los catálogos comerciales proporcionados por los fabricantes de equipos. Asimismo, los criterios de selección deben estar orientados principalmente a utilizar equipos confiables, de bajo costo y de preferencia standarizados.

A continuación se detalla el procedimiento para seleccionar los equipos electromecánicos.

NUMERO DE GRUPOS ELECTROMECHANICOS

- a) Si la potencia de máxima demanda está por debajo de los 100 Kw., se colocará un sólo grupo Turbina-Generador.
- b) Si la potencia de máxima demanda supera los 100 Kw, para la central se proyectan dos grupos electromecánicos. La razón de proyectar **double** grupo es por seguridad, que si se malogra una de ellas el servicio aunque deficiente continúa con el otro grupo mientras dure la reparación. A diferencia que si se colocara sólo una turbina para toda la potencia, y esta se malogra, el servicio eléctrico se paraliza completamente.

SELECCION DEL EQUIPO :

Para seleccionar el tipo de turbina para una central hidráulica, existen muchos factores a considerarse , tal es así : la capacidad de la planta, la altura de caída, el diámetro mínimo del sedimento a eliminar en el desarenador, etc. Por ejemplo, a una misma capacidad de planta no se puede instalar el mismo tipo de turbina cuando las alturas de caída son diferentes, los caudales de diseño diferentes o diferente diámetro del sedimento a eliminar, debido a sus comportamientos muy distintos.

Conjugando todos estos factores, se propone un abaco mostrado en la Lámina Nº 5.35 y elaborado por las fábricas de equipos, donde con los datos del caudal y altura neta de caída de cada proyecto, proporciona el tipo de turbina para dicho proyecto en estudio hasta capacidades de 4,000Kw.

Ejemplo Ilustrativo

Demanda de Potencia	=	504 Kw.
Número de grupos	=	2 de 252 Kw, c/u.
Altura de caída neta	=	130 mts.
Caudal del Proyecto	=	0.50 m ³ /seg.

Luego :

La selección de la turbina utilizando la Lámina Nº 5.35, con un caudal de 0.25 m³/seg. y caída neta de 130 mts. es :

2 Grupos, Tipo : PELTON

5.4.10. CASA DE MAQUINAS

5.4.10.1. CRITERIOS DE DISEÑO :

Los principales criterios a considerarse en el diseño de la casa de máquinas son :

- Facilidades de acceso al lugar propuesto.

Ubicación de la casa de máquinas en relación al río, investigando su elevación de crecida máxima y el comportamiento del río en relación a su cauce, debido a que el río puede cambiar su cauce erosionando las orillas. Este estudio proporciona la longitud de protección aguas arriba y abajo de la casa de máquinas.

- Zona o región del país en donde se construirá la pequeña Central Eléctrica, teniendo en cuenta el material de construcción predominante en la región no sólo desde el punto de vista económico, sino también en cuanto a estética y comportamiento a los sismos se refiere.

- Simplicidad de la construcción, mínimo uso de estructuras de acero o concreto armado que encarecen la construcción.

- El esfuerzo admisible del suelo para la fundación de la casa de máquina- y de los equipos electromecánicos.

- Es conveniente considerar servicio de acueducto y sistema de

desagüe, mediante tanque séptico.

- Perimetralmente a la casa de máquinas es conveniente diseñar drenes u otro sistema con el fin de interceptar las aguas superficiales y mantenerlas bajo el nivel freático.

- Dimensiones de los equipos electromecánicos.

- La fundación de los equipos electromecánicos, completa su diseño de acuerdo a datos de los fabricantes, y cuando éstos proporcionen sus esquemas. En ocasiones, el diseño final deberá hacerse durante la construcción y después de recibir un esquema definitivo de las máquinas que están suministrando, ya que se necesita de un anclaje sólido para evitar vibraciones o rupturas durante la operación.

- Los planos de construcción deberán contener todos los detalles posibles, para que un albañil o maestro de obra pueda fácilmente interpretarlos.

- Considerar la necesidad de colocar un sistema de izaje para el montaje y mantenimiento de los equipos.

- Prever vivienda para el operador, si el nivel de las inversiones así lo permiten.

5.4.10.2. DISEÑO DE LA CASA DE MAQUINAS :

Debido a que todas las variables mencionadas que gravitan en el diseño de la casa de máquinas, conforman un conjunto muy heterogéneo de requisitos a cumplir; es casi imposible una standarización de la casa de máquinas.

En el tipo de centrales hidroeléctricas en estudio, generalmente se colocan 2 grupos electromecánicos; la separación de éstos debe ser tal que no dificulten el trabajo de reparaciones y revisiones en cualquiera de ellos. La distancia recomendable de separación es de 1.5 m.a, 2.0 mts., además de disponer de suficiente espacio para sus respectivos montajes.

Si las condiciones lo permiten, puede adoptarse el modelo de la casa de máquinas mostrado en la Lámina N° 5.37, con un diseño standard.

La determinación del área necesaria de construcción para la casa de máquinas de una pequeña central hidroeléctrica, sirviéndose de los datos de caudal y caída neta, se muestra en la Lámina N° 5.36.

5.4.11. CANAL DE DESCARGA :

Es la estructura que permite el flujo del agua desde la salida de la turbina hasta el río o cauce natural donde pueda descargar sin ocasionar problemas de ninguna clase.

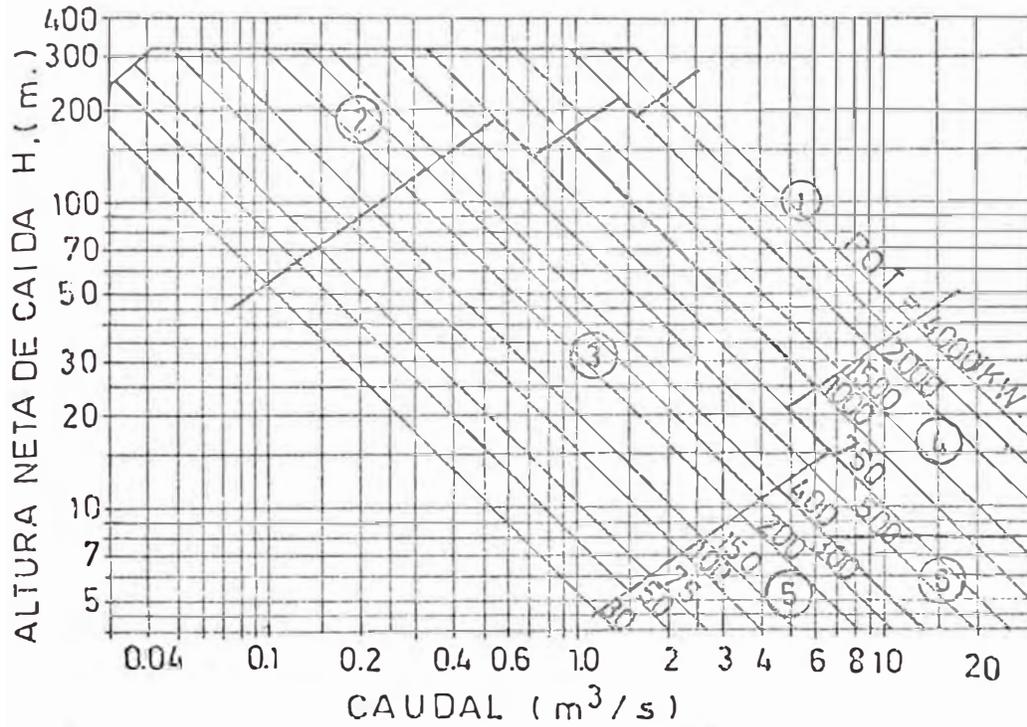
El diseño del canal de descarga en el sitio en que el agua desagua desde las turbinas generalmente es de tipo especial; así por ejemplo algunas turbinas FRANCIS trabajan mejor con alguna carga negativa, denominándose por ello que trabajan en forma "ahogada", y para ello es necesario la construcción de una especie de recipiente para lograr lo deseado y recién de allí partiría el canal de descarga, propiamente dicho.

El diseño del canal de descarga propiamente dicho sigue los mismos pasos establecidos para el diseño de canales de aducción expuestos en el numeral 5.4.6.

En todo caso es fundamental considerar que no provoque erosión en la salida, disponiendo los elementos de amortiguación necesarios.

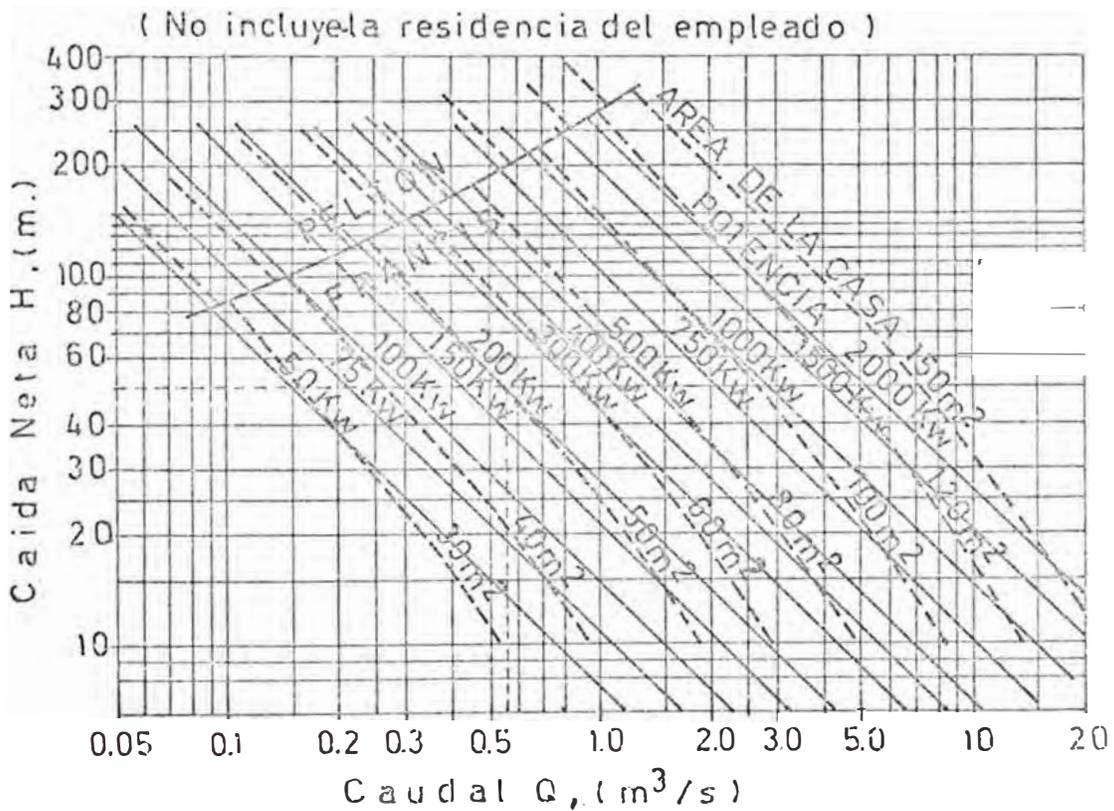
Para el nivel de pre-factibilidad de los estudios, se considera que el dimensionamiento y metrados del canal de descarga, son los mismos que el canal de aducción.

ALCANCE Y APLICACION DEL TIPO DE TURBINA



REGION	TIPO de TURBINA
①	Francis
②	Pelton
③	Cross Flow-Francis
④	Kaplan
⑤	Hélice tipo abierto
⑥	Tubular

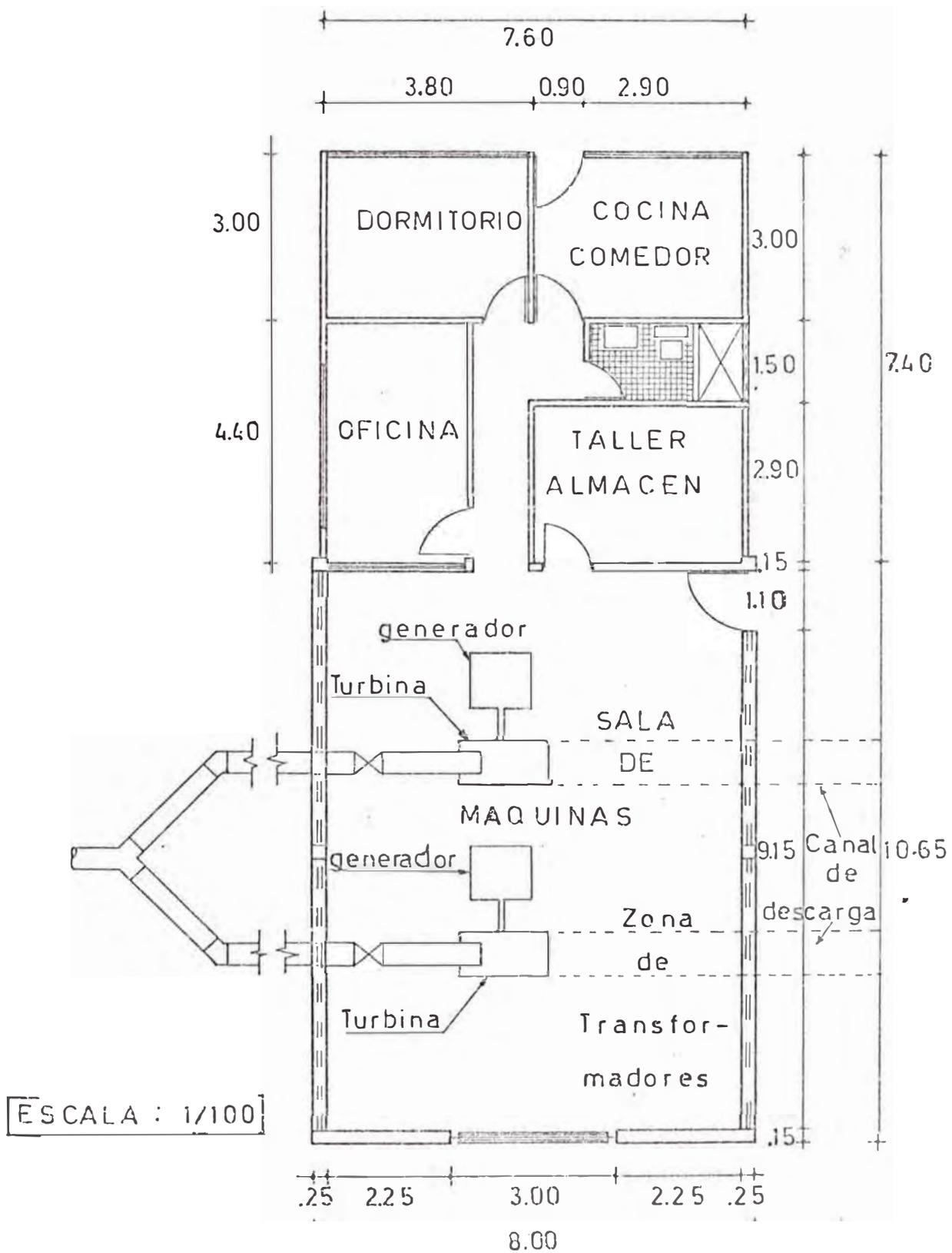
ÁREA NECESARIA PARA LA CASA DE MAQUINAS
DE UNA CENTRAL HIDRAULICA EN FUNCION DE
Q Y H



Ejemplo: para $Q=0.55\text{m}^3/\text{s}$ y $H=50\text{m}$.

Buscar la interseccion de las lineas de $Q=0.55$ y de $H=50$, dá un área de casa de maquinas de 50m^2 y 200Kw de potencia.

ESQUEMA DE CASA DE MAQUINAS PARA UNA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELECTRICA (600 Kw.)



5.4.12. SISTEMA DE TRANSMISION

El Sistema de Transmisión del Pequeño Sistema Eléctrico constituye de la sub-estación de salida (S.E.S.) que tiene por objeto elevar el potencial generador, y de las líneas de transmisión desde la casa de máquinas - hasta las localidades conformantes del Pequeño Sistema Eléctrico en estudio, interconectándose entre ellas.

Los diseños y cálculos tanto de las sub-estaciones de salida como de las líneas de transmisión deben ser efectuados por especialistas.

El objetivo de este numeral es la descripción del Sistema de Transmisión. Para el costo se consideran valores estimativos proporcionados por la División de Análisis de Costos y Presupuestos de ELECTROPERU-INIE, para efectos de hallar el costo total de la central.

5.4.12.1. Sub-Estación de salida :

Se considera que las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas generan tensiones de 230 voltios y que la transmisión se realiza generalmente a 10 Kilovoltios, lo cual implica la necesidad de una subestación de salida de 0.23/10 Kv. Ocasionalmente, cuando lo requieran las circunstancias puede utilizarse para la transmisión tensiones de 13.8 kilovoltios, lo que implicaría utilizar subestaciones de salida de 0.23/13.8 KV.

Se asume en electrificación rural, que la tensión de la línea de transmisión coincide con la línea de distribución primaria, por lo que no se requiere una subestación de llegada de la línea de transmisión.

5.4.12.2 LINEA DE TRANSMISION

Se considera que la línea de transmisión es del tipo rural, con conductor de aleación de aluminio y con estructuras de soporte conformadas por postes múltiples de madera nacional tratada y con elementos estructurales de fierro. El metrado en este rubro es el kilometraje total de línea de transmisión en el Pequeño Sistema Eléctrico medido en las cartas nacionales de la zona en estudio.

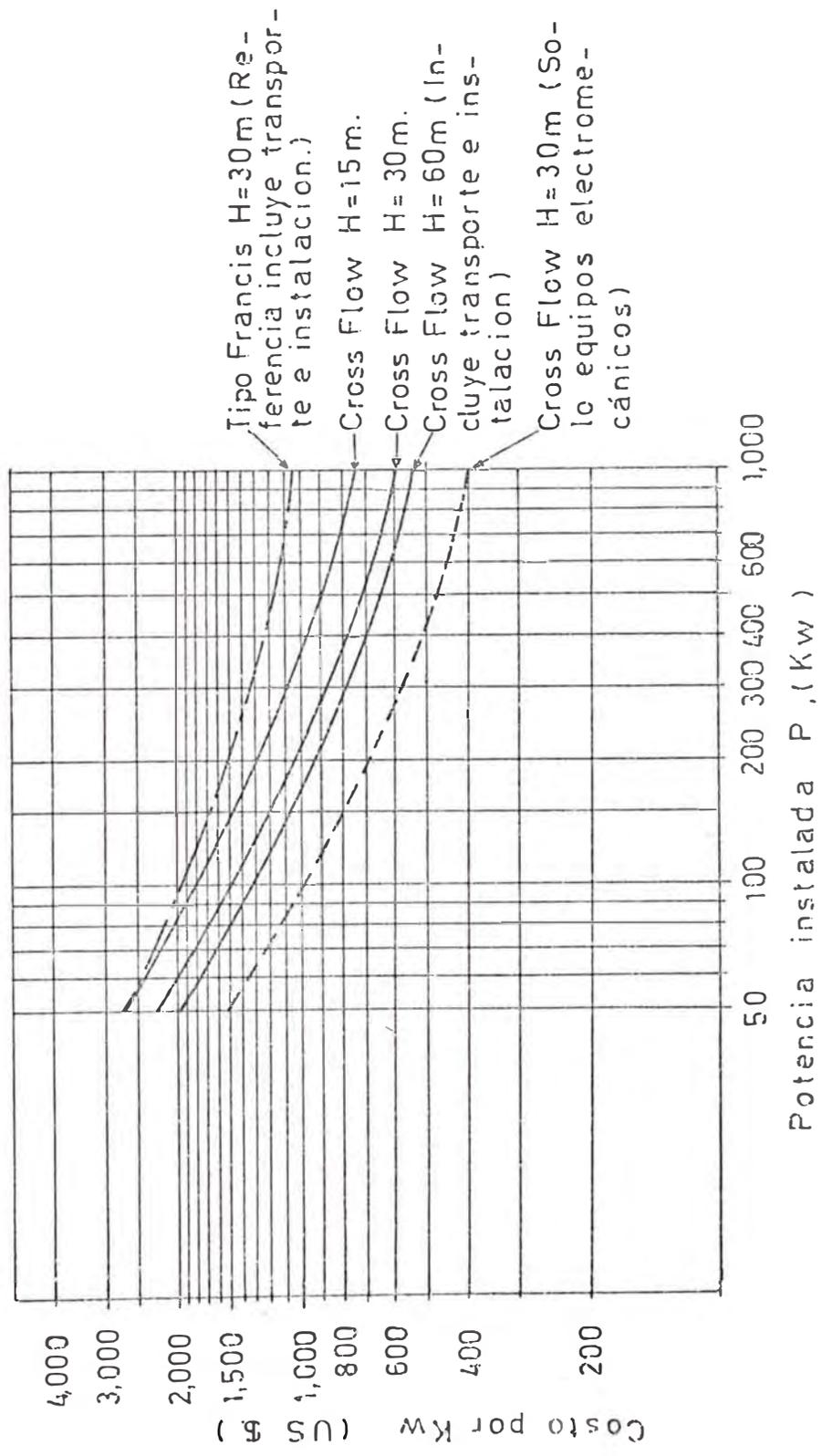
5.4.13. COSTOS DE OBRAS DEL PROYECTO

Estimados los metrados de obras de cada una de las estructuras que constituyen el Proyecto Hidroeléctrico en estudio mediante las láminas de metrados correspondiente a cada estructura, se estiman los costos de las obras civiles y de las obras electromecánicas con los costos unitarios en dólares americanos a marzo de 1981 (1 U.S. \$ = 400 soles oro), obtenidos de la División de Análisis de Costos y Presupuestos de ELECTROPERU-INIE, que se muestran a continuación

<u>DESCRIPCION</u>	<u>Un.</u>	<u>Precio Unitario</u> US\$.
- Excavación (Incluye eliminación)		
. En material suelto	m ³	4
. En roca suelta	m ³	5
- Concreto (Incluye encofrado)		
. En mampostería de piedra con revesti-		
miento para reservorio	m ²	15
. Armado para cruce de quebradas	m ³	105
. Armado para desarenador y cámara de carga	m ³	120
. Armado para bocatoma	m ³	160
- Casa de Máquinas	m ²	100
- Línea de transmisión	Km.	9,000
- Sub-estación de salida	Kw.	100
- Tubería forzada (incluye anclaje y apoyos)	Ton.	2,200

El costo del equipo electromecánico se halla mediante las láminas N° 5.38 y 5.39, según sea el caso de la turbina a emplearse. Dichos costos son a marzo de 1981, e incluyen transporte marítimo, terrestre, instalación de los grupos y los metales del patio de llaves.

COSTO DE LA MAQUINARIA DE UNA CENTRAL HIDRAULICA
TURBINA TIPO CROSS FLOW INCLUYENDO TRANSPORTE
E INSTALACION



5.5 ASPECTO ECONOMICO - RELACION B/C

5.5.1. JUSTIFICACION ECONOMICA DE UN PROYECTO HIDROELECTRICO-COMPARACION ECONOMICA ENTRE UNA CENTRAL HIDRAULICA Y UNA CENTRAL TERMICA.

5.5.1.1. GENERALIDADES :

La no implementación de un Proyecto Hidroeléctrico haría necesaria la construcción de una planta térmica equivalente como alternativa del Proyecto Hidroeléctrico propuesto.

El objetivo de este capítulo es analizar desde el punto de vista económico la alternativa térmica equivalente, con el propósito de justificar la elección de la alternativa hidroeléctrica.

5.5.1.2. HIPOTESIS Y PREMISAS PARA LA COMPARACION DE ALTERNATIVAS

Las hipótesis y premisas para la comparación son las siguientes :

Por la magnitud de la potencia y el tipo de servicio a prestar, se considera la generación con motores diesel, operados con petróleo diesel Nº 2 que resulta ser el más conveniente para pequeñas plantas.

Se halla el costo actualizado de la Central alternativa, planta térmica (beneficio); al que se le compara con el costo actual del Proyecto hidroeléctrico, (costo) materia de justificación económica.

El valor actual de los costos de las alternativas ha sido calculado para marzo de 1981.

La moneda tanto para los costos unitarios de las obras civiles y para los costos de equipos electro-mecánicos de la central hidráulica, así como para los costos actualizados de la Central Térmica, es el dólar americano, que para marzo de 1981 su cambio era de 400 soles oro.

Para la comparación del costo de la alternativa térmica con la central hidráulica se ha fijado tasas de interés de descuento para el Perú del 13% anual.

El valor "A" es un factor de decisión. Si "A" es mayor que la unidad, el proyecto hidroeléctrico es justificable.

5.5.1.4. COSTO ACTUALIZADO DE LAS CENTRALES TERMICAS DIESEL

Para hallar el costo actualizado de las centrales térmicas se parte del costo del combustible por Kw. y por año para centrales ubicadas a diferentes altitudes y para diferentes horas de funcionamiento al año, de acuerdo a la capacidad instalada y para diferentes costos del combustible por litro.

Para el tipo de electrificación en estudio (Tipo Rural) los datos obtenidos son sólo hasta los 1,000 Kw. de potencia instalados pudiendo se extrapolar hasta los 2,000 Kw. (en las Láminas Nos. 5.40, 5.41 y 5.42 están punteadas); también es conveniente analizar sólo para 3,000 horas y para 4,200 horas al año en forma independiente.

Estos costos para marzo de 1981, se dan en las Tablas 5.5.2. y 5.5.3, para 3,000 horas y para 4,200 horas de funcionamiento al año respectivamente.

A continuación se halla el costo actualizado del combustible para un interés de descuento determinado (13% para el Perú) y para una vida útil de 30 años de funcionamiento de la central usando el factor de actualización que se halla mediante la siguiente expresión :

$$F.act. = \frac{(1 + i)^n - 1}{i (1 + i)^n}$$

Donde :

F.act = factor de actualización que afecta a cada uno de los valores de las Tablas Nos. 5.5.2 y 5.5.3.

i = Interés de descuento (13%)

n = Vida útil del proyecto en años (30 años).

Estos costos actualizados para marzo de 1981, se dan en las Tablas Nos. 5.5.4. y 5.5.5. para 3,000 horas y 4,200 horas de funcionamiento al año respectivamente.

Estos costos actualizados de combustible, sumados con los costos actualizados de construcción de centrales térmicas diesel para el funcionamiento durante 30 años, para el rango de potencias en estudio, dan los costos consolidados de ambas partidas.

Los costos actualizados de construcción de centrales térmicas se muestran en la Tabla 5.5.1.

El consolidado de los costos tanto de construcción como del consumo de combustible por Kilovatio instalado se muestran en las tablas 5.5.6 y 5.5.7, para 3,000 horas y 4,200 horas, de funcionamiento al año respectivamente.

Estos valores están graficados en las Láminas 5.40, 5.41 y 5.42. para altitudes de 200 m.s.n.m., 2,000 m.s.n.m. y 4,000 m.s.n.m., respectivamente.

5.5.1.4.1. Ejemplo Ilustrativo

A) CENTRAL HIDRAULICA

- Costo total de construcción, sin incluir las redes de distribución. S/. 2'320,000

- Potencia disponible = 800 Kw.

Horas de funcionamiento para la comparación = 3,000 horas/año.

- Altitud del proyecto = 2,000 m.s.n.m.

- Costo del combustible en comparación = S/.0.2/lt y S/.0.3/lt.

B) CENTRAL TERMICA ALTERNATIVA, (DIESEL)

- Costo actualizado de construcción por Kw, para un precio de combustible de S/. 0.2/lt y para 3,000 horas de funcionamiento al año; De

la Lámina Nº 5.41 y de la curva "a" :

S/. 2,450/KW.

- Costo total de este tipo de central (B_1) :

$$B_1 = \text{S}/. 2,450/\text{KW} \times 800 \text{ KW} = \text{S}/. 1'960,000$$

- Relación Beneficio/costo para este tipo de central :

$$A_1 = \frac{B_1}{C} = \frac{1'960,000}{2'320,000} = 0.845$$

- Costo actualizado de construcción por Kw, para un precio de combustible de S/. 0.3/lt y para 3,000 horas de funcionamiento al año. De la Lámina 5.41 y de la curva "b".

S/. 3,200 / KW.

$$B_2 = \text{S}/. 3,200 /\text{Kw} \times 800 \text{ Kw.} = \text{S}/. 2'560,000$$

- Relación Beneficio/Costo para este tipo de Central

$$A_2 = \frac{B_2}{C} = \frac{2'560,000}{2'320,000} = 1.10$$

C) CONCLUSIONES

Si se tiene que servir una zona donde el costo del combustible es del S/. 0.3/lt, la relación

$$A_2 = B_2/C = 1.10 \text{ es mayor que la unidad.}$$

La alternativa más conveniente sería la hidroeléctrica.

- Si en la zona a servir, el costo de combustible es de S/. 0.2/lt la relación $A_1 = B_1/C = 0.845$ es menor que la unidad.

Entonces se debería preferir la alternativa de una central térmica diesel.

D) RECOMENDACIONES

Normalmente, las centrales térmicas diesel necesitan varias reparaciones al año, mientras que los mismos cargos operativos para las centrales hidroeléctricas son muy pequeñas. Por lo tanto, aún cuando el costo de una central hidráulica fuese ligeramente más alto, la relación beneficio /

costo menor que la unidad ($A_1 = 0.845$), se recomienda la primera alternativa como solución de electrificación.

TABLA N° 5.5.1.
COSTO ACTUALIZADO DE CONSTRUCCION DE CENTRALES TERMICAS DIESEL
PARA FUNACIONAMIENTO DURANTE 30 AÑOS
 (En Dólares U.S.A.)

Capacidad de la Central Diesel (KW)	Costo actualizado de construcción por KW		
	200 m.s.n.m.	2,000 m.s.n.m.	4,000 m.s.n.m.
60	2,250	2,370	2,491
125	1,337	1,408	1,480
250	964	1,015	1,067
500	904	952	1,000
1,000	903	951	999

TABLA N° 5.5.2.
COSTO DEL COMBUSTIBLE POR KW. Y POR AÑO
 (Incluye los costos de aceite y otros)
3,000 Horas de Funcionamiento de la Central al año
 (En dólares U.S.A.)

ALTITUD (m.s.n.m.)	Capacidad de la Central Diesel (KW)	Costo de combustible por litro		
		S/.0.2/lt.	S/.0.3/lt	S/.0.4/lt.
	60	231/Kw/año	347/kw/año	462/kw/año
	125	198	297	396
200	250	191	287	382
	500	178	267	356
	1,000	172	258	344
	60	268	403	536
	125	230	345	459
2,000	250	222	333	443
	500	207	310	411
	1,000	200	299	399
	60	305	458	610
	125	261	392	523
4,000	250	252	379	504
	500	235	352	470
	1,000	227	341	454

TABLA N° 5.5.3.

COSTO DEL COMBUSTIBLE POR KW. Y POR AÑO

(Incluye los costos de aceite y otros)

4,200 horas de funcionamiento de la central al año

(En dólares U.S.A.)

ALTITUD (m. s. n. m.)	Capacidad de la Central Diesel (KW.)	Costo de combustible por litro		
		S/.0.2/lt	S/.0.3/lt	S/.0.4/lt
	60	323/Kw/año	485/Kw/año	646/Kw/año
	125	277	416	554
200	250	268	402	536
	500	249	374	498
	1,000	240	360	480
	60	380	563	749
	125	321	483	643
2,000	250	311	466	622
	500	289	434	577
	1,000	278	418	557
	60	432	640	853
	125	366	547	731
4,000	250	354	531	708
	500	329	494	657
	1,000	317	475	634

TABLA N° 5.5.4.

VALOR ACTUALIZADO DEL COSTO DEL COMBUSTIBLE

(3,000 horas de funcionamiento al año y 13% de interés)

(En dólares U.S.A.)

<u>ALTITUD</u> (m. s. n. m.)	Capacidad de la Central Diesel (KW)	Precio del combustible.		
		S/.0.2/lt	S/. 0.3/lt	S/.0.4/lt
200	60	1,732	2,601	3,463
	125	1,485	2,210	2,968
	250	1,432	2,152	2,911
	500	1,334	2,001	2,668
	1,000	1,289	1,934	2,579
2,000	60	2,009	3,021	4,018
	125	1,724	2,586	3,441
	250	1,664	2,496	3,320
	500	1,551	2,244	3,080
	1,000	1,499	2,241	2,990
4,000	60	2,286	3,433	4,572
	125	1,956	2,938	3,920
	250	1,889	2,841	3,779
	500	1,761	2,638	3,523
	1,000	1,702	2,556	3,403

TABLA N° 5.5.5.

VALOR ACTUALIZADO DEL COSTO DEL COMBUSTIBLE

(4,200 horas de funcionamiento al año y **13%** de interés)

(En dólares U.S.A.)

ALTITUD (m. s. n. m.)	Capacidad de la Central Diesel (KW)	Precio del Combustible		
		S/.0.2/lt.	S/.0.3/lt	S/. 0.4/lt
200	60	2,421	3,635	4,842
	125	2,076	3,119	4,153
	250	2,009	3,014	4,018
	500	1,866	2,804	3,733
	1,000	1,799	2,699	3,598
2,000	60	2,848	4,220	5,614
	125	2,406	3,620	4,820
	250	2,331	3,493	4,663
	500	2,166	3,253	4,325
	1,000	2,084	3,133	4,175
4,000	60	3,238	4,797	6,394
	125	2,743	4,100	5,479
	250	2,653	3,980	5,307
	500	2,466	3,703	4,924
	1,000	2,376	3,561	4,753

TABLA N° 5.5.6.

VALOR ACTUALIZADO DEL COSTO DE CONSTRUCCION DE UNA CENTRAL DIESEL
 Y DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR KW INSTALADO
 Operación durante 30 años e interés del 13 %
 3,000 horas/año de funcionamiento de la central

(En Dólares U.S.A.)

ALTITUD (m. s. n. m.)	Capacidad de la Central - Diesel (KW)	Costo del combustible por litro		
		S/.0.2/lit	S/.0.3/lit.	S/.0.4/lit
200	60	3,982	4,851	5,713
	125	2,822	3,547	4,305
	250	2,396	3,116	3,875
	500	2,238	2,905	3,572
	1,000	2,192	2,837	3,482
2,000	60	4,379	5,321	6,388
	125	3,132	3,994	4,849
	250	2,679	3,511	4,335
	500	2,503	3,196	4,032
	1,000	2,450	3,192	3,941
4,000	60	4,777	5,924	7,063
	125	3,436	4,418	5,400
	250	2,956	3,908	4,846
	500	2,761	3,638	4,523
	1,000	2,701	3,555	4,402

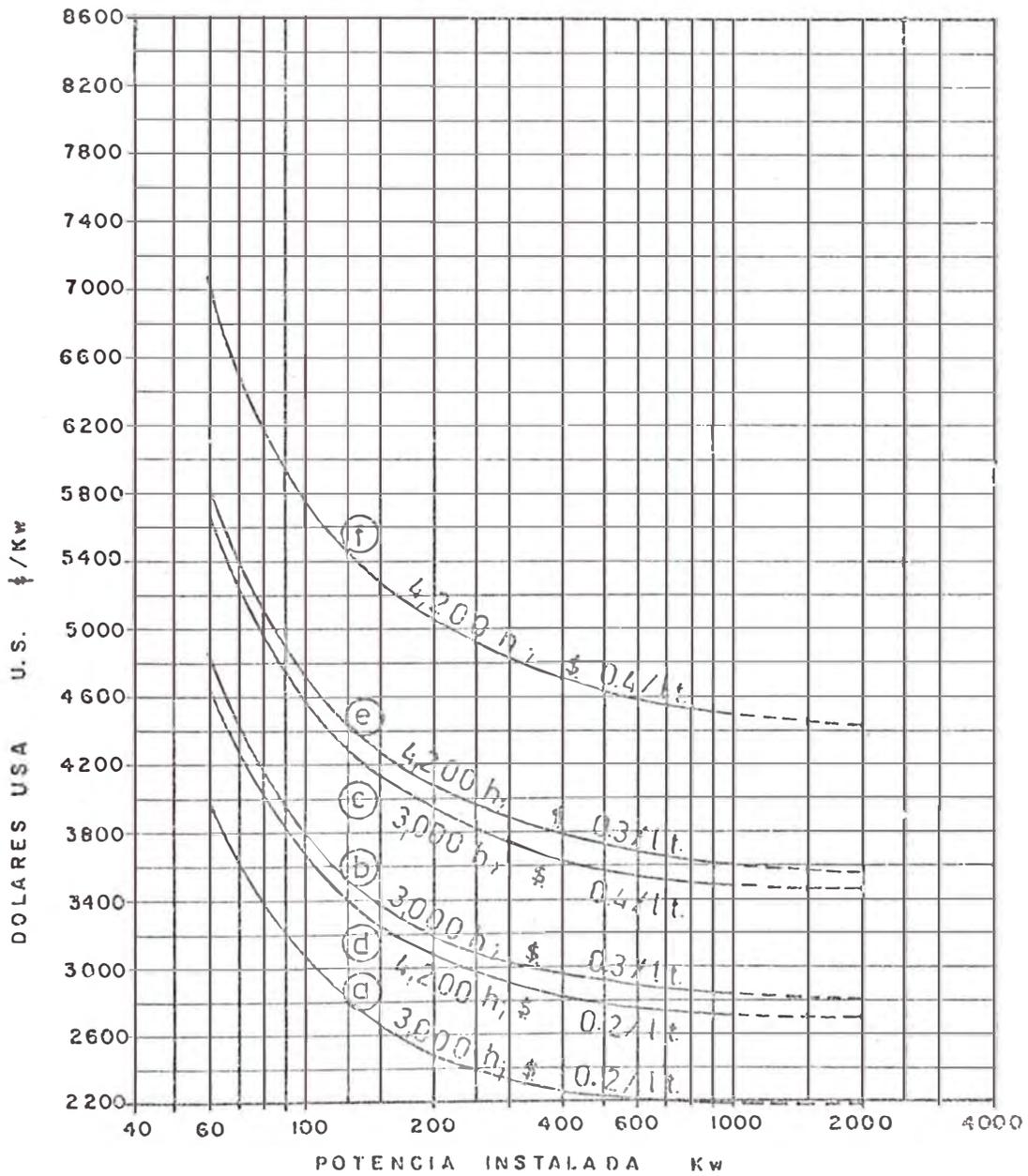
TABLA N° 5.5.7.

Para 4,200 horas/año de funcionamiento de la central

(En Dólares U.S.A.)

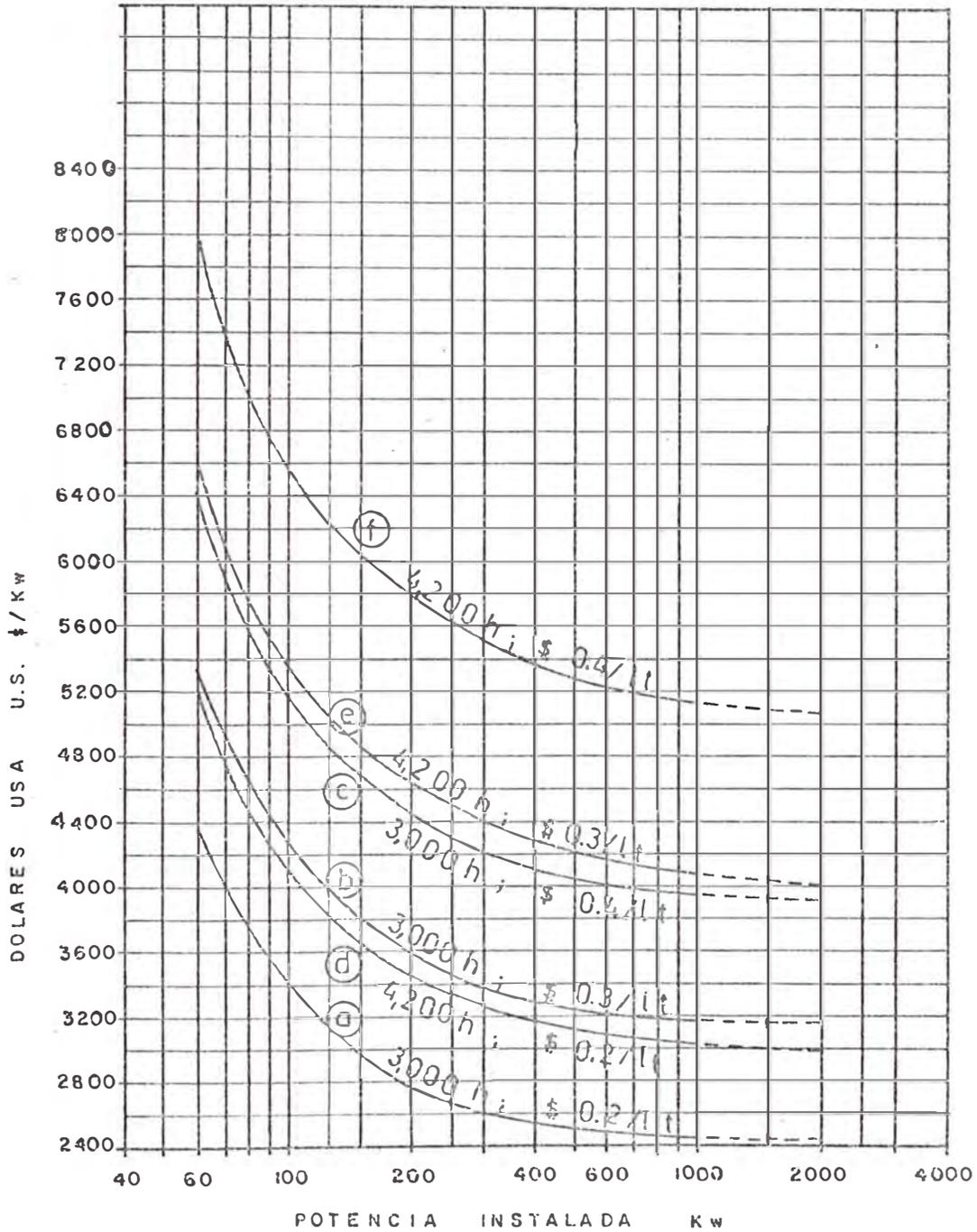
ALTITUD (m. s. n. m.)	Capacidad de la Central Diesel (KW)	Costo del combustible por litro		
		₡ 0.2 /lt	₡ 0.3 /lt	₡ 0.4 /lt
200	60	4,671	5,885	7,092
	125	3,413	4,456	5,490
	250	2,973	3,978	4,982
	500	2,770	3,708	4,637
	1,000	2,702	3,602	4,501
2,000	60	5,218	6,590	7,984
	125	3,814	5,028	6,228
	250	3,346	4,508	5,678
	500	3,118	4,205	5,277
	1,000	3,035	4,084	5,126
4,000	60	5,729	7,288	8,885
	125	4,223	5,580	6,959
	250	3,720	5,047	6,374
	500	3,466	4,703	5,924
	1,000	3,375	4,560	5,752

COSTO DE CONSTRUCCION Y COMBUSTIBLE DE UNA
CENTRAL TERMICA DIESEL EN DOLARES POR Kw
(Ubicado a 200 m.s.n.m.)



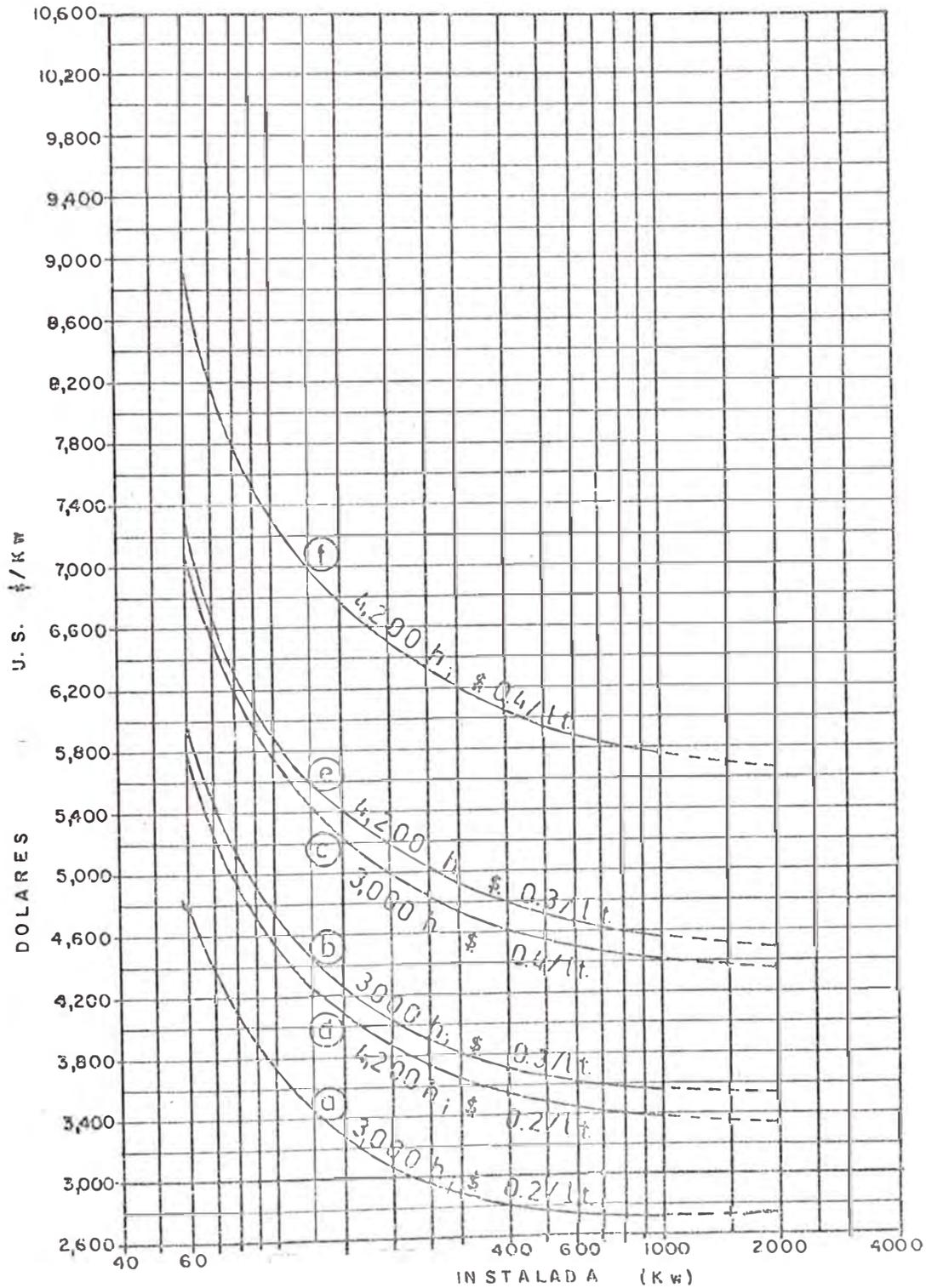
COSTO DE CONSTRUCCION Y COMBUSTIBLE DE UNA
CENTRAL TERMICA DIESEL EN DOLARES POR KW

(Ubicado a 2000 m. s.n.m.)



COSTO DE CONSTRUCCION Y COMBUSTIBLE DE UNA
CENTRAL TERMICA DIESEL EN DOLARES POR Kw

(Ubicado a 4000 m.s.n.m.)



5.6 ASPECTO SOCIAL

Este numeral , más descriptivo que práctico, trata de enumerar todos los beneficios sociales **a** que conduciría la construcción de una Pequeña - Central Hidroeléctrica, desde la misma fase de su construcción, en que sirve como fuente de trabajo, hasta la vida misma de la central con los beneficios que ofrece a la población.

Es fácil observar que no es posible cuantificar en soles el beneficio que obtienen los pobladores que nunca antes han usado un artefacto eléctrico y que con la implementación de la central puedan llegar a usarlo.

Otros beneficios no cuantificables son por ejemplo la Economía de Divi sas, que debido a una mayor producción de bienes de consumo, disminuye la importación con un consiguiente ahorro de divisas.

Controla la migración hacia los polos de desarrollo, que al crearse mejores perspectivas de desarrollo, disminuiría este fenómeno social muy arraigado en los jóvenes generalmente de los pueblos más atrasados.

Tributación, debido a que al elevarse el nivel económico-cultural, aumentan implícitamente los impuestos al Estado.

Sumando a esto que desde el punto de vista de la inversión, ninguna - central eléctrica del orden similar a los en estudio es rentable, es decir, que la construcción de este tipo de obras es a pérdidas, debido a que el costo del Kilovatio instalado es muy alto en relación a los precios de venta en el mercado.

Se concluye, por lo tanto, que el beneficio es del tipo social !

Para concretar mejor este beneficio social, se recomienda que paralelamente a la construcción de las obras civiles de la pequeña central eléctrica, se lleve a cabo una política de incentivos del uso de esta energía, con el objeto de cambiar las costumbres de vida de las localidades conformantes del Pequeño Sistema Eléctrico, elevando el nivel de vida que en estado de subdesarrollo se encuentra la mayoría de los pueblos del interior del País.

CAPITULO 6

APLICACION AL PEQUENO SISTEMA ELECTRICO CUTERVO

ESTUDIOS DE PRE-FACTIBILIDAD

6.0. APLICACION AL PEQUEÑO SISTEMA ELECTRICO CUTERVO, ESTUDIOS DE PRE-FAC TIBILIDAD

En el presente Capítulo se muestra en forma secuencial una aplicación directa de la metodología propuesta en los Capítulos anteriores del Pre-diseño de una Pequeña Central Hidroeléctrica a un caso concreto : La Pequeña Central Hidroeléctrica de "CUTERVO".

6.1 CARACTERISTICAS FISICAS DEL LUGAR

6.1.1. UBICACION

El pequeño sistema eléctrico "Cutervo" está ubicado en la provincia de Cutervo, situada en la sierra central del departamento de Cajamarca. Su Capital es la ciudad de Cutervo, situada a 2,480 m.s.n.m. y entre los 6° 11' y 6°28' de latitud sur y los 78°40' y 78°51' de longitud oeste, como muestra la Lámina N° 6.1

6.1.2. CONFORMACION DEL PEQUEÑO SISTEMA ELECTRICO

La conformación del P.S.E. se realiza en tres etapas de acuerdo a la metodología y que son :

a) DELIMITACION PRELIMINAR

Es el estudio en gabinete, con la **carta** a la escala de 1/100,000 de la provincia de Cutervo y con los datos de los Censos de 1960 y de 1972 , se halla una relación tentativa de localidades conformantes del P.S.E. y que son los siguientes

- | | |
|------------------|----------------|
| - Cutervo | - Cuyuma |
| - Chacal | - Huangashonga |
| - Añico | - Yerbabuena |
| - La Succha | - Cullas |
| - La Sola | - La Colca |
| - Cullanmayo | - Muñuño |
| - Ambulco Grande | - El Carbón |

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| - Ambulco Chico | - El Verde |
| Vista Alegre | - Chipuluc |
| Sumidero | Sócota |
| - Muchadín | Santa Elena |
| - María | - San Antonio |
| - Chiguirip* | - Maraihuaca Grande |
| - Maraihuaca Chica | - Tugusa |
| Pichugán | La Torre |
| - San Luis de la Lucma | - San Andrés de Cutervo. |

(*) Chiguirip pertenece a la Provincia de Chota, pero está cerca al lugar de generación.

b) RECONOCIMIENTO DE CAMPO DEL PEQUEÑO SISTEMA ELECTRICO

Se explica detalladamente en el numeral 6.1.6.

c) REPLANTEO DEL PEQUEÑO SISTEMA ELECTRICO

Con nuevos elementos de juicio, con el recurso hídrico disponibles y la localización de los principales centros de consumo, se plantea la conformación del P.S.E., en estudio con las siguientes localidades

Cutervo

Chipuluc

San Antonio

Sócota

San Luis de la Lucma

San Andrés de Cutervo.

Estas localidades en su mayoría están conectadas con carreteras a la ciudad de Cutervo como se indica en el numeral 6.1.4.

La conformación del Pequeño Sistema Eléctrico "Cutervo" en estudio, se muestra en el plano de la Lámina N° 6.2.

Las principales razones **de** no incluir al resto de las localidades - dentro del estudio son las siguientes :

a) Su lejanía de la ubicación escogida para la central hidroeléctrica ó de los centros de carga principales, y la poca demanda que representan, en relación a las distancias de transmisión. Este es el caso de las localidades Cullanmayo, Muñuño, Huangashonga.

b) Estando cerca de los posibles centros de carga, la población de la localidad es bastante reducida, lo que representa una demanda mínima que no afecta mayormente al horizonte proyectado de la demanda. Este es el caso de las localidades de Cuyuna, Chacal, Añico, Yerbabuena, la Succha, Cullac, Vista Alegre, La Sola, Santa Elena, María.

No se excluye la posibilidad de que las localidades no incluidas dentro del presente estudio, puedan ser posteriormente atendidas desde los centros de carga principales, gracias a la participación de sus respectivos pobladores e independientemente de las soluciones de tipo térmico que puedan también adoptar.

6.1.3. OFERTA EXISTENTE

La oferta existente está conformada por la Central Térmica de Cutervo y la Central Hidroeléctrica de Súcota.

En el caso de la localidad de Cutervo- el servicio eléctrico está a cargo de la Municipalidad, contando para tal efecto con un grupo térmico de 200 Kw. de potencia que presta servicios desde las 18:30 a las 24:00 horas (5½ ~~horas~~), motivo principal de este número reducido de horas es el alto costo del combustible que incluso obliga al municipio a subsidiar el servicio.

Este grupo térmico, instalado en 1975, mantenía un funcionamiento deficiente a la fecha de efectuado el reconocimiento de campo, por lo que

las autoridades locales indicaron que era necesario una reparación.

Las características de la Central Térmica de Cutervo son las siguientes :

MOTOR

Marca : Deutz
Tipo : BFGM 716
Potencia : 200 Kw. (290 HP)

GENERADOR

Marca : Heinkel
Año de instalación : 1975
Potencia Nominal : 200 KVA
Tensión Nominal : 230/500 V.

En cuanto a la Central Hidroeléctrica de Sócota, de 18 Kw. de potencia opera desde las 18:00 a las 24:00 horas

El funcionamiento de esta Central es muy deficiente debido principalmente a los años de funcionamiento (31 años), por lo que su puesta fuera de operación es un hecho. Sus características son las siguientes .

Turbina : Pelton
Altura : 20 m.
Gasto : 0.1 m³/seg.
Generador : Century
Potencia Nominal : 18 Kw.
Tensión Nominal : 220/240 V.

6.1.4. ACCESIBILIDAD

La vía de acceso a la localidad de Cutervo está constituida por una carretera de 214 Km. que sale de la ciudad de Chiclayo y que une a las poblaciones que se indican en el Cuadro Nº 1 , adjunto ; en dicho Cuadro también se muestran las vías de acceso a los Distritos de Sócota y San

Luis de la Lucma, que también conforman el P.S.E. El acceso a los caseríos Chipuluc y San Antonio es por medio de caminos de herradura de 4.2 Km. teniendo como puntos iniciales a las ciudades de Cutervo y Súcota, respectivamente.

El acceso a San Andrés de Cutervo es por un camino de herradura de 18 Km., cabe indicar que existe un proyecto para la construcción de una carretera que uniría Súcota y San Andrés de Cutervo existiendo a la fecha una partida de dinero para la construcción de dicha carretera.

6.1.5. PRINCIPALES ACTIVIDADES ECONOMICAS

Entre las principales actividades económicas del Pequeño Sistema Eléctrico se encuentra la agricultura, predominando el cultivo de la papa, maíz y caña de azúcar. Asimismo, en relación a la ganadería se cría ganado vacuno, ovino y porcino principalmente.

Otras actividades productivas son la pequeña industria de curtiembre, la elaboración de queso, mantequilla y artesanía. San Andrés de Cutervo es el principal proveedor de ganado vacuno de la provincia.

6.1.6. RECONOCIMIENTO DE CAMPO

El reconocimiento de campo del Pequeño Sistema Eléctrico en estudio se realizó desde el 23.01.81, hasta el 31.01.81 por el equipo de estudios de "Pequeñas Centrales Hidroeléctricas" de la Empresa Electricidad del Perú - ELECTROPERU conforme consta en los archivos de la División de Hidráulica del Instituto de Investigaciones Energéticas y Servicios de Ingeniería Eléctrica- INIE, perteneciente a la Empresa anteriormente mencionada.

Después de efectuar reconocimientos preliminares, recoger informaciones de los habitantes, analizar la información cartográfica y efectuar estudios preliminares de gabinete, se encontró que existe una alternativa de aprovechamiento hidroeléctrico para satisfacer la demanda del Pequeño

Sistema Eléctrico. Ver el Plano de la Lámina N° 6.3.

La alternativa plantea la captación de aguas del río Guineamayo en una zona inmediatamente aguas abajo de la confluencia de los ríos Sókota y Sucse.

Las aguas se derivarían por un canal a media ladera en la margen izquierda del río Guineamayo, hasta una zona denominada "Guineamayo", a unos 5.0 kilómetros aguas abajo de la mencionada confluencia, cruzando la Quebrada Palo Negro, ubicando la Cámara de Carga, Tubería forzada y la Casa de Máquinas, aguas abajo de esta Quebrada.

6.1.7. GEOLOGIA DE LA ZONA

La descripción de la geología de la zona del estudio, obtenida ^{de} los archivos de la División de Hidráulica de ELECTROPERU-INIE, se dá a continuación :

Zona de Toma : Los materiales existentes están constituídos principalmente de rocas calcáreas que afloran en los flancos del valle; en las proximidades de la zona no existen fenómenos de geodinámica externa en estado activo o potencial.

La fundación del Barraje de Derivación se efectuará tomando las precauciones necesarias para la estabilidad, especialmente a lo concerniente a los efectos de la erosión regresiva que puede originarse en las épocas - de las grandes avenidas .

Zona del Canal de Aducción : El canal se construirá en la margen izquierda del valle, considerado como el mejor emplazamiento en conformidad a las condiciones geomorfológicas y litológicas del Valle.

El flanco derecho se presenta conformando una ladera de pendiente - fuerte, casi del orden de los 35°, situación que obligaría a efectuar movimientos importantes de material para conseguir la plataforma del canal, además existen afloramientos de calizas en tramos importantes, y por último existen también zonas inestables muy difíciles de cruzar.

La margen izquierda del Valle presenta pendientes que varían entre los 20° - 25°, permitiendo de esta manera la construcción del canal sin requerir el movimiento de volúmenes importantes de material.

El trazado mayormente se desarrollará sobre detritos de naturaleza compacta y parcialmente sobre calizas.

Las zonas inestables que se originarán a consecuencia de las excavaciones para la plataforma del canal serán muy limitadas.

Zona Cámara de Carga - Casa de Máquinas El emplazamiento de la Cámara de Carga se efectuará en una pequeña cresta que varía entre los 25° a 30° de inclinación; el material que aflora en la zona se encuentra constituido por depósitos de travertino parcialmente consolidado y detritos de cobertura.

Para el emplazamiento de las obras de la Cámara de Carga, es de prever que se efectúen excavaciones de cierta importancia, las que conllevarán a proyectar sistemas de anclaje y drenaje que garantice la seguridad de las obras contra los fenómenos de geodinámica externa.

Las obras de demasía serán proyectados casi en su totalidad con revestimiento, por cuanto no existen condiciones morfológicas apropiadas como para el escurrimiento libre de las aguas.

La tubería forzada será anclada en una ladera de 25° a 30° de inclinación y sobre materiales que se encuentren constituidos por depósitos de travertinos en diferente grado de consolidación.

La Casa de Máquinas se encuentra emplazada en una pequeña playa que se encuentra adyacente al río y sobre la margen izquierda del mismo.

El material predominante de la zona de la Casa de Máquinas se encuentra constituido por detritos aluviales de variada naturaleza.

Como medida de protección para las instalaciones se debe prever un encauzamiento del río en un tramo de 100 mts. aproximadamente.

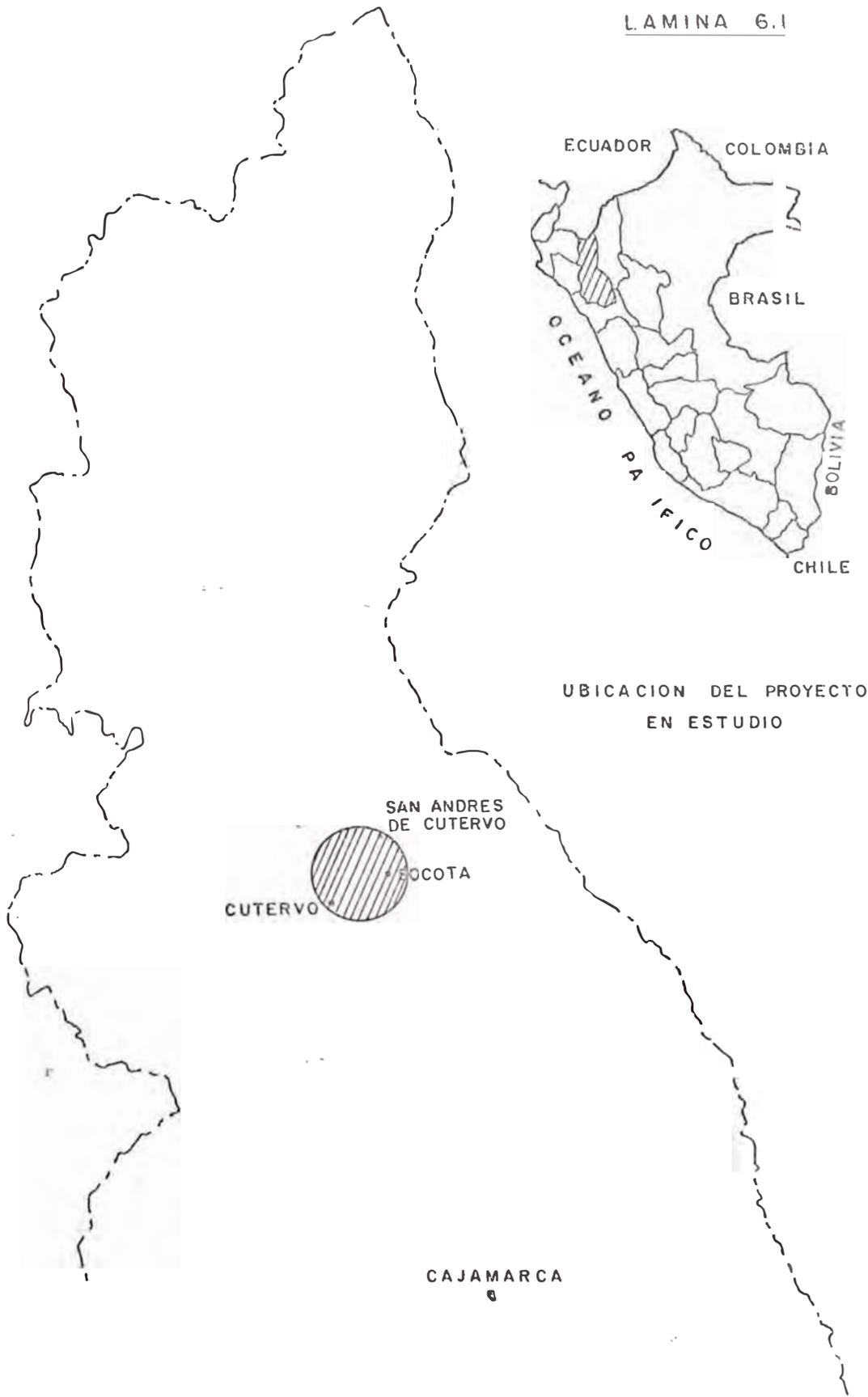
CUADRO N° 1

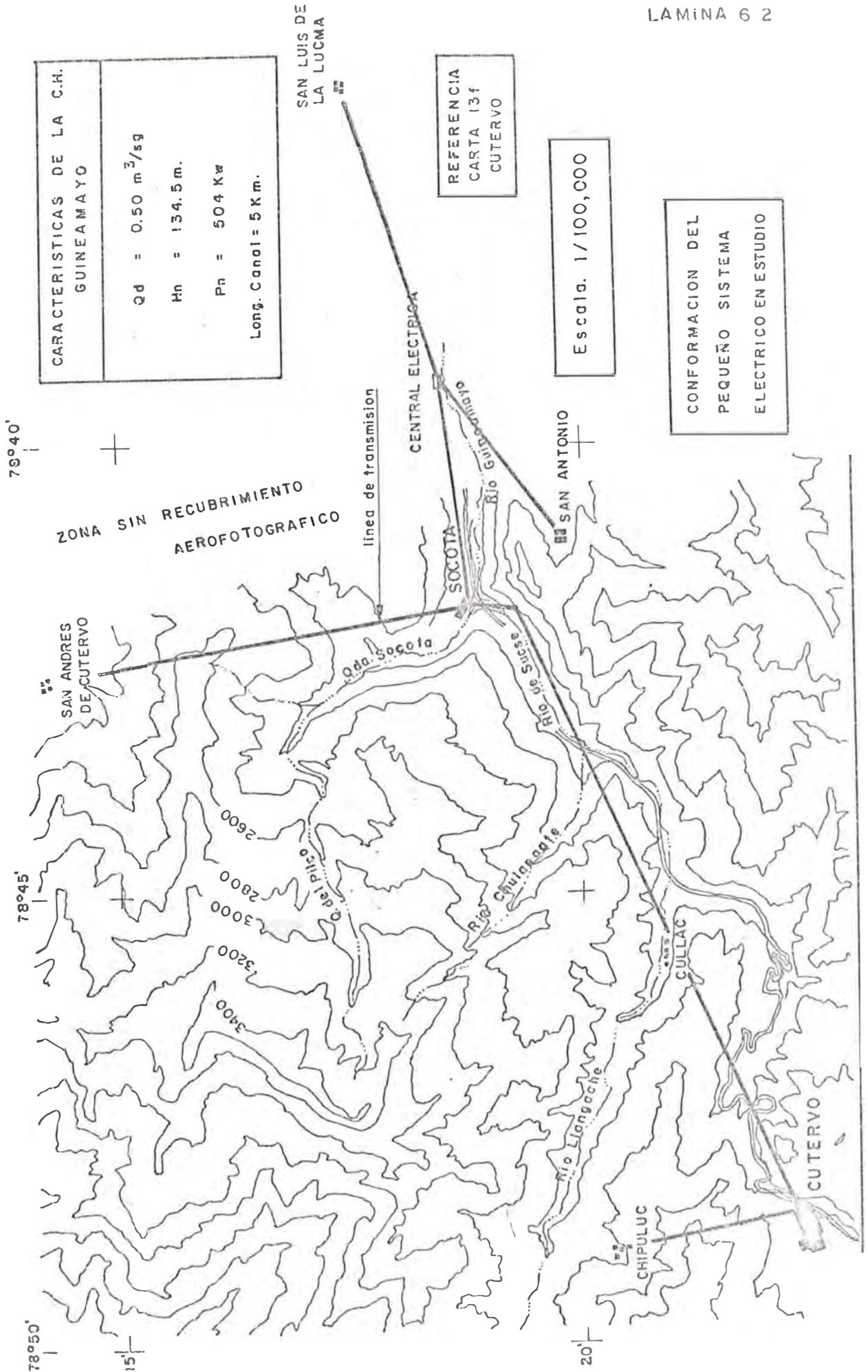
VIAS DE ACCESO A LAS LOCALIDADES CONFORMANTES DEL PEQUEÑO SISTEMA ELECTRICO DE CUTERVO

Distancia (Km) A	Chiclayo	Chongoyape	Llãma	Huambos	Cochabamba	Cutervo	Sócota	San Luis de la Lucma
Chiclayo	---	59	121	165	184	214	244	262
Chongoyape	59	--	62	106	125	155	185	203
Llãma	121	62	--	44	63	93	123	141
Huambos	165	106	44	--	19	49	79	97
Cochabamba	184	125	63	19	--	30	60	88
Cutervo	214	155	93	49	30	--	30	48
Sócota	244	185	123	79	60	30	---	18
San Luis de la Lucma	262	203	141	97	88	48	18	

NOTA : La carretera de acceso al Pequeño Sistema Eléctrico es pavimentado hasta Chongoyape para continuar afirmada hasta Sócota; el tramo Sócota-San Luis de la Lucma es una carretera sin afirmar.

LAMINA 6.1





CARACTERISTICAS DE LA C.H. GUINEAMAYO	
Qd =	0.50 m ³ /sg
Hn =	134.5 m.
Pn =	504 Kw
Long. Canal = 5 Km.	

REFERENCIA
CARTA 13f
CUTERVO

Escala. 1/100,000

CONFORMACION DEL
PEQUEÑO SISTEMA
ELECTRICO EN ESTUDIO

ZONA SIN RECUBRIMIENTO
AEROFOTOGRAFICO

SAN LUIS DE
LA LUCMA

linea de transmision

CENTRAL ELECTRICA

Rio Guindolero

SOCOTA

Oda. Socota

Rio de Suce

Rio Chulaqaq

Rio Liangache

CULLAC

CHIPULUC

CUTERVO

SAN ANTONIO

SAN ANDRES
DE CUTERVO

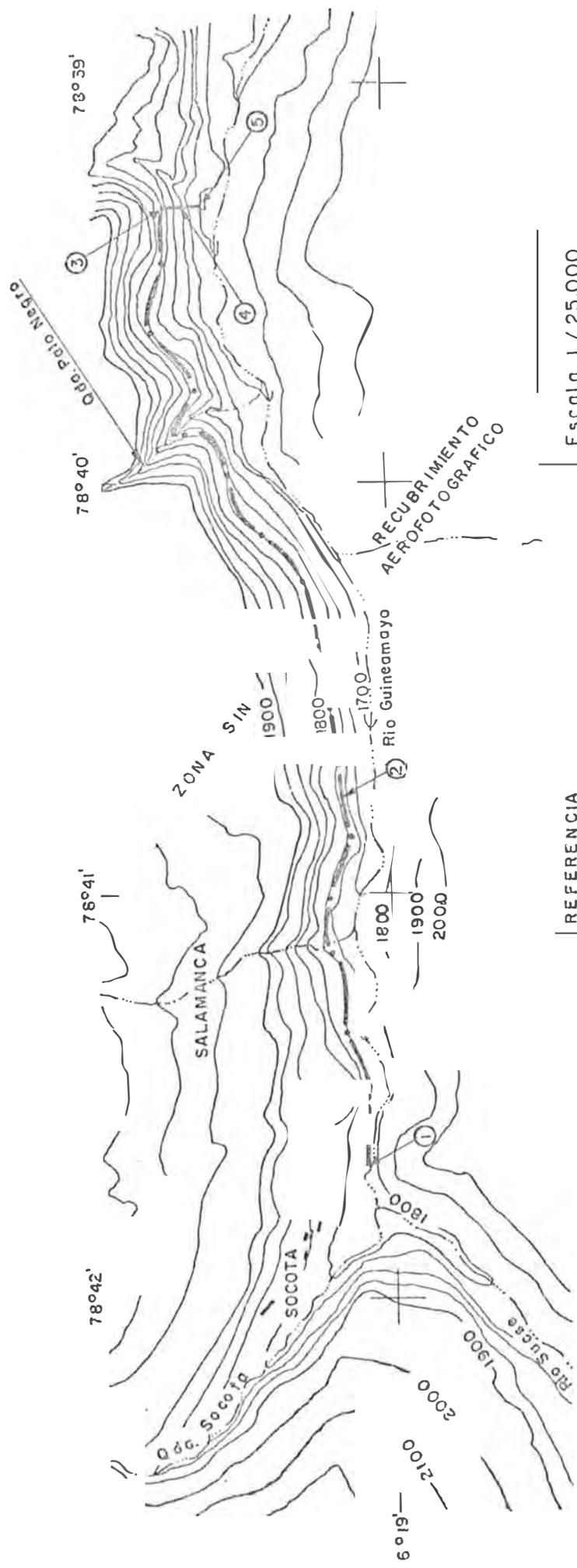
78°40'

78°45'

78°50'

15'

20'



REFERENCIA
HOJA: 15f-II-NO
SOCOTA

Escala. 1 / 25,000

LEYENDA

- ① SOCATOMA
- ② CANAL
- ③ CAMARA DE CARGA
- ④ TUBERIA FORZADA
- ⑤ CASA DE MAQUINAS

ESQUEMA DEL APROVECHAMIENTO
HIDROELECTRICO CUTERVO

6.2. INGENIERIA DEL PROYECTO

6.2.1. DETERMINACION DEL MERCADO ELECTRICO

El período de estudio para la Central Eléctrica del Pequeño Sistema Eléctrico "Cutervo" es de 20 años considerando que la puesta en funcionamiento es el año 1984, el horizonte hasta donde se proyectan todas las variables es el año 2003, fecha en que la Central deja de ser económicamente rentable.

En las láminas de la metodología para el análisis y previsión de la demanda de energía eléctrica como son las Láminas N° 5.2, 5.3 y 5.4, el año 1984 corresponde al año 5 en el eje correspondiente a "años", que es el año en que la Central Eléctrica entra en funcionamiento (los años anteriores, 5 años en total, toman en cuenta el tiempo necesario tanto para la etapa de estudios como para la construcción de dicha Central), y el año 2003 corresponde al año 24, en que termina el período de análisis.

Según el capítulo anterior, en la actualidad las únicas localidades que cuentan con servicio eléctrico son Cutervo y Sócata, estando la administración de las instalaciones a cargo de las Municipalidades.

El servicio brindado es restringido, de 18:00 a 24:00 horas, y sufre deficiencias en cuanto al estado de las redes de distribución y a la insuficiente capacidad de generación de los grupos existentes motivo por el cual existe una demanda potencial significativa.

A continuación se sigue en forma secuencial el estudio del mercado eléctrico.

6.2.1.1. PRONOSTICO DE POBLACION

Se obtiene de proyectar en forma exponencial durante todo el período de análisis los datos de población que indica el Censo Nacional de 1972, con las tasas de crecimiento medio anual en el período intercensal, 1961-1972 proporcionados por el departamento de Demografía del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) y según la metodología de proyec-

ción de demanda.

Los datos de la población del año 1972 y la tasa intercensal 1961-1972 de crecimiento medio anual de la población, se muestran a continuación:

LOCALIDAD	POBLACION	TASA INTERCENSAL
- Cutervo	5,777	1.7%
- Súcota	1,224	1.0%
- San Luis de la Lucma	346	2.6%
- San Antonio	538	1.0%
Chipuluc	1,049	1.7%
- San Andrés de Cutervo	821	3.0%
Total	9,755 hbts.	

Al proyectar esta población en forma exponencial con las tasas intercensales, se obtiene, para algunos años, los valores que se muestran :

LOCALIDAD	1984	1990	2003
- Cutervo	7,072	7,825	9,742
- Súcota	1,379	1,464	1,666
- San Luis de la Lucma	471	549	767
- San Antonio	606	643	732
Chipuluc	1,284	1,421	1,769
- San Andrés de Cutervo	1,171	1,398	2,053
TOTAL (Habitantes)	11,984	13,301	16,730

6.2.1.2. CATEGORIZACION DE LAS LOCALIDADES

La cantidad de habitantes de cada localidad al año 20 del período de análisis (en este caso es el año 2003), así como el desarrollo socio-económico de cada una de ellas, permiten hacer, dentro de la clasificación planteada en la metodología de determinación del mercado eléctrico,

el siguiente agrupamiento :

- TIPO, A : Cutervo
B : Sócota, Chipuluc y San Andrés de Cutervo
C : San Luis de la Lúma y San Antonio

6.2.1.3. PRONOSTICO DEL NUMERO DE VIVIENDAS :

El número de viviendas de cada localidad se obtiene a partir de la siguiente relación :

$$\text{Número de viviendas} = \frac{\text{Número de habitantes}}{\text{Habitantes por vivienda}}$$

En donde el denominador, igualmente es obtenido de los resultados del Censo Nacional de 1972, y que se muestra a continuación para cada localidad .

LOCALIDAD	<u>HABITANTE/VIVIENDA (CENSO 1972)</u>
- Cutervo	5
- Sócota	5 .
- San Luis de la Lucma y	5
- San Antonio	4
- Chipuluc	5
- San Andrés de Cutervo	5

Los resultados del número de viviendas para cada localidad y para algunos años se muestran a continuación

LOCALIDAD	1984	1990	2003
- Cutervo	1,414	1,565	1,948
- Sócota	276	293	333
- San Luis de la Lúma	94	110	153
- San Antonio	152	161	183
- Chipuluc	257	284	354
- <u>San Andrés de Cutervo</u>	234	280	411
TOTAL (Viviendas)	2,427	2,693	3,392

6.2.1.4. PRONOSTICO DEL NUMERO DE ABONADOS DOMESTICOS

El número de abonados domésticos de cada localidad resulta de multiplicar la cantidad de viviendas anteriormente estimadas, por su respectivo coeficiente de electrificación de acuerdo a la categoría de cada localidad, valor éste que se estima utilizando la curva que corresponde a cada localidad según lo que se indica en el numeral 6.2.1.2.

De la curva del coeficiente de electrificación a usar para cada tipo de localidad, sus respectivos valores se muestran a continuación, para algunos años.

LOCALIDAD	CURVA	1984	1990	2003
- Cutervo	A	0.55	0.70	0.80
- Sócota	B ₂	0.40	0.56	0.70
- San Luis de la Lucma	C ₂	0.30	0.45	0.59
- San Antonio	C ₂	0.30	0.45	0.59
- Chipuluc	B ₂	0.40	0.56	0.70
- San Andrés de Cutervo	C ₁	0.30	0.48	0.70

El número de abonados domésticos de cada localidad, para algunos años se muestra a continuación

LOCALIDAD	1984	1990	2003
- Cutervo	778	1096	1558
- Sócota	110	164	233
- San Luis de la Lucma	28	50	90
- San Antonio	46	73	108
- Chipuluc	103	159	248
- San Andrés de Cutervo	70	134	288
<hr/>			
TOTAL (abonados)	1,135	1,676	2,525

6.2.1.5. PRONOSTICO DEL CONSUMO DE ENERGIA EN LOS SECTORES DOMESTICO Y ALUMBRADO PUBLICO

Se calcula primero el consumo unitario de energía doméstica y alumbrado público en Kwh/abonado, por medio de la siguiente expresión

$$Y = 62.9779 x^{0.2894}$$

Donde : Y = Consumo unitario de energía doméstica y alumbrado público (Kwh/abonados), para Cajamarca según el numeral 5.1.2.5.3.

X = Número de abonados usuarios del servicio doméstico (las constantes, según la metodología, son para el departamento de Cajamarca).

Los valores para algunos años del consumo unitario utilizando la ecuación anterior se muestran a continuación.

LOCALIDAD	1984	1990	<u>2003</u>
- Cutervo	432.4	477.4	528.6
Sócota	245.5	275.5	305.0
- San Luis de la Lucma	165.2	195.4	231.6
- San Antonio	190.7	218.0	244.2
- Chipuluc	240.8	273.1	310.6
- San Andrés de Cutervo	215.4	259.9	324.3

El consumo de energía en el sector doméstico y alumbrado público de cada localidad se calcula multiplicando el consumo unitario de Energía Doméstica y Alumbrado Público hallado anteriormente, por el número de abonados domésticos. Para algunos años, estos valores se muestran a continuación (en Kwh).

LOCALIDAD	1984	1990	2003
- Cutervo	336,407	523,230	823,559
- Sócota	27,005	45,182	71,065
- San Luis de Lúcma	4,626	9,770	20,844
- San Antonio	8,772	15,914	26,374
- Chipuluc	24,802	43,423	77,029
- San Andrés de Cutervo	15,078	34,827	93,399
TOTAL (Kwh)	416,690	672,346	1'112,270

6.2.1.6. PRONOSTICO DEL NUMERO DE ABONADOS COMERCIALES

A partir de la Lámina N° 5.3. y según la metodología de determinación del mercado eléctrico, la relación a usarse entre el número de abonados domésticos, ya calculado , y el número de abonados comerciales, existentes en cada localidad en estudio se muestra a continuación.

LOCALIDADES	$\frac{\text{N}^\circ \text{ DE ABONADOS DOMESTICOS}}{\text{N}^\circ \text{ DE ABONADOS COMERCIALES}}$
- Cutervo	5
Sócota y Chipuluc	6
- San Antonio, San Luis de la Lucma y San Andrés de Cutervo	7

Los resultados del número de abonados comerciales para algunos años de las localidades en estudio, se muestran a continuación.

LOCALIDAD	1984	1990	2003
- Cutervo	156	219	312
- Sócota	18	27	39
- San Luis de la Lucma	4	7	13
- San Antonio	7	10	15
- Chipuluc	17	27	41
- San Andrés de Cutervo	10	19	41
TOTAL (Abon.Comerc.)	212	309	461

6.2.1.7. PRONOSTICO DEL CONSUMO DE ENERGIA EN EL SECTOR COMERCIAL

Se estima el Consumo Unitario Comercial, que se obtiene a partir de la Lámina N° 5.4. y según la metodología de la proyección con la relación entre el consumo unitario doméstico y alumbrado público de cada localidad, y que se muestran a continuación.

<u>LOCALIDAD</u>	<u>CONSUMO UNITARIO COMERCIAL C. UNITARIO DOMESTICO Y A.P.</u>
- Cutervo	1.25
- Sócota y Chipuluc	1.05
- San Antonio y San Luis de la Lucma	1.00
- San Andrés de Cutervo	1.05

El consumo unitario comercial, para algunos años de las localidades en estudio, se muestran a continuación

<u>LOCALIDAD</u>	1984	1990	2003
- Cutervo	540.5	596.8	660.8
- Sócota	257.8	289.3	320.3
- San Luis de la Lucma	165.2	195.4	231.6
- San Antonio	190.7	218	244.2
- Chipuluc	252.8	286.8	326.1
- San Andrés de Cutervo	226.2	272.9	340.5

El consumo neto de Energía en el Sector Comercial resulta de multiplicar el consumo unitario comercial por el número de abonados comerciales de cada localidad. De ésta forma se obtiene (en Kwh), para algunos años :

<u>LOCALIDAD</u>	1984	1990	2003
- Cutervo	84,318	130,699	206,170
- Sócota	4,640	7,811	12,492
- San Luis de la Lucma	661	1,368	3,011
- San Antonio	1,335	2,180	3,663
- Chipuluc	4,297	1,744	13,370
- San Andrés de Cutervo	2,528	5,185	13,960
<u>TOTAL (Consumo Comercial)</u>	<u>97,799</u>	<u>154,987</u>	<u>252,666</u>

6.2.1.8. PRONOSTICO DEL CONSUMO DE ENERGIA EN EL SECTOR INDUSTRIAL

Según la metodología de proyección de demanda eléctrica, el Consumo Industrial es considerado como un porcentaje de la energía doméstica y de alumbrado público más el consumo comercial y que será constante durante todo el período de estudio.

Este porcentaje considerado es del 5% para la localidad de Cutervo y cero para las demás localidades conformantes del Pequeño Sistema Eléctrico (según la categorización de localidades).

Según la información proporcionada por el equipo de reconocimiento de campo, sólo la localidad de Cutervo tendrá consumo industrial, debido fundamentalmente a instalaciones de talleres de Metal-Mecánica, Molinos y otras actividades relacionadas con la Agro-Industria, lo que confirma el porcentaje considerado anteriormente.

El consumo neto de energía en el Sector Industrial considerando este porcentaje, para algunos años se muestra a continuación

<u>LOCALIDAD</u>	1984	1990	2003
- Cutervo	21,036	32,696	51,486

6.2.1.9. PRONOSTICO DEL CONSUMO DE CARGAS ESPECIALES :

Se considera según la metodología de la proyección de demanda eléctrica como un porcentaje fijo de las demandas del consumo doméstico y alumbrado público más el consumo comercial.

La suma de las demandas del consumo doméstico y alumbrado público más el consumo comercial, para algunos años se muestran a continuación :

LOCALIDAD	1984	1990	2003
- Cutervo	454,383	706,243	1'112,107
- Sócota	32,594	54,583	86,064
- San Luis de la Lúcma	5,446	11,472	24,571
- San Antonio	10,410	18,637	30,938
- Chipuluc	29,972	52,702	93,111
- San Andrés de Cutervo	18,134	41,212	110,580
TOTAL (Consumo Neto)	529,903	884,849	1'405,885

6.2.1.11.PRONOSTICO DEL CONSUMO BRUTO TOTAL

Resulta de adicionar al consumo neto total las correspondientes pérdidas de energía. Estas pérdidas a nivel de transmisión han sido estimadas como un porcentaje del consumo neto total, considerándose los siguientes valores de acuerdo a la metodología de proyección del mercado eléctrico :

<u>LOCALIDAD</u>	<u>% DE PERDIDAS EN ENERGIA</u>
- Cutervo	15
- Sócota, Chipuluc y San Andrés de Cutervo	12
- San Luis de la Lucma y San Antonio	10

En todos los casos se estima que este factor de pérdidas es constante durante todo el período de análisis.

Los valores de estas pérdidas para algunos años son.

<u>LOCALIDAD</u>	1984	1990	2003
- Cutervo	68,157	105,936	166,816
- Sócota	3,911	6,550	10,328
- San Luis de la Lucma	545	1,147	2,457
- Chipuluc	3,597	6,324	11,173
- San Andrés de Cutervo	2,176	4,945	13,270
TOTAL (Pérdidas)	79,427	126,776	207,138

Luego para algunos años, el consumo bruto total de las localidades en estudio, se muestran a continuación :

<u>LOCALIDAD</u>	1984	1990	2003
- Cutervo	522,540	812,179	1'278,923
- Sócota	36,505	61,133	96,392
- San Luis de la Lucma	5,991	12,619	27,028
- San Antonio	11,451	20,501	34,032
- San Chipuluc	33,569	59,026	104,284
- San Andrés de Cutervo	20,310	46,157	123,850
TOTAL (Kwh)	609,330	1'011,615	1'613,023

6.2.1.12.PRONOSTICO DE LA MAXIMA DEMANDA DE POTENCIA :

Se calcula a partir del consumo bruto de energía y el número de horas de utilización por año de la máxima demanda de cada una de las localidades.

Según se expone en la Metodología de Proyección de Demanda, las horas de utilización para las localidades en estudio según su categorización , son :

<u>LOCALIDAD</u>	1984	1990	2003
- Cutervo	2,740	2,980	3,500
- Sócota y Chipuluc	2,430	2,610	3,000
- San Antonio, San Luis de la Lucma y San Andrés de Cutervo.	2,125	2,275	2,600

La máxima demanda de potencia se determina dividiendo la energía bruta total hallada en el numeral anterior entre el número de horas de utilización de esta máxima demanda. De acuerdo a éstas consideraciones se obtienen los valores de máxima demanda que en forma resumida se muestran :

<u>LOCALIDAD</u>	1984	1990	2003
- Cutervo	191	269	365
- Súcota	15	23	32
- San Luis de la Lúma	3	6	11
- San Antonio	5	8	13
- Chipuluc	14	23	35
- <u>San Andrés de Cutervo</u>	10	20	48
TOTAL (Máx. Dem. Pot.)	238	349	504

El diseño de las obras civiles se realiza para las necesidades del último año de estudio del pequeño sistema eléctrico, así en este caso es para el año 2003 y con una demanda de potencia 504 Kw. que deben servirse.

El diagrama de carga de cada una de las localidades y el correspondiente al pequeño sistema eléctrico en su conjunto tendrían los mismos perfiles de carga que los indicados en las Láminas Nos. 5.8, 5.9 y 5.10, según corresponda.

El factor de carga (fc) del pequeño sistema eléctrico para el año 2,003, se calcula mediante la siguiente expresión :

$$fc = \frac{\text{energía bruta total}}{(\text{N}^{\circ} \text{ de horas al año}) \times \text{potencia}} = \frac{1'613,023}{8,760 \times 504} = 0.365$$

Por lo tanto, el perfil de carga del Pequeño Sistema Eléctrico es el correspondiente al de una localidad tipo "A", con un factor de carga de 0.40 mostrada en la Lámina N° 5.10 .

6.2.2. EVALUACION DEL RECURSO HIDRICO

6.2.2.1. GENERALIDADES :

De acuerdo a la información recogida en el reconocimiento de campo, se aprovechará los recursos hídricos de los ríos Sucse y Sókota. Estos cursos de agua no tiene registros de aforos por lo que la evaluación del Potencial Hídrico para fines energéticos, tanto del caudal medio diario al 90% - de persistencia, así como del caudal de máxima avenida para 50 años de tiempo de retorno se determina mediante el método de "correlación de cuencas representativas", (cuencas hidrológicamente semejantes).

6.2.2.2. CUENCA REPRESENTATIVA

Como Cuenca Representativa ha sido elegida la que corresponde al río Paltic, tributario del rio Chotano con registros hidrométricos en la Estación "Ingeriaco".

Desde el punto de vista hidrológico, esta Cuenca Representativa cuenta con un área de 300 Km². contra 263 Km², con que cuenta la Cuenca para el aprovechamiento hidroeléctrico; también tienen ambas Cuencas similar altitud por lo que son Cuencas vecinas, como se muestra en la Lámina N° 6.4.

6.2.2.3. INFORMACION DE LA CUENCA REPRESENTATIVA

Para la aplicación del método "correlación de Cuencas Representativas", es necesario contar con la curva de duración diaria de los caudales de la Estación Ingeriaco, con un plano de Isoyetas que cubra a ambas Cuencas a correlarse para estimar la precipitación media multianual de dichas Cuencas, y con los caudales máximos registrados en cada año para el objeto de estimar la avenida de diseño de las obras de toma.

a) Curva de Duración

En la Tabla N° 6.1, se muestran los registros de caudales medio

diarios de la Estación "Ingeriaco" de los que se obtiene su curva de duración de caudales, que es una curva de frecuencias acumuladas que muestra el porcentaje de tiempo en que una descarga específica ha sido igualada o excedida durante dicho período de registros.

Para construir esta curva, se confecciona el cuadro de frecuencias acumuladas correspondientes al período de registros de caudales, que se muestra en la Tabla N° 6.2.

La curva de duración para la Estación Ingeriaco, en el período de registros 1968 - 1973 se muestra en la Lámina N° 6.5.

El caudal medio diario en la Estación Ingeriaco al 90% de persistencia, de dicha curva de duración es de 1.95 m³/seg.

b) PLANO DE ISOYETAS

El Plano de Isoyetas se confecciona conociendo precipitaciones puntuales en varias estaciones pluviométricas escogidas de tal manera que interpolando linealmente estos valores de precipitación media multianual, cubran toda el área de las cuencas representativa y del proyecto, con el objetivo de estimar la precipitación media multianual de las Cuencas en Estudio.

Las Estaciones Pluviométricas que sirven para el objeto del estudio se muestran en la Tabla N° 6.3.

El Plano de Isoyetas y la ubicación de las Cuencas en Estudio (en forma achurada), se muestran en la Lámina N° 6.4.

Las precipitaciones medias de las cuencas en estudio estimadas a partir del Plano de Isoyetas son :

P Cutervo - 990 mm.

P Ingeriaco=1,280 mm.

c) MAXIMA AVENIDA DE DISEÑO PARA LA CUENCA REPRESENTATIVA

Para estimar la avenida máxima de diseño de las obras de toma,

para un tiempo de retorno de 50 años (ó cualquier tiempo de retorno), es necesario contar con el registro de los caudales máximos diarios de cada año de medición de la Estación Hidrométrica en Estudio.

Con esta relación de caudales máximos el método a usar es el "Log Pearson - Tipo **III**", expuesto en el numeral 5.2.2..

El ejemplo de cálculo del caudal máximo de diseño para un tiempo de retorno de 50 años, mostrado en el numeral 5.2.2.h, es el de la Estación Ingeriaco, por lo que se tiene :

$$Q \text{ máx.} = \text{con } Tr \quad 50 \text{ años} \quad 303 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

6.2.2.4. DETERMINACION DEL CAUDAL APROVECHABLE DE DISEÑO

La estimación de la encorrentía según el concepto de "Cuenca Representativa", de acuerdo a la metodología expuesto en el numeral 5.2.1. obedece a la siguiente relación.

$$Q' = \frac{A'}{A} \times \frac{P'}{P} \times Q$$

Donde :

Q = Caudal medio diario al 90% de persistencia de la Cuenca Representativa = 1.95 m³/seg.

A' = Area de la Cuenca en Estudio = 263 Km².

A = Area de la Cuenca Representativa = 300 Km².

P = Precipitación medio multianual de la Cuenca Representativa. = 1,280 mm.

P' = Precipitación media multianual de la Cuenca en Estudio = 900 mm.

Reemplazando valores, se tiene :

$$Q' = \frac{A'}{A} \times \frac{P'}{P} \times Q = \frac{263}{300} \times \frac{990}{1,280} \times 1.95 = 1.32 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Luego el caudal aprovechable, que es el caudal medio diario al 90% de persistencia para el proyecto es de :

$$Q' - 1.32 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

De otro lado, se debe mencionar que durante los estudios de reconocimiento, se realizaron aforos con flotador tanto en los ríos Sucse y Sócota como de la confluencia de ambos; estos aforos dieron los resultados siguientes

FECHA	AFORO EN RIO	CAUDAL (m ³ /seg)
23.01.81	1) Sucse	1.10
23.01.81	2) Sócota	0.60
25.01.81	3) Guineamayo (1 + 2)	1.30

(Estos datos se encuentran en los archivos de la División de Hidráulica de ELECTROPERU-INIE).

En relación a estos resultados se debe mencionar lo siguiente :

Según los moradores del lugar, en dicha zona no llovía desde Noviembre de 1980, y por lo tanto, los caudales serían muy próximos a los de estiaje.

La diferencia de caudales en los tributarios con respecto al curso principal se debería a las razones siguientes

- . Tomas para irrigación y para la central hidroeléctrica existente aguas abajo de las secciones aforadas en los ríos Sucse y Sócota, respectivamente.
- . Diferentes fechas de aforo
- . Nivel de precisión del método.

De lo anterior se concluye que los registros obtenidos en el reconocimiento de campo corroboran la estimación efectuada en función de Cuencas semejantes.

6.2.2.5. DETERMINACION DE LA MAXIMA DESCARGA INSTANTANEA

La estimación de la avenida diseño de las obras de toma, según el concepto de "Correlación de Cuencas Representativas", también obedece a la siguiente relación :

$$Q' = \frac{A'}{A} \times \frac{P'}{P} \times Q$$

Donde :

Q' = Avenida de diseño de la cuenca en estudio con un tiempo de retorno de 50 años = 303 m³/seg.

A' = Area de la cuenca en estudio = 263 Km².

A = Area de la cuenca representativa = 300 Km².

P' = Precipitación media multianual de la Cuenca en estudio = 990 mm.

P = Precipitación media multianual de la Cuenca representativa = 1,280 mm.

$$Q' = \frac{A'}{A} \times \frac{P'}{P} \times Q = \frac{263}{300} \times \frac{990}{1280} \times 303 = 205 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

TABLA N° 6.1

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA SENAMHI

REGISTROS DE CAUDALES MEDIO-DIARIOS

CUENCA	:	CHOTANO
RIO	:	QDA. INGERIACO
ESTACION	:	INGERIACO
LATITUD	:	06°13'
LONGITUD	:	79°03'
ALTITUD	:	1,080 m.s.n.m.
AREA DE CUENCA	:	300 Km ²

AÑO 1968

DIA	ENE.	FEB.	MARZ.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AG.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
01	2.800	2.300	1.700	4.800	6.600	1.000	1.000	1.300	3.400	9.900	5.400	2.000
02	3.600	2.200	1.500	5.200	3.100	0.900	1.000	1.100	2.800	9.900	3.900	1.900
03	4.300	2.300	3.100	5.400	1.900	0.900	1.100	1.100	3.600	6.500	3.400	1.800
04	4.800	1.900	2.800	12.700	1.600	0.900	1.100	1.000	9.900	8.000	2.900	1.800
05	5.200	1.600	1.900	21.100	1.400	0.800	1.200	1.100	7.800	13.900	2.800	1.700
06	18.100	1.500	2.900	10.900	1.300	0.800	1.900	1.200	5.200	9.200	3.400	1.700
07	7.400	1.200	6.500	5.800	1.200	0.800	4.800	2.000	6.500	5.800	7.300	1.800
08	6.300	1.200	3.400	5.600	1.200	0.800	4.300	1.300	5.900	2.400	7.500	1.800
09	6.900	2.900	3.600	5.600	1.300	1.000	2.400	1.300	6.500	3.900	5.200	1.700
10	8.800	2.800	2.300	4.600	2.200	1.300	1.900	1.300	4.300	6.900	12.200	1.900
11	8.300	5.200	7.500	4.000	1.400	1.300	1.600	1.300	3.600	20.200	11.500	2.600
12	6.300	2.000	4.000	3.400	1.700	1.100	1.700	4.800	3.200	15.000	6.900	2.100
13	5.400	2.300	3.600	3.200	1.900	1.000	1.500	2.200	3.100	8.400	5.200	1.900
14	5.000	2.900	2.800	3.200	1.400	1.000	1.300	4.600	2.900	8.600	4.600	1.900
15	5.400	2.300	2.500	2.600	1.300	1.400	1.200	2.400	2.800	7.500	3.700	3.600
16	5.000	2.200	2.800	2.300	1.400	1.700	1.100	2.800	2.800	6.700	3.400	2.400
17	5.200	2.200	3.800	2.200	1.900	1.500	1.400	10.500	2.800	6.700	3.400	2.200
18	6.000	2.000	2.300	2.000	2.600	1.300	5.200	2.400	2.800	6.100	3.200	3.200
19	6.500	2.300	3.400	1.900	1.600	1.200	15.300	2.000	3.200	5.800	3.100	6.300
20	6.700	2.900	2.600	1.900	1.400	1.000	4.100	2.100	6.900	4.800	3.100	3.900
21	5.400	6.500	3.600	1.700	2.600	1.000	2.600	1.500	5.400	4.400	2.600	2.900
22	4.800	2.500	4.400	1.800	1.400	1.000	2.000	1.600	5.900	4.300	2.800	2.600
23	4.500	2.000	8.200	1.600	1.300	0.900	1.900	2.000	2.800	4.300	2.600	2.400
24	7.900	1.700	7.200	1.900	1.300	0.900	1.900	3.100	2.500	3.900	2.600	2.100
25	6.700	1.500	10.900	1.700	1.200	0.800	1.800	2.500	3.200	3.600	2.400	2.000
26	5.400	1.300	5.400	1.700	1.200	0.800	1.700	5.000	2.800	4.300	2.200	1.900
27	10.600	1.200	5.000	1.600	1.100	0.900	1.600	7.300	3.600	5.000	2.200	1.900
28	6.700	2.300	5.000	1.600	1.100	0.900	1.500	6.500	4.400	6.500	2.100	1.800
29	5.400	2.000	5.200	5.000	1.000	0.900	1.500	6.100	6.700	4.100	2.100	1.900
30	5.000	-	4.800	10.400	1.000	0.800	1.500	5.900	2.600	2.900	2.000	2.500
31	4.500	-	5.600	-	1.000	-	1.300	2.600	-	5.900	-	2.000

Día	Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
01	2.180	2.300	7.630	10.770	5.630	4.500	2.500	1.950	1.900	1.480	5.020	5.400
02	2.300	2.540	7.000	7.790	5.210	4.360	4.220	3.440	1.780	1.380	3.800	3.600
03	2.540	3.030	60.350	7.320	4.920	3.940	4.220	8.090	1.680	1.290	5.020	3.320
04	2.180	11.350	17.750	13.210	5.060	4.500	2.620	2.860	1.580	1.200	3.700	4.000
05	2.060	11.160	9.480	9.310	5.490	5.490	2.380	2.190	1.680	1.150	2.080	3.040
06	2.300	6.370	5.350	7.320	5.630	4.640	2.140	2.070	2.150	1.110	1.810	2.730
07	2.540	7.630	8.780	8.450	5.630	4.780	2.020	1.720	2.020	1.110	1.620	2.500
08	2.780	13.210	7.950	7.630	5.210	5.210	2.020	1.500	3.370	1.110	1.520	3.500
09	2.420	10.380	6.840	7.000	5.210	10.020	2.260	1.600	9.560	2.140	1.480	2.880
10	2.180	9.310	6.070	7.160	4.640	6.530	4.500	1.600	2.800	2.500	1.430	2.210
11	2.060	12.780	5.920	5.350	4.500	5.490	3.100	1.600	2.800	1.620	1.520	2.080
12	15.610	10.200	6.680	7.000	3.540	7.160	2.380	1.600	2.800	1.480	2.430	2.010
13	19.770	5.920	5.060	6.370	4.500	6.370	2.020	1.400	4.460	1.430	1.570	1.750
14	13.860	6.680	6.210	5.630	4.500	5.630	2.020	1.310	4.130	2.650	1.380	1.680
15	22.900	5.490	15.850	11.950	4.360	5.780	2.020	1.110	2.800	1.680	2.140	1.750
16	32.380	5.210	8.280	9.130	4.220	7.160	2.020	1.210	2.270	6.670	1.430	4.670
17	14.730	3.030	5.920	9.660	4.080	6.680	1.900	1.030	2.150	4.000	1.380	2.730
18	8.450	3.280	5.490	9.480	3.940	8.780	1.900	0.940	2.270	2.500	1.330	2.080
19	6.210	3.940	5.630	4.640	3.810	7.320	1.900	0.940	2.150	2.350	1.290	3.320
20	5.060	3.540	4.360	7.470	3.670	7.160	2.020	0.940	1.780	3.600	1.480	4.670
21	4.220	8.610	4.080	8.610	3.540	7.320	2.140	0.940	1.780	2.430	1.520	4.790
22	4.640	7.790	3.540	16.790	3.540	5.780	1.540	1.110	1.900	2.080	3.410	3.130
23	4.780	5.490	8.280	8.780	3.400	5.060	1.420	1.400	2.020	2.210	1.730	3.600
24	4.500	5.920	10.380	7.790	8.120	4.500	1.420	4.360	2.530	2.580	4.440	3.130
25	4.220	5.060	6.840	10.770	6.210	4.080	1.420	5.710	5.480	2.350	4.110	3.130
26	4.080	4.500	6.780	8.780	5.920	3.810	1.540	7.140	3.070	1.620	2.880	2.880
27	3.940	4.920	7.000	6.680	5.490	4.080	1.660	3.300	4.130	1.570	3.900	2.580
28	3.940	5.920	9.660	6.680	5.490	4.360	1.660	2.070	2.660	1.680	9.730	2.500
29	4.780	-	15.610	6.370	4.920	4.080	1.780	1.500	1.780	2.280	4.900	2.280
30	4.080	-	8.120	6.370	5.060	4.220	1.900	1.310	1.580	1.680	5.940	2.080
31	4.360	-	4.730	-	4.500	-	1.900	1.210	-	1.520	-	2.010

A N O 1970

DIA	ENE.	FEB.	MARZ.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AG.	SEG.	OCT.	NOV.	DIC.
01	2.400	1.950	5.240	3.860	6.010	3.420	4.200	4.710	2.200	3.020	4.860	12.820
02	2.400	2.170	3.240	4.810	10.360	3.310	4.200	3.840	5.400	2.270	3.830	11.410
03	2.630	2.780	2.630	15.470	11.070	3.150	4.080	3.530	9.190	2.040	4.860	21.310
04	5.400	4.340	2.170	9.450	19.200	3.060	3.950	3.330	4.200	1.810	30.670	30.670
05	18.990	2.780	2.060	6.400	10.830	2.900	3.740	3.230	2.950	1.930	8.500	17.240
06	13.280	2.060	2.060	13.280	7.200	2.840	3.740	3.040	2.630	2.770	6.020	20.650
07	13.060	2.170	1.950	16.350	6.010	2.770	3.740	3.040	2.370	1.810	4.270	19.360
08	10.890	2.060	1.750	7.870	5.460	2.770	3.740	2.950	2.200	2.040	3.970	11.840
09	12.600	6.200	1.650	6.010	5.640	2.710	4.200	2.870	2.200	2.160	3.530	9.530
10	7.860	5.870	2.060	6.600	5.460	2.710	6.700	2.790	2.200	2.890	3.020	8.300
11	19.860	3.240	2.990	6.800	4.960	2.900	4.080	2.710	2.200	33.530	2.890	7.110
12	13.160	3.240	19.860	5.460	6.600	2.710	3.630	2.710	2.290	7.500	2.640	6.370
13	9.700	4.780	8.700	5.270	6.200	2.520	3.420	2.630	2.630	3.830	2.390	6.020
14	8.900	4.200	5.710	4.810	7.640	2.470	3.140	2.460	2.290	4.270	2.390	6.200
15	9.110	3.380	8.020	4.240	16.950	2.470	3.040	2.370	2.950	3.520	2.270	6.370
16	6.880	6.030	6.370	4.240	34.800	2.410	2.950	2.290	4.580	2.270	2.270	6.200
17	5.560	8.020	4.060	4.500	12.270	2.410	4.450	2.290	3.040	5.010	3.020	6.200
18	4.780	5.090	3.380	3.990	10.830	3.230	7.410	2.200	2.630	3.680	2.890	7.300
19	4.200	3.150	3.110	3.750	7.870	5.830	5.250	2.200	2.370	2.390	2.890	7.890
20	3.780	3.110	4.630	11.540	6.400	3.150	3.740	2.110	3.330	2.040	2.890	6.550
21	3.650	2.780	3.110	4.810	5.640	3.060	5.120	2.110	2.950	1.700	2.640	6.020
22	3.380	2.510	2.780	4.120	5.120	2.770	9.630	2.040	3.230	1.600	2.520	5.350
23	3.110	2.630	3.650	3.990	9.220	2.710	6.530	2.040	2.710	1.500	2.520	4.860
24	2.870	3.780	10.710	4.370	5.640	5.640	4.850	1.970	2.460	3.270	2.890	4.710
25	2.990	6.200	13.280	4.500	4.650	19.850	4.200	1.970	2.370	3.680	2.770	4.570
26	2.990	2.400	5.560	4.240	4.240	8.990	3.840	2.040	2.290	4.420	7.690	4.570
27	3.110	1.950	4.940	4.500	3.990	4.370	3.630	2.040	2.200	7.500	4.270	4.570
28	2.510	7.040	4.340	4.370	3.860	3.750	3.530	2.040	2.200	15.790	6.720	8.910
29	2.400	-	4.340	4.120	3.750	3.310	3.740	2.040	2.950	3.970	8.090	7.110
30	2.290	-	4.060	5.460	3.750	3.060	4.200	2.460	4.450	20.010	23.380	8.300
31					2					7.300		10.240

AÑO 1971

DIA	ENE.	FEB.	MARZ.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AG.	SEG.	OCT.	NOV.	DIC.
01	14.800	3.940	7.340	38.080	5.860	5.440	2.680	3.600	4.500	3.280	9.400	19.200
02	6.640	3.700	24.720	34.080	5.860	5.300	9.700	3.600	4.320	3.120	9.100	15.740
03	3.940	6.000	15.720	32.460	5.580	5.300	6.320	3.600	4.140	2.960	9.100	13.160
04	3.700	4.980	28.500	27.660	5.440	4.980	5.380	3.440	3.960	3.120	8.800	11.520
05	3.700	3.700	14.200	23.540	5.440	5.140	5.160	3.380	3.600	3.780	8.200	10.900
06	4.500	3.400	11.100	18.600	5.300	5.440	5.380	3.280	3.600	3.600	7.640	8.800
07	2.980	3.300	9.480	16.360	7.160	5.500	5.600	9.700	3.280	3.600	7.010	7.920
08	2.240	3.400	8.500	14.500	7.520	5.140	5.160	13.520	3.280	3.440	27.760	7.080
09	2.000	3.600	8.700	13.900	6.800	4.820	5.160	7.640	3.440	54.560	17.640	5.600
10	1.680	3.060	9.220	13.340	6.160	8.300	4.940	4.500	7.920	74.260	16.500	4.940
11	1.500	2.980	18.280	20.500	5.860	9.220	4.720	4.320	8.500	23.760	14.480	4.320
12	1.420	2.900	11.660	16.680	5.720	7.160	4.720	3.960	21.240	33.100	13.160	4.140
13	1.920	2.900	25.640	15.100	5.440	5.860	4.720	4.940	12.160	33.100	11.200	3.600
14	8.700	2.900	33.500	13.620	5.440	6.980	4.500	7.920	6.300	20.400	9.400	3.600
15	7.340	3.500	58.940	12.500	5.300	10.880	4.500	6.800	5.380	16.120	8.200	3.600
16	3.700	11.100	15.100	22.020	4.980	9.220	4.500	6.560	4.140	14.600	7.360	3.600
17	2.900	7.900	25.560	16.040	5.140	7.520	4.500	5.840	3.780	12.800	6.800	3.600
18	2.060	15.100	71.160	12.220	4.980	6.480	4.500	5.380	3.600	12.160	6.080	3.600
19	1.680	8.300	166.400	11.100	4.980	5.720	4.500	5.170	3.600	16.880	5.840	4.320
20	1.600	36.400	122.200	10.880	5.140	5.140	4.320	5.170	3.440	16.500	5.600	13.520
21	1.500	35.240	85.600	10.220	10.880	4.980	4.320	4.940	3.280	13.520	5.600	11.840
22	1.500	21.640	64.440	10.000	8.300	4.660	4.320	4.720	3.280	11.840	5.160	9.400
23	1.680	17.640	66.960	10.000	6.640	4.500	4.320	4.720	3.600	10.900	4.940	6.800
24	2.980	13.340	74.640	10.220	6.000	4.360	4.140	4.500	3.780	10.000	4.940	5.840
25	3.600	12.220	45.500	11.940	5.580	3.800	4.140	4.720	7.360	8.800	4.940	4.720
26	3.500	14.500	42.300	10.220	5.720	3.800	3.960	6.800	6.320	14.240	4.720	4.720
27	3.400	11.380	45.500	10.000	6.160	3.500	3.960	5.380	5.600	12.160	4.720	4.720
28	3.400	8.300	54.460	8.300	6.000	3.400	3.780	5.160	4.140	11.200	4.720	9.400
29	11.100	-	42.300	6.640	6.000	3.300	3.780	4.720	3.780	10.300	4.720	8.500
30	7.340	-	38.080	6.000	5.860	3.300	3.780	4.500	3.440	10.000	5.840	8.800
31	4.980	-	35.240	-	5.860	-	3.780	4.500	-	-	-	-

11 520

4 500

4 980

AÑO 1972

Día	Ene.72	Feb. 72	Marz.72	Abr. 72	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
01	19.900	3.600	6.400	32.400	19.740	10.740	5.060	7.560	3.200	3.740	2.420	4.160
02	15.960	3.500	8.600	31.580	13.700	9.500	5.060	6.000	5.400	3.740	2.420	4.020
03	12.900	3.500	6.920	28.300	11.380	8.300	4.780	5.200	5.200	3.740	2.340	4.020
04	30.260	3.500	12.900	25.100	10.100	7.100	4.640	4.780	4.340	4.020	2.340	3.740
05	17.400	19.400	8.600	19.740	9.500	7.100	4.340	11.600	4.500	3.740	2.340	3.600
06	15.00	14.580	7.700	18.220	8.900	7.100	3.600	14.660	4.500	4.580	2.340	3.600
07	13.320	11.000	9.920	16.700	20.500	7.100	3.600	11.280	4.180	4.020	2.340	3.200
08	10.640	14.160	9.560	16.020	18.980	4.160	3.500	9.720	4.180	3.740	2.500	3.100
09	8.600	8.900	33.820	38.460	8.900	3.720	35.900	7.300	4.180	3.600	2.420	3.100
10	7.700	8.00	26.920	27.500	8.300	4.600	46.400	4.920	4.020	3.600	2.420	4.300
11	7.440	7.440	24.400	20.500	7.100	4.160	20.760	4.500	4.780	3.400	4.440	4.440
12	16.920	7.180	11.000	12.660	6.600	3.280	12.960	4.340	20.760	3.100	4.020	5.000
13	11.760	6.920	11.000	35.840	10.100	2.840	5.200	4.180	11.940	2.980	3.880	4.720
14	10.280	6.400	9.560	32.400	8.900	2.400	4.920	3.860	26.660	2.860	5.000	4.580
15	8.900	6.180	6.920	30.760	8.300	2.400	4.500	3.700	11.280	2.860	4.720	4.160
16	7.700	5.740	17.400	35.840	8.300	2.400	4.340	3.600	6.000	2.860	4.160	4.020
17	7.440	5.520	20.980	39.340	7.700	3.720	4.180	3.500	5.400	2.860	3.600	3.880
18	6.920	4.980	25.600	41.100	10.100	7.100	6.420	3.400	7.560	2.860	3.100	4.440
19	6.920	4.660	22.600	36.700	8.900	8.300	6.000	3.300	12.960	2.860	2.860	5.140
20	6.180	4.500	24.400	33.260	8.300	7.100	4.780	3.200	8.080	2.860	2.860	4.020
21	5.140	4.400	21.520	28.300	6.600	8.900	4.340	3.400	6.420	2.740	2.620	3.880
22	4.000	4.200	16.440	23.540	6.100	25.900	3.700	8.340	10.640	2.740	2.620	3.880
23	3.700	4.100	12.900	19.740	6.100	18.980	3.600	7.820	8.080	2.620	2.500	4.020
24	3.500	4.100	12.140	15.340	5.100	12.020	9.720	6.420	5.060	2.620	2.620	4.020
25	3.500	4.100	11.380	17.460	5.100	5.100	6.000	4.780	4.780	2.620	5.140	4.020
26	3.500	4.100	9.560	29.120	5.100	4.160	5.060	3.860	4.640	2.620	5.000	4.020
27	3.500	4.300	9.200	14.660	5.100	6.100	4.780	3.500	4.500	2.500	4.300	4.020
28	3.500	4.100	9.200	16.020	4.600	11.380	4.640	3.500	4.500	2.500	4.020	4.020
29	3.600	5.300	16.440	13.300	8.300	6.600	4.640	3.400	4.500	2.420	4.440	4.020
30	4.000	-	74.260	26.700	5.600	4.160	11.940	3.300	4.180	2.420	4.440	4.160
31	3.700	-	23.800	-	-	-	9.160	3.200	-	2.420	-	3.880

AÑO 1973

DIA	ENE.	FEB.	MARZ.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AG.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
01	4.000	6.160	5.740	6.580	10.380	9.140	4.400	4.620	4.000	7.200	10.800	3.600
02	4.000	6.020	5.300	16.240	10.840	8.120	4.400	4.400	4.000	6.400	7.040	3.500
03	4.000	7.400	4.920	16.920	10.840	6.860	4.300	4.400	4.000	5.580	5.100	3.380
04	7.520	6.780	4.840	13.000	10.600	6.720	4.200	4.400	3.900	5.100	4.860	3.200
05	8.760	6.660	4.760	10.160	10.600	7.640	4.200	4.300	3.800	4.980	4.500	3.200
06	8.120	6.420	4.840	9.320	10.600	3.440	4.100	4.300	3.300	4.860	8.000	3.200
07	8.600	7.640	5.360	11.800	10.160	8.120	4.100	4.100	3.700	4.620	8.400	3.200
08	7.880	7.200	7.000	18.300	10.160	7.800	4.000	4.100	3.500	4.500	7.200	3.160
09	7.520	6.780	7.100	14.120	8.940	7.640	4.000	4.000	3.440	6.880	5.100	3.120
10	6.900	6.300	7.100	13.560	9.720	7.640	4.000	4.000	3.320	4.980	4.300	3.120
11	6.780	6.740	6.540	13.840	9.320	7.320	4.000	4.000	3.320	4.740	3.800	3.120
12	6.150	5.180	7.520	13.280	8.960	7.160	3.900	3.900	3.320	4.500	3.440	3.160
13	5.540	4.760	6.900	13.000	8.600	7.000	3.900	3.900	3.320	4.100	3.320	3.200
14	5.300	4.540	6.540	12.040	8.600	6.860	3.800	3.800	3.260	3.900	3.260	3.200
15	5.120	4.180	7.100	19.800	8.600	6.720	3.800	3.800	3.380	3.800	3.200	3.120
16	5.060	4.180	6.780	12.760	8.600	5.900	3.800	3.800	3.500	4.300	3.200	3.120
17	5.000	4.180	6.420	27.600	8.280	5.600	3.800	3.700	13.400	4.100	3.200	3.500
18	5.000	4.180	6.900	18.000	8.280	4.900	3.800	3.700	11.900	4.000	9.000	3.440
19	5.880	10.280	6.660	15.300	8.280	4.660	3.800	3.600	11.100	4.000	8.000	3.440
20	6.300	9.080	6.660	14.120	8.280	7.000	3.800	3.600	9.400	3.900	6.260	3.500
21	5.540	6.900	6.020	12.760	8.120	6.200	3.700	3.600	9.800	3.900	5.100	3.500
22	6.780	13.880	5.540	12.040	7.960	5.700	3.700	3.700	14.900	3.800	4.500	3.300
23	5.360	11.600	5.480	11.800	7.960	5.220	3.700	3.900	18.500	3.800	3.900	6.260
24	5.000	11.400	5.480	11.800	7.800	4.900	3.700	3.700	16.100	3.600	3.800	4.980
25	4.840	9.540	5.420	11.560	7.800	7.000	3.700	3.500	13.140	3.500	6.260	4.500
26	4.680	3.480	5.420	11.560	7.640	6.000	3.900	3.440	11.900	3.400	5.220	4.100
27	4.600	7.760	13.660	11.320	7.640	5.140	4.740	3.440	11.100	3.380	4.300	3.800
28	4.600	6.660	7.760	11.080	13.000	4.660	5.100	3.380	9.400	3.260	4.000	3.800
29	5.000	-	7.400	10.840	11.800	4.500	5.220	4.000	9.000	3.200	3.800	3.800
30	7.100	-	6.780	10.600	10.840	4.400	5.100	4.100	7.840	3.380	3.700	12.620
	<u>6.540</u>	-	<u>6.660</u>	-	<u>9.940</u>	-	<u>4.860</u>	<u>4.000</u>	-	<u>16.700</u>	-	<u>10.220</u>

TABLA N° 6.2

CUADRO DE FRECUENCIAS ACUMULADAS DE CAUDALES

Estación Hidrométrica : "Ingeriaco"
 Cuenca : Río Chotano
 Area de captación : 300 Km2.
 Período de observación : Enero 1968 - Diciembre 1973
 Máxima Avenida : 166.4 m3/seg.
 Mínima Avenida : 0.80 m3/seg.

N° datos - 2192

INTERVALO	FRECUENCIA	% FREC.	% FREC. ACUMUL.
166.40 - 100.0	2	0.09	0.09
99.99 - 50.0	9	0.41	0.50
49.99 - 20.0	79	3.60	4.10
10.99 - 10.0	239	10.90	15.00
9.99 - 8.0	144	6.57	21.57
7.99 - 6.0	267	12.18	33.75
5.99 - 4.0	549	25.06	58.81
3.99 - 3.5	211	9.63	68.44
3.49 - 3.0	148	6.75	75.19
2.99 - 2.5	148	6.75	81.94
2.49 - 2.0	168	7.66	89.60
1.99 - 1.5	121	5.52	95.12
1.49 - 1.0	88	4.01	99.13
0.99 - 0.9	12	0.55	99.68
0.89 - 0.8	7	0.32	100.00
	2,192		

La curva de duración muestra esta tabla graficando las columnas % de frecuencias acumuladas, versus el intervalo de clase (se toma el menor valor del Intervalo)

TABLA N° 6.3

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA SENAMHI

REGISTROS DE PRECIPITACION MEDIO-MENSUAL DEPARTAMENTO DE
CAJAMARCA

① LLAMA

Lat. 06:30' Dpto. Cajamarca
 Long. 79:07' Prov. Chota
 Alt. 2,100 Dist. Llana

Años	Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
1965	58.3	76.1	207.7	339.1	47.6	0.0	0.0	0.0	17.2	15.1	37.7	70.4	869.2
66	35.7	48.0	90.6	66.8	0.0	2.5	0.0	18.2	34.6	8.0	23.6	6.0	334.0
67	159.7	281.3	86.5	6.9	17.2	0.0	0.0	1.4	10.1	94.0	5.6	7.7	670.4
68	30.0	72.7	76.3	24.5	3.2	1.4	9.7	17.0	68.0	70.6	48.4	12.7	434.5
69	111.1	105.4	230.9	180.6	13.3	26.1	0.0	12.7	10.8	22.9	38.0	66.5	818.3
1970	105.0	87.8	122.0	32.9	88.5	16.4	2.7	17.9	23.5	114.5	46.7	50.1	708.0
71	80.7	101.1	610.7	83.6	61.8	34.3	15.7	48.5	21.1	128.4	88.6	161.8	1,436.3
72	109.9	185.4	561.3	187.1	14.8	11.1	1.8	11.1	15.7	16.9	27.3	72.5	1,214.9
73	67.9	167.1	210.0	274.1	30.7	15.6	23.3	24.2	71.9	17.4	16.3	48.6	967.1
74	107.3	74.7	84.0	53.9	18.8	24.1	2.7	24.4	85.3	61.8	58.0	32.8	627.8
75	53.0	131.8	257.0	84.5	56.2	16.7	6.6	60.0	68.6	24.4	18.4	49.2	326.4
76	164.7	210.9	148.4	175.6	22.7	6.7	0.0	0.0	0.0	8.5	14.2	56.8	808.5
77	234.5	214.2	99.7	94.8	0.9	0.0	0.0	0.0	48.0	5.1	10.6	4.3	712.1

$\bar{P} = 802.1$

② COCHABAMBA

Lat. 06:28'
Long. 78:53'
Alt. 1,200

Dpto. Cajamarca
Prov. Chota
Dit. Cochabamba

Años	Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
1964	65.0	22.0	54.0	185.5	36.5	16.0	15.5	88.0	48.0	144.5	82.0	72.5	829.5
65	31.0	66.5	93.5	137.4	39.0	0.0	14.6	3.3	99.6	93.9	134.7	69.9	783.4
66	68.2	10.3	143.7	133.0	45.0	10.8	0.5	17.0	48.0	153,5	103.0	15.0	748.0
67	115.5	139.2	160.5	42.5	32.5	4.0	23.0	4.5	28.0	166.0	25.0	20.5	761.2
68	25.5	57.0	54.1	55.0	8.0	21.0	11.5	72.5	103.5	99.0	38.0	11.5	556.6
69	54.0	76.5	130.0	173.0	22.0	22.5	0.0	13.5	50.5	126.0	166.0	57.5	891.5
1970	30.0	42.0	34.0	44.0	118.5	37.5	9.0	19.0	46.0	135.0	62.0	63.0	640.0
71	78.0	70.0	379.0	97.5	119.0	40.5	17.5	99.5	49.5	123.0	112.0	87.0	1,272.5
72	38.0	64.0	155.5	99.0	28.5	26.5	9.5	8.5	25.5	64.0	81.0	50.0	650.0
73	33.0	58.0	39.5	188.0	68.0	58.2	52.5	90.0	137.9	73.5	50.0	64.0	912.2
74	41.5	120.0	42.5	119.3	47.9	50.5	16.0	51.0	196.5	134.5	90.5	14.0	924.2
75	44.9	104.0	168.6	89.0	115.0	22.4	59.5	81.0	96.1	146.4	96.5	3.0	1,026.2
76	79.0	130.0	145.0	88.2	36.5	11.5	0.0	3.5	17.0	75.5	33.0	55.5	674.7
77	52.1	134.5	75.0	82.0	12.5	15.0	11.0	0.0	105.7	60.0	32.5	21.5	601.8

[$\bar{P} = 995.1$]

③

TACABAMBA

Lat. 06:23'
Long. 78:37'
Alt. 1,200

Dpto. Cajamarca
Prov. Chota
Dist. Tacabamba

Años	Ene	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
1964	78.8	53.5	69.9	107.1	54.8	31.5	21.3	80.7	55.1	78.0	165.7	80.0	876.4
65	76.5	107.2	83.4	120.5	44.3	10.3	1.5	20.9	117.0	53.1	21.8	162.0	818.5
66	62.0	43.0	104.0	79.0	69.0	24.2	9.4	14.2	56.6	267.9	82.8	62.8	874.9
67	221.2	127.0	161.0	96.7	68.5	19.0	29.4	11.0	59.8	202.4	52.6	97.5	1,146.1
68	150.1	138.6	94.8	52.8	42.6	11.0	60.3	104.0	225.5	182.3	27.7	20.1	1,109.8
69	76.3	206.7	199.7	168.4	39.4	25.7	12.4	36.9	145.0	206.9	234.6	204.2	1,556.2
1970	90.2	68.5	164.6	219.3	137.8	57.4	56.9	18.0	60.1	148.5	108.9	136.4	1,266.6
71	98.1	133.6	351.5	185.9	119.2	97.1	43.1	17.5	70.6	225.8	95.0	69.5	1,506.9
72	80.0	112.1	227.9	251.4	37.3	10.3	7.0	34.3	75.7	62.1	154.5	62.5	1,115.1
73	85.4	55.4	88.3	242.7	56.0	56.1	123.9	47.3	127.9	116.9	98.9	105.9	1,204.7
74	77.1	125.2	85.6	79.8	22.9	122.0	50.0	67.8	140.2	140.6	213.9	21.5	1,146.6
75	61.6	77.0	316.4	76.0	60.5	96.4	33.8	24.8	71.9	124.3	51.8	11.4	1,005.9
76	190.2	122.6	176.7	22.2	66.2	11.8	4.2	42.8	69.7	55.1	97.5	28.9	887.9
77	147.0	213.0	175.7	84.6	64.6	50.6	19.7	15.7	48.5	59.6	36.4	44.3	999.7

P = 1108.2

④ CUTEXVO

Lat. 06:23'
Long. 78:49'
Alt. 2,450

Dpto. Cajamarca
Prov. Cutervo
Dist. Cutervo.

Años	Ene	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
1964	82.0	26.0	43.0	155.0	53.0	0.0	23.0	62.0	27.5	37.6	111.0	52.0	672.1
65	64.0	47.0	95.5	141.5	21.0	15.0	57.5	13.0	79.5	97.5	176.0	88.5	896.0
66	61.0	52.0	68.0	66.0	64.1	6.5	27.5	27.0	94.0	165.5	40.5	37.5	709.6
67	114.0	40.5	178.1	55.5	57.5	37.5	33.5	8.0	17.5	119.0	91.5	83.5	836.1
68	42.5	56.5	98.0	72.0	24.5	11.5	9.0	45.0	149.5	117.0	73.0	59.5	758.0
69	60.0	135.0	100.5	220.0	9.0	3.6	9.5	22.0	57.0	61.5	172.0	111.0	961.1
1970	57.0	80.5	104.5	113.5	97.0	41.0	11.0	14.5	18.0	139.1	49.2	130.5	855.8
71	150.5	162.5	337.5	65.3	158.0	94.0	36.5	20.5	42.5	193.0	119.5	113.0	1,492.3
72	85.5	84.0	179.0	130.2	79.5	63.0	23.5	34.5	68.4	27.8	102.0	65.0	942.4
73	63.0	129.5	96.5	228.5	56.0	68.0	34.8	57.5	144.0	85.5	68.5	128.0	1,159.8
74	78.5	110.2	126.5	118.0	62.8	76.0	23.0	31.5	128.0	108.5	257.5	96.0	1,216.5
75	71.5	166.0	156.5	147.0	127.8	60.5	31.0	58.0	57.0	71.4	35.0	26.5	1,008.2
76	47.0	161.5	149.0	128.5	67.0	22.0	14.0	45.0	56.0	55.5	46.0	78.0	869.5
77	109.5	170.5	50.5	191.0	2.0	10.5	0.0	16.2	16.8	21.5	40.9	46.4	675.8

⑤ AGUA DE LA MONTANA

Lat. 06:22'
 Long. 79:11'
 Alt. 3,300

Años	Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
1968	52.1	53.3	104.5	108.4	76.3	43.2	67.4	112.7	179.4	108.9	75.5	31.8	1,013.5
69	158.5	260.0	219.2	307.8	60.0	115.2	40.2	60.0	73.9	116.9	258.0	240.0	2,009.7
1970	155.0	136.2	210.6	120.0	197.0	69.0	93.8	30.0	133.4	300.0	120.0	400.0	1,965
71	271.8	400.0	480.0	168.6	114.4	177.2	60.0	40.0	113.9	150.0	72.9	43.5	2,092.3
72	100.0	121.0	291.2	88.0	44.9	80.0	122.2	85.3	98.7	30.0	50.3	191.7	1,303.3
73	152.3	70.7	105.6	127.0	100.0	79.5	47.2	60.0	157.7	98.6	56.0	180.2	1,234.8
74	96.0	110.3	72.1	68.6	40.9	110.4	50.6	85.3	140.5	115.5	62.5	46.9	999.6

[\bar{P} = 1516.9]

⑥ LIMÓN

Lat. 06°15'
 Long. 79°04'
 Alt. 2,200

Años	Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
1968	51.2	45.6	84.7	43.3	19.0	19.5	30.6	65.5	165.0	183.0	23.4	41.2	772
69	138.4	178.7	165.0	230.1	68.0	47.7	32.6	33.2	65.2	89.7	145.0	248.5	1,442.1
1970	152.2	112.8	131.0	81.5	198.0	96.5	27.5	42.0	59.5	205.0	165.4	218.0	1,489.4
71	70.5	91.5	481.3	396.5	203.5	110.3	70.2	110.4	173.5	211.5	102.5	74.5	2,096.2
72	62.5	183.4	381.1	148.5	71.2	100.0	68.3	75.4	105.3	25.0	47.8	85.9	1,354.4
73	160.0	105.4	135.0	195.2	92.3	80.2	156.5	189.8	289.7	112.2	101.5	150.9	1,778.7
74	49.5	109.7	165.0	104.0	119.5	63.0	31.0	80.1	115.0	237.2	132.0	110.5	1,316.5

$$\bar{P} = 1464.2$$

⑦ INCAHUASI

Lat. 06°14'
 Long. 79°19'
 Alt. 3,100

Años	Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
1965	27.5	41.0	65.5	160.0	29.0	5.5	13.5	10.0	110.5	51.5	96.0	71.0	681
66	26.5	41.0	79.5	45.0	36.5	3.5	5.0	9.5	41.5	83.5	38.0	14.0	423.5
67	109.0	103.5	110.0	19.0	9.0	2.0	21.0	8.0	9.5	62.2	19.0	12.0	484.2
68	10.0	12.5	41.5	26.5	6.0	0.5	8.5	14.5	26.5	99.5	25.5	0.1	271.6
69	69.0	82.5	93.0	101.5	13.5	18.5	0.5	13.0	16.5	22.5	50.5	42.0	523
1970	69.5	45.0	79.0	42.5	67.5	14.0	1.0	10.0	37.5	104.0	63.0	50.5	583.5
71	52.0	67.5	372.0	63.0	66.0	23.0	1.0	10.0	20.5	75.5	31.0	48.0	761.5
72	29.5	58.5	229.0	80.0	4.0	11.0	16.0	8.0	14.5	1.0	37.0	49.0	537.5
73	55.0	88.5	100.5	169.0	26.5	23.0	18.5	39.0	58.0	48.5	25.5	35.5	687.5
74	46.5	114.0	56.0	35.0	5.5	40.5	41.5	37.5	80.5	73.5	51.5	56.0	638

{ $\bar{P} = 559.1$ }

⑧

SILLANGATE

Lat. 06°08'
 Long. 79°01'
 Alt. 1680

Años	Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
1965	47.0	52.3	85.0	146.0	44.5	80.5	92.0	9.5	99.4	96.6	127.5	42.9	923.2
66	111.6	41.2	119.6	118.3	56.1	7.9	19.6	9.5	62.2	166.2	115.4	34.3	861.9
67	108.3	187.8	159.9	64.6	94.7	39.1	95.5	2.3	52.2	108.0	8.8	29.6	950.8
68	42.2	40.8	83.3	54.4	27.0	14.2	25.3	69.7	74.4	189.2	39.8	23.6	683.9
69	103.7	133.5	144.9	192.3	57.7	89.2	5.5	37.0	90.5	61.2	78.5	70.4	1,064.4
1970	83.8	62.4	94.3	100.9	139.3	42.5	61.6	0.0	52.7	147.0	172.0	183.7	1,140.2
71	111.4	115.0	257.1	99.7	120.0	146.5	49.3	68.3	80.0	227.0	59.3	46.0	1,379.6
72	84.1	125.4	275.9	203.0	68.0	35.3	69.0	79.8	59.1	4.1	69.7	78.4	1,151.8
73	91.8	75.3	60.9	160.6	87.0	125.2	99.8	37.9	175.9	61.3	72.0	59.4	1,107.1
74	41.6	105.7	169.2	109.8	37.2	115.9	75.4	32.9	94.1	217.4	191.7	64.9	1,255.8

[$\bar{P} = 1051.9$]

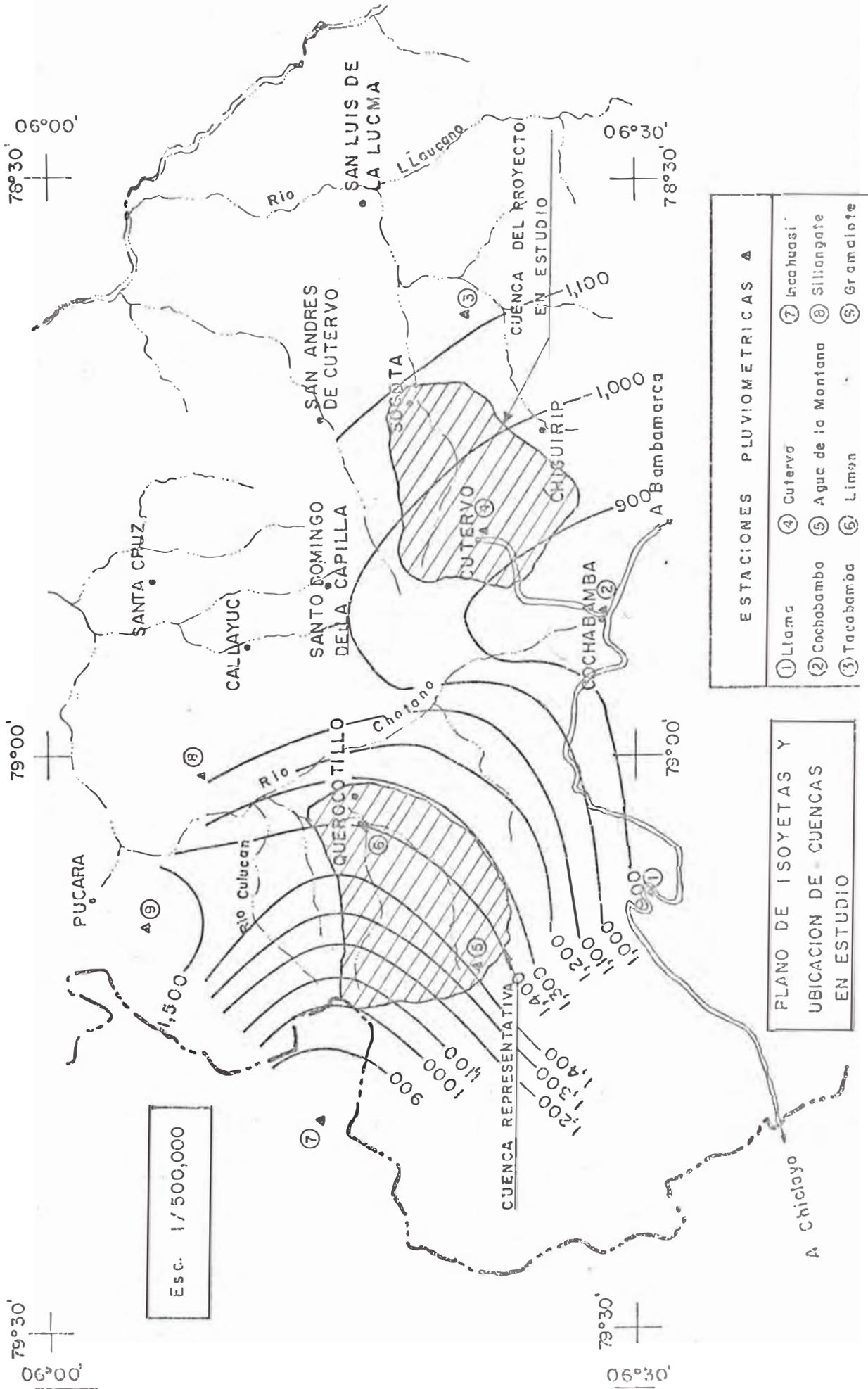
⑨

GRAMAFOLOTE

Lat. 06°05'
 Long. 79°09'
 Alt. 2,100

Años	Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
1968	106.4	67.0	160.3	97.8	45.3	23.3	56.0	56.0	144.0	307.1	28.4	51.0	1,142.6
69	231.2	227.7	222.1	195.0	51.8	115.6	18.0	51.0	60.6	95.5	168.1	223.2	1,660
1970	202.5	177.2	222.4	117.3	171.5	88.0	32.5	8.7	84.5	164.7	239.1	340.5	1,848.9
71	181.0	287.9	399.0	212.4	218.4	164.4	46.7	70.9	119.1	335.9	112.8	170.6	2,319.1
72	123.7	174.4	394.6	137.9	65.3	96.3	64.0	53.8	107.8	61.4	203.0	99.4	1,580.7
73	197.5	129.6	164.7	323.6	134.6	82.1	182.5	101.5	116.8	41.7	210.3	195.5	1,880.4
74	147.3	176.6	144.9	210.2	33.1	183.3	62.9	99.5	163.7	312.5	112.5	182.7	1,829.2

$\bar{P} = 1751.6$



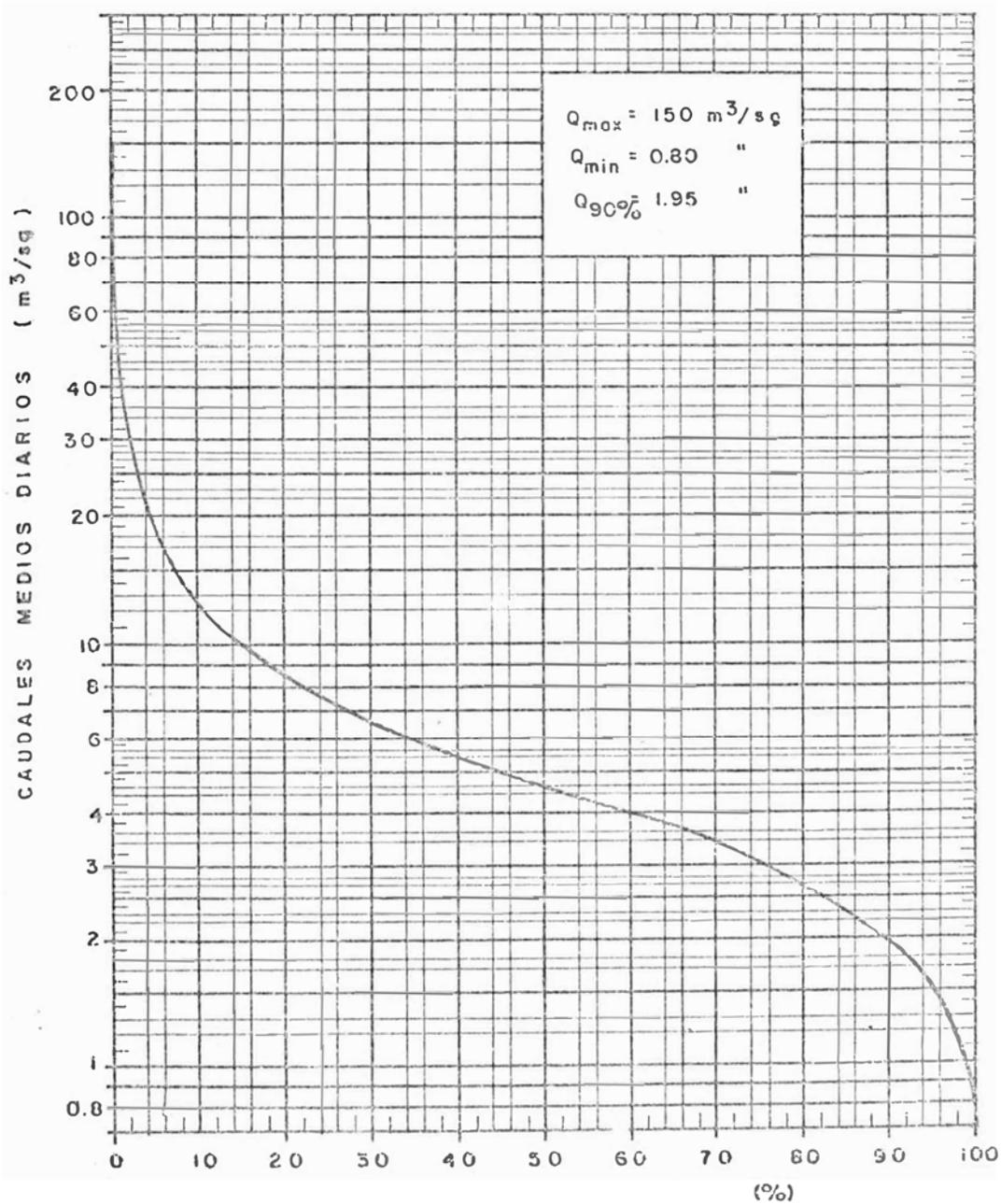
Esc. 1/500,000

PLANO DE ISOYETAS Y
UBICACION DE CUENCAS
EN ESTUDIO

ESTACIONES PLUVIOMETRICAS ▲	
① Lima	④ Cutervo
② Cochabamba	⑤ Aguc de la Montana
③ Tacabamba	⑥ Limon
⑦ Incahuasi	⑧ Sillangate
⑧ Sillangate	⑨ Gramalote

CURVA DURACION DE CAUDALES MEDIOS DIARIOS

ESTACION	= Ingeriaco	LATITUD	= 06°13'
RIO	= Qda. Ingeriaco	LONGITUD	= 79°03'
CUENCA	= Rio Chotano	ALTITUD	= 1450 m. s.n.m.
AREA DRENAJE	= 300 Km ²	PERIODO REGISTROS	= 1968-1973



6.2.3. ASPECTO TECNICO DEL PROYECTO

6.2.3.1. ALTURA DE CAIDA APROVECHABLE

Según el reconocimiento de campo, y según las cartas de la zona a escala de 1/25,000 (en la Lámina N° 6.3 se muestra el Esquema del Aprovechamiento), la Cámara de Carga se ubicaría en una zona a 5 Kms. de la bocatoma y a una cota de 1,765 m.s.n.m. La cota de la casa de máquinas es de 1,628 m.s.n.m., según se muestra en el perfil longitudinal de las obras civiles en la Lámina N° 6.6

De estos datos se obtiene la altura de caída aprovechable :

$$\text{Altura bruta (} H_b \text{)} = 1,765 - 1,628 = 137 \text{ mts.}$$

Considerando una pérdida de carga en la tubería de 2.5 mts. (De la Lámina N° 5.31 para un caudal de 0.5 m³/seg. y un diámetro de 0.55 mts.

$$h'_f = \frac{1.1 \text{ mts.}}{100 \text{ mts.}} \times 221 \text{ mts.} = 2.5 \text{ mts.},$$

donde 221 mts. es la longitud total de la tubería de presión.

$$\text{Altura neta de caída} = 137 - 2.5 = 134.5 \text{ mts.}$$

y, con una potencia a servir de 504 kw, se calcula el caudal de diseño de las obras civiles mediante la siguiente relación :

$$Q_d = \frac{\text{Pot.}}{7.5 \times H_n} = \frac{504}{7.5 \times 134.5} = 0.5 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

6.2.3.2. CARACTERISTICAS PRINCIPALES

- Q diseño, (del numeral anterior)	= 0.50 m ³ /seg.
- Longitud del canal, (del esquema del aprovechamiento en la Lámina N° 6.3)	= 5 Km.
- Altura bruta (del numeral anterior)	=137 m
- Altura neta	=134.5 m
- Pérdida de carga (h' _f)	= 2.5 m
- Potencia disponible (de la ecuación propuesta en el numeral 5.4.1.)	
Pot = 7.5 x 0.5 x 134.5	=504 Kw.

6.2.3.3. OBRAS DE CAPTACION

- El caudal de diseño es 0.50 m³/seg.

- Según el reconocimiento de campo y según la carta al 1/25,000 de la zona (se muestra el esquema del aprovechamiento en la Lámina N° 6.3) la bocatoma se ubica en la margen izquierda del río Guineamayo en la cota - 1775 m.s.n.m.

- Según la Lámina N° 5.12 y la Tabla N° 5.4.1., la bocatoma es del tipo standard, con un ancho de la ventana de captación de 0.9 mts. y una altura del canal en la compuerta de admisión de 0.70 mts.

- El caudal máximo de diseño del barraje es 205 m³/seg.

- El ancho de rebose en la zona de toma a considerarse es de 15m. (dato del reconocimiento de campo).

- La altura de la cresta del barraje sobre el fondo del río a considerarse es 3 veces la altura del tirante en el canal.

$$H = 1.65 \text{ mts.}$$

- El tirante de rebose sobre la cresta del vertedero, se deduce de la siguiente expresión.

$$Q = 1.84 L t^{3/2} ; \text{ siendo } L = 15 \text{ mts.}, \text{ el ancho del río.}$$

Luego : $t = 3.8 \text{ mts.}$

- Pendiente media del río en zona de toma = 3%

- Volumen de concreto del barraje, de la Lámina N° 5.18

$$13\text{m}^2 \times 15\text{m.} = 195 \text{ m}^3$$

- Volumen de concreto de la bocatoma (de la Lámina N° 5.14) = 8m³.

- Volumen de concreto del muro de encauzamiento (de la Lámina N°

5.15) - 150 m³.

$$\text{Volumen de excavación del barraje} = 390 \text{ m}^3.$$

- Volumen de excavación de la bocatoma 16 m³.

Volumen de excavación del muro de encauzamiento = 300 m³.

- Volumen de concreto total de la obra de toma = 353 m³.

- Volumen de excavación total de la obra de toma 706 m³.

6.2.3.4. CANAL DE ADUCCION

Características del canal

Longitud del canal = 5 Km.

Caudal de diseño = 0.5 m³/seg.

- Dimensiones : Sección Trapeizoi-

dal. Talud de Paredes. = 1/4 : 1; (se usa el juego de Láminas N° 5.26.)

- Tirante de agua = 0.55mts. (Lámina N° 5.26.1)

- Ancho de fondo = 0.60m (de Lámina N° 5.26.2)

- Altura desde el fondo = 0.70m (de la Lámina N° 5.26.2)

Pendiente de fondo del canal = 1/500

Volumen de concreto = 0.34 m³/mx 5000m = 1700m³
(Lámina N° 5.26.3)

- Volumen de excavación (talud natural 2:1) = 1.5 m³/mx5000m=7,500 m³
(Lámina N° 5.26.3)

6.2.3.5. DESARENADOR

- Ubicación en lugar cercano a la bocatoma

- Longitud (de la Tabla N° 5.4.4.) = 8.85 mts.

- Ancho (Tabla N° 5.4.4.) = 1.90 mts.

- Tirante inicial del agua en el desarenador (Tabla N° 5.4.4.) = 0.95 mts.

- Tirante final del agua en el desarenador (Tabla N° 5.4.4.) = 1.25 mts.

- Diámetro mínimo de partículas a eliminar (Tabla N° 5.4.2.) = 0.5 mm.

- Volumen de excavación (Lámina N° 5.2.3.) = 46 m3.
- Volumen de concreto (Lámina N° 5.2.3.) = 16 m3.

6.2.3.6. CAMARA DE CARGA

- Cota = 1,765 m.s.n.m.
- Longitud (Tabla N° 5.4.6.) = 7.45 m.
- Ancho de la poza (Tabla N° 5.4.6.) = 1.90 m.
- Tirante inicial (Tabla N° 5.4.6.) = 0.725 m.
- Tirante a la entrada a la tubería (Tabla N° 5.4.6.) = 1.325 m.
- Volumen de excavación (Lámina N° 5.30) = 70 m3.
- Volumen de concreto (Lámina N° 5.30) = 22 m3.

6.2.3.7. TUBERIA FORZADA

- Pendiente promedio, del perfil del tubo. = 80%
- Longitud, a escala, de la Lámina N° 6.6. = 221 mts.
- Diámetro, de las Láminas Nos 5.31 y 5.32 = 0.55 mts.
- Espesor, de la Lámina 5.33 = 100 mts. con 3/16" y 121 mts. con 3/8" de espesor.

- Peso de tubería, Lámina N° 5.34 - 100 m. x 70 Kg/m= 7,000 kg.
- 121 m. x140 Kg/m=16,940 Kg.
- 23,940 Kg.

Luego $P_t = 24$ toneladas.

6.2.3.8. CASA DE MAQUINAS

- Cota de ubicación = 1628 m.s.n.m.
- Area de construcción (Lámina N° 5.36). = 80 m².

6.2.3.9. EQUIPO ELECTROMECHANICO

- Tipo de turbina (Lámina N° 5.35) = Pelton
- Número de unidades = 2
- Potencia de cada equipo = 252 kw.

6.2.3.10. CANAL DE DESCARGA

- Tiene las mismas características del canal de aducción, con una longitud aproximada de 105 mts. (Lámina N° 6.6)

- Volumen de excavación = $1.5 \text{ m}^3/\text{m} \times 105\text{m} = 158\text{m}^3$
- Volumen de concreto = $0.34\text{m}^3/\text{m} \times 105\text{m} = 36\text{m}^3$

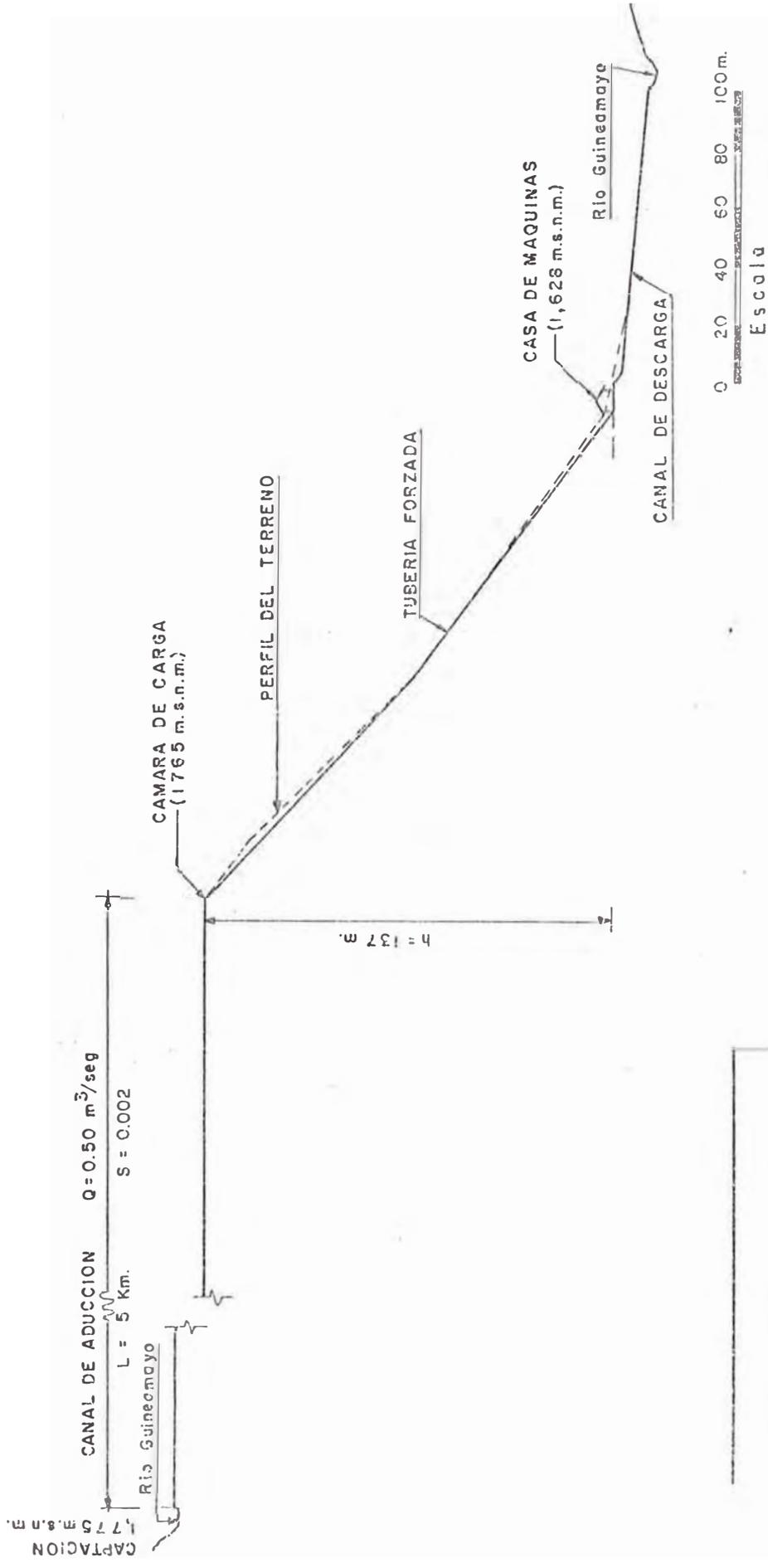
6.2.3.11. LINEA DE TRANSMISION

- S.E.S.-Sócota-Cutervo-Chipuluc = 21 Km.
- S.E.S.-San Luis de la Lucma = 7 Km.
- S.E.S.-San Antonio = 2.5Km.
- S.E.S.-San Andrés de Cutervo = 11 Km.
- TOTAL = 41.5Km.

(S.E.S. = Sub-Estación de salida)

6.2.3.12. SUB-ESTACION DE SALIDA

0.23/10 KV.



PERFIL LONGITUDINAL DE
 OBRAS CIVILES

6.2.4. COSTOS DEL PROYECTO

Estos costos no incluyen las líneas de distribución

Los costos se dan en dólares americanos, a marzo de 1981.

DESCRIPCION	(U)	METRADOS	(C.U.)	PARCIAL	TOTAL
a) BOCATOMA					
excavación	m3	706	4	2,824	
concreto	m3	353	160	56,480	59,304
b) CANAL DE ADUCCION					
Excavación	m3	7,500	5	37,500	
concreto	m3	1,700	90	153,000	190,500
c) DESARENADOR					
excavación	m3	46	5	230	
concreto	m3	16	120	1,920	12,150
d) CAMARA DE CARGA					
excavación	m3	70	5	350	
concreto	m3	22	120	264	614
e) TUBERIA FORZADA					
tubo	ton	24	2,200		52,800
f) CASA DE MAQUINAS					
área de construcción	m2	80	100		8,000
g) EQUIPO ELECTROMECHANICO					
turbinas Pelton,	unidades	2	360,000		720,000
h) CANAL DE DESCARGA					
excavación	m3	158	5	790	
concreto	m3	36	90	3,240	4,030
i) SISTEMA DE TRANSMISION					
longitud	km	41.5	9,000		373,500
j) SUBESTACION DE SALIDA					
0.23/10 K	Km.	504	100		50,400

Costo Total de la Pequeña Central Hidroeléctrica = US \$ 1'461,298

Costo del Kw. instalado = US \$ 1'461,298 =US\$. 2,900/Kw.
504 Kw.

6.4. IMPACTOS DE ORDEN SOCIAL POLITICO Y AMBIENTAL

La construcción de la Pequeña Central Hidroeléctrica "Guineamayo" contribuirá al desarrollo socio-económico de las poblaciones urbanas y rurales de la zona al permitirles en primer lugar tener acceso a la Energía Eléctrica, lo cual posibilitará superar los niveles de sub-desarrollo en relación a la cultura y a la educación, además de mejorar los servicios sociales y de salud con el empleo de la electricidad. Asimismo, la construcción de dicha Central Eléctrica creará una demanda de mano de obra para la ejecución de obras civiles y el montaje de las instalaciones contribuyendo a mejorar el nivel de empleo y el ingreso económico de los pobladores.

Por otro lado, el desarrollo de actividades productivas en base al empleo de la Energía Eléctrica contribuirá a mejorar la productividad, y creará puestos de trabajo en actividades conexas.

De acuerdo con el estudio realizado, el aprovechamiento hidráulico propuesto no tendrá efectos nocivos en el medio ambiente.

El empleo de agua para actividades agrícolas se realizará después que ésta haya sido utilizada para generación eléctrica y, por lo tanto, no existen posibilidades de conflictos en el uso de agua con este Sector.

Asimismo, la construcción de las obras para la central no ocasionará mayores cambios en el medio ambiente.

6.5. RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES DISPONIBLES

La comunidad del Pequeño Sistema Eléctrico aportará mano de obra no calificada para la ejecución de las obras civiles durante la etapa de construcción. Asimismo, existe disponibilidad de mano de obra para la etapa de operación de la Pequeña Central Eléctrica.

Existen bancos de arena y grava en lugares muy cerca a la obra de toma, así como también existe abundante madera que pueden ser utilizados en la construcción de las obras civiles y casa de máquinas de la central.

CAPITULO 7

RESULTADOS

CAPITULO 8

CONCLUSIONES

CAPITULO 9

RECOMENDACIONES

7.0 RESULTADOS

La Central Hidroeléctrica en estudio tiene las siguientes características :

Caudal de Diseño (Qd)	=	0.5 m ³ /seg.
Altura neta de caída (Hn)	=	134.5 m.
Potencia disponible	=	504 Kw.
Costo total del Proyecto	=	US \$ 1'461,298
Relación Beneficio Costo (A)	=	1.10

Se recomienda realizar el estudio de factibilidad correspondiente y su posterior construcción por los grandes beneficios sociales que traerá consigo para las localidades conformantes del Pequeño Sistema Eléctrico.

8.0 CONCLUSIONES

8.1 CONCLUSIONES TECNICAS

- a) Los requerimientos de Potencia Eléctrica para el Pequeño Sistema Eléctrico, alcanza a 230 Kw. al año 1984 (año de puesta en operación de la Central Eléctrica), y 504 Kw. al año 2003; siendo los requerimientos para la localidad de Cutervo de 191 y 365 para los años 1984 y 2003, respectivamente.
- b) El aprovechamiento se construirá en una sola etapa siendo la potencia instalada suficiente para cubrir la demanda hasta el año 2003, último año de análisis.
- c) El nivel de tensión del sistema de transmisión es de 10 KV.
- d) El recurso hídrico es de 0.50 m³/seg., recomendándose no modificar la caída aprovechable por el criterio de que si se quisiera ampliar la central en estudio a mayor capacidad, para dar abastecimiento eléctrico a una mayor cantidad de localidades en una futura etapa de construcción, sólo habría que ampliar las estructuras civiles (bocatoma, canales, desarenador y cámara de carga), quizá con sólo elevar sus paredes la-

terales quedando intacta la caída. Esta solución así adoptada es más económica que construir toda una plataforma del canal a otro nivel que el existente (quizás más alto), para la supuesta ampliación de caída.

8.2 CONCLUSIONES ECONOMICAS

a) La no implementación del Proyecto Hidroeléctrico Cutervo haría necesario construir una planta térmica equivalente como alternativa del proyecto propuesto, esta alternativa resulta más cara que la Central Hidroeléctrica (A = 1.10)

9.0 RECOMENDACIONES

a) Es de suma importancia la instalación de estaciones limnimétricas y el chequeo con aforos de los recursos hídricos de los ríos Sucse y Sócota en los lugares de captación, sólo esto haría posible una comparación real entre el recurso hídrico estimado por medio de "Cuencas Semejantes" y los valores reales de escurrimiento.

b) Las condiciones geomorfológicas de la zona permiten desarrollar el proyecto, sin embargo, para una fase más avanzada de estudio es necesario llevar a cabo investigaciones del subsuelo especialmente en la zona de la caída y casa de máquinas.

c) Se recomienda llevar adelante el correspondiente estudio de factibilidad teniendo en cuenta los beneficios sociales y su ventaja sobre la alternativa térmica.

CAPITULO 10

BIBLIOGRAFIA

10.0 BIBLIOGRAFIA UTILIZADA

- Guía para la Elaboración de Proyectos de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas destinadas a la Electrificación Rural del Perú - Junio 1980; por el Ing. Tsuguo Nozaki.

Saltos de Agua y Presas de Embalse, Madrid 1964, 3ra. Impresión Tomo I; por José Luis Gómez Navarro y José Juan Aracil.

Centrales Hidroeléctricas, su estudio, montaje, regulación y ensayo; por Gaudencio Zoppetti Júdez; 2da. Edición, Editorial Gustavo Gili S.A. Barcelona.

- Transporte de sedimentos por A. Rocha Felices - M. Lescano Rivero U.N.I.

"Plan Nacional de Electrificación Rural - Planeamiento de Pequeños Sistemas Eléctricos"; documento de la Jefatura de Electrificación Rural de la Gerencia de Planeamiento de ELECTROPERU.

"Project Paper - Small Hydro Development"; United States International Development Cooperation Agency; Agency for International Development Set. 1980.

- Hidrología para Ingenieros; Linsley Ray - Kohler Max-Paulus Joseph; 2da. Edición, Editorial Mc. Graw Hill Latinoamericana.

"Mini Centrales Hidroeléctricas - Manual de Toma de Decisiones"; Documento de OLADE.

- Manual del Aforador por Nicolás La Torre Cortéz; Chiclayo - Perú; 1932.

- Water Resources Series N° 34 : "The use and interpretation of Hydrologic Data" - United Nations.

- Diseño de Presas Pequeñas del Bureau of Reclamation, 3rd. Impresión.

"Statistical Methods in Hydrology", By Leo R. Beard-Corps of Engineers; Sacramento - California; January 1962.

"Obras Hidráulicas", por el Ing. Villaseñor Contreras, Chapingo - México.

"Pequeñas Obras Hidráulicas", Tomos I y II; D.B.Kroatz y J.K. Mahalan - Universidad Agraria de La Molina.

- Manual de Hidráulica de H.W. King y E.F. Brater, 1ra. Edición en Español - Editorial UTEHA.

- Diseño de Bocatomas **Implantadas** en ríos con fuerte Arrastre de sólidos". Por José Francisco Cerda Taverne - Santiago de Chile 1976. Empresa Nacional de Electricidad - Departamento de Ingeniería Civil.

"El Desarenador - Una Guía para su Diseño Hidráulico", por Francisco Coronado del Aguila, Universidad Agraria de La Molina.

"Guía para la Estimación Preliminar de los Metrados y Costos de la Estructura de una Central Hidroeléctrica" - Setiembre 1981; por el Ing. Tsuguo Nozaki.

- Documentos Técnicos presentados en el Primer Seminario Latinoamericano sobre Pequeñas Centrales Hidroeléctricas. Noviembre de 1980, (OLADE).

- Documentos técnicos presentados en el Primer Curso Latinoamericano sobre Diseño y Construcción de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas. Setiembre de 1981.