



Curso:

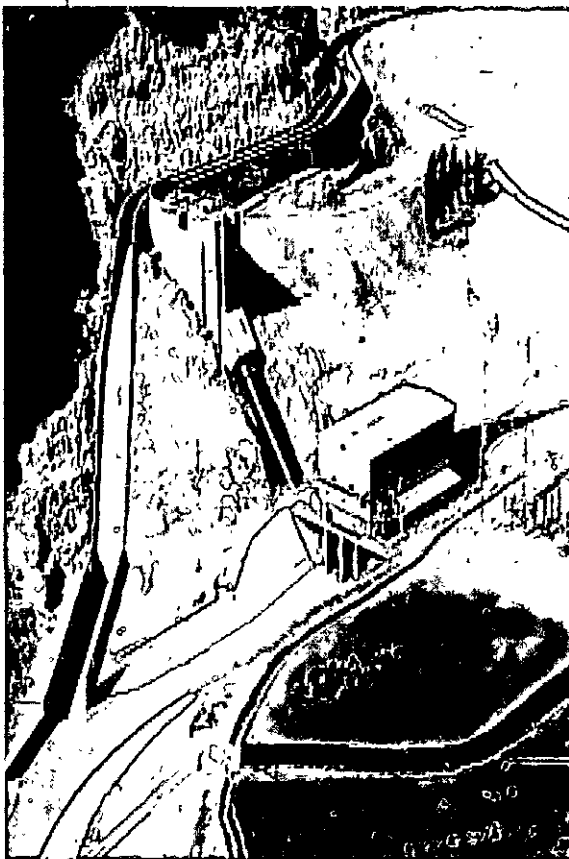
Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas

curso CA80

06 de agosto al 10 de septiembre

duración: 30 hrs

Ing. Luis Héctor Valdez Báez



Evaluación Económica

Programa CONAE
Programa Retscreen
Ejemplos

Programa CONAE

•En el año la CONAE publicó el "Estudio de la situación actual de la mini hidráulica nacional y potencial en una región de los estados de Veracruz y Puebla"



CONAE

Estudio de la situación actual de la minihidráulica nacional y potencial en una región de los estados de Veracruz y Puebla



•Potencial minihidro de seis ríos: La Antigua

- Actopan
- Bobos-Nautla
- Tecolutia
- Cazones
- Tuxpan

•Se estudiaron 100 sitios en esa zona.

Desarrollar un SISTEMA que agiliza el pre dimensionamiento y cuantificación de obras civiles en el estudio de sitios potenciales

Programa CONAE

•Comprende dos aspectos:

•Permite:

•Obras civiles

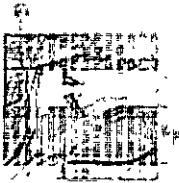
•Realizar cálculos rápidamente

•Equipo electromecánico

•Facilita la optimización

•"EntradaB2000" ⇒ Se proporcionan todos los datos necesarios
H, Q, tipos de obras entre otros

•"SalidaB2000" ⇒ Se muestran un resumen de los datos y los resultados
obtenidos
Dimensiones, volúmenes, presupuesto entre otros



Evaluación Económica

Programa: CONAE

Entrada B2000 Hoja 1		Obra nueva ?	si
Datos de Anteproyecto		Rehabilitación ?	no
Nombre	Copalita	Estado	Oaxaca
Río	Copalita	Latitud Norte	
Río principal	Copalita	Long Oeste	
No de captaciones	1		
Long de canal (es)	12.9 Km	Long de tunel(es)	0 Km
Canal mampostena ?	si		
Cota en presa derivadora	280.00 m s.n.m	Long camino acceso	14 Km
Perdidas por fricción canales o túneles (H)	8.76 m		
Perdida de carga por pendiente (H)	19.35 m		
Hp > Hf ?	Si		
Cota en tanque de regulación	260.65 m s.n.m		
Cota de generación	160.00 m s.n.m	Long. de línea de transm	30 Km
Carga Hidráulica Estática	100.65 m	Voltaje de línea de transm	115 Kv

Las celdas con sombreado azul claro muestran los datos que deben ser proporcionados por el usuario

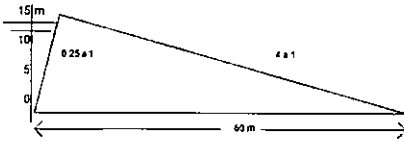
Las celdas con sombreado naranja muestran datos con resultados del sistema

Programa CONAE

Entrada B2000 Hoja 2

Alternativa No. 1.- Sección gravedad

Se trata de una estructura construida a base de mampostería con apoyo de concreto ciclópeo con las características que se indican en la fig



Secc. No	Area prom m ²	Longitud m	Volumen m ³
1	262.5	22	5.775
2	525	8	4.200
3	262.5	14	3.675
total	44		13.650

Figura 3.1 Obra de contención de sección gravedad (mampostería y concreto ciclópeo)

Alternativa No. 2.- Sección de grava - arena con cara de mampostería

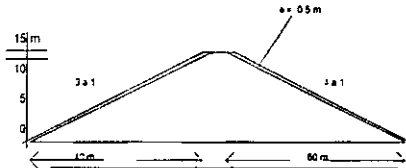
Se trata de una presa derivadora de material granular formado por acarreo del río mezclada con arena. Para proteger de posibles erosiones por avenidas se coloca una capa de mampostería de 15 m de espesor, corona 8 m.



Secc. No	Area prom m ²	Longitud m	Volumen m ³	Vol. mampost. m ³
1	411	22	9.033	
2	821	8	6.570	
3	411	14	5.748	
total	44		21.352	4.743

Figura 3.2 Obra de contención de sección grava - arena y cara de mampostería

Alternativa No. 3.- Sección de grava - arena con cara de concreto



Secc. No	Area prom m ²	Longitud m	Volumen m ³	Vol. concreto m ³
1	442	22	9.735	
2	885	8	7.080	
3	442	14	6.195	
total	44		23.010	1.581

Figura 3.3 Obra de contención de sección grava - arena y cara de mampostería



Programa: CONAE

•Entrada B2000 Hoja 2

Obra de Captación		Nombre del sitio o planta		Copalita	
Q _{dis} de la central		Gasto de Anteproyecto		18 00 m ³ /s	
Presa derivadora		1			
Alternativa	Tipo	Secc Gravedad			
% de rehabilitación	100%				
Otra	0				
Volumen grava/arena	0 m ³				
Vol. mampostería	6 912 m ³				
Concreto	1 728 m ³				
Vol de excavación	2850 m ³				
		Alternativa 1			
		Secc Gravedad			
		(concreto cicl y mampost)		10 238	3412
		Alternativa 2			
		Sección grava-arena			
		(cara de m)	16 609	4 743	21 352
		Alternativa 3			
		Sección grava-arena			
		(cara de co)	21 429	1 581	23 010

En todo caso el usuario puede proporcionar datos de acuerdo a su proyecto en particular

•Captación

3 alternativas

Av. Max 300 m³/s

Programa CONAE

Salida B2000 Hoja 3

$$v = c_1 \cdot (2 \cdot g \cdot H)^{0.5}$$

$$L_t = (2.5 + 1.1 \cdot (t_c/h) + 0.7 \cdot (t_c/h)^3) \cdot (h \cdot t_c)^{0.5}$$

$$L = Q_{amp} / (c \cdot t_v^{1.5})$$

BI= Bordo libre para el tanque =0.2

h=NAMO-NAMINO=Cte.=1.00m

At= Area interior de la tubería

•El canal es de sección rectangular.

•El túnel es de sección circular

todos los cálculos están realizados en base a esto.

tc= tirante crítico
 H= Carga hidráulica
 $D = ((6.6 \cdot Q^3) / H)^{0.1429}$

$v_t = Q / A_t$ $S = V_c / h$
 $T_v = V / (v_t \cdot A_t)$ $H_t = h + B I$
 $V_c = 0.6 \cdot Q \cdot T_v$ $g = 9.81$
 m/s^2

c=2.0
 c1=f(caída neta) en %
 Qamp= gasto de diseño de la avenida máxima probable

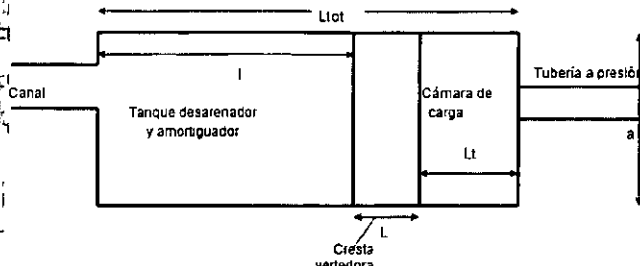


Fig. 3.6 Dimensiones de tanque de carga (planta)

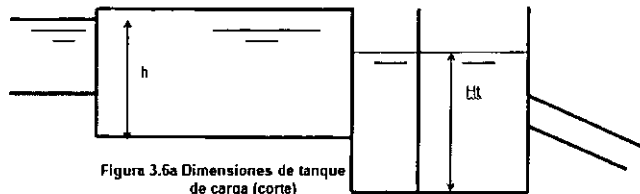


Figura 3.6a Dimensiones de tanque de carga (corte)

•El sistema determina las dimensiones del tanque de carga a partir del ancho del tanque y la longitud de la cresta vertedora los cuales son suministrados por el usuario

Programa CONAE

Entrada B2000 Hoja 3

Datos de Obras Civiles			
Nombre del sitio o planta	Copapa	Costo de Anteproyecto (C _{ap})	18 m ³
Luz			
Pendiente s	0.0015	% estimado de rehabilitación	100%
Coef. de rugosidad n	0.013	Pendiente critica Sc	0.003
Ancho b	3.75 m	(No Proud) NF	0.673
Tirante normal d	1.75 m	Tirante critico oc	0.302 m
		Gasto calculado Q calculado	18.73 m ³ /s
		Pérdidas por fricción H _f	8.783
Tubo			
Pendiente s	0.0019	% estimado de rehabilitación	100%
Coef. de rugosidad n	0.0131	(No Proud) NF	0.623
Tirante normal d	1.90 m	Tirante critico oc	0.302 m
Relación Y _c /D	0.51	Gasto calculado Q calculado	7.05 m ³ /s
		Pérdidas critica Sc	0.012
		Pérdidas por fricción H _f	0.000
Tanque de Luz			
% estimado de rehabilitación	100%	% estimado de rehabilitación	100%
Ancho de tanque a	30 m	Long. de tubería en planta f	448 m
Longitud de cresta L	25 m	Long. total de la tubería L _{tot}	499.17 m
		Carretero de acceso	14 Km
		% estimado de rehabilitación	100%

Nota: Para anteproyectos nuevos considerar 100% en el "estimado de rehabilitación"

1 •El usuario proporciona los datos de las obras civiles

2 •El sistema muestra los resultados para esos datos

3 •El usuario varia los datos hasta cumplir con las restricciones

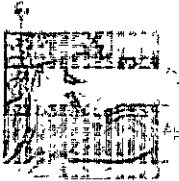
Evaluación Económica

Programa CONAE

•Entrada B2000 Hoja3

Datos de Obras Civiles

Nombre del sitio o planta	Copalita	Gasto de Anteproyecto Q_p	18	m^3/s
Canal		% estimado de rehabilitación	100%	
Pendiente s	0.0015	Pendiente crítica Sc	0.003	
Coef. de rugosidad n	0.013	Nº. Froud N_f	0.673	
Ancho b	3.75 m	Tirante crítico dc	0.302 m	
Tirante normal d	1.75 m	Gasto Calculado Q_{cal}	18.29 m^3/s	
		Perdidas por fricción H_f	8.763	
		Restricciones		
		$s < Sc$		Si cumple
		$d > dc$		Si cumple
		$N_f < 1$		Si cumple
		$Q_{cal} > = Q_{pro}$		Si cumple

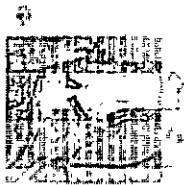


Evaluación Económica

Programa: CONAE

•Entrada B2000 Hoja 3

Tuñe		% estimado de rehabilitación	100%	Restricciones	
Pendiente, s	0.0019	No. Froud, Nf	0.625	s < Sc	Si cumple
Coef. de rugosidad, n	0.0131	Tirante crítico, Yc	1.164 m	d > Yc	Si cumple
Tirante normal, d	1.90 m	Gasto calculado, Q cal	7.85 m ³ /s	Nf < 1	Si cumple
Relación Yc/D	0.51	Pendiente crítica, Sc	0.012 m	cal > = Q proy.	No cumple
		Perdidas por fricción Hf	0.000 m		



Evaluación Económica

Programa CONAE

•Entrada B2000 Hoja 3

Tanque de carga		Tubería a Presión	
% estimado de rehabilitación	100%	% estimado de rehabilitación	100%
Ancho de tanque, a	30 m	Long. de tubería en planta	448 m
Longitud de cresta L	25 m	Long. total de la tubería Lit	499.17 m
		Camino de acceso	14 Km
		% estimado de rehabilitación	100%
Nota: Para anteproyectos nuevos, considerar 100% en el estimado de rehabilitación.			



Evaluación Económica

Programa: CONAE

•EntradaB2000 Hoja4

Nombre del sitio o planta	Copalita
Gasto de Anteproyecto	18 m ³ /s
Equipo electromecánico:	
% estimado de rehabilitación	100 %
Gasto de proyecto: Qproy	18 m ³ /s
Caida estática	100.65 m
Eficiencia global	0.8 %
Long. de línea de transmisión	30 Km.
% estimado de rehabilitación	100 %

•Corresponde al equipo electromecánico

•El usuario solo proporciona la eficiencia global del sistema

Evaluación Económica

Programa CONAE

• Salida B2000

Hoja 1

DATOS GENERALES			
Nombre	Copalita	Estado	Oaxaca
Río	Copalita	Latitud Norte	19° 53' 52.95"
Río principal	Copalita	Long Oeste	96° 10' 15.41"
No. de captaciones			
Long. de canal (es)	12.9 Km	Long. de túneles	0 Km
Canal mampostena ?	si	Long. camino acceso	14 Km
Cota de carga	260.65 m.s.n.m.	Long. de líneas de transm.	30 Km
Cota de generación	160.00 m.s.n.m.		
Carga hidráulica estática	100.65 m	Voltaje de línea de transm.	115 Kv
Obra de Captación			
Presa derivadora			
Alternativa			Gasto inicial de proyecto
			18.00
Material (es)			
Vol. grava/arena	0	0 miles de M ³	
Mampostena	0	6.912 miles de M ³	
Concreto	0	1.728 miles de M ³	
Vol. de excavación	0	2.850 miles de M ³	

• Corresponde a un resumen de todos los datos de entrada B2000 proporcionados por el usuario

Evaluación Económica

Programa: CONAE

Salida B2000 Hoja 2

Resultados Dimensionamiento Obras

Anteproyecto Copalita

CANAL

Gasto de proyecto hasta:	Altura canal h	Tirante normal d	Ancho Canal b	Radio hidráulico r	Velocidad v	Gasto calculado Q	Tirante crítico dc	Velocidad crítica Vc	Pendiente crítica Sc	No. de Froude Nr
(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	m	(m/s)	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(mil)	
18.00	1.95	1.750	3.750	0.905	2.788	18.295	0.302	1.722	0.005	0.673

Pendiente: $s = 0.0015$ Coef. de rugosidad: $n = 0.013$

TUNEL

Gasto de Proyecto hasta:	Tirante normal d	Relación d/D	Diám. del túnel	Relación r/D	Radio hidráulico r	Vel. media v	Gasto calculado Q	Area del túnel	Relación $Q/(v \cdot D^{0.5})$	Relación $Q/(v \cdot D^{2.5})$
(m ³ /s)	(m)		(m)		(m)	(m/s)	(m ³ /s)	(m ²)	(m)	Yo/D
18.00	1.90	0.800	2.375	0.304	0.722	2.700	7.651	2.833	1.155	0.490

Tirante Crítico Vc	Velocidad crítica Vc	Pendiente crítica Sc	No. de Froude Fr
(m)	(m/s)		
1.161	3.379	0.002	0.625

Pendiente: $s = 0.0019$
Coef. de rugosidad: $n = 0.013$

Es de solo lectura, en ella se realizan los cálculos hidráulicos del canal y el túnel

Evaluación Económica

Programa CONAE

TANQUE DE CARGA

• Salida B2000 Hoja 3

Proyecto	Gasto de Proyecto Q (m ³ /s)	Trante crítico a la llegada h_c (m)	Carga Hidrául. H_s (m)	Diám. económ. tub. pres. D (m)	Vel. económ. tub. pres. v (m/s)	Prof. del tanque h (m)	Long. tot. de la tubería L_{tt} (m)	Vol. de agua en la tubería "V" (m ³)	Vel. en la tubería v_z (m/s)	Tiempo de vaciado T_v (s)
Copalita	1.18	0.30	120	2.28	3.88	6.81	499.17	2039.87	4.40	113

Proyecto	Volumen de la cámara de carga V_c (m ³)	Área del tanque S (m ²)	Dimensiones del tanque		Frente sobre la cresta r_v (m)	Long. de cresta L (m)	Long. total del tanque L_{tot} (m)	Altura de la cámara de carga H_t (m)	Longitud de la cámara de carga L_t (m)
			ancho a (m)	largo l (m)					
Copalita	1225.92	1224	30.00	40.80	0.51	25.00	69.46	7.01	3.66

TUBERÍA A PRESIÓN

Proyecto	Gasto del Proyecto Q (m ³ /s)	Cota de carga (msnm)	Cota de generac. (msnm)	Longitud tubería en planta L_{tp} (m)	Carga Hidráulica (m)	Long. tot. de tubería L_{tt} (m)	Diám. Económ. (m)	Espesor por rigidez (mm)	Peso de la tubería (ton)
Copalita	1.18	280	160	448	120	568	2.28	9.95	282.010

•Es de solo lectura, en ella se presentan los cálculos hidráulicos del tanque de carga y la tubería a presión

Evaluación Económica

Programa: CONAE

Salida B2000

Hoja 4

Resultados de la cuantificación de Obras civiles	
Canal	Túnel
Volumen de excavación 113 752 m ³	Volumen de excavación 0 m ³
Volumen de mampostería 19 431 m ³	Volumen de concreto (canal y túnel) 1 984 m ³
Acero de refuerzo (canal y túnel) 119 ton	
Tanque de carga	
Volumen de excavación 12284 17 m ³	
Volumen de concreto 1095 27 m ³	
Acero de refuerzo (tanque de carga) 109 53 ton	
Resultados para Equipo electromecánico	
Potencia 14 218 Kw	15 798 Kw
Voltaje de generación 13 8 Kv	
Voltaje de transmisión 69 Kv	
No de unidades 2	

Es de solo lectura, en ella se realizan las cuantificaciones de las obras civiles.

también se muestra un resumen de resultados

Evaluación Económica

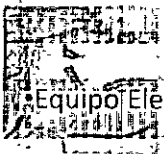
Programa CONAE

• Salida B2000 - Hoja 5

Presupuesto de la central, esta dividido en cuatro partes:

• Estudios

• Desarrollo



• Equipo Electromecánico

Presupuesto (precios unitarios medios de 2007)*				
Concepto	Unidad	P. unitario \$ USD	Cantidad	Importe \$ 10 ⁶ USD.
ESTUDIOS:				
Estudio de Viabilidad	lote	176.500	1	0.177
Ingeniería y supervisión de obra	lote	277.500	1	0.278
Total: Estudios				0.454
DESARROLLO:				
Contratos de arrendamiento "derechos de vía para canales, túneles o línea de transmisión"	lote	100.000	1	0.100
Permisos, contratos, asuntos legales, etc.	lote	263.000	1	0.263
Total: Desarrollo				0.363
EQUIPO ELECTROMECHANICO				
Turbina, generador, grúa viajera, compuertas y equipo auxiliar.	\$/Mw	500.000	14.22	7.109
Transporte y montaje (20%)				1.422
Total Equipo electrom.				8.531

• Las cantidades las obtiene el sistema, únicamente se actualizan los precios unitarios de las obras.¹⁸

Programa: CONAE

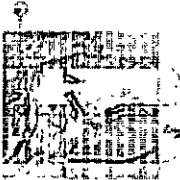
Salida B2000 Hoja 5

BALANCE DE PLANTA			
a) Obra de contención	No. de presas demovidas	1	
	Alternativa	1	
	Seco Gravedad		
Excavación en lecho de río	m ³	31.5	2,850
Volumen gravilavado	m ³	6.4	0
Vol. mampostería	m ³	91	6,912
Concreto	m ³	185	1,728
			Subtotal A:
			1,038
b) Canal/túnel de conducción	m ³	7.9	113,762
Excavación a cielo abierto	m ³	2,270	4,315
Desmonte vegetación	ha	31	19,431
Vol. Mampostería	m ³	366	1,924
Concreto hidráulico	m ³	1,101	0
Excavación en túnel	m ³	2,684	119
Acero de refuerzo	t		
			Subtotal B:
			136,622
c) Tanque de carga y tubería a presión	m ³	31.5	112,284
Excavación a cielo abierto	m ³	366	1,095
Concreto hidráulico	m ³	7,084	110
Acero de refuerzo	lot	155,080	0,155
Rejillas y compuertas	lot	6,000	282,011
Tubería a presión	lot		1,692
			Subtotal C:
			2,663
d) Planta hidroeléctrica	lot	583,500	1,00
Casa de máquinas	lot	452,000	14,00
Camino de acceso	lot		
			Subtotal D:
			6,912
e) Subestación elevadora	lot	2,204,800	0,50
Línea de transmisión	km.	1100,000	30,00
			Subtotal E:
			4,102
Transporte (Obra) (8%)			1,485
MISCELANEOS			20,05
Balace de planta			129,40
Indirectos obra (15% Balance de planta)			3,01
Retrasos durante la construcción (8% de total)			2,35
Contingencias (15% total)			4,41
			Gran total
			139,17

•Balance de planta

•Adicionalmente se consideran conceptos como:

- Transporte
- Indirectos
- Financiamiento
- Contingencias



Programa RETScreen

- Basado en plataforma Excel
- Uno de los más usados en el mundo

- Es gratuito
- Es una herramienta de apoyo para la toma de decisiones

Natural Resources Canada / Ressources naturelles Canada

Canada

RETScreen® International

Clean Energy Project Analysis Software

Small Hydro Project Model

Click Here to Start

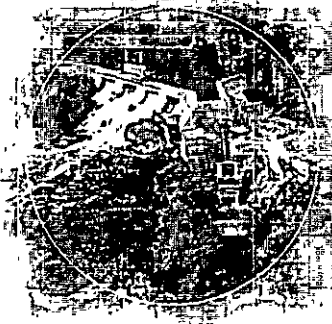
- Description & Flow Chart
- Colour Coding
- Online Manual

Worksheets

- Energy Flow
- Hydrology & Load
- Equipment Data
- Cost Analysis
- Greenhouse Gas Analysis
- Financial Summary

Features

- Project Data
- Weather Data
- Cost Data
- Unit Options
- Currency Options
- CDM / JI Project Analysis
- Sensitivity Analysis



Clean Energy
Decision Support Centre
www.retscreen.net

- Training & Support
- Internet Forums
- Marketplace
- Case Studies
- e-Textbook

Partners



Version 3.0

© Minister of Natural Resources Canada 1997-2004

MPC/CMC/EC - Vancouver

- Evalúa la producción de energía, costos de ciclo de vida, reducción de emisiones, aspectos financieros y de riesgo.

Programa: RETScreen

• Significado del sombreado de las celdas

Blanco

Resultado o Valor calculado por el sistema

Amarillo

Valor requerido para evaluar el proyecto - Definido por el usuario

Azul

Valor requerido para evaluar el proyecto - El usuario debe elegir de una base de datos disponible

Gris

Datos solo para referencia - Definido por el usuario

Site Conditions		Estimate	Notes/Range
Project name		Copalita	<i>See Online Manual</i>
Project location		Rio Copalita	
Latitude of project location	*N	15° 53' 52.95"	-90.00 to 90.00
Longitude of project location	*E	96° 10' 15.41"	-180.00 to 180.00
Gross head	m	100.65	
Maximum tailwater effect	m	5.00	
Residual flow	m³/s	2.23	→ <i>Complete Hydrology & Load sheet</i>
Firm flow	m³/s	3.38	



Annual Energy Production		Estimate	Notes/Range
Small hydro plant capacity	kW	13,954	
	MW	13.954	
Small hydro plant firm capacity	kW	2,175	
Available flow adjustment factor	-	1.00	
Small hydro plant capacity factor	%	66%	40% to 95%
Renewable energy delivered	MWh	80,531	
	GJ	289,913	

Evaluación Económica

Programa RETScreen

Análisis estándar de cinco pasos

RETScreen® Internacional

www.retscreentool.com

Software de análisis de proyectos de energía limpia



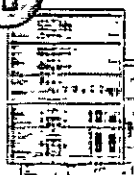
Ajustes y condiciones del sitio



Ingrese datos en las celdas sombreadas desde arriba hacia abajo de cada hoja de trabajo



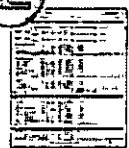
1 Modelo de energía



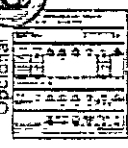
Simulación de Cálculo



2 Análisis de costos



3 Análisis de emisiones

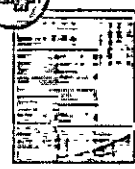


Opcional

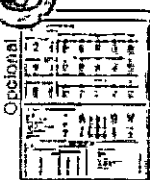
Haga clic en los hipervínculos azules o iconos flotantes para acceder a las características integradas



4 Análisis financiero



5 Análisis de riesgo



Opcional

Listo para tomar una decisión

Características integradas



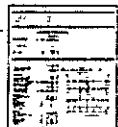
Datos meteorológicos



Datos del producto



Manual en línea



Herramientas

- Curso de aprendizaje a distancia
- Material-capacitac
- Libro de texto de ingeniera
- Estudio de casos
- Mercado y mapas

Evaluación Económica

Programa: RETScreen

• Energy model:

• Características del sitio

• Características del sistema:

• Generación anual de energía

• Con clic en los vínculos azules se accede a los complementos requeridos para obtener los resultados de potencia y generación de electricidad.

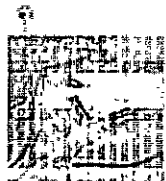
RETScreen® Energy Model - Small Hydro Project

Training & Support

Units

Site Conditions		Estimate	Notes/Range
Project name		Copalita	See Online Manual
Project location		Rio Copalita	
Latitude of project location	°N	15° 53' 52.95"	-90 00 to 90 00
Longitude of project location	°E	96° 10' 15.41"	-180 00 to 180 00
Gross head	m	100.65	
Maximum tailwater effect	m	5.00	
Residual flow	m³/s	2.23	Complete Hydrology & Load sheet
Firm flow	m³/s	3.38	

System Characteristics		Estimate	Notes/Range
Gnd type	-	Central-gnd	
Design flow	m³/s	18.000	
Turbine type	-	Francis	Complete Equipment Data sheet
Number of turbines	turbine	2	
Turbine peak efficiency	%	93.3%	
Turbine efficiency at design flow	%	89.7%	
Maximum hydraulic losses	%	5%	2% to 7%
Generator efficiency	%	95%	93% to 97%
Transformer losses	%	1%	1% to 2%
Parasitic electricity losses	%	2%	1% to 3%
Annual downtime losses	%	4%	2% to 7%



Programa RETScreen

RETScreen® Hydrology Analysis and Load Calculation - Small Hydro Project

•Energy

model

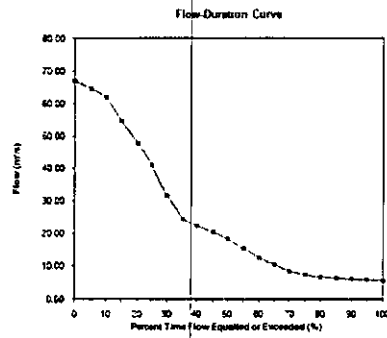
Complementos:

Hidrología y red eléctrica

Hydrology Analysis		Estimate		Notes/Range	
Project type		Run-of-river			
Hydrology method		User-defined			
Hydrology Parameters					
Residual flow	m³/s	2.23			
Percent time firm flow available	%	100%			
Firm flow	m³/s	3.38			

Flow Duration Curve Data

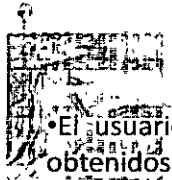
Time (%)	Flow (m³/s)
0%	87.00
5%	84.53
10%	82.06
15%	79.59
20%	77.12
25%	74.65
30%	72.18
35%	69.71
40%	67.24
45%	64.77
50%	62.30
55%	59.83
60%	57.36
65%	54.89
70%	52.42
75%	49.95
80%	47.48
85%	45.01
90%	42.54
95%	40.07
100%	37.60



•El usuario define el gasto residual (ecológico, concesionado)



•El usuario define el tipo de red eléctrica de la central



•El usuario proporciona los datos de la curva gastos-duración obtenidos en el estudio hidrológico del proyecto

Evaluación Económica

Programa: RETScreen

• Energy

RETScreen Equipment Data - Small Hydro Project

Small Hydro Turbine Characteristics

Parameter	Unit	Estimate	Notes/Range
Gross head	m	100.65	
Design flow	m ³ /s	18.000	
Turbine type		Francis	
Turbine efficiency curve data source		Standard	
Number of turbines	turbine	2	
Small hydro turbine manufacturer		ABC Ltd	
Small hydro turbine model		model XYZ	
Turbine manufacture-design coefficient		4.5	
Efficiency adjustment	%	0%	
Turbine peak efficiency	%	93.3%	2.8 to 6.1, Default = 4.5 -5% to 5%
Flow at peak efficiency	m ³ /s	14.4	
Turbine efficiency at design flow	%	89.7%	

See Product Database

• El usuario define:

• El tipo de turbina

• El número de

turbinas

• El sistema proporciona

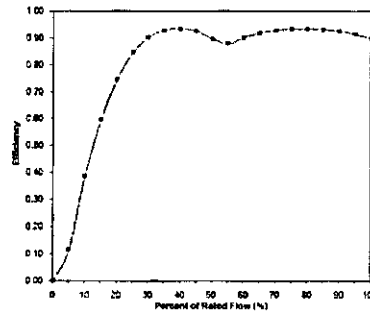
rangos de coeficientes

y ajustes típicos

Turbine Efficiency Curve Data

Flow (%)	Turbine efficiency	Turbines running	Combined turbine efficiency
0%	0.00	0	0.00
5%	0.00	1	0.11
10%	0.11	1	0.39
15%	0.26	1	0.60
20%	0.39	1	0.75
25%	0.50	1	0.84
30%	0.60	1	0.90
35%	0.68	1	0.93
40%	0.75	1	0.93
45%	0.80	1	0.92
50%	0.84	1	0.90
55%	0.88	2	0.88
60%	0.90	2	0.90
65%	0.92	2	0.92
70%	0.93	2	0.93
75%	0.93	2	0.93
80%	0.93	2	0.93
85%	0.93	2	0.93
90%	0.92	2	0.92
95%	0.91	2	0.91
100%	0.90	2	0.90

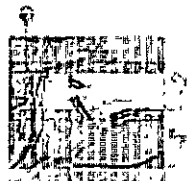
Efficiency Curve - 2 Turbine(s)



Complemento:

Equipo

Electromecánico



Programa RETScreen

Energy model

- Muestra los gráficos de gastos-duración y potencias-duración.
- La potencia, generación anual de electricidad y el factor de planta con los datos proporcionados por el usuario

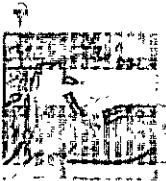
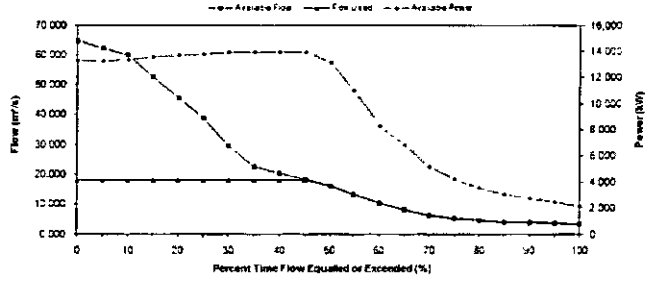
RETScreen® Energy Model - Small Hydro Project

Training & Support

Units: Metric

Annual Energy Production	Estimate	Notes/Range
Small hydro plant capacity	13 954 kW	
Small hydro plant firm capacity	2 475 kW	
Available flow adjustment factor	1.00	
Small hydro plant capacity factor	56%	40% to 95%
Renewable energy delivered	80 531 MWh	
	289 912 GJ	

Flow-Duration and Power Curves



Evaluación Económica

Programa: RETScreen

Cost Analysis

Tipo de moneda

RET Screen® Cost Analysis - Small Hydro Project

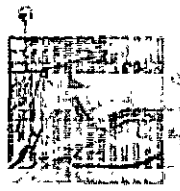
Costing method: **Detailed** Currency: **USA** Cost references: **Name**

Item	Unit	Quantity	Unit Cost	Amount	Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
Initial Costs (Critical)							
Feasibility study	p-d	50.0	USD 600	USD 30,000	0.1%	-	-
Site investigation	p-d	40.0	USD 250	USD 10,000	0.1%	-	-
Hydrologic assessment	p-d	120.0	USD 400	USD 48,000	0.2%	-	-
Environmental assessment	p-d	20.0	USD 500	USD 10,000	0.1%	-	-
Preliminary design	p-d	20.0	USD 600	USD 12,000	0.0%	-	-
Detailed cost estimate	p-d	20.0	USD 600	USD 12,000	0.0%	-	-
GHG baseline study and LIP	Project	0	USD -	USD -	0.0%	-	-
Report preparation	p-d	20.0	USD 700	USD 14,000	0.0%	-	-
Project management	p-d	20.0	USD 700	USD 14,000	0.0%	-	-
Travel and accommodation	p-imp	10	USD 5,000	USD 50,000	0.1%	-	-
Other - Feasibility study	Cost	0	USD -	USD -	0.0%	-	-
Credit - Feasibility study	Credit	0	USD -	USD -	0.0%	-	-
Sub-total				USD 254,000	0.0%		
Development							
PPA negotiation	p-d	40.0	USD 1,000	USD 40,000	0.1%	-	-
Permits and approvals	p-d	40.0	USD 700	USD 28,000	0.1%	-	-
Land rights	imp	1	USD 50,000	USD 50,000	0.1%	-	-
Land survey	p-d	30.0	USD 500	USD 15,000	0.0%	-	-
GHG validation and registration	Project	0	USD -	USD -	0.0%	-	-
Project financing	p-d	30.0	USD 1,500	USD 45,000	0.2%	-	-
Legal and accounting	p-d	25.0	USD 1,200	USD 30,000	0.1%	-	-
Project management	p-yr	0.50	USD 130,000	USD 65,000	0.2%	-	-
Travel and accommodation	p-imp	10	USD 2,500	USD 25,000	0.1%	-	-
Other - Development	Cost	0	USD -	USD -	0.0%	-	-
Credit - Development	Credit	0	USD -	USD -	0.0%	-	-
Sub-total				USD 313,000	0.0%		
Engineering							
Design and tender documents	p-yr	1.00	USD 130,000	USD 130,000	0.3%	-	-
Contracting	p-d	25.0	USD 700	USD 17,500	0.0%	-	-
Construction supervision	p-yr	1.00	USD 130,000	USD 130,000	0.3%	-	-
Other - Engineering	Cost	0	USD -	USD -	0.0%	-	-
Credit - Engineering	Credit	0	USD -	USD -	0.0%	-	-
Sub-total				USD 277,500	0.7%		
Energy Equipment							
Turbines/generators, controls	HY	13,95.4	USD 500	USD 6,977,221	17.8%	-	-
Equipment installation	%	10%	USD 6,977,221	USD 687,722	1.8%	-	-
Transportation	%	10%	USD 6,977,221	USD 687,722	1.8%	-	-
Other - Energy equipment	Cost	0	USD -	USD -	0.0%	-	-
Credit - Energy equipment	Credit	0	USD -	USD -	0.0%	-	-
Sub-total				USD 8,372,664	21.4%		

Dos métodos (costo inicial)

- Fórmula
- Detallado

Costos de referencia



Evaluación Económica

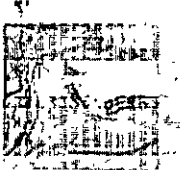
Programa RETScreen

• Cost Analysis

Los costos de la central se dividen en: Inicial, anual y a largo plazo

El costo inicial está subdividido en:

- Factibilidad
- Desarrollo
- Ingeniería
- Equipo electromecánico
- Balance de planta
- otros

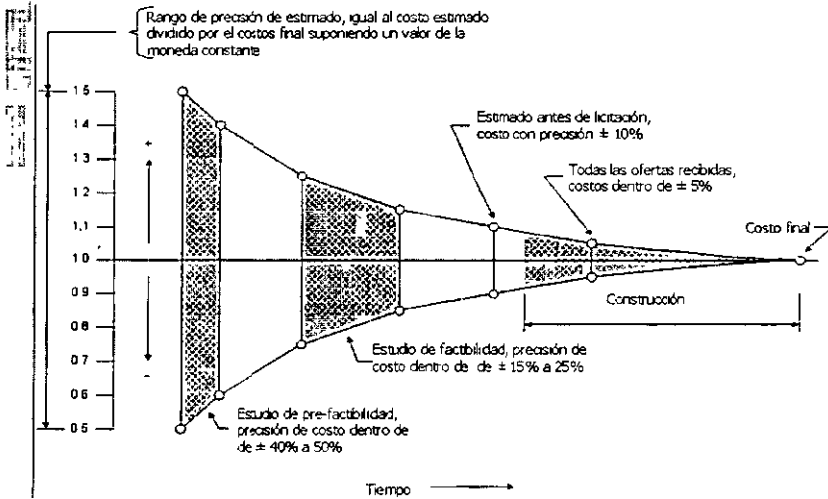


Item	Unit	Quantity	Unit Cost	Amount	Relative Costs	Quantity Range	Unit Cost Range
Balance of Plant							
Access road	m	11.0	USD 421.21	USD 4,633.31	15.1%		
Clearing	m ²	5.0	USD 70.85	USD 354.25	1.2%		
Earth excavation	m ³	66,872.8	USD 1.19	USD 79,678.63	2.5%		
Rock excavation	m ³	33,224.6	USD 86	USD 2,847,211.6	4.9%		
Concrete dam	m ³	2,213	USD 1,853	USD 4,101,189	10.6%		
Timber pile dam	m ³	0	USD -	USD -	0.0%		
Earth dam	m ³	0	USD -	USD -	0.0%		
Drawdown	%	10%	USD 4,219,412	USD 421,941.2	1.1%		
Salinity	m ³	0	USD -	USD -	0.0%		
Canal	m ³	19,431	USD 37	USD 721,153.2	2.5%		
Inlet	m ³	27.0	USD 1,221	USD 32,967	0.8%		
Tunnel	m ³	0	USD -	USD -	0.0%		
Refrid. tunnel	m ³	28,013	USD 7	USD 1,960,911	3.5%		
Penstock	m ³	375	USD 1,200	USD 450,000	1.2%		
Factory	m ³	0.0	USD -	USD -	0.0%		
Transmission line	m ³	0.0	USD -	USD -	0.0%		
Substation	project	1.0	USD 303,053	USD 303,053	0.8%		
Transmission	%	8%	USD 18,881,553	USD 1,430,523	3.8%		
Other Balance of plant	Cost	0	USD -	USD -	0.0%		
Credit Balance of plant	Credit	0	USD -	USD -	0.0%		
Sub-total				USD 28,114,463	31.5%		
Miscellaneous							
Special equipment	project	0	USD -	USD -	0.0%		
Contractor's overhead	%	15%	USD 27,184,472	USD 4,623,172	7.7%		
Training	project	1.0	USD 23	USD 23	0.0%		
Contingencies	%	15%	USD 33,388,323	USD 4,868,248	12.4%		
Interest during construction	15.0%	12 months	USD 3,247,717	USD 1,863,386	4.4%		
Other miscellaneous	Cost	0	USD -	USD -	0.0%		
Sub-total				USD 13,787,226	14.7%		
Total Costs - Total				USD 36,116,163	100.0%		
Annual Costs (Fixed)							
Land lease	project	1	USD -	USD -			
Property taxes	%	1.0%	USD 29,119,121	USD 292,221			
Property taxes	%	1.0%	USD 29,119,121	USD 292,221			
Insurance premium	%	0.45%	USD 38,116,131	USD 171,440			
Transmission line maintenance	%	3.0%	USD 1,488,896	USD 44,667			
Spare parts	%	0.50%	USD 19,118,131	USD 95,591			
RAM labour	project	1.0	USD 75,817	USD 75,817			
CMC monitoring and verification	project	0	USD -	USD -			
Taxes and accommodation	project	0	USD 1,893	USD 1,893			
General and company travel	%	10%	USD 1,722,999	USD 172,299.9			
Overhead	Cost	0	USD -	USD -			
Contingencies	%	10%	USD 1,680,868	USD 168,086.8			
Annual Costs - Total				USD 468,548	1.3%		
Variable Costs (Fixed)							
Variable overhead	Cost	23	USD 750,000	USD 750,000			
Variable overhead	Cost	23	USD 750,000	USD 750,000			
End of project	Cost	-	USD 1,238,260	USD 1,238,260			26
End of project				USD 1,238,260	3.4%		

Programa RETScreen

Precisión vs Costo de Inversión

Este dilema fue ilustrado gracias a un estudio retrospectivo de los proyectos hidroeléctricos dirigidos por el banco mundial



Inicialmente, estimar los costos de inversión de los proyectos fue muy barato pero los resultados bastante inexactos

Con la inversión de mayores recursos se logro definir mejor los proyectos y por tanto la precisión en los costos aumento.

Gráfico de resultados del estudio

Evaluación Económica

Programa RETScreen

GHG Analysis

Permite calcular la reducción de gases de efecto invernadero asociadas a la puesta en marcha de la central... en comparación con tecnología no renovable

RETScreen® Greenhouse Gas (GHG) Emission Reduction Analysis - Small Hydro Project

Use GHG analysis sheet? Yes No
 Potential CO2M project? Yes No

Type of analysis: Standard Detailed

Project Information		Global Warming Potential of GHG			
Project name	Capella	Project capacity	2.18 MW	21 tonnes CO ₂ = 1 tonne CH ₄	(IPCC 1995)
Project location	Rio Capella	Grid type	Central-grid	310 tonnes CO ₂ = 1 tonne CH ₄	(IPCC 1996)

Fuel type	Fuel use (%)	CO ₂ emission factor (kg/GJ)	CH ₄ emission factor (kg/GJ)	H ₂ O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	T & D losses (%)	GHG emission factor (tCO ₂ e/MWh)
Electricity (2007)	100.0%	74.1	0.0000	0.0000	30.0%	8.0%	0.975
Electricity (2008)	100.0%	74.1	0.0000	0.0000	30.0%	8.0%	0.975
Electricity (2009)	100.0%	74.1	0.0000	0.0000	30.0%	8.0%	0.975
Electricity (2010)	100.0%	74.1	0.0000	0.0000	30.0%	8.0%	0.975
Electricity (2011)	100.0%	74.1	0.0000	0.0000	30.0%	8.0%	0.975
Electricity (2012)	100.0%	74.1	0.0000	0.0000	30.0%	8.0%	0.975
Electricity (2013)	100.0%	74.1	0.0000	0.0000	30.0%	8.0%	0.975
Electricity (2014)	100.0%	74.1	0.0000	0.0000	30.0%	8.0%	0.975
Electricity (2015)	100.0%	74.1	0.0000	0.0000	30.0%	8.0%	0.975
Electricity (2016)	100.0%	74.1	0.0000	0.0000	30.0%	8.0%	0.975
Electricity (2017)	100.0%	74.1	0.0000	0.0000	30.0%	8.0%	0.975
Electricity (2018)	100.0%	74.1	0.0000	0.0000	30.0%	8.0%	0.975
Electricity (2019)	100.0%	74.1	0.0000	0.0000	30.0%	8.0%	0.975
Electricity (2020)	100.0%	74.1	0.0000	0.0000	30.0%	8.0%	0.975
Electricity (2021)	100.0%	74.1	0.0000	0.0000	30.0%	8.0%	0.975
Electricity (2022)	100.0%	74.1	0.0000	0.0000	30.0%	8.0%	0.975
Electricity (2023)	100.0%	74.1	0.0000	0.0000	30.0%	8.0%	0.975
Electricity (2024)	100.0%	74.1	0.0000	0.0000	30.0%	8.0%	0.975
Electricity (2025)	100.0%	74.1	0.0000	0.0000	30.0%	8.0%	0.975
Electricity (2026)	100.0%	74.1	0.0000	0.0000	30.0%	8.0%	0.975
Electricity (2027)	100.0%	74.1	0.0000	0.0000	30.0%	8.0%	0.975
Electricity (2028)	100.0%	74.1	0.0000	0.0000	30.0%	8.0%	0.975
Electricity (2029)	100.0%	74.1	0.0000	0.0000	30.0%	8.0%	0.975
Electricity (2030)	100.0%	74.1	0.0000	0.0000	30.0%	8.0%	0.975

Fuel type	Fuel use (%)	CO ₂ emission factor (kg/GJ)	CH ₄ emission factor (kg/GJ)	H ₂ O emission factor (kg/GJ)	Fuel conversion efficiency (%)	T & D losses (%)	GHG emission factor (tCO ₂ e/MWh)
Electricity system Small hydro	100.0%	0.0	0.0000	0.0000	100.0%	8.0%	0.000

Electricity system	Base case (kg GHG emission factor)	Proposed case (kg GHG emission factor)	End-use annual energy delivered (MWh)	Gross annual GHG emission reduction (tCO ₂ e)	GHG credit transaction fee (%)	Net annual GHG emission reduction (tCO ₂ e)
	Electricity system	0.975	0.000	71089	72.248	0.0%

El modelo toma en cuenta las reglas del protocolo de Kyoto a nivel prefactibilidad

El usuario no debe sobreestimar la reducción de GHG

Los resultados se presentan en términos de toneladas de dióxido de carbono por año

Evaluación Económica

Programa: RETScreen

Financial Summary

Permite evaluar la viabilidad financiera de la central

Annual Energy Returns			
Project Type	Capacity	Net O&M (USD/yr)	72.24
Annual energy demand	30,521		
Capacity factor (%)	3.1%		
Annual energy return	1,000,000		
Annual energy return (USD/yr)	1,000,000		

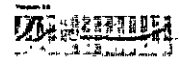
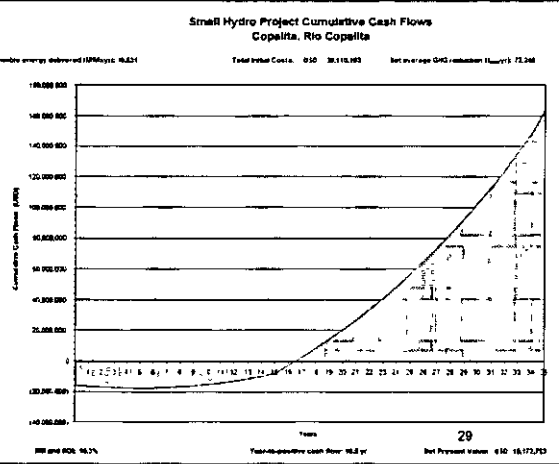
Annual Parameters			
Annual O&M cost (USD/yr)	72.24	Cost/yr (%)	0.0072
Annual energy return (USD/yr)	1,000,000	Cost/yr (%)	0.0072
Annual energy return (USD/yr)	1,000,000	Cost/yr (%)	0.0072

Annual Costs and Revenues			
Initial Costs	USD	2,000,000	
Fixed costs	USD	2,000,000	
Variable costs	USD	2,000,000	
Annual revenue	USD	2,000,000	
Annual O&M cost	USD	72.24	
Annual net revenue	USD	2,000,000	

Annual Financial Summary			
Return on Investment (ROI)	%	18.2%	
Payback Period (years)	years	10.5	
Net Present Value (NPV)	USD	18,172,723	
Internal Rate of Return (IRR)	%	18.2%	

Cash Flow Summary			
Year	Pre-tax	After tax	Customer
0	(1,944,841)	(1,944,841)	(1,944,841)
1	1,000,000	1,000,000	1,000,000
2	1,000,000	1,000,000	1,000,000
3	1,000,000	1,000,000	1,000,000
4	1,000,000	1,000,000	1,000,000
5	1,000,000	1,000,000	1,000,000
6	1,000,000	1,000,000	1,000,000
7	1,000,000	1,000,000	1,000,000
8	1,000,000	1,000,000	1,000,000
9	1,000,000	1,000,000	1,000,000
10	1,000,000	1,000,000	1,000,000
11	1,000,000	1,000,000	1,000,000
12	1,000,000	1,000,000	1,000,000
13	1,000,000	1,000,000	1,000,000
14	1,000,000	1,000,000	1,000,000
15	1,000,000	1,000,000	1,000,000
16	1,000,000	1,000,000	1,000,000
17	1,000,000	1,000,000	1,000,000
18	1,000,000	1,000,000	1,000,000
19	1,000,000	1,000,000	1,000,000
20	1,000,000	1,000,000	1,000,000
21	1,000,000	1,000,000	1,000,000
22	1,000,000	1,000,000	1,000,000
23	1,000,000	1,000,000	1,000,000
24	1,000,000	1,000,000	1,000,000
25	1,000,000	1,000,000	1,000,000
26	1,000,000	1,000,000	1,000,000
27	1,000,000	1,000,000	1,000,000
28	1,000,000	1,000,000	1,000,000
29	1,000,000	1,000,000	1,000,000
30	1,000,000	1,000,000	1,000,000
31	1,000,000	1,000,000	1,000,000
32	1,000,000	1,000,000	1,000,000
33	1,000,000	1,000,000	1,000,000
34	1,000,000	1,000,000	1,000,000
35	1,000,000	1,000,000	1,000,000

Incentivos, Créditos de producción, créditos por reducción de GHG e impuestos pueden ser incluidos en análisis financiero.



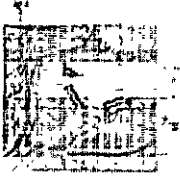
Evaluación Económica

Programa RETScreen

Financial Summary

Indicadores de viabilidad financiera

	Recuperación de la inversión	Valor presente neto de la inversión (VPN)	Tasa interna de retorno de la inversión (TIR)
Significado	No. de años para pagar los costos iniciales con los ahorros anuales.	Valor total del proyecto en moneda actual	Rendimiento de los intereses del proyecto durante su vida útil
Criterio	Recup. < n años	Valor positivo	TIR > tasa mínima aceptable
Comentarios	Engañoso	Si es positivo el proyecto es viable según la tasa de descuento	Da valores confusos cuando los flujos de caja son siempre positivos
	Ignora flujo de caja de financiamiento de largo plazo	Especificar la tasa de descuento puede ser complicado	



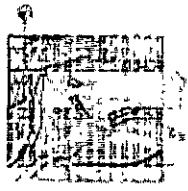
Evaluación Económica

Programa: RETScreen

Sensitivity

and Risk Analysis

...o variación de estos parámetros



RETScreen® Sensitivity and Risk Analysis - Small Hydro Project

Use sensitivity analysis first? Yes No

Perform risk analysis on Sensitivity range? Yes No

Project name: Capasa

Risk location: Rio Concha

Perform on year: 15.8

Use Sensitivity Analysis for After tax BTR and ICR

		Avoided cost of energy (USD/kWh)					
		0.9000	0.9000	0.1000	0.1100	0.1200	
		-20%	-10%	0%	10%	20%	
IRE recovered (USD)		24 423	22%	23 225	18.1%	13.5%	7.2%
		24 423	-14%	21 078	-10%	21.0%	21.0%
		24 423	0%	24 423	20.2%	20.2%	20.2%
		24 423	10%	26 865	27.8%	32.9%	43.8%
		24 423	20%	28 836	28.4%	32.2%	43.8%

		Avoided cost of energy (USD/kWh)					
		1.1500	2.0000	0.1000	0.1100	0.1200	
		20%	10%	0%	10%	20%	
Initial costs (USD)		31 234 083	-20%	25 000	31.2%	37.3%	43.5%
		31 234 083	-10%	27 807	22.2%	27.5%	43.1%
		31 234 083	0%	31 234 083	19.6%	28.2%	37.0%
		31 234 083	10%	35 467 169	18.0%	27.3%	37.0%
		31 234 083	20%	39 700 255	14.0%	18.1%	30.1%

		Avoided cost of energy (USD/kWh)					
		0.8000	0.9000	0.1000	0.1100	0.1200	
		-20%	-10%	0%	10%	20%	
Annual costs (USD)		460 276	-20%	368 220	21.5%	23.4%	42.2%
		460 276	-10%	414 246	20.5%	20.5%	34.1%
		460 276	0%	460 276	18.6%	20.2%	37.8%
		460 276	10%	506 302	19.7%	22.7%	36.6%
		460 276	20%	552 328	17.8%	21.8%	34.4%

		Debt ratio (%)					
		48.1%	54.3%	60.6%	66.8%	72.9%	
		20%	10%	0%	10%	20%	
Debt interest rate (%)		8.0%	-20%	29.5%	74.0%	29.8%	32.2%
		8.0%	-10%	25.5%	71.2%	29.0%	31.2%
		8.0%	0%	21.5%	68.4%	28.2%	30.2%
		8.0%	10%	17.5%	65.6%	27.4%	29.2%
		8.0%	20%	13.5%	62.8%	26.6%	28.2%

		Debt term (yr)					
		12.0	13.5	15.0	16.5	18.0	
		20%	10%	0%	10%	20%	
Debt interest rate (%)		8.0%	20%	28.5%	29.3%	23.6%	30.6%
		8.0%	-10%	27.8%	28.5%	28.6%	30.8%
		8.0%	0%	27.1%	27.8%	28.7%	29.1%
		8.0%	10%	26.4%	27.2%	27.1%	27.5%
		8.0%	20%	25.7%	26.5%	25.6%	27.3%

Version 3.0 © Minister of Natural Resources Canada 1997-2004 MRC-00222 - 1/04/04

El usuario selecciona el rango de sensibilidad... Muestra el comportamiento de los indicadores de viabilidad financiera (Recuperación de inversión TIR, VPN) ante el aumento ó disminución del valor de los parámetros estimados.

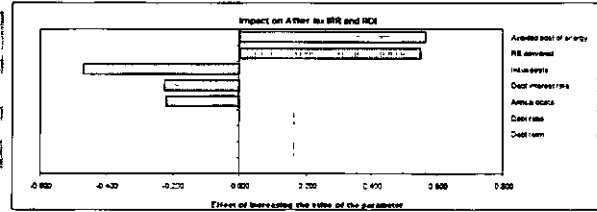
Programa RETScreen

Sensitivity

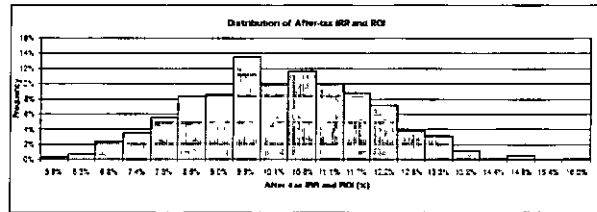
Risk Analysis for After-tax IRR and ROI

Parameter	Unit	Value	Range (+/-)	Minimum	Maximum
Adjusted cost of energy	USD/kWh	0.0550	15%	0.0468	0.0633
RE delivered	kWh	86,531	15%	88,432	82,611
Initial costs	USD	39,119,103	20%	31,283,683	46,932,124
Annual costs	USD	2,368,633	15%	1,758,124	2,379,451
Debt ratio	%	60.0%	6%	60.0%	60.0%
Debt interest rate	%	10.0%	20%	7.0%	13.0%
Debt term	yr	15	5%	15	15

Risk Analysis



Median	%	10.1%
Level of risk	%	15%
Minimum within level of confidence	%	7.7%
Maximum within level of confidence	%	12.7%

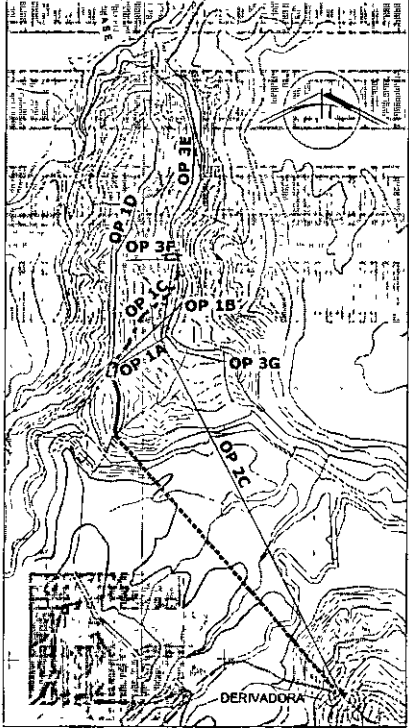


Minimum	Median	Maximum
7.7%	10.1%	12.7%

Evaluación Económica

Ejemplo

Con los datos siguientes realizar la evaluación económica del proyecto Minería 1



En este proyecto se considera:

- La construcción de presa derivadora
- La construcción de casa de maquinas
- La construcción de 18 km. de línea de transmisión
- La construcción de 2.15 km de camino de acceso a derivadora y casa de maquinas.

GASTOS - DURACION	
0	89.93
5	41.72
10	26.73
15	19.24
20	15.21
25	12.17
30	9.82
35	7.84
40	6.40
45	5.30
50	4.47
55	3.92
60	3.47
65	3.12
70	2.75
75	2.47
80	2.19
85	1.95
90	1.69
95	1.39
100	0.85

OPCIÓN					
	ALtura DE CARGA BRUTA	CANAL	TUNEL	TUBERIA	TUNEL + TUBERIA
1A	Hb = 1220 - 960 = 260 m	450 m	3000 m	545 m	---
1B	Hb = 1220 - 940 = 280 m	450 m	3000 m	805 m	---
1C	Hb = 1220 - 920 = 300 m	450 m	3000 m	1110 m	---
1D	Hb = 1220 - 870 = 350 m	450 m	3000 m	2710 m	---
2C	Hb = 1220 - 920 = 300 m	---	---	---	3950 m
3E	Hb = 1100 - 870 = 230 m	---	---	3710 m	33
3F	Hb = 1100 - 920 = 180 m	---	---	1820 m	---
3G	Hb = 1100 - 980 = 120 m	---	---	425 m	---

Evaluación Económica

Ejemplo

Resultados de la evaluación de obras

Evaluación de obras P.H. Minería 1

		opcion 1A	opcion 1B	opcion 1C	opcion 1D	opcion 2C	opcion 3E	opcion 3F	opcion 3G
Gasto	m ³ /s	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
Carga bruta-neta H	m	260-234.45	280-256.11	300-271.88	350-320.81	300-283.30	230-218.32	180-168.96	120-109.05
Potencia a instalar	MW	14.11	15.414	16.364	19.309	17.05	13.14	10.17	6.235
Gen med. anual	GWH	67.556	73.512	78.25	92.053	80.607	62.009	48.117	29.368
Factor de planta	f.p.	0.55	0.54	0.55	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
Inversión	MUSD	39.76	42.21	44.32	55.11	65.92	40.46	27.03	19.48
Ahorro	MUSD/año	6.76	7.35	7.84	9.21	8.06	6.2	4.81	3.13
TIR	%	21.4	22.2	22.8	21.1	13	18.2	22.5	18.8
Rec. inversión	años	8.5	8.2	8.1	8.6	13.3	9.8	8.1	9.5
Rel B/C		3.48	3.65	3.75	3.4	1.68	2.82	3.71	2.95
VPN	MUSD	39.368	44.699	48.737	53.002	17.893	29.502	29.307	15.215
Energía firme	MW	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Costo unitario	USD/kw	2,818	2,738	2,708	2,854	3,866	3,079	2,658	3,124

Evaluación Económica

Ejemplo

• Resultados de la optimización de gasto

Tabla 3.4 Optimización de capacidad instalada - P.H. Minería 1' H = 300 m.
COSTO EVITADO = 0.10 USD/KWh

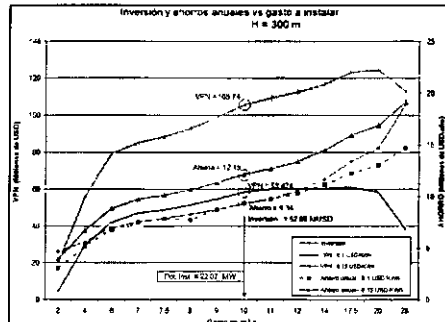
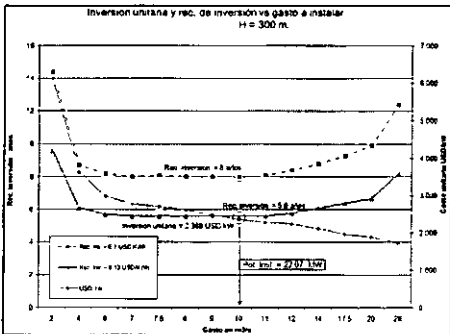
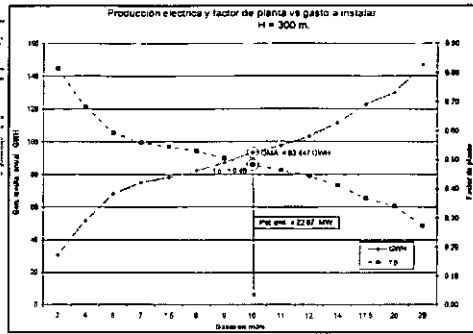
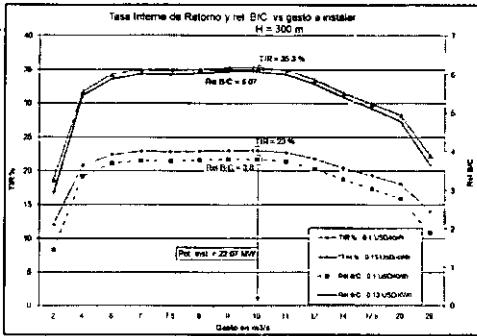
Gasto	m ³ /s	2	4	6	7	7.5	8	9	10	11	12	14	17.5	20	28
Potencia a instalar	MW	4.294	8.658	13.11	15.34	16.36	17.73	19.67	22.07	24.01	26.45	30.88	38.15	43.63	61.43
Gen med. anual	GWh	30.6	51.71	68.13	75.19	78.25	82.27	87.29	93.45	97.67	103.2	111.5	122.8	130.1	147.3
Factor de planta	f.p.	0.81	0.68	0.59	0.56	0.55	0.53	0.51	0.48	0.46	0.45	0.41	0.37	0.34	0.27
Inversión	MUSD	26.25	31.31	39.08	42.51	44.32	46.31	48.81	52.09	54.8	59.34	65.44	75.08	82.34	106.3
Ahorro	MUSD/año	3.06	5.17	6.81	7.52	7.84	7.74	8.73	9.34	9.77	10.32	11.15	12.28	13.02	14.73
TIR	%	12	20.8	22.4	22.9	22.8	22.9	23	23	22.7	21.8	20.4	19.3	18.1	14
Rec. Inversión	años	14.4	8.7	8.2	8	8.1	8	8	8	8.1	8.4	8.8	9.3	9.9	12.4
Rel B/C		1.45	3.36	3.69	3.77	3.75	3.78	3.81	3.8	3.74	3.55	3.28	3.04	2.78	1.9
VPN	MUSD	4.682	29.51	42.03	47.1	48.74	51.49	54.77	58.42	60.02	60.61	59.52	61.22	58.57	38.27
Energía firme	MW	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Costo unitario	USD/kw	6.112	3.616	2.981	2.770	2.708	2.612	2.481	2.360	2.282	2.244	2.119	1.968	1.887	1.730

COSTO EVITADO = 0.13 USD/KWh

Gasto	m ³ /s	2	4	6	7	7.5	8	9	10	11	12	14	17.5	20	28
Potencia a instalar	MW	4.294	8.658	13.11	15.34	16.36	17.73	19.67	22.07	24.01	26.45	30.88	38.15	43.63	61.43
Gen med. anual	GWh	30.6	51.71	68.13	75.19	78.25	82.27	87.29	93.45	97.67	103.2	111.5	122.8	130.1	147.3
Factor de planta	f.p.	0.81	0.68	0.59	0.56	0.55	0.53	0.51	0.48	0.46	0.45	0.41	0.37	0.34	0.27
Inversión	MUSD	26.25	31.31	39.08	42.51	44.32	46.31	48.81	52.09	54.8	59.34	65.44	75.08	82.34	106.3
Ahorro	MUSD/año	3.978	6.72	8.86	9.77	10.17	10.69	11.35	12.15	12.7	13.41	14.5	15.96	16.91	19.14
TIR	%	18.7	31.7	34.3	34.9	34.8	35	35.3	35.3	34.9	33.5	31.5	29.9	28.2	22.3
Rec. Inversión	años	9.6	6.1	5.7	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.8	6.1	6.4	6.7	8.2
Rel B/C		2.92	5.45	5.89	6.01	5.98	6.03	6.07	6.07	5.99	5.75	5.4	5.11	4.78	3.85
VPN	MUSD	20.18	55.7	79.53	85.17	88.36	93.15	98.97	105.7	109.5	112.7	117	123.4	124.5	112.8
Energía firme	MW	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Costo unitario	USD/kw	6.113	3.616	2.981	2.770	2.708	2.612	2.481	2.360	2.282	2.244	2.119	1.968	1.887	1.730

Ejemplo

• Gráficos con los indicadores de viabilidad financiera





Curso:

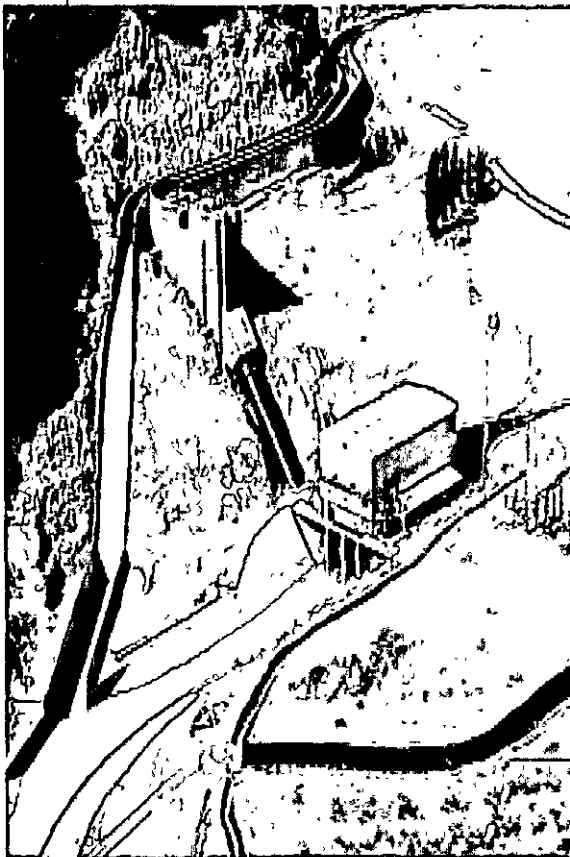
Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas

curso CA80

06 de agosto al 10 de septiembre

duración: 30 hrs

Ing. Luis Héctor Valdez Báez



**Equipos
Electromecánicos**

5.1 Selección de turbinas

Tipo por H y Q

Velocidad específica n_s

No de unidades y eje

Revisión ante transitorios

5.2 Tipo de generadores

Síncronos

Asíncronos

5.3 Equipo de control y protecciones

Sistema de excitación y control de voltaje

Tableros

5.4 Arreglo de casa de máquinas

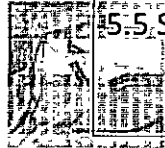
Equipos principales

Servicios propios

5.5 Subestación y línea de transmisión

Elementos principales (115 kV)

Trazo de línea y estructuras típicas



5.1 Selección de turbinas

Tipo $f(x) Q$

Secuencia de calculo

Acción o Impulso : Pelton, Turgo

Reacción : Francis, Propela (Kaplan)

Flujo cruzado : Banki



Velocidad específica n_s :

Lentas, normales ó rápidas

Define la velocidad de giro del generador

Numero de unidades y eje horizontal ó vertical

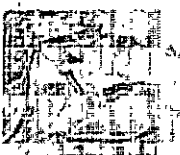
Disponibilidad de agua en el río

Dimensiones de casa de máquinas

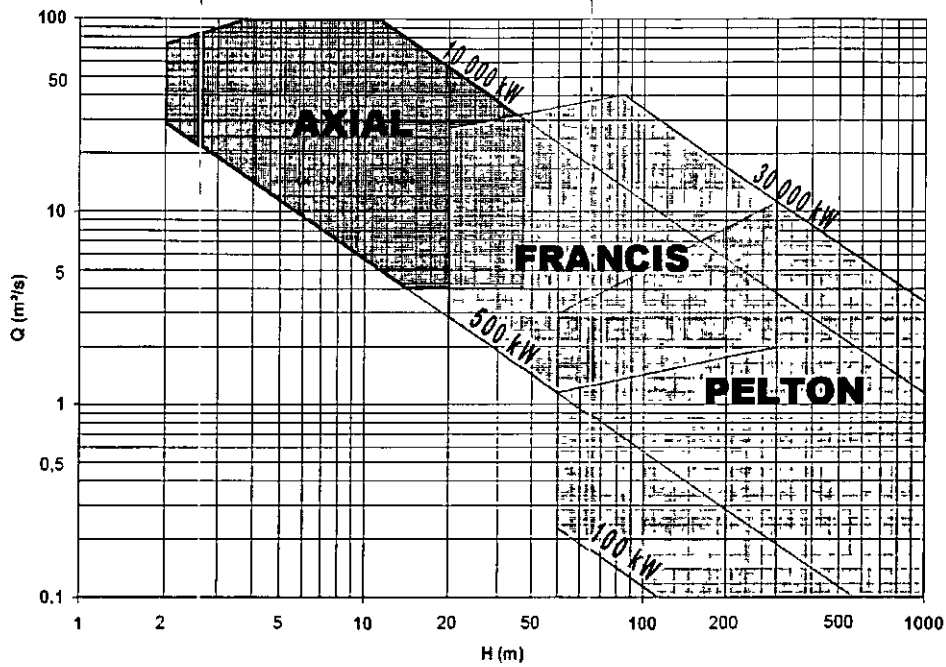
Revisión ante transitorios : rechazo de carga

Sobre presión

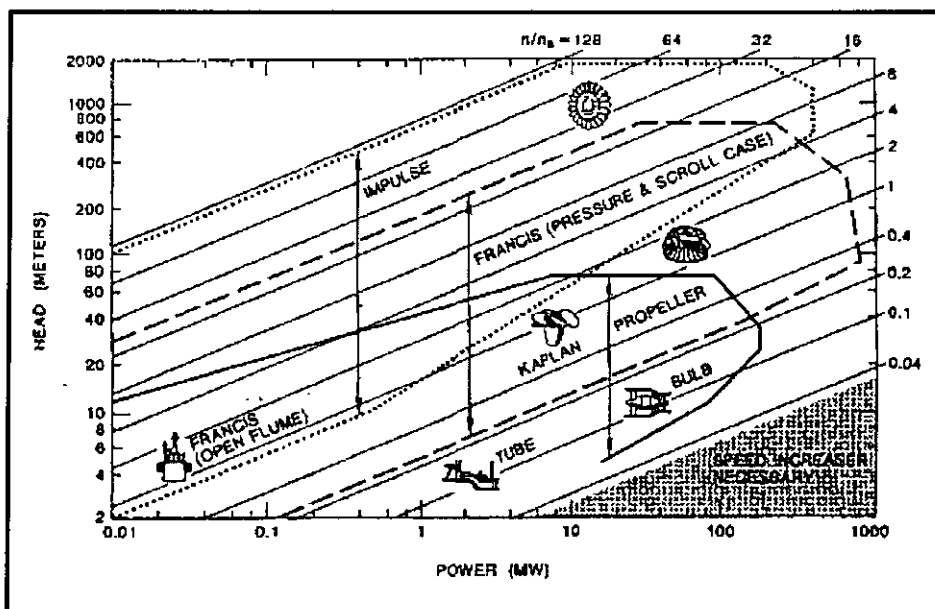
Sobre velocidad



Tipos de turbinas por H-y Q



Tipos de turbinas por H-y Q



Small Hydro Turbine Selection Chart [Gulliver. 1991]

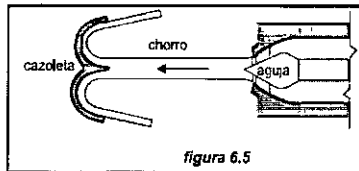
Turbina de acción ó impulso



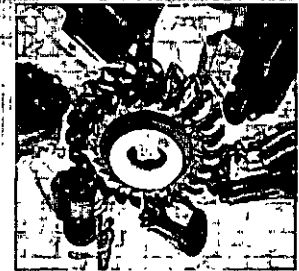
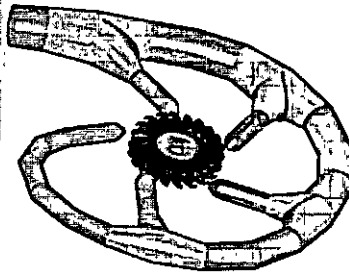
Rueda Pelton y Turgo

Formada por rueda de canchiones bipartidos en forma simétrica (Pelton) y asimétricos (Turgo). Distribuidor múltiple. Puede tener de uno a seis chorros (Pelton).

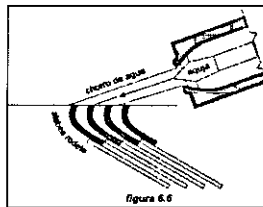
Turbina Pelton



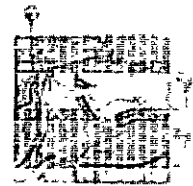
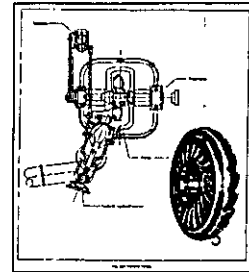
De 60 a 1,200 m



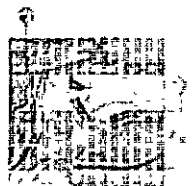
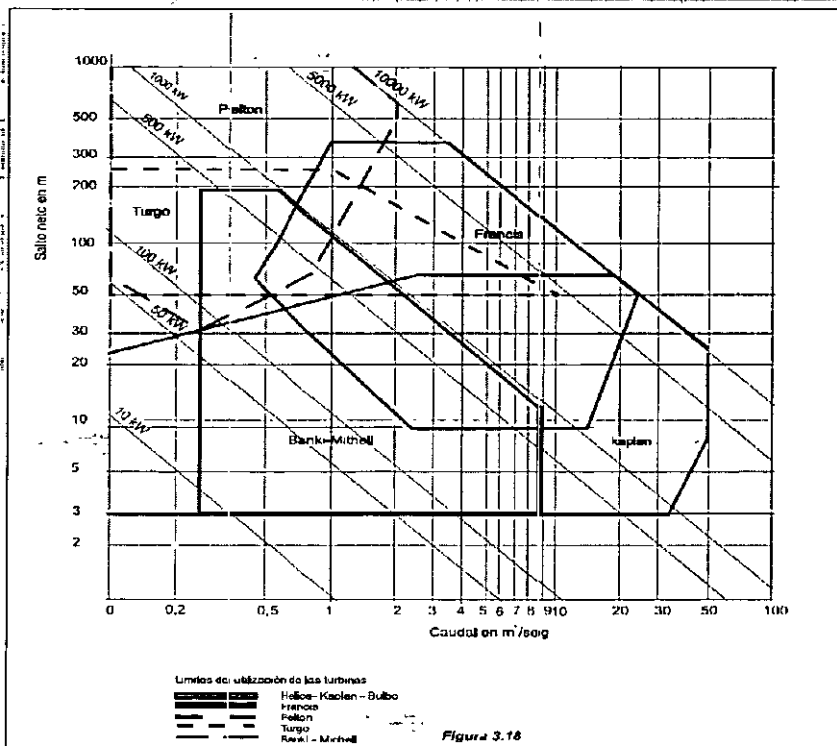
Turbina Turgo



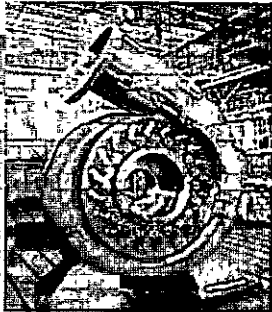
De 50 a 250 m



Tipos de turbinas por H y Q



Turbina de reacción



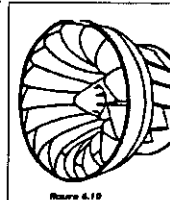
Caja espiral

Turbina Francis (-10 a -500 m)

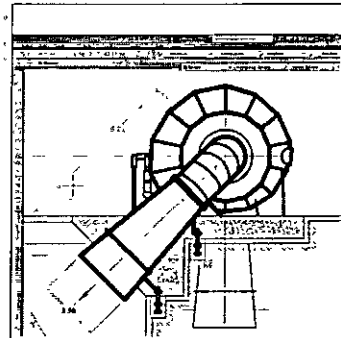
- Caja espiral ó Caracol
- Anillo ante distribuidor (alabes fijos)
- Anillo distribuidor (alabes móviles)
- Rodete (alabes fijos)
- Tubo de desfogue o aspiración



Anillo antedistribuidor

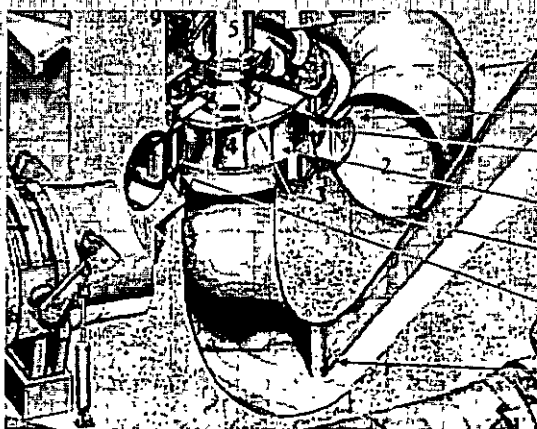


Rodete

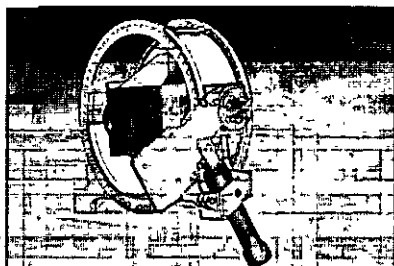


Tubo de desfogue

Componentes principales

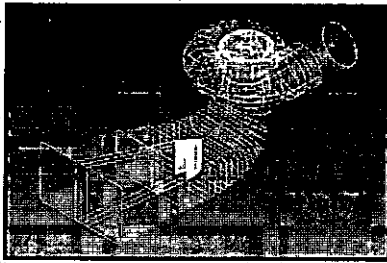


- Carcasa espiral
- Ante-distribuidor
- Distribuidor
- Rodete
- Cojinetes
- Laberintos (Fugas)
- Tubo de aspiración



Válvula de mariposa

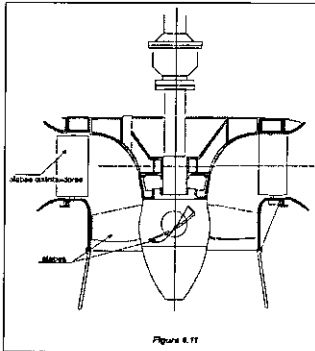
Turbina de reacción



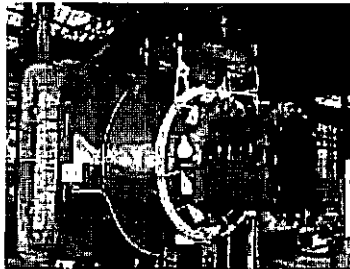
Caja espiral y tubo de desfogue

Turbina Propela (3 a 50 m)

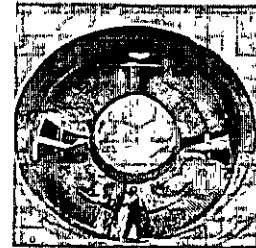
- Caja espiral ó Caracol
- Anillo ante distribuidor (alabes fijos)
- Anillo distribuidor (alabes móviles)
- Rodete
 - Propela (alabes fijos)
 - Kaplan (alabes móviles)
- Tubo de desfogue



Rodete eje vertical



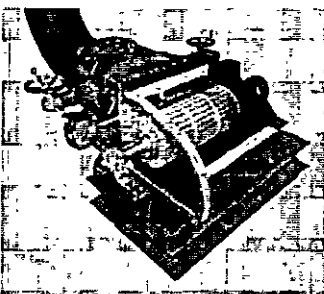
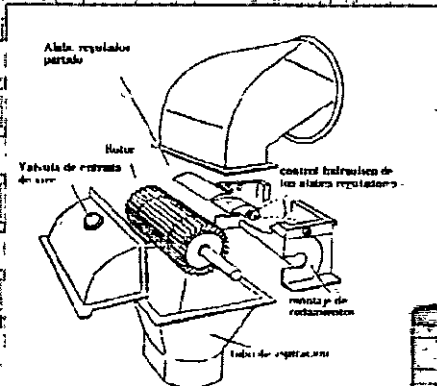
Rodete eje horizontal



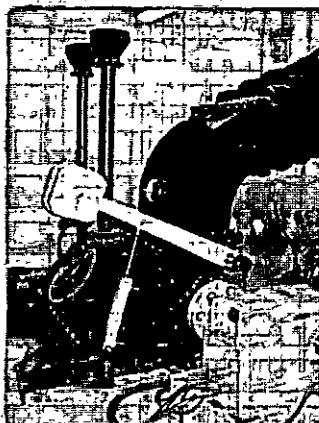
Turbina de flujo cruzado

Turbina Banki (1 a 200 m)

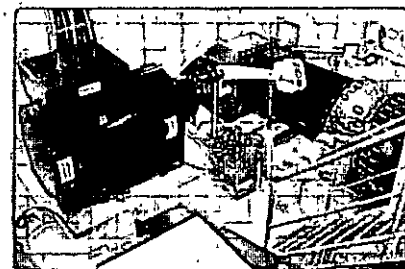
- Carcaza (sección redonda a rectangular)
- Compuerta reguladora ó distribuidor
- Rodete (alabes fijos)
- Tubo de desfogue



Partes principales

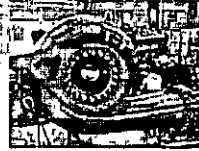
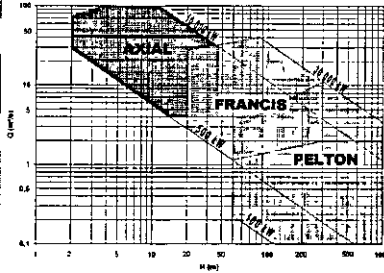


Observe el contrapeso de la válvula



Vista turbina y generador

Comparación entre dos tipos



	Francis	Pelton
Eficiencia Máxima	↗	↘
Eficiencia a Carga Parcial	↘	↗
Resistencia a las Arenas	↗	↘
Sobrepresión	↗	↘
Costo a H,Q específicas	↘	↗

Velocidad específica n_s

Definición

Velocidad en rpm a la cual giraría una turbina si se redujera homológamente en tamaño tal que solo produjera 1 kW bajo una caída de 1 m

$$n_s = n \frac{\sqrt{P}}{H^{5/4}}$$

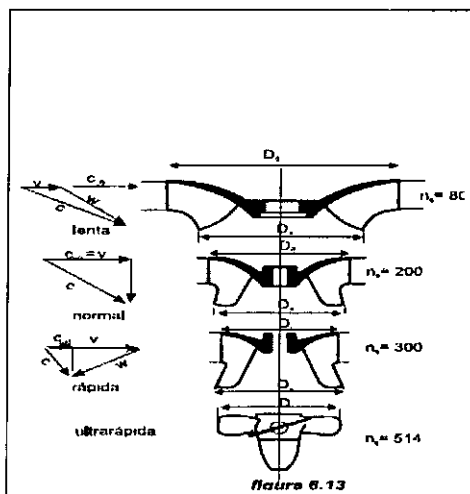


figura 6.13

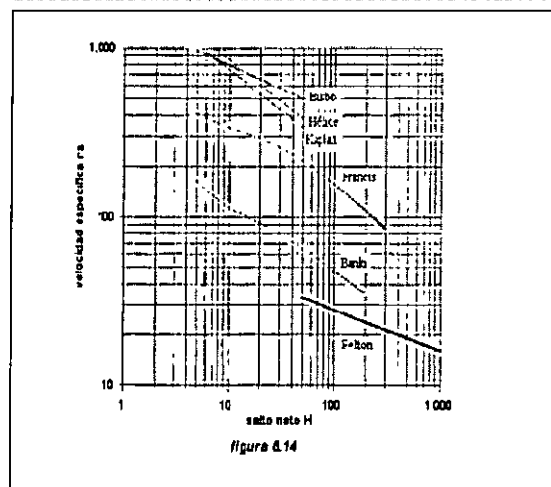


figura 6.14

Velocidad de giro rpm

De la gráfica, con la caída neta seleccionar la velocidad específica n_s

Despejar la velocidad de giro n (no síncrona)
 No. Polos (no enteros) = $7,200/n$ (no síncrona)

$$n_s = n \frac{\sqrt{P}}{H^{5/4}}$$

Ajustar a número entero superior de polos
 Velocidad síncrona = $7,200 / \text{No polos entero}$



EJEMPLO

- Central con 100 m caída neta (Francis)
- Potencia de unidad 8,600 kW
- De la gráfica $n_s = 160$
- N (no síncrona) = 545.6
- No. Polos (no enteros) = 13.19
- Ajuste a 14 polos

Velocidad síncrona = 514.3 rpm

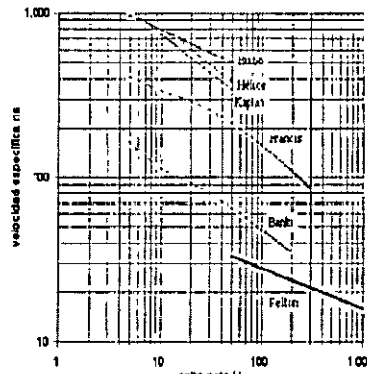


figura 6.14

Apoyo software hydrohelp

HydroHelp 1-Turbine selection - CLOVA issues, January 2010.

Mattacobati

Enter data in blue cells only Comment.

06-ene-09

Project input data.

Data of estimate

Headpond full supply level, m	600.00	
Headpond low supply level, m	596.00	
Head loss to turbine, % of gross head, at full load	18.00	Comment
Normal calendar level, m	496.00	Comment
Flood to water level, m	496.00	Comment
Design powerland flow cubic meters per second	20.00	
Desired number of units	2	
Summer water temperature degrees Celsius	25	
System frequency Hz	60	
Generator power factor	0.90	
Maximum allowable gearbox power, MW	0	Comment
Design standard & generator quality, industrial = 0 utility = 1	0	Comment
Inflation ratio since 2008	1.01	
Program output - turbine heads and flow		Reaction unit: Impulse unit:
Maximum gross head FSL to normal and flood TWL, m	110.00	105.00
Rated net head 1/3 drawdown to normal and flood TWL, m	98.40	91.40
Rated flow per unit, cubic meters per second	10.00	10.00

Recommended type of reaction turbine

Horizontal axis Francis turbine

If no suitable turbines, change number of units.

Recommended type of impulse turbine

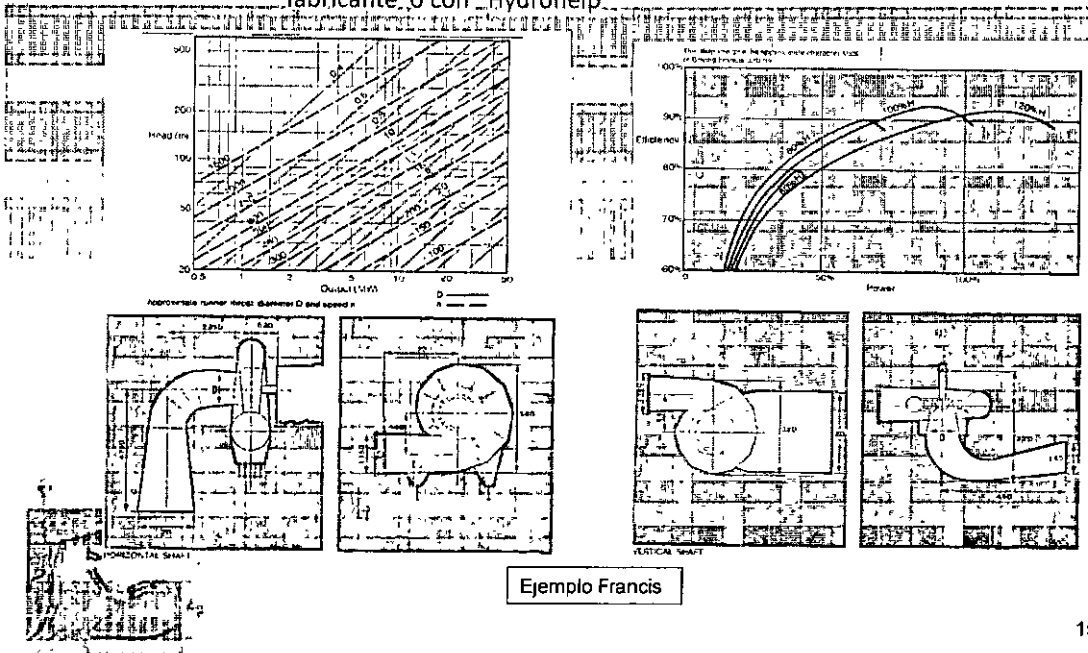
No suitable impulse turbine, select reaction turbine.

Generating equipment details.

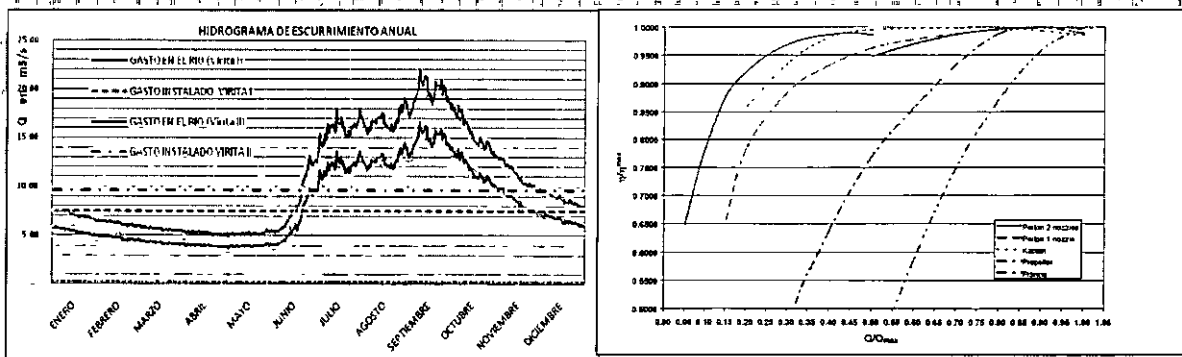
	Reaction unit	Impulse unit
Turbine runner speed rpm	514.3	0.0
Reaction turb runner throat impulse turb outside diameter m	1.251	0.000
Required powerhouse crane capacity tonnes	83.4	0.0
Reaction unit horizontal axis shaft centerline elevation	491.61	
Impulse turbine runner centerline elevation		0.00
Generating unit capacity MW	8.47	0.00
Powerplant capacity, MW	16.95	0.00

Dimensiones principales de turbina

Se determina el diámetro principal del rotete "D" de graficas de fabricante, ó con "Hydrohelp"



No de unidades y eje

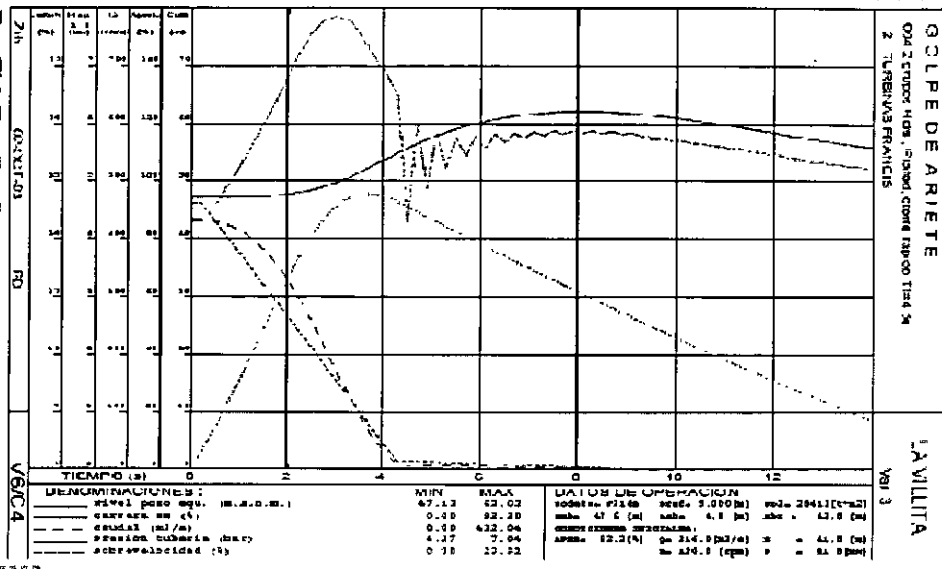


- 2 a 3 unidades del mismo tamaño
- 2 unidades , una mas grande que la otra



- Unidades de < 100 kw hasta 10 MW eje horizontal
- Unidades > a 10 MW en eje vertical

Rechazo de carga



5.2 Tipo de generadores

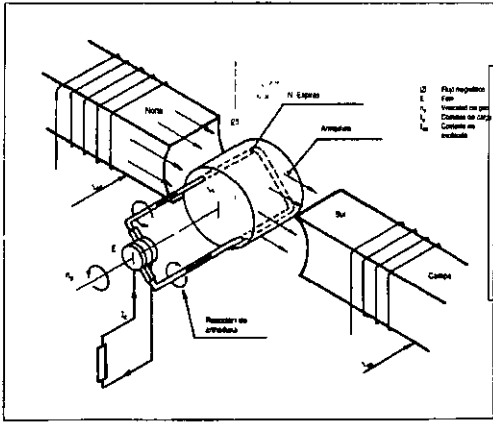


Fig. 7.4. Generador eléctrico síncrono

- **Campo:** fuente de campo magnético (imanes permanentes ó electro imanes)
- **Armadura:** Bobinas por donde se induce la FEM (Volts)
- El giro lo transmite la turbina
- Lo más común es que el campo sea el que gire (rotor) y la armadura sea estática (estator)

- Los generadores pueden ser de 1, 2 ó 3 fases
- Síncronos 60 Hz (polos salientes) > 100 kW
 - Requieren corriente de excitación
- Asíncronos 60 Hz (jaula de ardilla) < 100 kW
 - La excitación la toman de la red ó con banco de capacitores en red aislada
 - Siguen a la frecuencia de la red

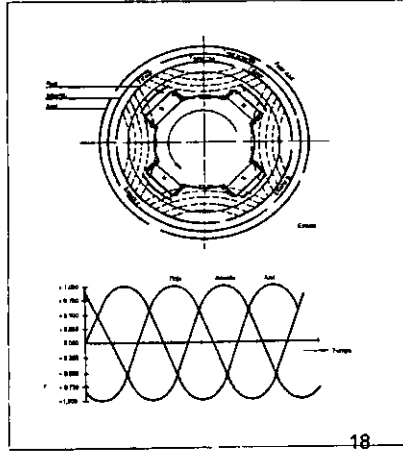
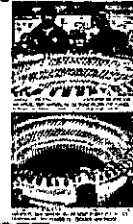
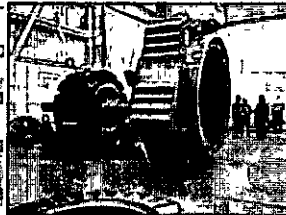
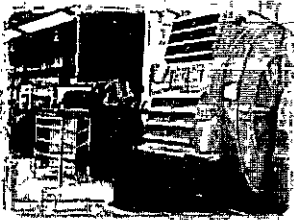


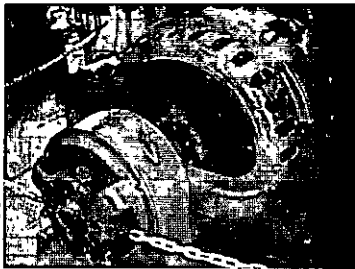
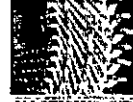
Fig. 7.5. Generador síncrono de polos salientes / bobinas en el estator

Ejemplos de generadores



Potencia Industrial SA

Generador sincrónico 3 f, 6.26 MW
6.6 V, 400 rpm, 18 polos, 48.5 ton
Fabricación 2011 CFE Zumpimito



Generador sincrónico 3 f, 344 kW
230 V, Central Matipó Brasil

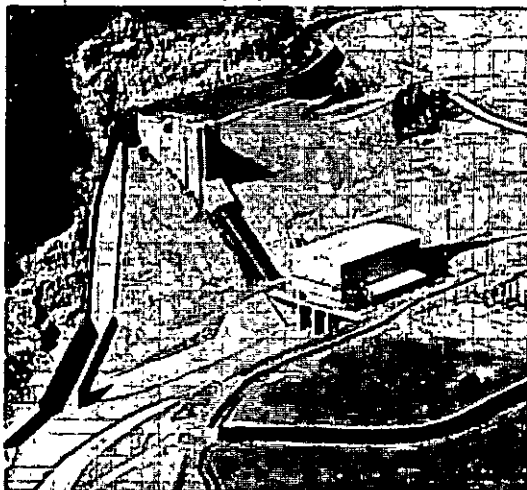


Generador sincrónico 3 f, 512 kW
6.6 kV, Central Pereira Brasil

19

Curso:

Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas

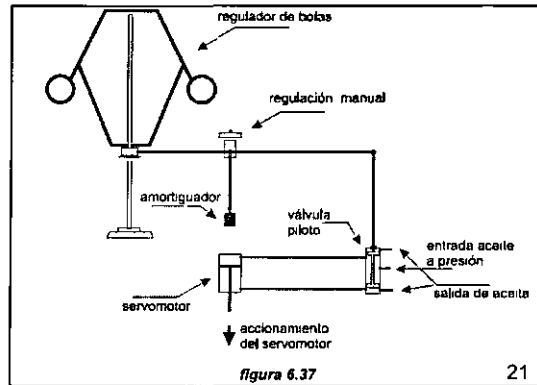
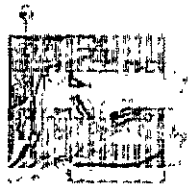
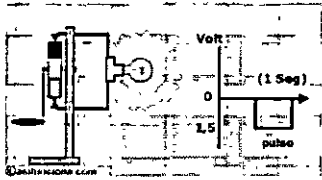


Equipo de control y protecciones

Regulador de velocidad

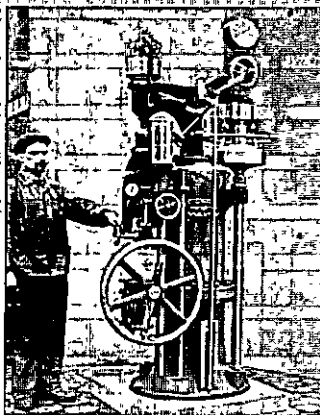
Un regulador de velocidad consta en esencia de:

- Un sensor que detecta cualquier desviación de la velocidad con respecto a la velocidad sincrónica.
- Un dispositivo que amplifica la señal transmitida por el sensor, para que ordene a un servomotor que accione los mecanismos que controlan el paso del agua a la turbina.



21

Evolución histórica



Péndulo centrífugo
Válvula distribuidora
Servomotor
Bomba

Año 1900

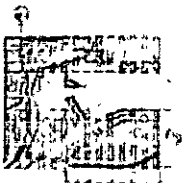
Péndulo centrífugo
Válvula distribuidora
Servomotor
Bomba
Acumulador

Péndulo centrífugo
Válvula distribuidora
Servomotor
Bomba
Tanque
Acumulador
Protección sobre-velocidad

1972

Regulador electrónico
Válvula distribuidora
Servomotor
Bomba
Tanque
Acumulador
Protección sobre-velocidad etc.

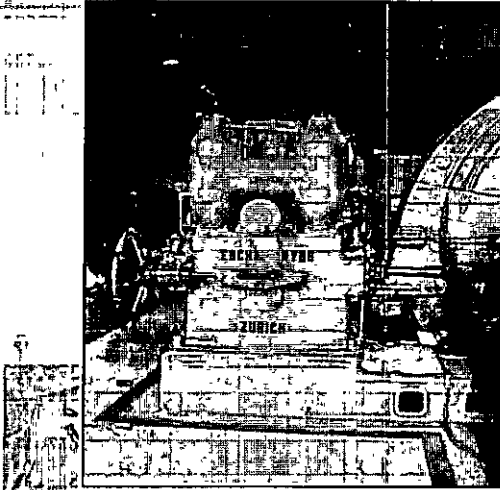
2011



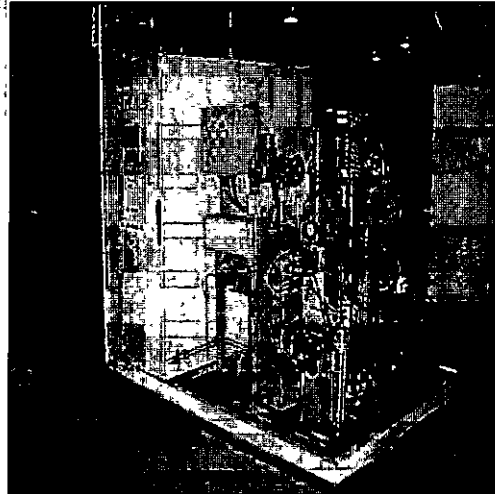
Ejemplos

Las turbinas se diseñan para una altura de salto y un caudal predeterminados; por lo tanto cualquier variación de estos parámetros debe compensarse, abriendo o cerrando los dispositivos de control de caudal tales como alabes directrices, válvulas o compuertas.

• Sin electrónica de control.



• Con electrónica de control.



Excitatriz rotatoria

El sistema de excitación es la fuente de corriente de campo para la excitación del generador y el equipo que permite la regulación y control de la corriente y el voltaje de campo entregados.

Para unidades < 15 MW



Excitatrices de corriente alterna sin escobillas

Se utiliza un pequeño generador de corriente alterna cuyo inducido va montado en el rotor del generador principal. La corriente se rectifica mediante un rectificador, eliminándose el problema de mantenimiento de las escobillas. La tensión se regula mediante un equipo electrónico que actúa sobre la excitación de la excitatriz.

Excitatriz estática

Para unidades > 15 MW

- Tiristores rectificadores.

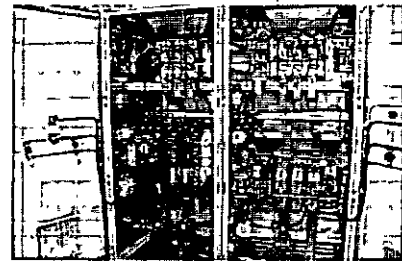
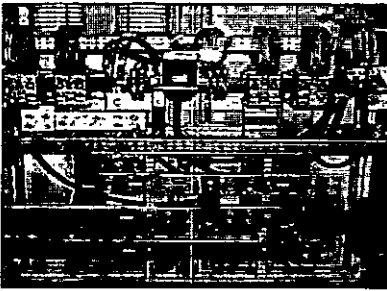
Excitatrices estáticas

La corriente de excitación se extrae de los terminales del generador principal, mediante un transformador. Esta corriente se rectifica mediante un equipo electrónico y se inyecta en el bobinado de excitación rotórica del generador, gracias a un sistema de escobillas y anillos rozantes.

- Interruptor de campo.



- Transformador de excitación.



Para ambos tipos de excitatriz se utiliza un AVR ó regulador de voltaje que controla la corriente de excitación

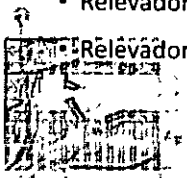
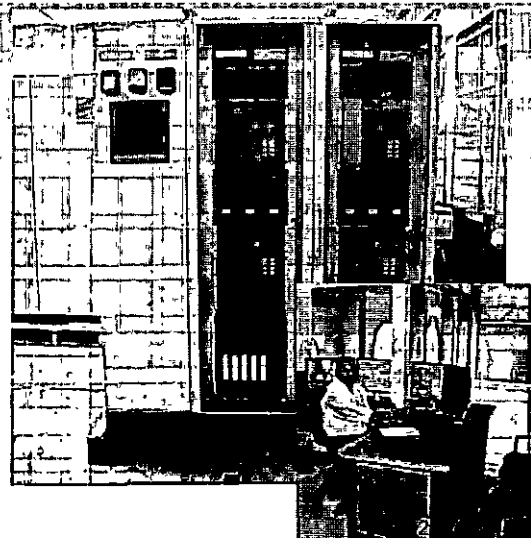
25

Equipos de sincronización y protección eléctrica.

El suministro de la electricidad debe mantener entre límites muy estrechos de seguridad y de calidad de la energía, para ello entre las terminales del generador y la línea de salida se instalan dispositivos que monitorizan y protegen el generador y equipos de subestación, estos son TC-S y TP-S.

Como elementos de protección se necesitan:

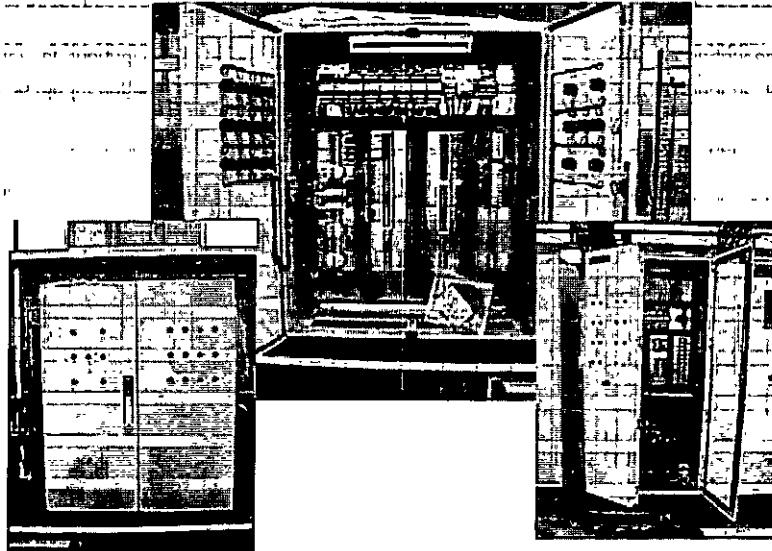
- Relevador de protección de la interconexión que garantiza la desconexión del circuito.
- Relevador de mínima tensión.
- Relevador de máxima tensión.
- Relevador de bajo nivel de aceite (Transformador).
- Relevador de alta temperatura (Transformador).
- Relevador de alta presión (Transformador).



Equipos de sincronización y protección eléctrica.

Para la protección de diferentes dispositivos tales como:

- Válvulas de admisión.
- Sistemas de drenaje.
- Sistema de achique.
- Descarga de fondo.
- Obra de toma.



27

Automatización de equipo

Control Automático

Para poder controlar todos los equipos de protección de manera remota y al mismo tiempo las centrales eléctricas pueden operar sin personal permanente, es necesario contar con un equipo de automatización.

Ventajas de la automatización:

- Incrementar la seguridad y confiabilidad – Protecciones, Registro de Eventos
- Mejorar disponibilidad –Automatización de Sistemas
- Aumentar eficiencia – Control conjunto
- Repuestos no disponibles ó muy costosos (por producción de piezas únicas)
- Garantizar la operación económica, aspectos de seguridad y ambientales
- Automatización de la planta,

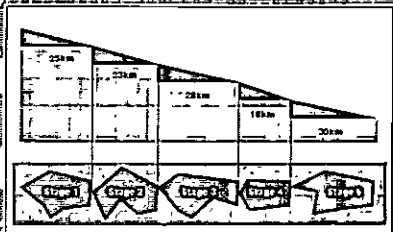
28

Automatización de equipo

Control de conjunto

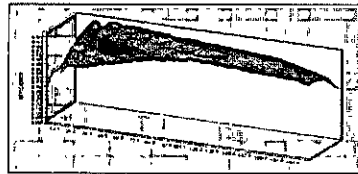
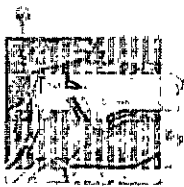
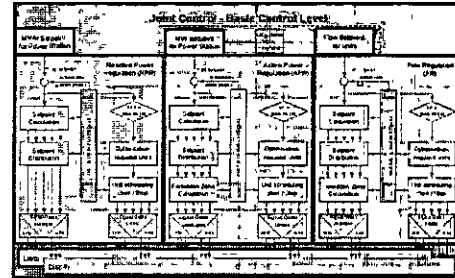
➤ Meta

- Simplificar la operación de la planta
- Optimizar la programación de la unidad
- Supervisión de rangos de operación permitidos
- Reacciones automáticas para evitar rangos de operación prohibidos



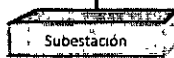
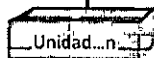
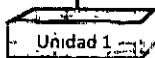
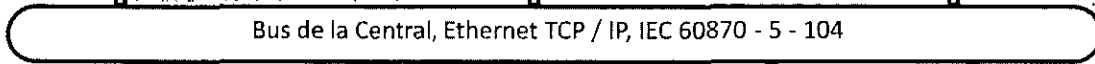
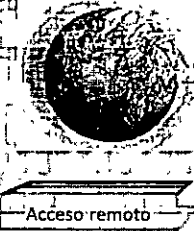
➤ Funciones de Control:

- Control de nivel
- Control de flujo
- Control de potencia activa / reactiva



Automatización de equipo

Configuración típica

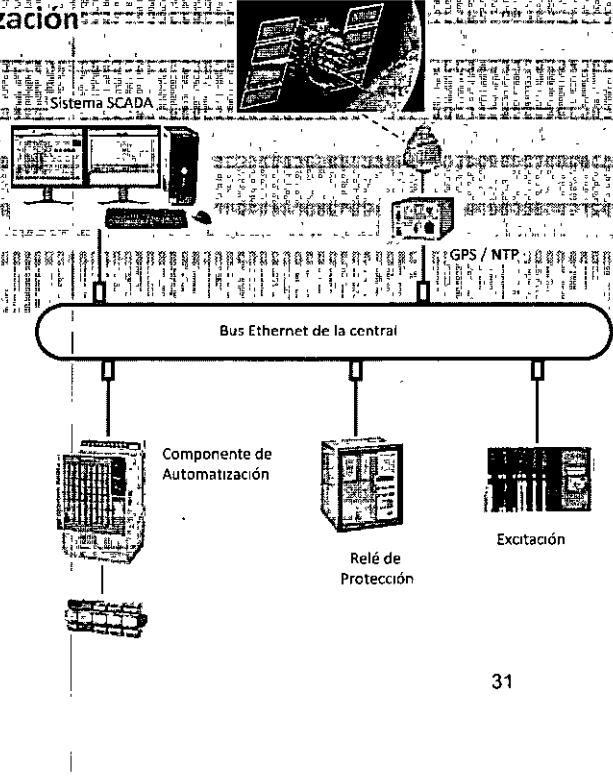


Automatización de equipo

Administración de la red - sincronización

de tiempo

- GPS – Sistema de sincronización vía NTP a través del Bus de la central
- Misma sincronización de tiempo para toda la red
- Un GPS para recepción de señal de tiempo



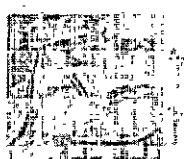
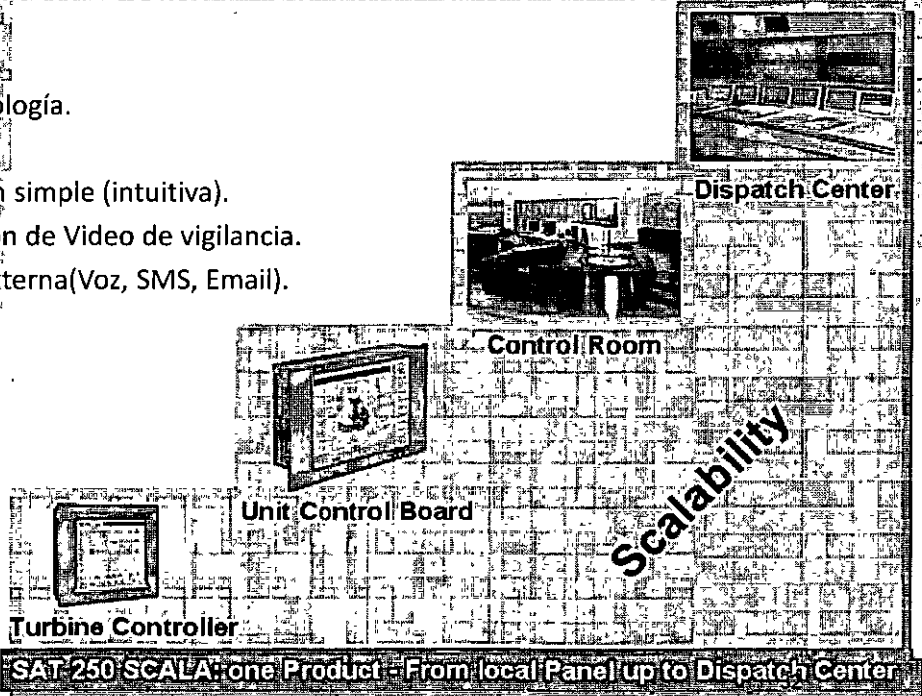
- Antena del GPS con 20 m de cable y protección de descargas
- Estampado de tiempo en los módulos de I/O de 10 o 1 ms
- Secuencia de eventos (SOE) con resolución de 1 ms



Automatización de equipo

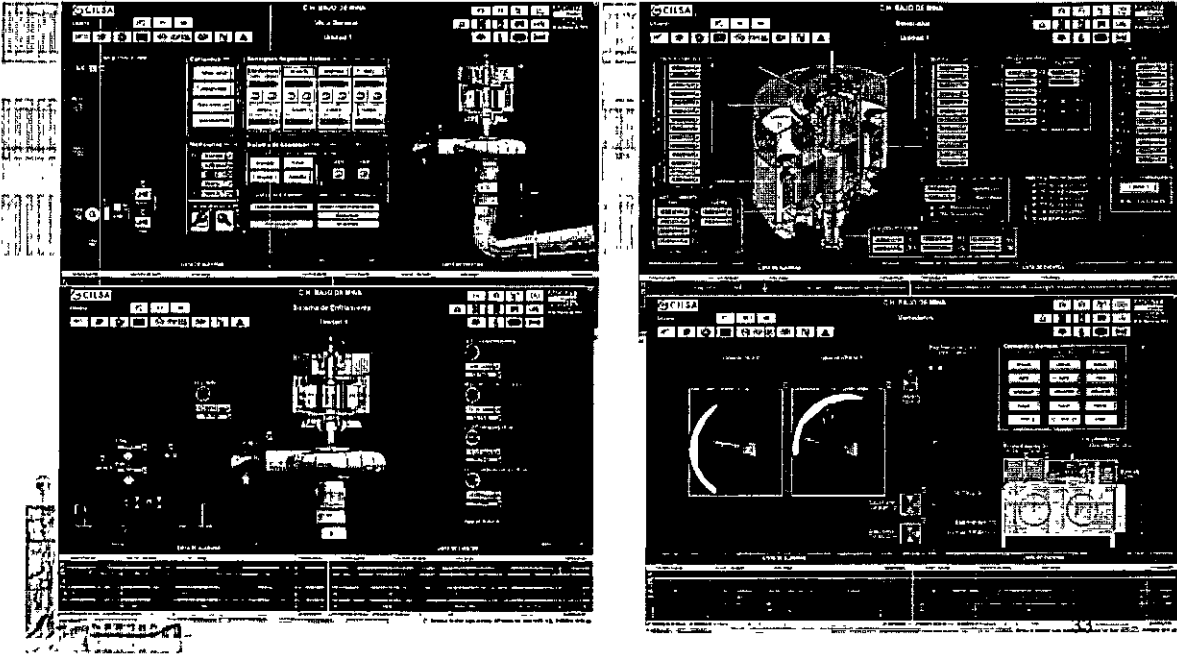
Sistema SCADA

- Alta tecnología.
- Escalable.
- Operación simple (intuitiva).
- Integración de Video de vigilancia.
- Alarma externa (Voz, SMS, Email).



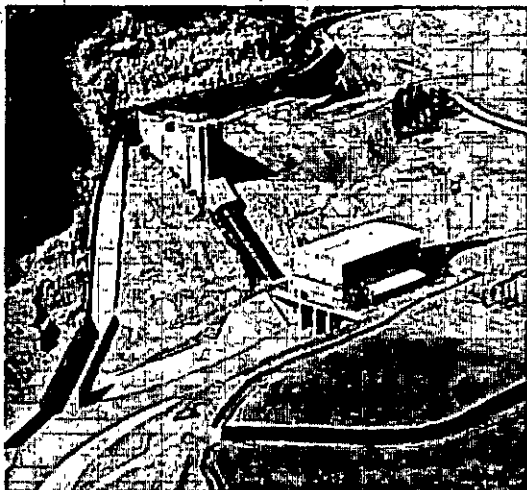
SAT-250 SCALA: one Product - From local Panel up to Dispatch Center

Sistema SCADA Mimicos y graficos.



Curso:

Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas



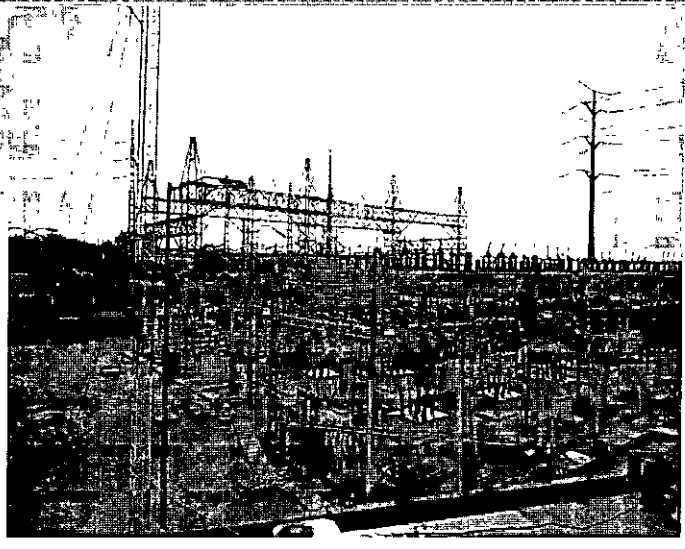
Subestación y Líneas de Transmisión

Subestación Eléctrica

Como es de nuestro conocimiento una subestación eléctrica es una de las partes que interviene en el proceso de generación-consumo.

Cambio de Características:

- Voltaje
- Corriente
- Frecuencia



Subestación Eléctrica

Relación entre Subestaciones- Líneas de Transmisión- Centrales Generadoras



Generación (13.8 kv.):

- Aislamiento
- Enfriamiento
- Grandes distancias => Caída de tensión
- Antieconómico

Transmisión (115 kv.)

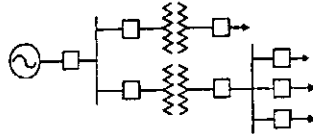
- Menor caída de Tensión
- Económico

Subestación Eléctrica

Tipos de subestaciones eléctricas

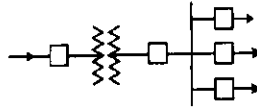
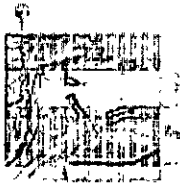
1. Subestaciones elevadoras.

Este tipo de subestaciones se usan normalmente en las centrales eléctricas cuando se trata de elevar los voltajes de generación a valores de voltajes de transmisión.



2. Subestaciones reductoras.

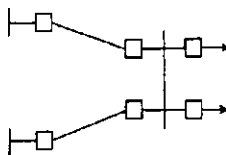
En estas subestaciones, los niveles de voltaje de transmisión se reducen al siguiente (subtransmisión), o de subtransmisión a distribución o eventualmente a utilización.



Subestación Eléctrica

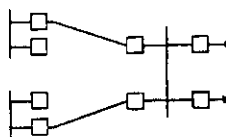
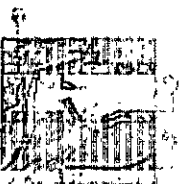
3. Subestaciones de enlace.

En los sistemas eléctricos, se requiere tener mayor flexibilidad de operación para mantenerla confiabilidad, es por esto el empleo de estas subestaciones.



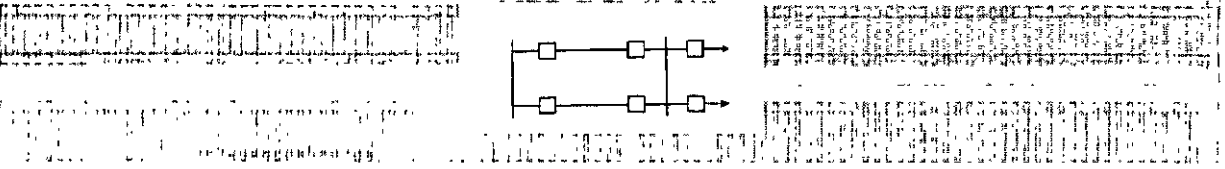
4. Subestaciones en anillo.

Estas subestaciones se usan con frecuencia en los sistemas de distribución para interconectar subestaciones que están interconectadas a su vez con otras.



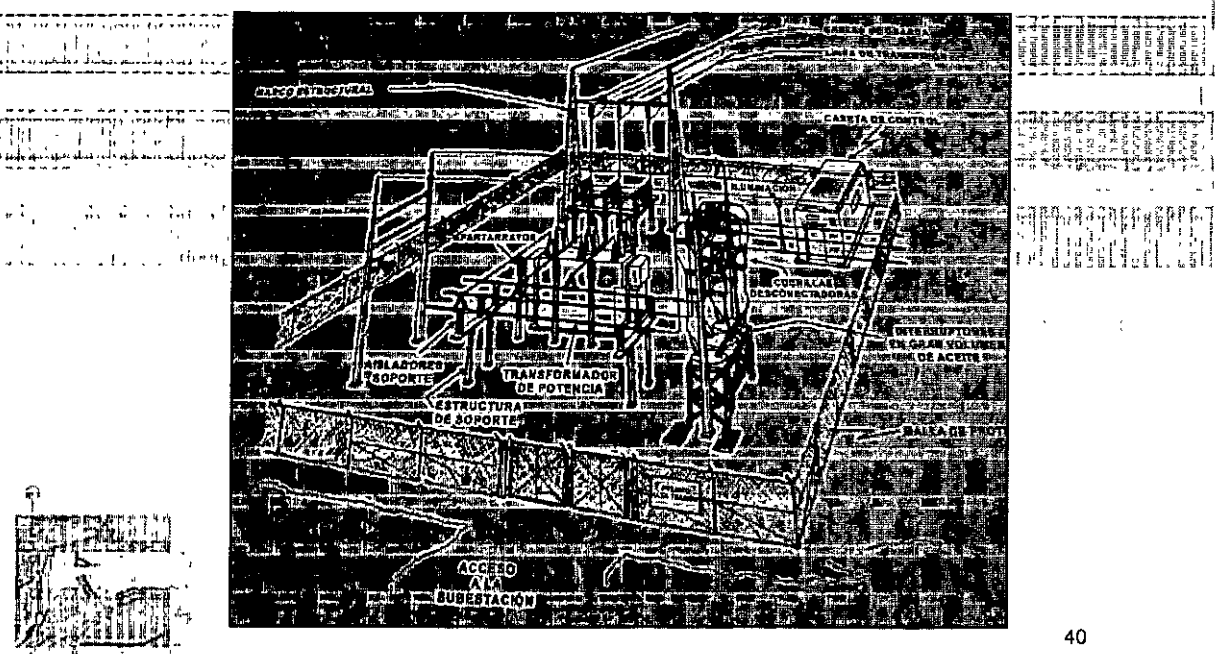
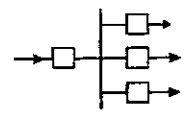
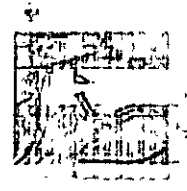
5. Subestaciones radiales.

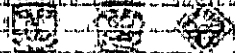
Cuando una subestación tiene un solo punto de alimentación y no se interconecta con otras, se denomina radial.



6. Subestaciones de switcheo.

En estas subestaciones no se tienen transformadores de potencia, ya que no se requiere modificar el nivel de voltaje de las fuentes de alimentación y solo se hacen operaciones de conexión y desconexión.

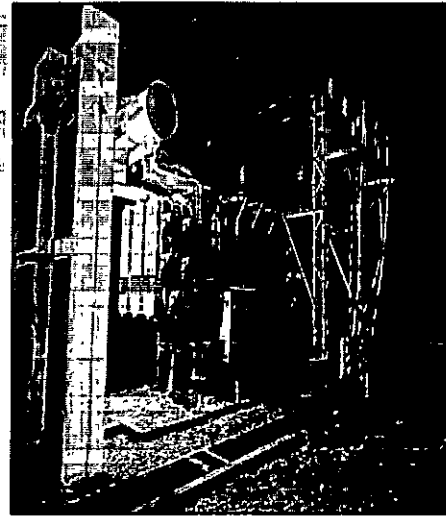
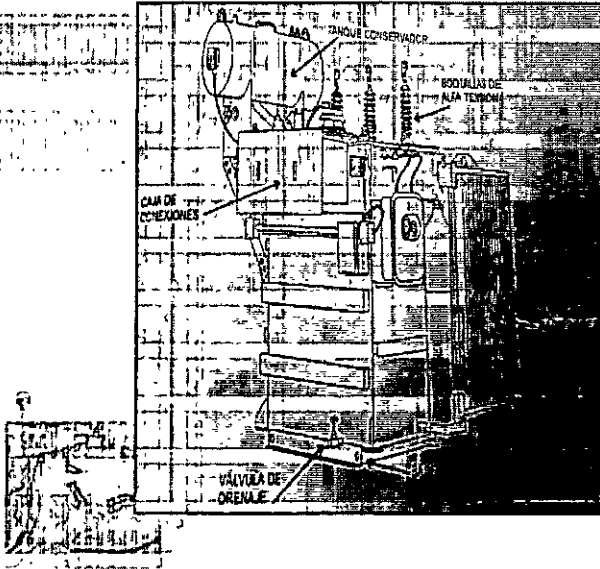




Subestación Eléctrica

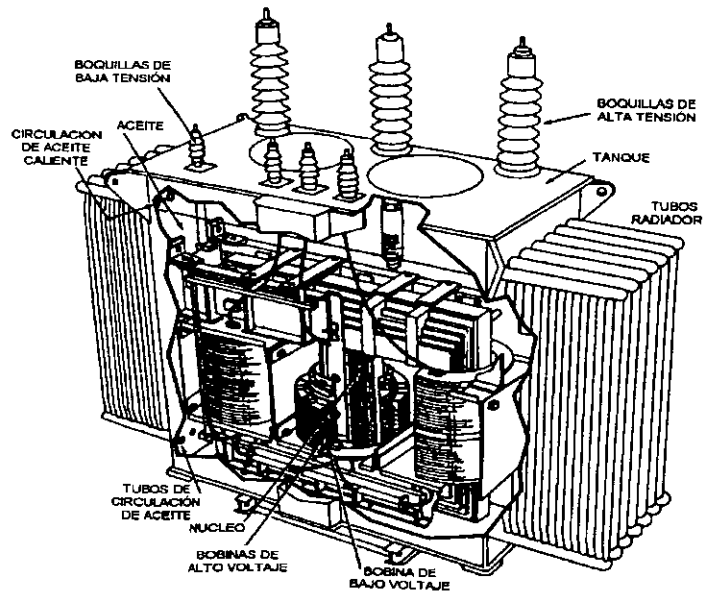
1. Transformador:

• Transfiere energía • Frecuencia constante • Cambia voltaje • Elemento principal de la S.E.



Subestación Eléctrica

Principales partes de un transformador



2. Interruptores:

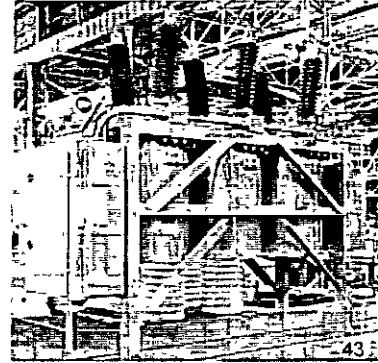
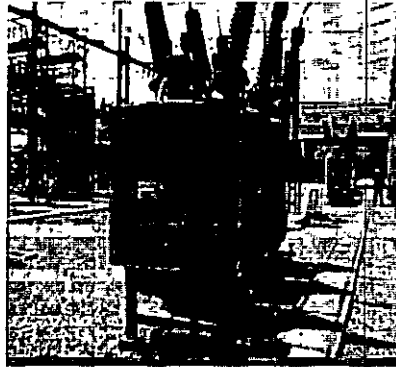
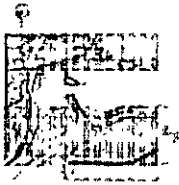
- Cierra (restablece) ó abre (interrumpe) un circuito bajo condiciones de carga o falla.

Tipos de interruptores

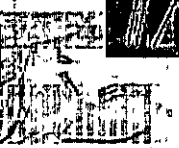
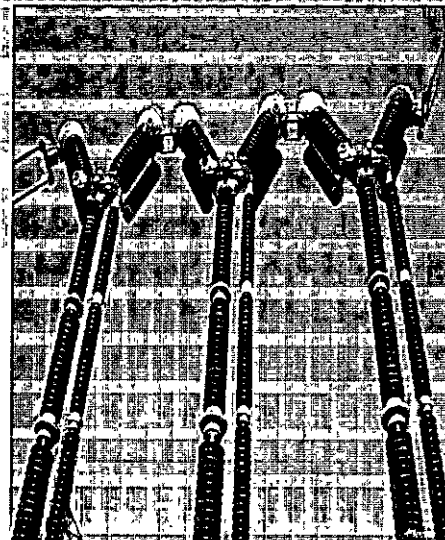
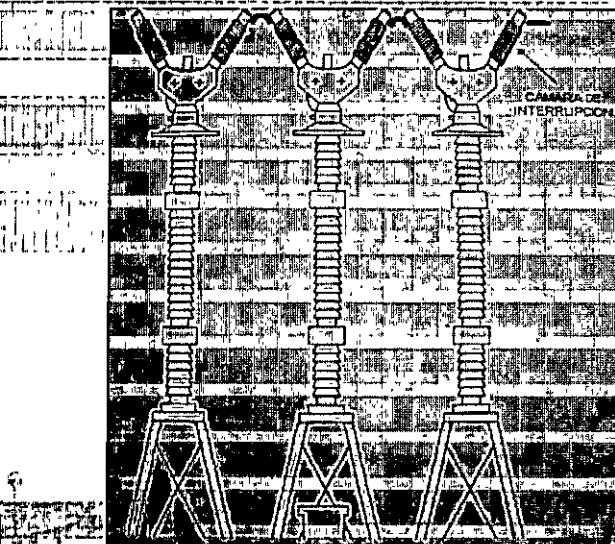
A) Interruptores de aceite.

Operación mediante contactos móviles y fijos, en la falla los contactos móviles se desplazan separándose y creando un arco eléctrico entre ellos, la función del aceite es la disipación de este arco.

a) Gran volumen de aceite.



b) Pequeño volumen de aceite.

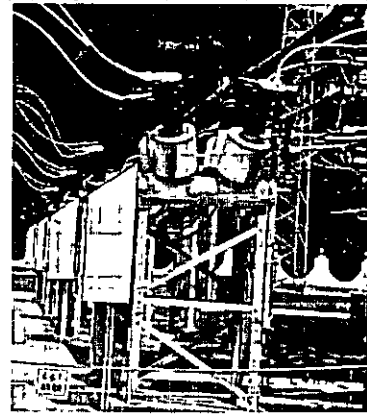
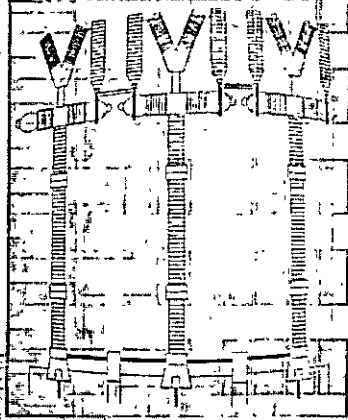




Subestación Eléctrica

B) Interruptores Neumáticos.

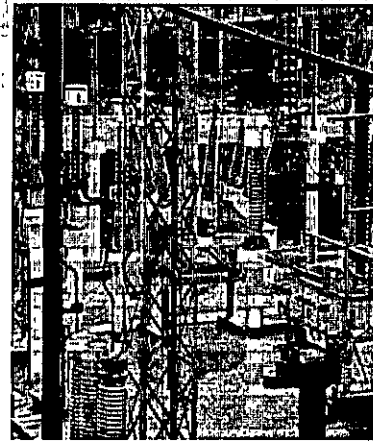
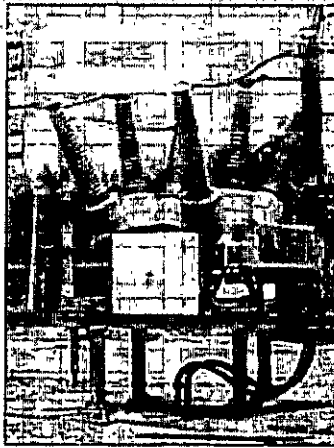
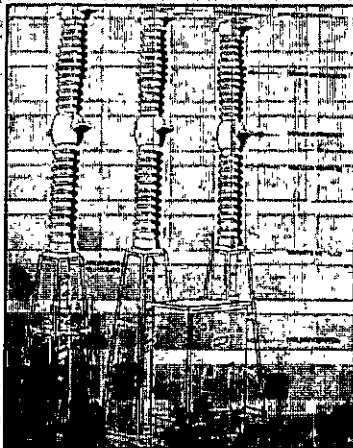
El medio de extinción del arco es por aire a presión; esto es el aire entra a presión y presiona por medio de un embolo los contactos, que a la vez operan simultáneamente abriendo el circuito.



Subestación Eléctrica

C) Interruptores en hexafluoruro de azufre (SF6).

El medio de extinción del arco es por hexafluoruro de azufre, ya que tiene excelentes propiedades aislantes, para la extinción de los arcos eléctricos.



Subestación Eléctrica

3. Cuchillas desconectadoras.

Se aplican para dar aislamiento físico a los elementos es desconexión. Se pueden clasificar por su función, operación y accionamiento.

Función:

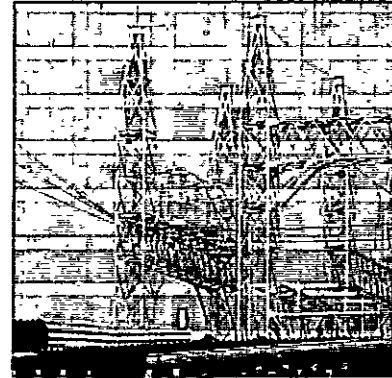
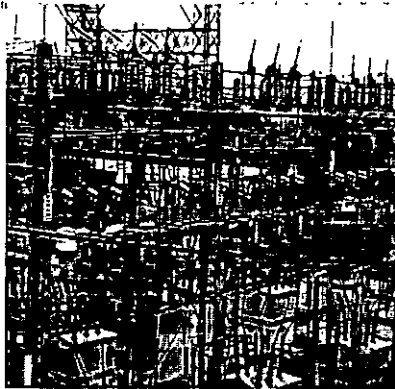
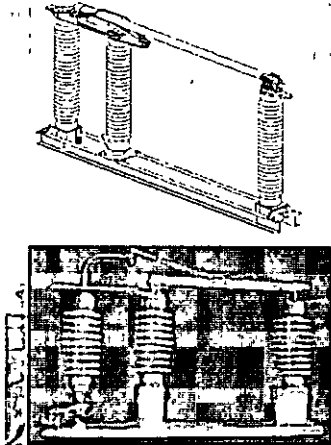
- Desconectadora.
- Elemento de protección

Operación:

- Con carga.
- Sin carga.
- De puesta a tierra

Accionamiento:

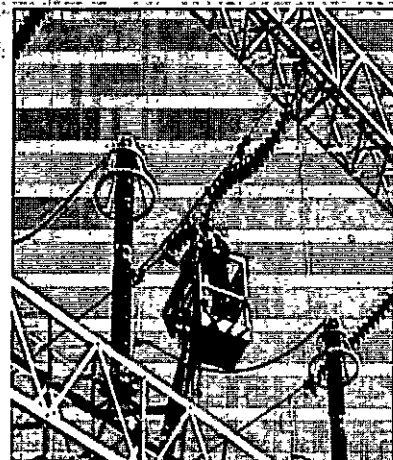
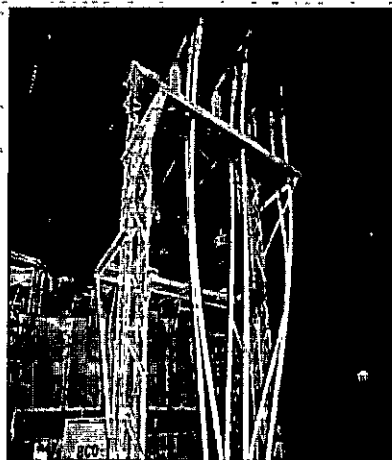
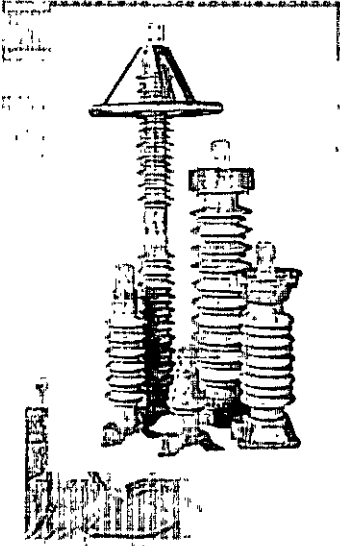
- Manual.
- Automática.



Subestación Eléctrica

4. Apartarrayos.

Es el dispositivo que nos permite proteger las instalaciones contra sobretensiones de origen atmosférico, éste se encuentra conectado permanentemente al sistema, descargando las sobretensiones a tierra.



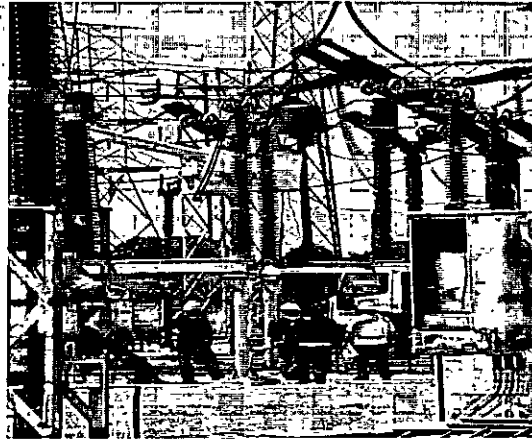
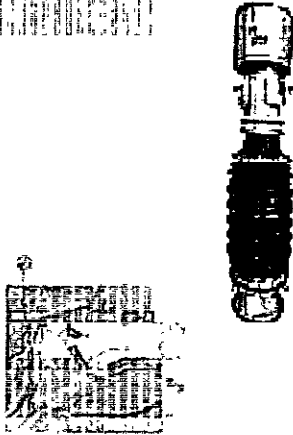
Subestación Eléctrica

5. Transformadores de instrumento.

Son los equipos que se emplean para la alimentación de equipos de medición, control o protección; estos se dividen en dos clases:

A. Transformadores de corriente.

Cambia el valor de la corriente de mayor a menor, para alimentar instrumentos tales como: amperímetros, wattmetros, relevadores de sobrecorriente, etc.

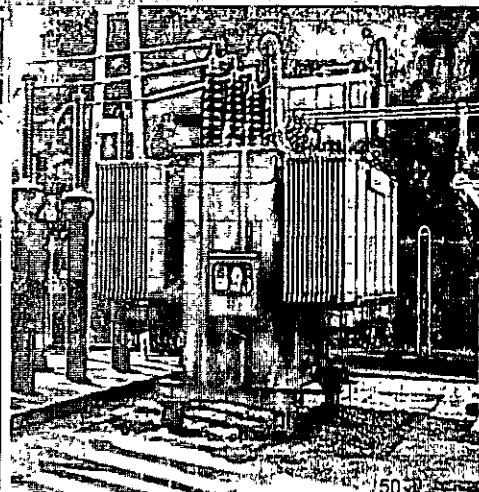
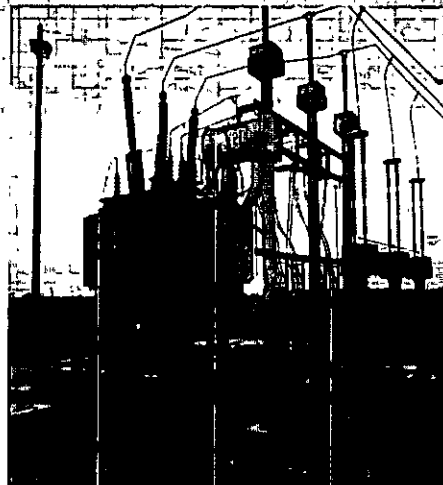
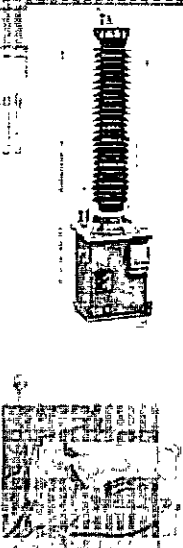


49

Subestación Eléctrica

B. Transformadores de potencial:

Transforma los valores de voltaje sin tomar en cuenta la corriente, alimentan instrumentos de medición, control o protección que requieren señal de voltaje.



50



Subestación Eléctrica

Elementos secundarios

Una subestación eléctrica cuenta con elementos secundarios, de los que hace mención a continuación.

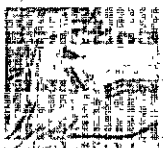
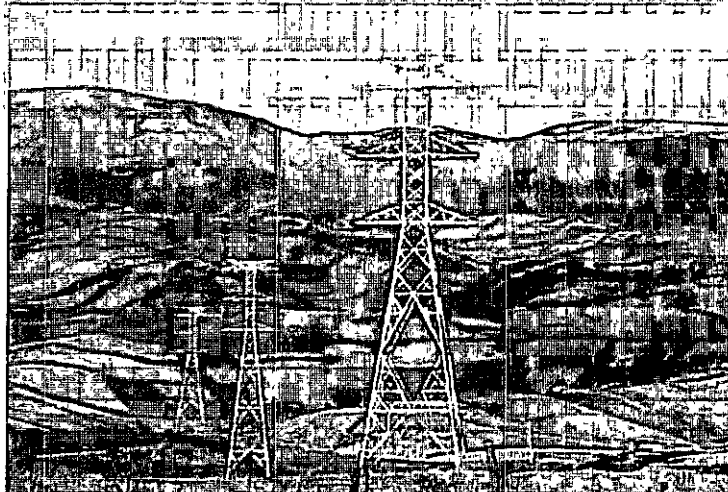
- Cables de Potencia.
- Cables de control.
- Alumbrado.
- Estructura.
- Herrajes.
- Equipo contra incendio.
- Sistema de puesta a tierra
- Protección contra tormentas eléctricas.
- Equipo de control y monitoreo.
- Intercomunicación.
- Trincheras, ductos, drenajes.
- Cercas.



Líneas de transmisión

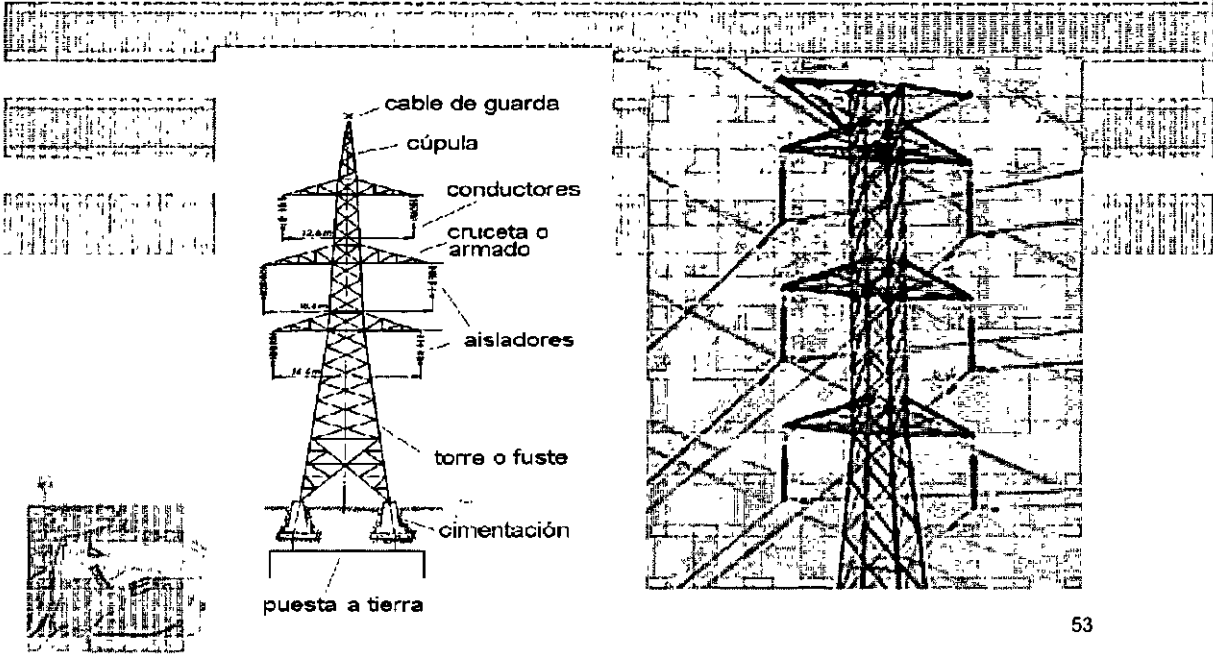
Líneas de transmisión

Es el conjunto de dispositivos para transportar la energía eléctrica, desde una fuente de generación a los centros de consumo.



Líneas de transmisión

Elementos principales de una línea de transmisión aérea:



Líneas de transmisión

Conductores utilizados en líneas de transmisión.

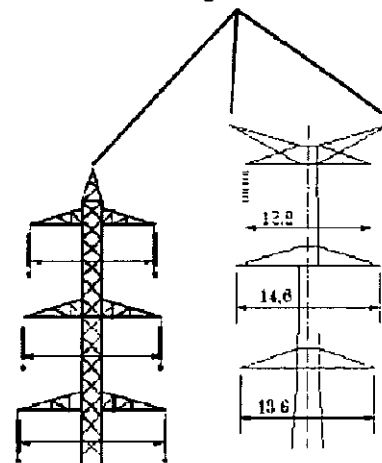
➤ Conductores de fase.

- Transportan la energía eléctrica.
- Baja resistencia eléctrica.
- Resistencia mecánica a la tracción.

➤ Cable de guarda.

- Protección contra tormentas eléctricas.
- Resistencia mecánica a la tracción.

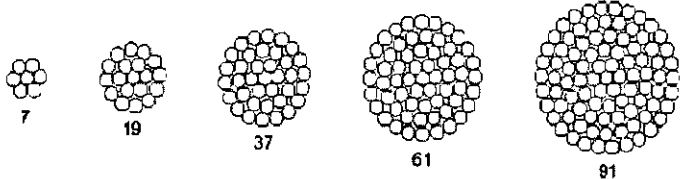
Posiciones cables de guarda



Líneas de transmisión

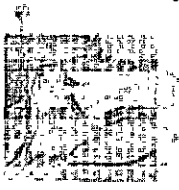
Tipos de conductores según los materiales.

➤ Cable de aluminio/AAC (All Aluminium Conductor)



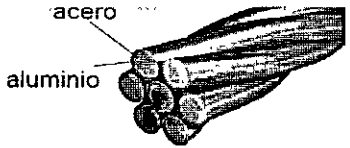
➤ Cables de aleación de aluminio AAAC (All Aluminium Alloy Conductor).

- Mayor resistencia eléctrica que el cable de aluminio.

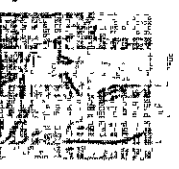
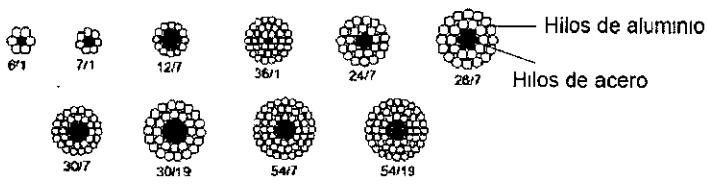


Líneas de transmisión

➤ Cables a base de hilo de acero recubierto de aluminio (Alumoweld)



➤ Cables de aluminio con refuerzo de acero ACSR (Aluminium Conductor Steel).



Líneas de transmisión

Aisladores.

Mantienen separados los conductores de apoyo.

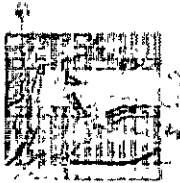
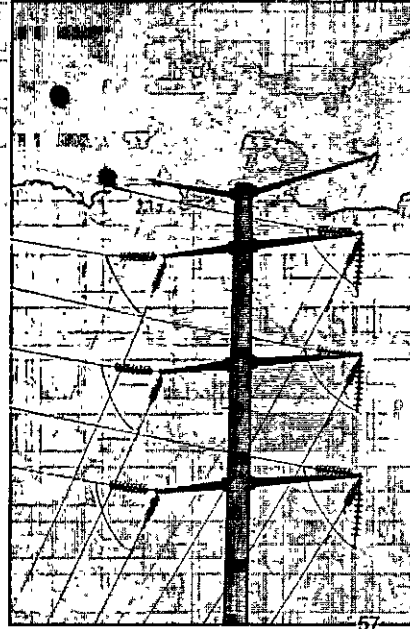
➤ Características.

- Resistividad eléctrica elevada.
- Rigidez dieléctrica elevada.

- Resistencia mecánica elevada.
- Peso reducido.

➤ Material empleado.

- Porcelana (Cerámico).
- Vidrio.
- Composite (Aislador polimérico).

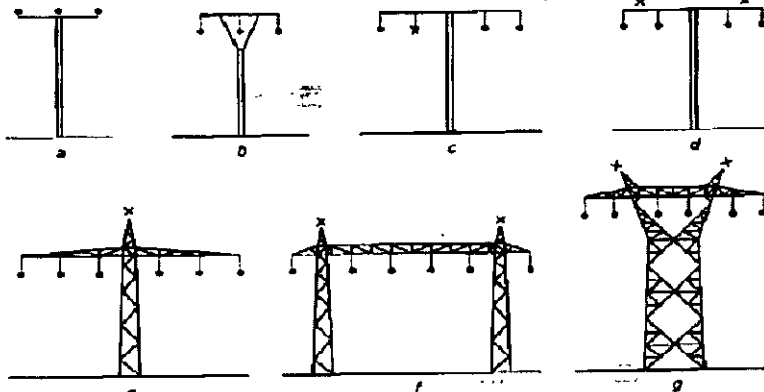


Líneas de transmisión

Configuración de conductores.

➤ Coplanar horizontal (I).

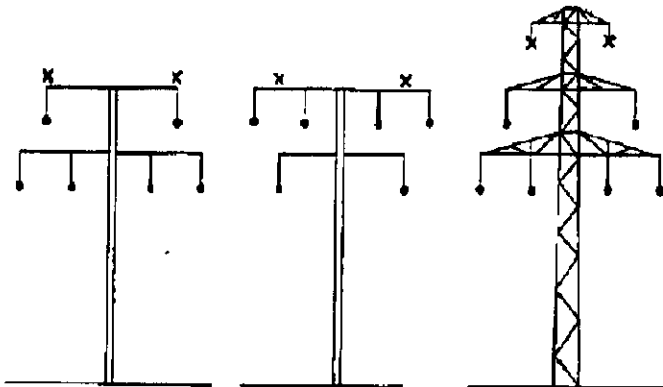
- Reducida altura de apoyo.
- Mayor anchura de corredor.
- Empleado típicamente en tensiones elevadas, y grandes vanos (mínimo esfuerzo sobre cimentaciones).



Líneas de transmisión

Triangular (Dos niveles): (II)

- Altura de apoyo, mayor que el de la horizontal.
- Menor anchura de corredor.

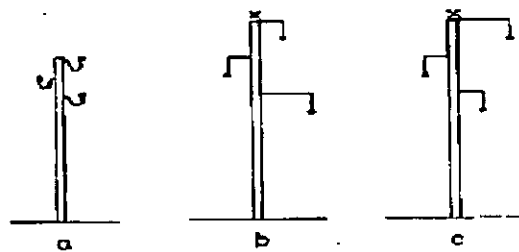


Líneas de transmisión

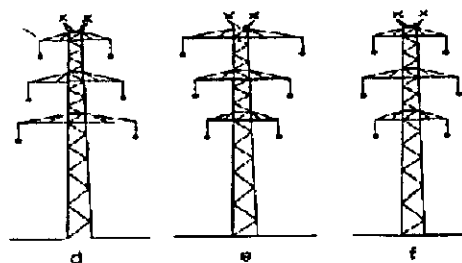
En tres niveles (III)

- Máxima altura de apoyo.
- Ancho de corredor mínimo.

a) Configuración tresbolillo



b) Configuración doble circuito vertical.





Curso:

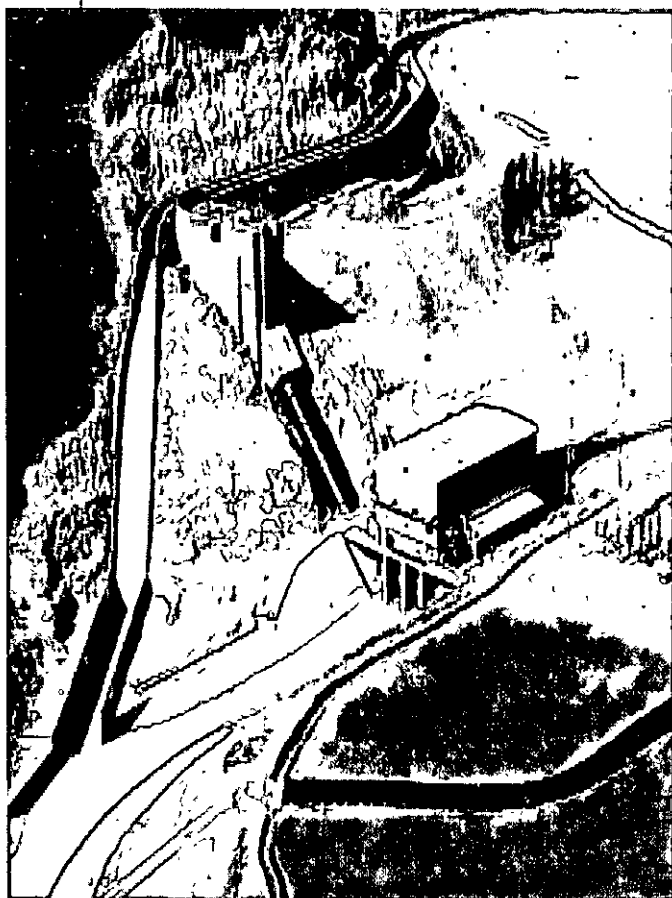
Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas

curso CA80

06 de agosto al 10 de septiembre

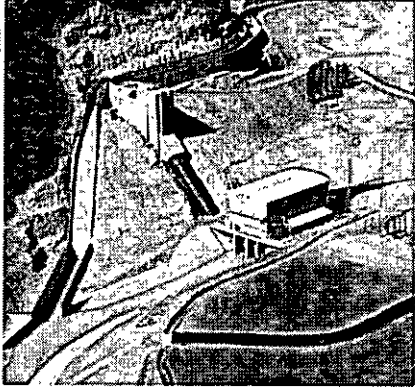
duración: 30 hrs

Ing. Luis Héctor Valdez Báez



Curso:
Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas


curso CA80
06 de agosto al 10 de septiembre
duración: 30 hrs
Ing. Luis Héctor Valdez Báez



Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas curso CA80


Contenido

- Definición, Clasificación y usos
- La Macro hidráulica en el mundo
- La Macro hidráulica en México
- La Mini hidráulica en el mundo
- La Mini hidráulica en México
- Ejemplos de centrales Micro y Mino hidráulicas (video)
- Metodología y programas cómputo
- Retos y barreras
- Facilidades
- Conclusiones y recomendaciones



Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas curso CA80

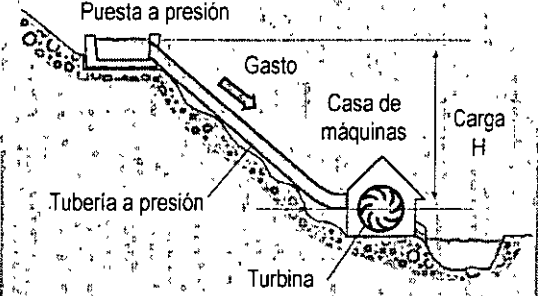
Definición Clasificación y usos



curso CA80

Definición

En una hidroeléctrica se transforma la energía potencial del agua en energía cinética en la turbina y en energía eléctrica en el generador.



La potencia P y la energía E son:

$$P = 9.81 Q \times H \times \eta \text{ (Kw)}$$

$$E = P \times t \text{ (Kwh)}$$

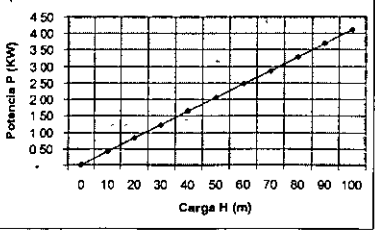
Donde:

- Q = Gasto en m³/s
- H = Carga hidráulica en m
- η = eficiencia total
- t = tiempo en horas

Por ejemplo:

Una potencia de 1 KW se obtiene con un gasto Q = 5 l/s y una carga H = 25 m y operando en forma continua durante un año equivale a una energía de 8,760 KWh

Relación Carga - Potencia (Q = 5 l/s)

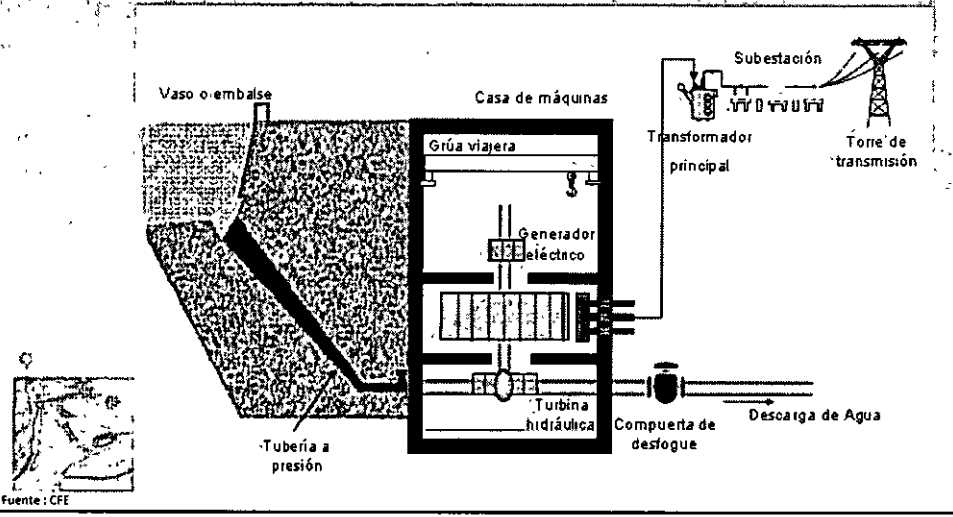


Carga H (m)	Potencia P (kW)
0	0.00
10	0.50
20	1.00
30	1.50
40	2.00
50	2.50
60	3.00
70	3.50
80	4.00
90	4.50
100	5.00

Valdez Ingenieros SA de CV

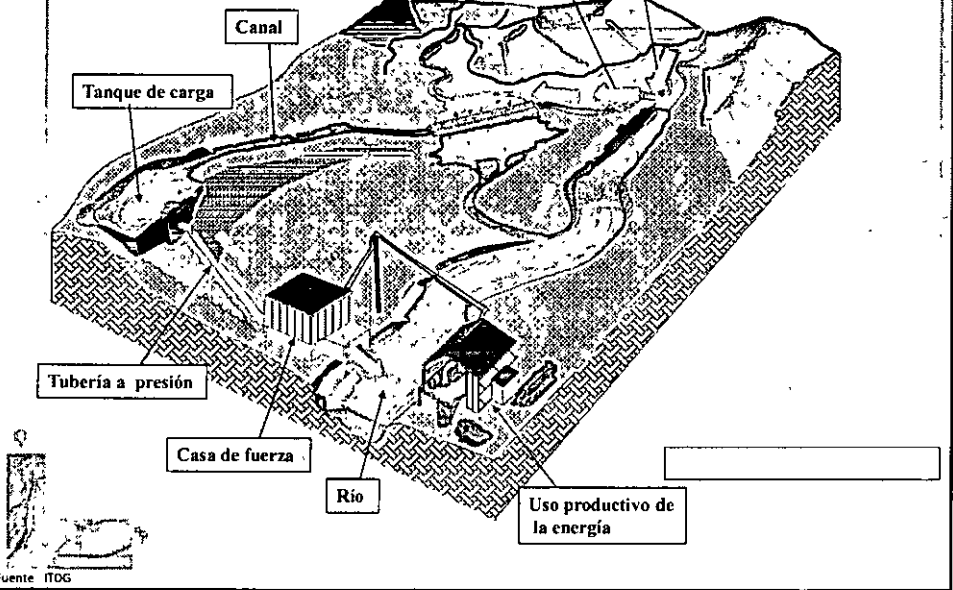
Clasificación por tipo

Central con embalse



Clasificación por tipo (Con't)

Central sin embalse ó al hilo del agua



Diseño Preliminar de Centrales Mini-Hidroeléctricas curso CA80

Clasificación por tamaño y usos

<ul style="list-style-type: none"> Micro < 100 Kw. Mini 100 < Kw. < 1,000 Pequeña 1 < MW < 30 Macro > 30 MW <p>Kw. = Kilowatt ; MW = 1,000 Kw.</p>	<ul style="list-style-type: none"> > Las Micro centrales se utilizan para fuerza mecánica y/o generación eléctrica. > Las demás centrales se utilizan para generación eléctrica.
--	--

1 KW equivale a una producción anual de 8,760 KWh esto es el consumo de unas 5 viviendas* durante un año (20 a 25 habitantes)

100 KW = 500 viviendas (2,500 habitantes)
 5,000 KW = 25,000 viviendas (125,000 habitantes)



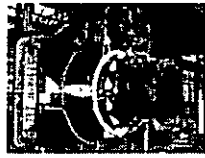
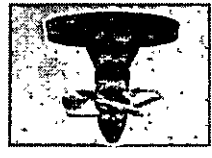
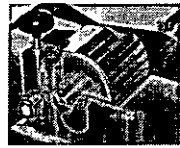
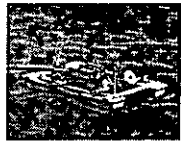
* CONSUMO BAJO

De acuerdo con la legislación vigente, este tipo de proyectos se puede lograr por medio de las figuras de "auto abasto" ó "pequeña producción"

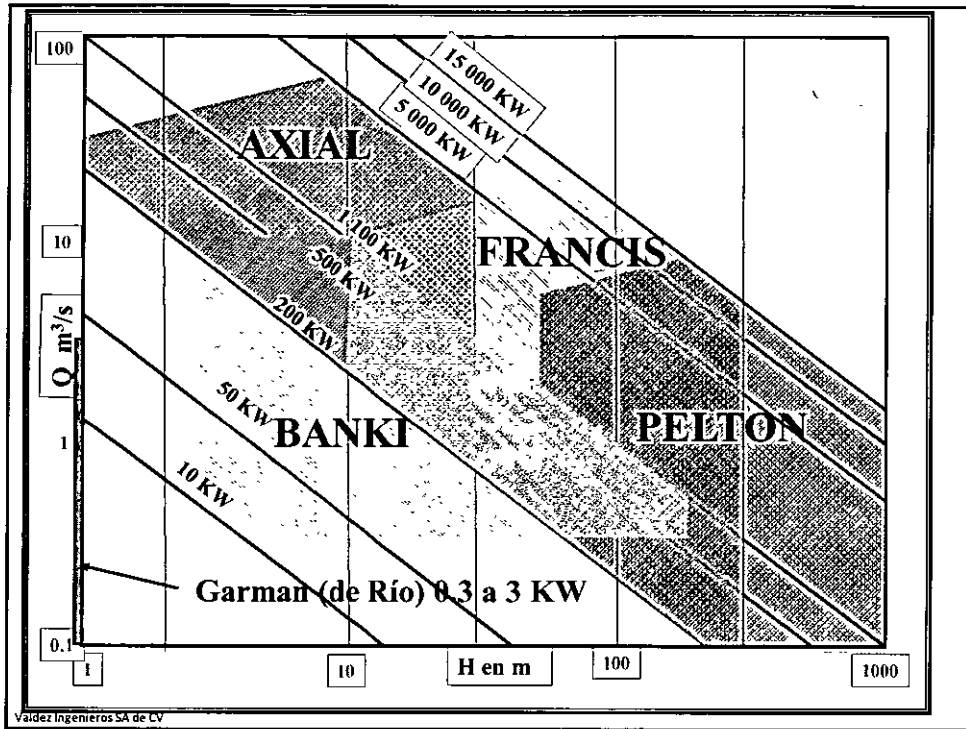
Valdez Ingenieros SA de CV

Diseño Preliminar de Centrales Mini-Hidroeléctricas curso CA80

Tecnología existente

<p>Turbina Pelton</p> 	<p>Turbina Francis</p> 
<p>Turbina Tubular (Axial)</p> 	<p>Turbina Kaplan (Axial)</p> 
<p>Turbina Banki</p> 	<p>Turbina Garman</p> 

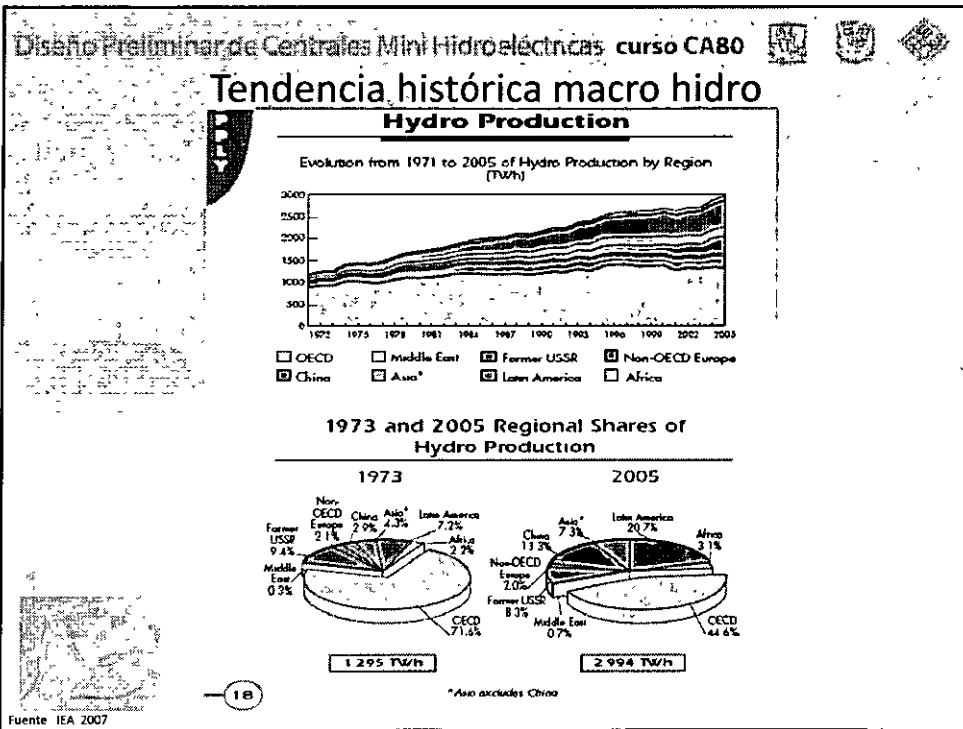
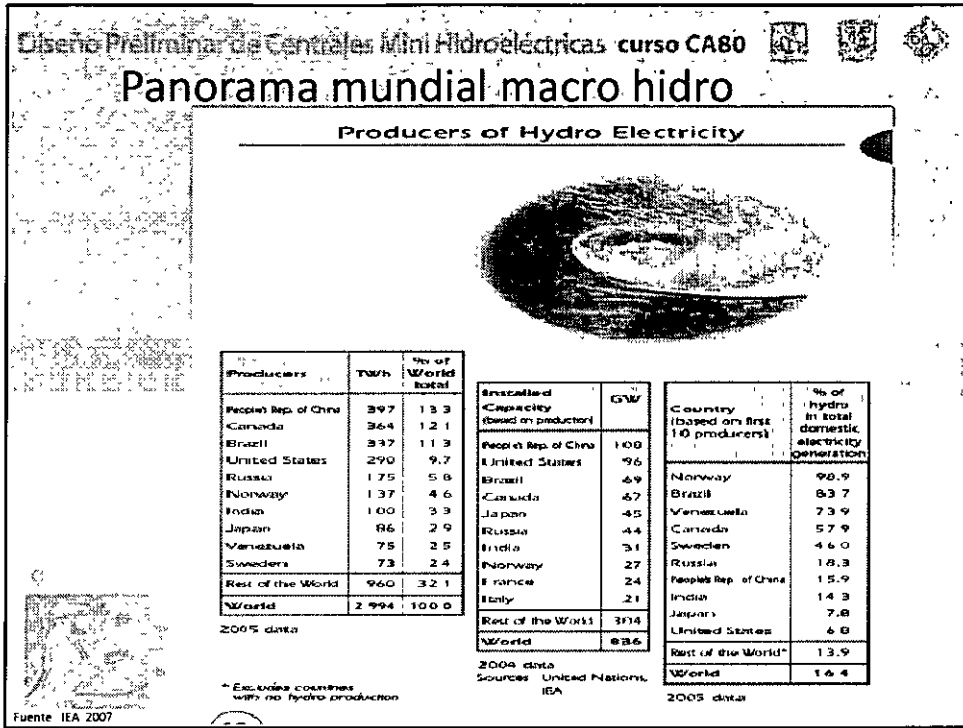
Valdez Ingenieros SA de CV



Diseño Preliminar de Centrales Mini hidroeléctricas curso CABO

La Macro hidráulica en el mundo

A small map of the world is located in the bottom left corner of the slide, highlighting areas with significant hydroelectric potential.





La Macro hidráulica en México

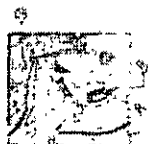


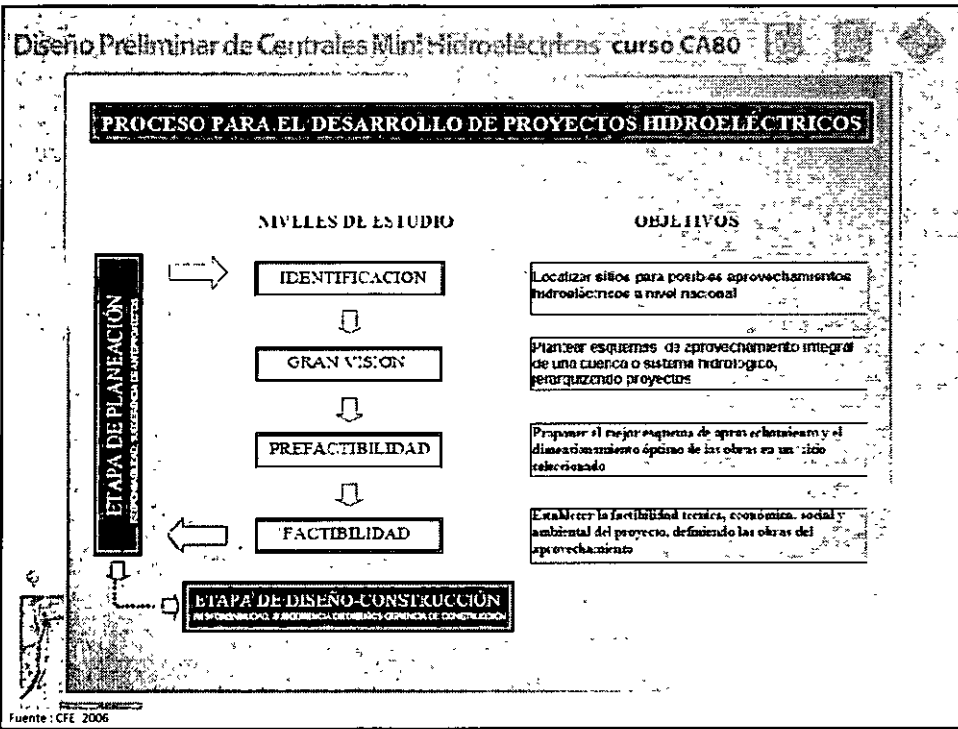
Tabla 3.
Reservas y Producción de Energías Primarias en México

	1998			2003		
	Reservas	Producción	R/P	Reservas	Producción	R/P
Petróleo	40.38x10 ⁹ b	3.07x10 ⁶ b/d	36	34.1x10 ⁹ b*	3.30x10 ⁶ b/d	28.5
Gas Natural	60.47x10 ¹² cf	4.74x10 ⁹ cf/d	34.9	63.89x10 ¹² cf	4.33x10 ⁹ cf/d	40.4
Carbón	663x10 ⁶ Ton	11.5x10 ⁶ Ton	57.6	663x10 ⁶ Ton	12.0x10 ⁶ Ton	55.2
Hidroenergía	80 TWh/a	24.62 TWh/a	30.8	80 TWh/a	19.75 TWh/a	24.5
Geotermia	10.4 TWh/a	5.62 TWh/a	53.1	10.4 TWh/a	6.28 TWh/a	60.3
Uranio	10,600 Ton	---	---	10,600 Ton	---	---

Ref. Compendio de Información del Sector Energético Mexicano, Gerardo Bazan Navarrete, México, 2003.
 Informe Estadístico de Labores 2003; PEMEX y <http://www.cfe.gob.mx>.
 * Las reservas probadas son 14.12 billones de barriles.



Fuente: SENER 2005



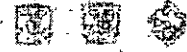
Diseño Preliminar de Centrales Mini-Hidroeléctricas curso CA80

Potencial Macro hidro nacional (CFE 2000)

Nivel estudio	Clave	No. de Proyectos	Potencia Instalada MW	Generación media anual GWh
Identificación	ID	330	21,934	64,476
Gran Visión	GV	116	7,890	18,720
Prefactibilidad	PF	34	5,307	13,040
Factibilidad	F	30	6,166	16,606
Construcción.	C	1	930	0
Operación	O	72	10,200	25,135
Total		583	52,427	137,977

Fuente: CFE 2006

Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas curso CA80



Proyectos que no planea construir CFE

CFE
Comisión Federal de Electricidad

SUBDIRECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN
COORDINACIÓN DE PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS

Fomento a Proyectos Hidroeléctricos para Inversión Social y Privada
Catálogo de Sitios

Son 112 proyectos < 50 MW

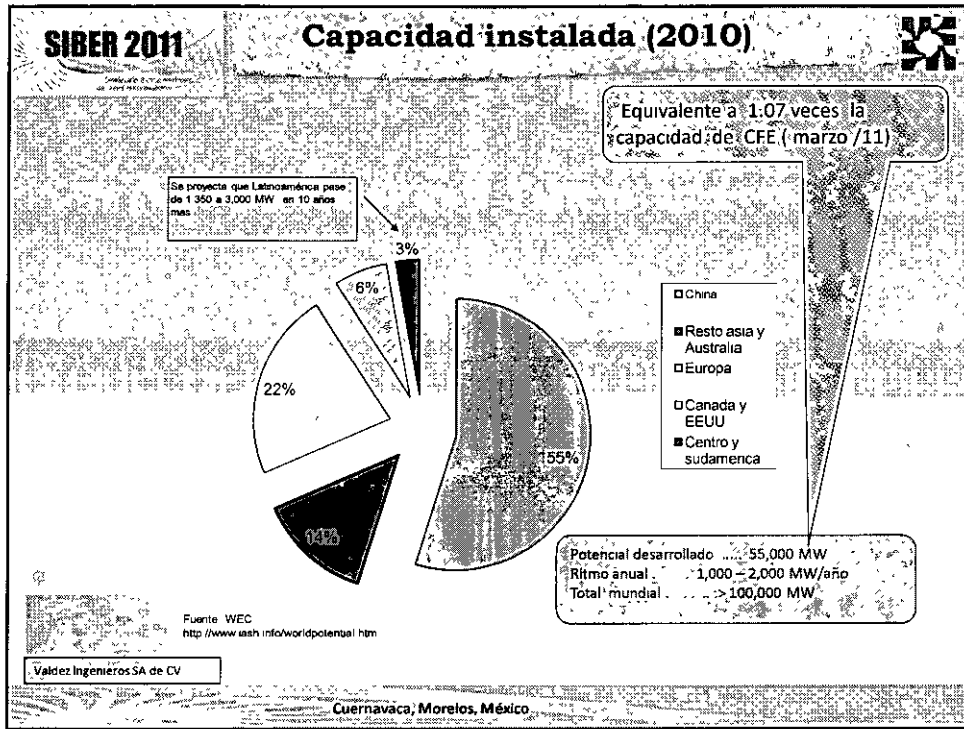
Mayo, 2006

Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas curso CA80



La Mini hidráulica en el mundo





curso CASO

La Mini hidráulica en México

Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas curso CABO

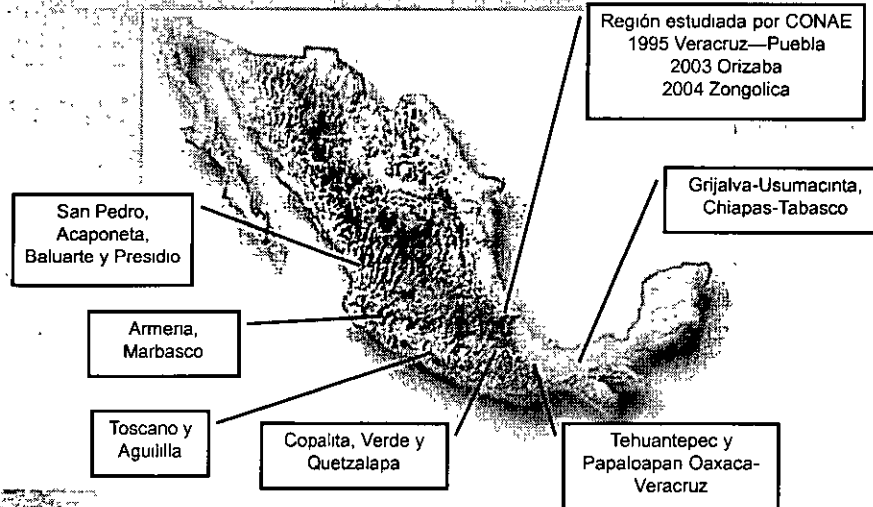
Panorama Mini hidráulico nacional

- Aún no se conoce el 100 % del potencial en México
- CONAE ha estimado (1995) que es de 3,200 MW
- Existe una capacidad de 80 MW en operación, la mayoría son plantas privadas (1 MW por planta) con más de 60 años en servicio
- México ha desarrollado solo el 2.5% de su potencial
- Se estima que existen unas 30 Micro plantas construidas en: Veracruz, Chiapas y Oaxaca (fincas de café)



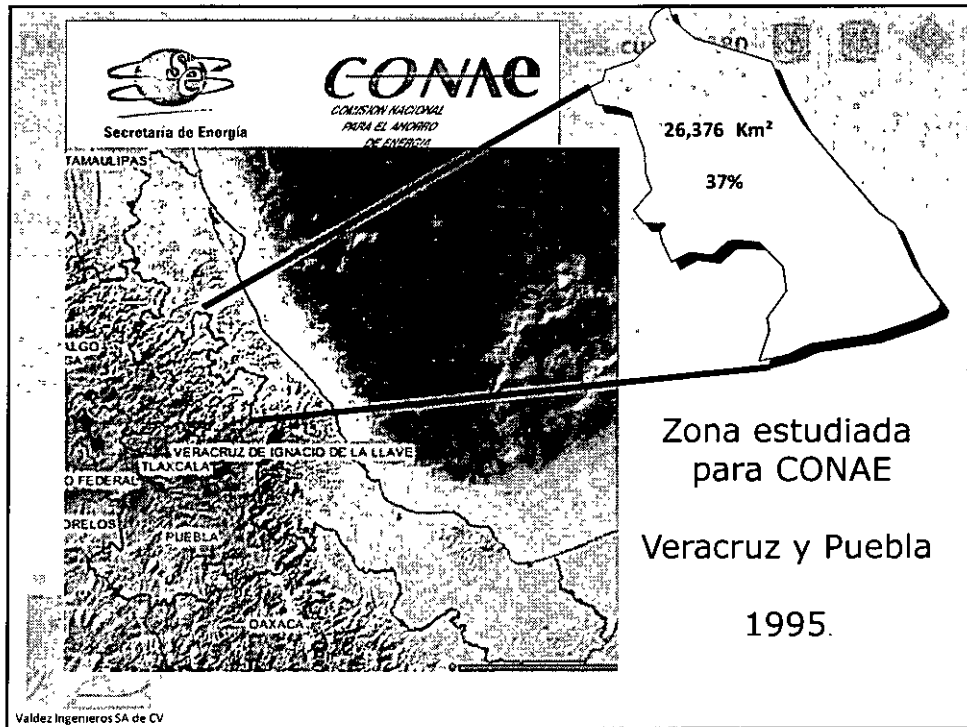
Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas curso CABO

Zonas potenciales para la Mini-hidráulica



130 ríos o afluentes de segundo orden





Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas curso CA80

Estudio de potencial Veracruz y Puebla 1995

Resultados Técnicos

• Proyectos localizados	100
• Potencia media total	400 MW
• Potencia media viable #	364 MW
• Generación media anual	3.6 TWh
• Proyectos viables (preliminar)	62
• Generación media anual viable (89%)	3.2 TWh
• Generación media anual en los 26 mejores proyectos (58% del potencial)	2.1 TWh

Valdez Ingenieros SA de CV

Estudio de potencial Veracruz y Puebla 1995 curso CA80

Resultados Económicos y Ecológicos

	\$USc/KWh*	B/C *	Recuperación (años)*
o 26 Proyectos (atractivos)	2.3	2.03	4.3
o 36 Proyectos (regulares)	3.0	1.28	7.0
o 38 Proyectos (malos)	5.0	0.67	15.0

Parámetros para la evaluación económica:

- Inversión promedio: 1,500 Dlls/ KW para B/C >2
1,900 Dlls/ KW para 1 < B/C < 2
- Tasa real de descuento: 10%

o Se evitaría el consumo de 6.45 millones de bep/año
o Se evitarían gases invernadero por 2.2 millones de ton de CO₂/año

(*) Valores promedio

Valdez Ingenieros SA de CV

Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas curso CA80

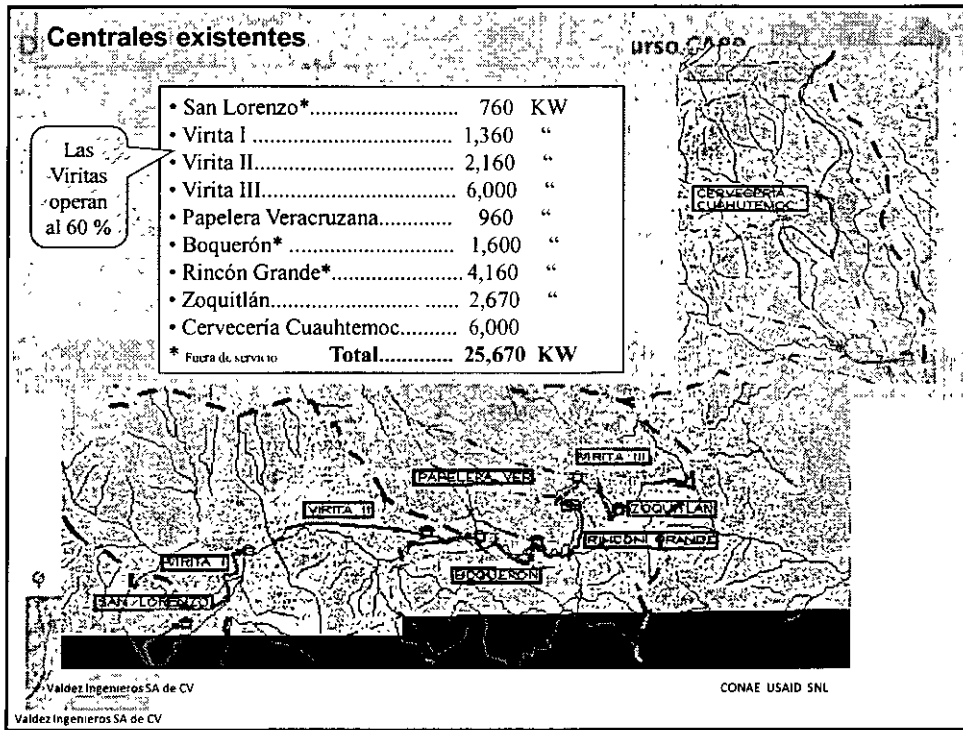
Proyectos Privados-Públicos de auto abasto

Estudio Orizaba 2003
Problemática de la zona

- La forman 8 municipios: C. Mendoza, Nogales, Río Blanco, Orizaba, Ixtaczoquitlán, Córdoba, Coscomatepec y Huatusco.
- Las principales industrias son: Alimentos, bebidas, textil, papelera, cemento, ingenios azucareros y beneficios de café.
- Se aprovecha menos del 30 % del agua disponible.
- La demanda de energía para alumbrado público es de 4 MW y crece a un 4.5 % anual. Su costo es de cerca de 3 millones de dólares al año.
- Del año 2002 al 2008 se prevé una demanda total de 100 MW adicionales a los 300 MW actuales.
- A partir del 2002 se portean 45 MW generados fuera de la zona para uso industrial.

CONAE USAID SNL

Valdez Ingenieros SA de CV



Diseño Preliminar de Centrales Mini-Hidroeléctricas curso CABO

Caso exitoso Central Jalapilla, Orizaba

- Se rehabilitó con una inversión de 1 millón de USD
- Se sustituyó la turbina (1929) y el sistema de control
- Se re embobinó el generador y nueva subestación
- Se automatizó para tele control

Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas curso CA80

Resumen Orizaba

No. Centrales	Cap. instalada KW	GMA GWh	Inversión Mill. USD	Costo unit. USD/KW
Rehabilitación 9	25,670	94.50	9.63	673
Nuevos sitios 6	36,000	144.00	53.10	1,627
Repotenciación 3	8,100	31.25	11.70	1,475
Total	70,000	270,00	75.00	



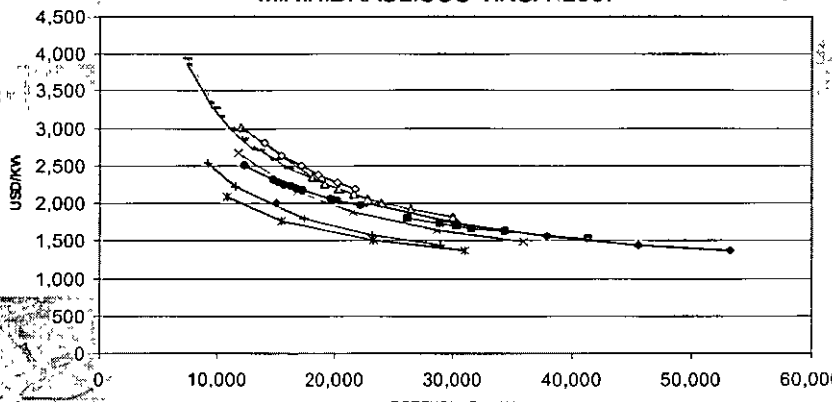
CONAE USAID SML

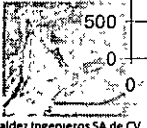
Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas curso CA80

Estudios de pre inversión 2004 - 07

- Se han localizado un total de 30 sitios viables (75 iniciales)
- La potencia económica a instalar es de 520 MW
- Se localizan entre los estados de Veracruz, Oaxaca y Chiapas

**PRECIO UNITARIO INDICATIVO DE PROYECTOS
MINIHIDRAULICOS VNSA 2007**






Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas curso CABO

Estimación de desarrollo por SENER

- Se estima que para el año 2013 se hayan desarrollado en México un poco más de 3,000 MW con siguientes fuentes renovables de energía:

Fuente	Potencia MWe	Gen. Anual Gwh	% Gen	f.u %
Geotermia	428	3,185	25.0	85
E. Eólica	980	3,000	23.5	35
Biomasa	430	3,000	23.5	80
Minihidro	980	3,000	23.5	35
Solar	320	562	4.5	20
		100.0		


* SENER "Prospectiva sobre utilización de las Energías renovables una visión al año 2030" Nov 2005



Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas curso CABO

Tareas por ejecutar

- De acuerdo a la estimación de SENER, a partir del 2006 se deberían localizar, diseñar construir y poner en servicio unos 140 MW / año de pequeñas centrales hidroeléctricas en nuestro país.
- Dependiendo de la clasificación de estas serían :
 - 1,400 / año Micro < 100 kW ó
 - 280 / año Mini 100 < kW < 1,000 ó
 - 10 / año Pequeña 1 < MW < 30
- Lo anterior requerirá de:
 - A la brevedad posible terminar de evaluar el potencial minihidráulico nacional.
 - Intensificar la difusión de sus resultados.
 - Realizar la capacitación de ingenieros y técnicos para llevar a cabo los estudios y proyectos ejecutivos requeridos.
 - Alertar a los diversos industriales del ramo metal mecánico respecto al mercado potencial para la fabricación y/o la integración de componentes provenientes del extranjero.





Ejemplo de centrales Mini y Pequeñas hidráulicas



PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL CAIRO



Entidad Contratante: Cementos El Cairo.
Firma Consultora: Integral S.A.
Firma Contratista: Núcleo Proyectos y construcciones.
Año: 1998.
Diámetro (mm): 1000.
Presión (bar): 10.
Rigidez (N/m²): 5000.
Longitud (m): 120.
Generación (MW): 2.4 .



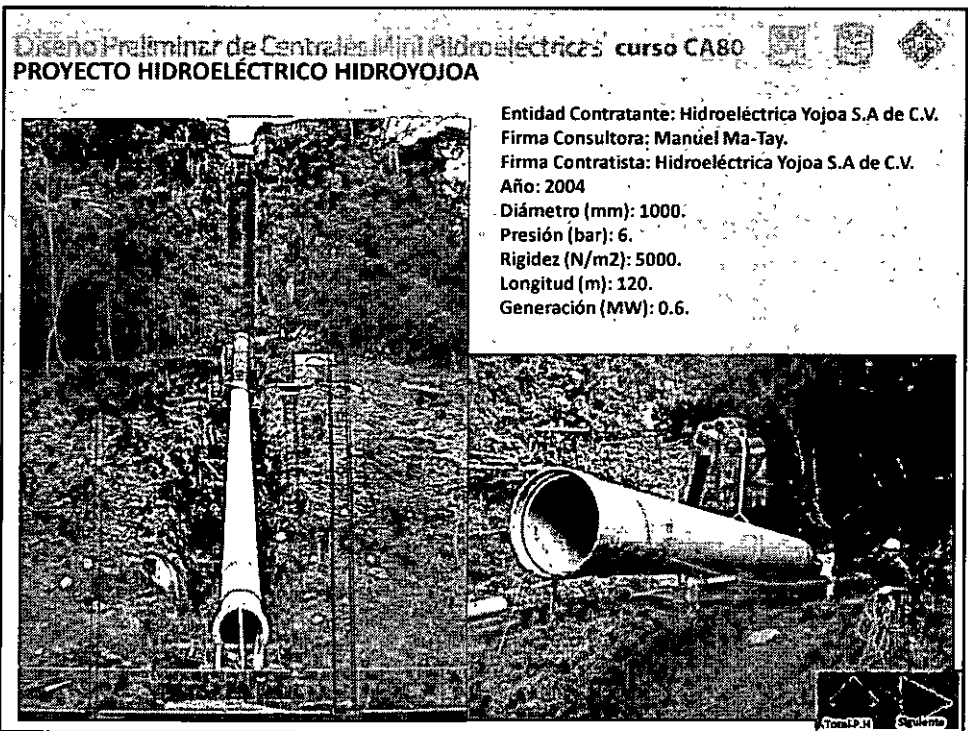
Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas curso CABO
PROYECTO HIDROELÉCTRICO CONCEPCIÓN

Entidad Contratante: Ismus Hodropower.
 Firma Consultora: Alex Vircol.
 Firma Contratista: Consorcio Dillon Construction – Eridani.
 Año: 2005
 Diámetro (mm): 2600, 2700, 2800.
 Presión (bar): 1 a 10.
 Rigidez (N/m²): 2500.
 Longitud (m): 2230.
 Generación (MW): 10.

PLANO NO. 1 - Localización del Proyecto

Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas curso CABO
PROYECTO HIDROELÉCTRICO CUYAMAPA

Entidad Contratante: Grupo Terra.
 Firma Consultora: Carbón Ingeniería.
 Año: 2005
 Diámetro (mm): 1600.
 Presión (bar): 6.
 Rigidez (N/m²): 2500.
 Longitud (m): 206.
 Generación (MW): 4.



Diseño Preliminar de Centrales Mini-Hidroeléctricas curso CA80
PROYECTO HIDROELÉCTRICO HIDROYOJOA



© 2005 de Ecoenergías

Total P.M. No. de Hojas

Diseño Preliminar de Centrales Mini-Hidroeléctricas curso CA80
PROYECTO HIDROELÉCTRICO RÍO BLANCO



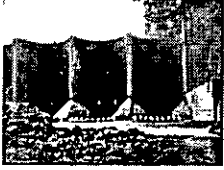
Entidad Contratante: Sociedad Hidroeléctrica Río Blanco.
Firma Consultora: Ecoenergías S. de R.L. de C.V. y Carbón.
Ingeniería.
Firma Contratista: Sociedad Hidroeléctrica Río Blanco.
Año: 2005
Diámetro (mm): 1600 y 1700.
Presión (bar): 6.
Rigidez (N/m²): 2500.
Longitud (m): 1500.
Generación (MW): 5.

© 2005 de Ecoenergías



Total P.M. No. de Hojas

Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas curso CABO

Papeles Elaborados, S.A.



HIDROTAMA, S.A

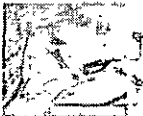



Papeles Elaborados, S.A. Presa para Embalse Hidroeléctrica Poza Verde
 Diseño y supervisión de Presa de contrafuertes y arcos múltiples para embalse sobre el Río Aguacapa, longitud 140 m, altura 14 m, volumen de embalse 785 000 m³.

Hidroeléctrica El Recreo
 Estudio topográfico y diseño para construcción de la Central Hidroeléctrica El Recreo, ubicada en El Palmar, departamento de Quetzaltenango, 26 MW Caudal de diseño 17 m³/sg. Caída 181 m. Consiste en aprovechamiento del río Samala, a construirse en cascada con el proyecto Hidroeléctrico Montecristo, cuenta con estructuras de presa y captación, tubería de presión (diámetro de 2.50 m) y casa de máquinas para alojar dos grupos de turbinas tipo Pelton de eje vertical.
 Incluye revisión de estudios de prefactibilidad y selección de alternativas, análisis hidráulico, hidroológico, diseño estructural, cuantificación, diseños

Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas curso CABO

Ejemplo de centrales Micro hidráulicas



Dis **Obras civiles de bajo costo** curso CABO



Fuente (FDG UK)

Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas curso CABO

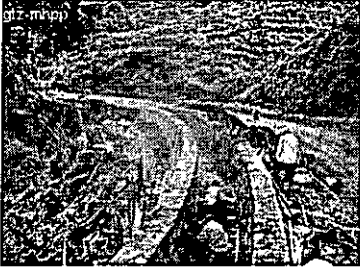

Construcción de mini hidráulica típica

Favorece la utilización de mano de obra y materiales locales

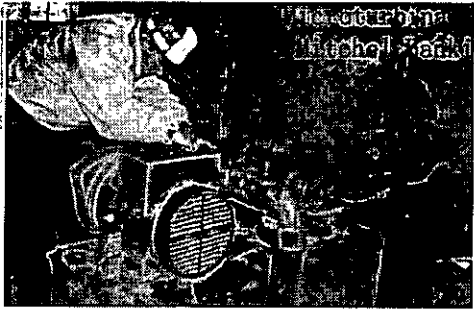

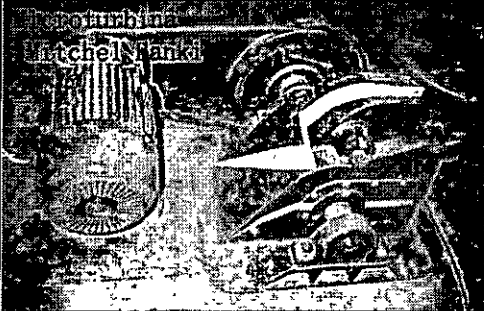

Canal de conducción
Trabajos típicos: excavación y mampostería

Casa de máquinas:
Tabique, techo lámina, piso cemento

Tubería a presión
Trabajos típicos:
excavación, apoyos mampostería y/o concreto



Ejemplos de Micro.hidraulica Curso CA80

Microturbina Mitchell Rank

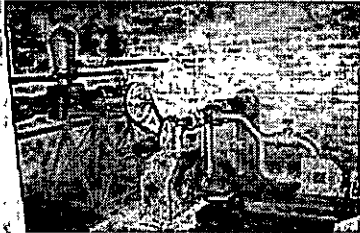
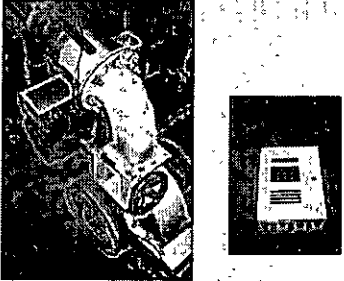
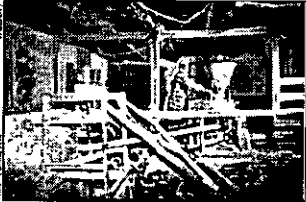

Microturbina

Microturbina Mitchell Rank

Microturbina de rio

Cortesía de ITDG, UK

Ejemplos de Micro hidraulica (cont) Curso CA80

Bombeo de agua

Regulador electrónico de carga

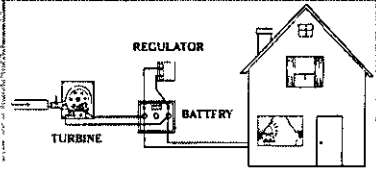
Molino de granos

Cargador de baterías

Fuente ITDG UK

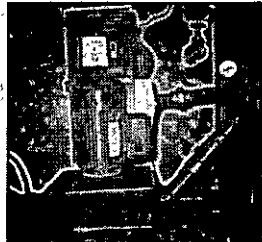

Diseno Preliminar de Centrales Mini Hidroelectricas curso CA80

Para una casa en medio rural




$1.5m < H < 60m$
 $5 < Q < 130 \text{ lps}$

Equipos paquete.: 1,000 a 7,000 USD/ KW

	MHG-200LH	MHG-500LH	MHG-1000LH
Water head	1.5 m	1.5 m	1.5 m
Water flow	35 l/sec	70l/sec	130l/sec
Output Power	200W	500W	1000W



Diseno Preliminar de Centrales Mini Hidroelectricas curso CA80

Para una pequeña granja o rancho

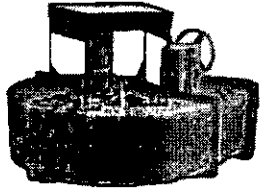




	MGH-T1				MGH-T2			
Caída H	8m	9m	10m	11m	12m	14m	16m	17m
Gasto Q (l/seg)	21	22	23	23	26	28	30	30
Potencia generador (kW)	0.60	0.78	0.9	1.00	1.22	1.54	1.88	2.00

Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas curso CA80

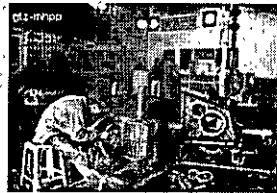
Para una pequeña comunidad o agroindustria



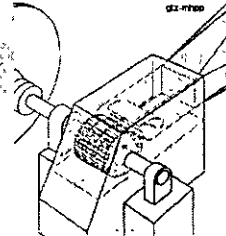
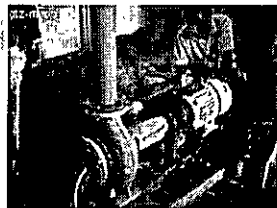
Rango típico de caída:	1.5m a 5m
Rango típico de gasto:	200 l/sec a 2000 l/sec
Rango típico de potencia:	1.7kW a 60kW



Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas curso CA80






La manufactura e instalación de varias componentes puede hacerse utilizando capacidad local: pailería, maquinados no complicados, soldadura.




Fabricación e instalación de equipo de mini hidráulica típica




Favorece la integración local de componentes



Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas curso CABO   


Metodología y programas de cómputo



Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas curso CABO   

Metodología CONUEE 2000


- En el año 2000 se elaboró una metodología para el cálculo preliminar de una central micro ó mini hidráulica
- El documento esta disponible en la pagina de CONUEE (www.conuee.org.mx)
- Esta dividida en dos partes
 1. En la primera se evalúan centrales en operación
 2. En la segunda se evalúan nuevos proyectos
- Se puede calificar un proyecto por sus variables económicas
 - Tasa Interna de Retorno
 - Relación Beneficio Costo
 - Tiempo de recuperación



Diseño Preliminar de Centrales Mini-Hidroeléctricas: curso CA80


Programas de computo

- **Programa MINIHidro CONAE (1999)**
 - Datos entrada
 - Hidrología
 - Obras civiles (Q preliminar)
 - Caminos de acceso, derecho de vía, etc.
 - Cálculos
 - Iteraciones para encontrar Q económico
 - Dimensiones finales de obras
 - Presupuesto
 - Evaluación económica
- **Programa Retscreen Canadá (1999 y 2004)**
 - Datos de entrada
 - Frecuencia de gasto
 - Carga y gasto
 - No. y Tipo de Turbina
 - Volúmenes de obra y equipos (Presupuesto)
 - Cálculos
 - Evaluación económica – financiera



SIBER 2011

Retos y barreras



Cuernavaca, Morelos, México

SIBER 2011

La "Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética" establece que la SENER debe evaluar el potencial mini hidráulico nacional.

- A la fecha no se sabe cuando se terminará de evaluar
- No se especifica en la ley si se hará pública dicha información

- Para hacer los trámites de una mini hidráulica, se requieren de unos 15 tramites ante 5 instituciones (2 a 3 años)
 - Se solicitan una serie de estudios e ingenierías cuyo costo puede superar los 2 MM \$ sin tener ninguna garantía del otorgamiento de la concesión de agua.
- En algunas regiones por ignorancia ó no tomar en cuenta a la población local ha habido rechazo social a las obras.
- Existe la declaratoria de veda condicionada en mucho ríos lo que dificulta el otorgar concesiones ó permisos.
- No se publican planos a nivel estatal de las redes eléctricas actualizadas de distribución (líneas y subestaciones).

• No existe una tarifa preferencial ("Feed in") para mini hidráulicas como en otros países. Se paga al 85% del Precio Medio de Corto Plazo (CMCP)

Cuernavaca, Morelos, México

SIBER 2011

Ejemplos de tarifas preferenciales


Pais	Período años	Tarifa Cents US/kWh	Capacidad por central MW
USA	10 - 20	31	< 1.5
Italia	15	29	< 1
Portugal	5 -10	26	< 10
Alemania	20	4 - 17	n.a.
Canadá (Ontario)	20	13	< 50
Ecuador	12	5.5 - 6.4	< 2 % cap. Inst. (67)
México	20	4	< 30

<http://www.futurepolicy.org/2577.html>


85% del CMCP

Cuernavaca, Morelos, México

SIBER 2011




Facilidades




Cuernavaca, Morelos, México

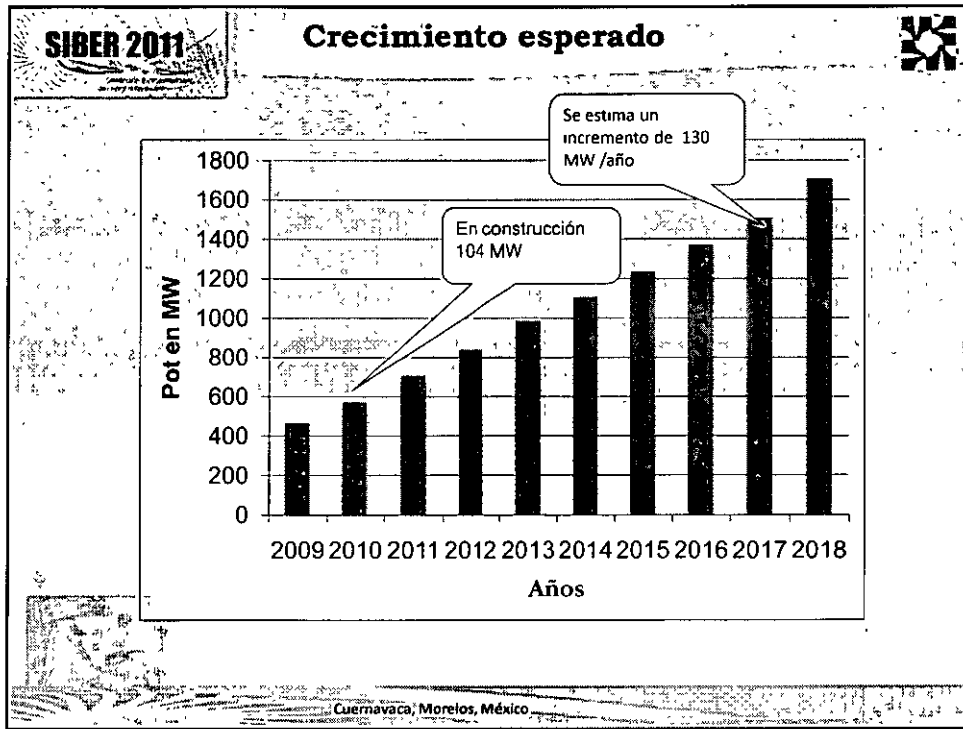
SIBER 2011



- Se creó el "Contrato de Interconexión para Fuentes de Energías Renovables". La energía sobrante producida se puede acumular en el Banco de Energía de la CFE para su aprovechamiento o venta en los siguientes 12 meses.
- Existe un cargo fijo por porteo de energía renovable
 - Alta y media tensión: 0.03037 \$/ kWh (0.23 cents USD / kWh)**
 - Baja Tensión: 0.06074 \$/kWh. (0.43 cents USD / kWh)**
- Las inversiones en maquinaria y equipo para la generación de energía para fuentes renovables, pueden deducir 100% de la inversión en un solo ejercicio.
- Para centrales < 30 MW no se requiere tramitar la concesión para el uso de agua CNA



Cuernavaca, Morelos, México



SIBER 2011

Conclusiones y recomendaciones

Cuernavaca, Morelos, México

SIBER 2011

Conclusiones

- Existe un potencial de más de 3,000 MW en mini hidráulicas. Falta actualizarlo.
- Se ha explotado solo el 16 % de dicho potencial.
- Se han dejado de emitir a la atmósfera 970 mil ton de CO₂/ año
- En la última década se ha logrado la participación de la IP en estas centrales.
- La mayoría de las modalidades de generación ha sido el "auto abasto remoto".
- El desarrollo de las centrales genera beneficio económico local (rural) y ecológico.
- Pueden contribuir al control de avenidas, reducir la erosión de cuencas.
- Los trámites para obtener permisos son costosos, tardados y riesgosos.
- No existe una tarifa preferencial para mini hidráulicas como en otros países.

Recomendaciones

- Publicar el potencial Mini hidráulico nacional actualizado.
- Modificar el procedimiento para obtener los permisos para generación (ventanilla única?).
- Que CFE ofrezca una tarifa preferencial similar a la de otros países.
- Buscar el desarrollo de mini hidráulicas privado – públicas en localidades marginadas.

Cuernavaca, Morelos, México

SIBER 2011

Muchas Gracias

Ing. Luis Héctor Valdez Báez

vinsa01@gmail.com

Cuernavaca, Morelos, México



Curso:

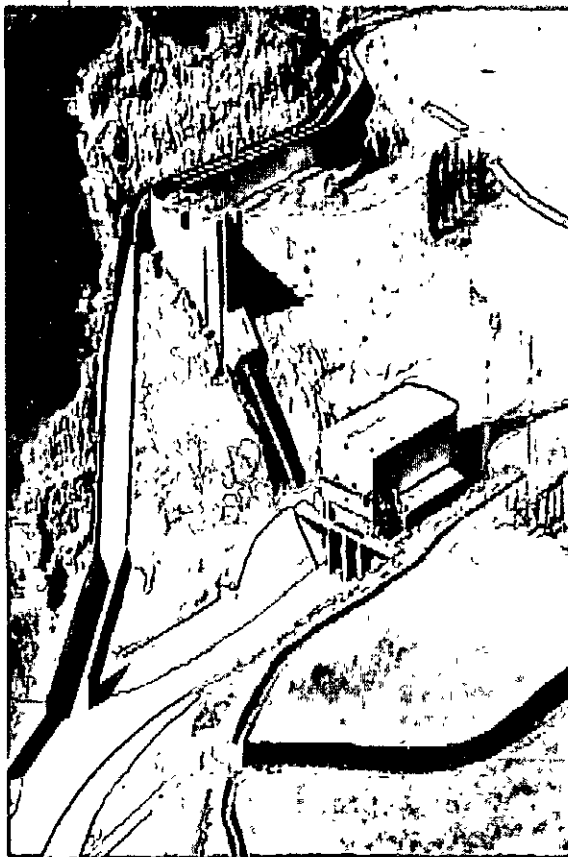
Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas

curso CA80

06 de agosto al 10 de septiembre

duración: 30 hrs

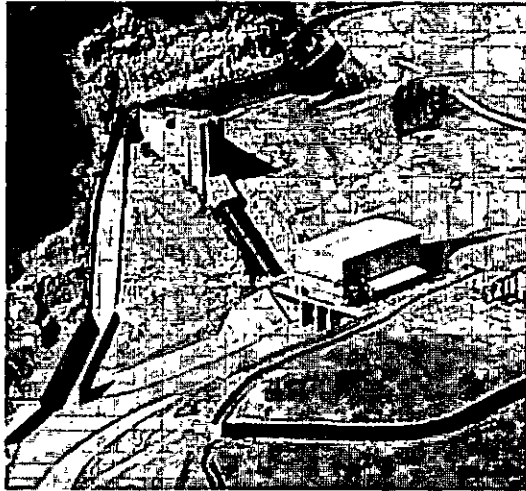
Ing. Luis Héctor Valdez Báez



**Evaluación
del
Recurso Hídrico**

Curso:

Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas



Evaluación Del Recurso Hídrico

Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas curso CA80

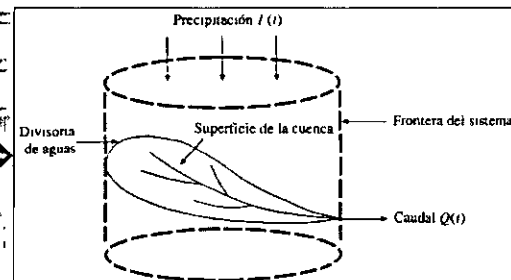
Evaluación del recurso hídrico

Conceptos básicos

•Cuenca.- Zona de la superficie terrestre donde la lluvia que cae sobre ella tiende a ser drenada por el sistema de ríos hacia un mismo punto de salida.

•Parteguas.- Frontera virtual formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que delimita la cuenca.

•Área de la cuenca.- Superficie en proyección horizontal

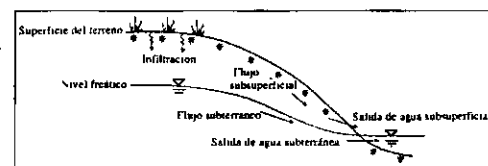
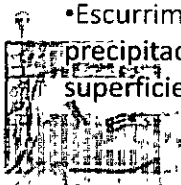


•Precipitación.- Fuente primaria del agua de la superficie terrestre.



Sus mediciones son importantes para estudios del uso y control de agua

•Escurrimiento.- Agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie y que llega o forma un río



Evaluación del recurso hídrico

Conceptos básicos

Polígonos de Thiessen.- Método por el cual se puede determinar la precipitación media en una cuenca.



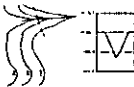
Curva de nivel.- Línea que une puntos del terreno con la misma altitud.



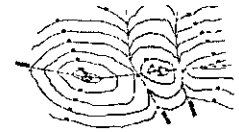
Parteaguas.- Se forma con las líneas de máxima pendiente entre curvas de nivel.



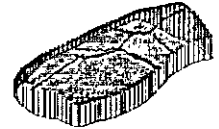
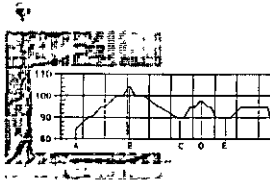
Cauce.- Zona de la superficie donde se acumulan y circulan las aguas provenientes del escurrimiento superficial.



Colina.- Son depresiones montañosas suaves por los que se puede pasar con facilidad.



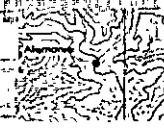
Cumbres.- Son los puntos más altos del parteaguas. Se caracterizan por curvas de nivel cerradas con cotas decrecientes



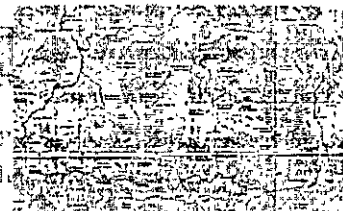
Evaluación del recurso hídrico

Área de captación

• Ubicar el punto de captación del agua o de derivación del río en la carta topográfica.



• Trazar el parteaguas para delimitar la cuenca del proyecto.



Calcular el área de la cuenca del proyecto.



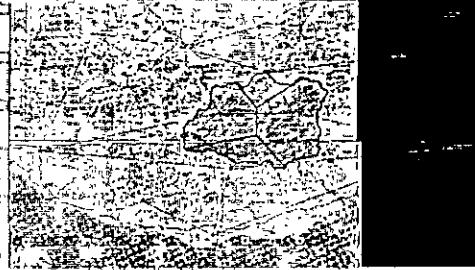
Con el trazo de la cuenca queda definida el área que tienen que cubrir las estaciones climatológicas



Evaluación del recurso hídrico

Precipitación media

- Las estaciones climatológicas cercanas se ubican sobre la carta topográfica.
- Trazo de polígonos de Thiessen para determinar la precipitación media anual en la cuenca.
- Definir los polígonos que intervienen en el cálculo.
- Se obtiene el área y se conoce la precipitación de c/u de los polígonos

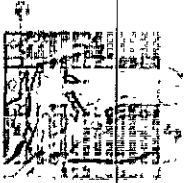


Este método supone que cada estación se rodea de un polígono y todo el polígono recibe la misma precipitación que la estación.

Para trazar los polígonos se trazan las mediatrices (perpendicular en el punto medio) de los segmentos que unen entre sí las diversas estaciones.



Calcular la precipitación media anual en la cuenca.



No. de Polígono	Nombres de la Estación Climatológica	Precipitación de la Estación (mm/año)	Área Polígono (km ²)	Polígono Límite (km ²)
1	JICUILA	2 500	110 24	464 28
2	SAN LUCAS DE BARAHONA	1 350	474 40	573 78
3	PUERTO RICO	5 100	187 27	567 05
4	SAN FRANCISCO DE ASIS	1 300	561 29	731 03
TOTAL		1 000 1	1 291 20	2 077 15

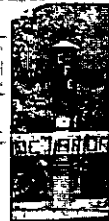
$$\bar{P} = \frac{1}{A} \sum_{j=1}^n A_j P_j$$

Evaluación del recurso hídrico

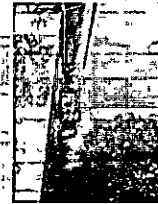
DOS METODOS

•DIRECTO

- Si existe estación hidrométrica en el río de estudio
- Transferencia hidrométrica de cuenca vecina

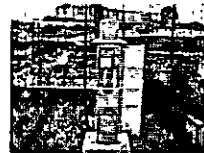


Con información suficiente (20 años).



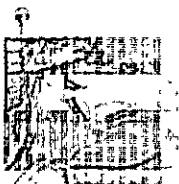
•INDIRECTO

- Precipitación-Escorrentamiento
- Si existe información climatológica
- Coeficiente de escurrimiento de



Con información suficiente (20 años).

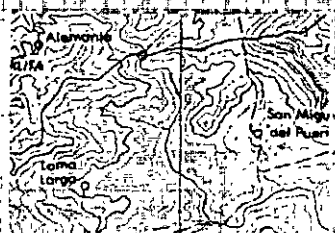
⇒ Transferencia Hidrométrica y climatológica



En función del tipo y uso del suelo

Evaluación del recurso hídrico

Método directo



Ubicar estación hidrométrica

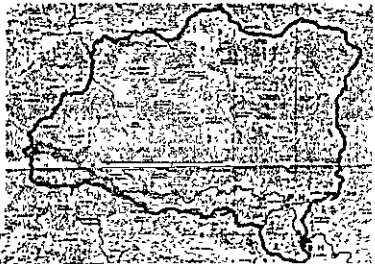


Calcular la precipitación media anual en la cuenca de la E.H.

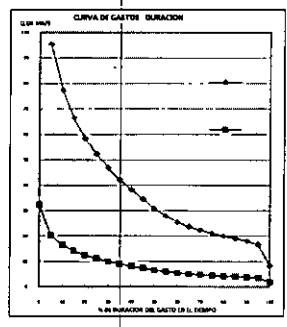
Orden	Nombre de la Estación	Precipitación (mm/año)	Área Cuenca (km²)	Volumen Litros/año
1	ALMANIA	1.450	1.182,33	1.710,00
2	SAN MIGUEL SUCHATEPEC	1.352	424,39	573,78
3	LA LOMA LARGO	1.335	262,50	347,20
4	SAN FRANCISCO OZOLTEPEC	1.303	602,27	784,76
TOTAL		1.310	1.347,50	2.177,42

Para transferir la información de la estación hidrométrica se necesita un factor de corrección

$$f(x)$$



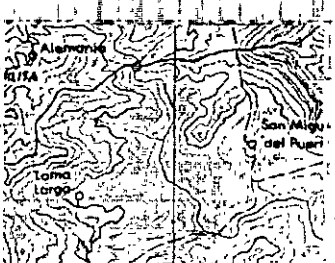
Calcular el área de la cuenca de la estación hidrométrica



$$\frac{V_{e.H.}}{V_{e.H.}} = \frac{A_{p.H.} P_{p.H.}}{A_{e.H.} P_{e.H.}} = ft$$

Evaluación del recurso hídrico

Método directo



Ubicar estación hidrométrica

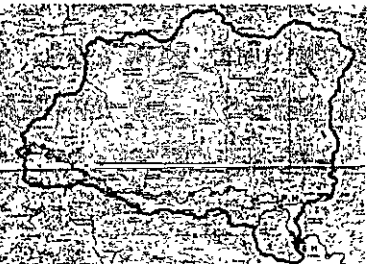


Calcular la precipitación media anual en la cuenca de la E.H.

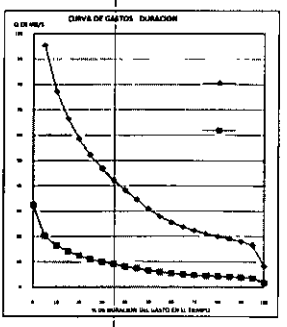
Orden	Nombre de la Estación	Precipitación (mm/año)	Área Cuenca (km²)	Volumen Litros/año
1	ALMANIA	1.450	1.182,33	1.710,00
2	SAN MIGUEL SUCHATEPEC	1.352	424,39	573,78
3	LA LOMA LARGO	1.335	262,50	347,20
4	SAN FRANCISCO OZOLTEPEC	1.303	602,27	784,76
TOTAL		1.310	1.347,50	2.177,42

Para transferir la información de la estación hidrométrica se necesita un factor de corrección

$$f(x)$$



Calcular el área de la cuenca de la estación hidrométrica



$$\frac{V_{e.H.}}{V_{e.H.}} = \frac{A_{p.H.} P_{p.H.}}{A_{e.H.} P_{e.H.}} = ft$$

Evaluación del recurso hídrico

Método Indirecto

Trazar y calcular las áreas de los diferentes usos y tipo de suelo en la cuenca



VALORES DE K EN FUNCION DE: USO DEL SUELO	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
Barbecho, áreas incultas y desnudas Cultivos:	0,26	0,28	0,30
En Hileras	0,24	0,27	0,30
Legumbres o rotación de pradera	0,24	0,27	0,30
Granos pequeños	0,24	0,27	0,30
Pastizal:			
% del suelo cubierto o pastoreo			
Más del 75% - Poco	0,14	0,20	0,28
Del 50 al 75% - Regular	0,20	0,24	0,30
Menos del 50% - Excesivo	0,24	0,28	0,30
Bosque:			
Cubierto más del 75%	0,07	0,18	0,24
Cubierto del 50 al 75%	0,12	0,22	0,28
Cubierto del 25 al 50%	0,17	0,26	0,28
Cubierto menos del 25%	0,22	0,28	0,30
Zonas urbanas	0,26	0,29	0,32
Caminos	0,27	0,30	0,33
Pradera permanente	0,18	0,24	0,30

$$\bar{K} = \frac{\sum_{j=1}^m K_j \times A_j}{\sum_{j=1}^m A_j}$$

El valor K es la resultante de subdividir la cuenca según el uso y tipo de suelo y obtener el promedio ponderado

SUELOS	CARACTERISTICAS
TIPO A	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loes poco compactos
TIPO B	Suelos medianamente permeables tales como arenas de mediana profundidad loes algo más compactos que los correspondientes a los suelos A, terrenos migajosos
TIPO C	Suelos casi impermeables tales como arenas y loes muy delgados sobre una capa impermeable o bien arcillas

Si $K < 1$

$$C_e = \frac{K(P-250)}{2000}$$

$$C_e = \frac{K(P-250)}{2000} + \frac{(K-0.15)}{1.5}$$



Precipitación media anual entre 350 y 2150 mm





Curso:

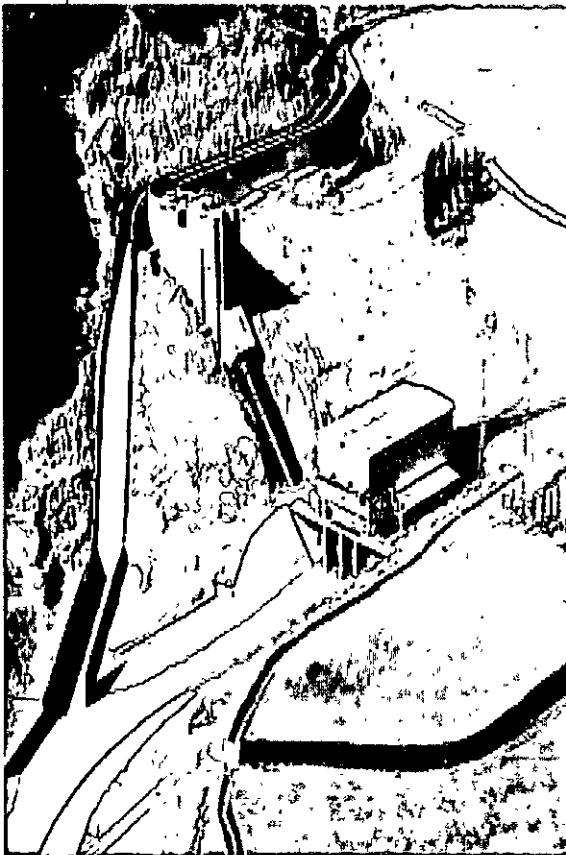
Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas

curso CA80

06 de agosto al 10 de septiembre

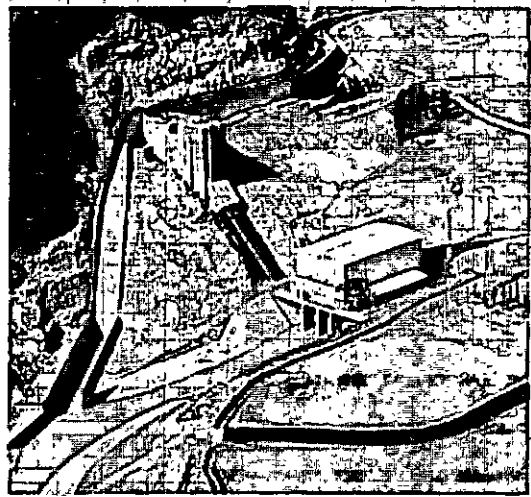
duración: 30 hrs

Ing. Luis Héctor Valdez Báez



**Introducción
a la
metodología**

Curso:
Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas



**Introducción
a la
metodología**

Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas curso CA80

Introducción A La Metodología

Recopilación y análisis de la información

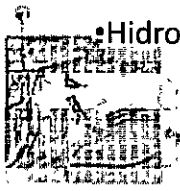
• Cartográfica



Identificar el sitio

• Climatológica

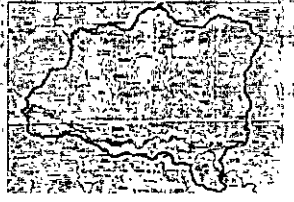
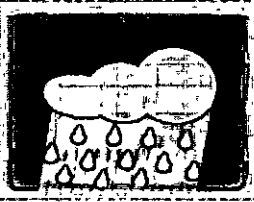
• Hidrométrica



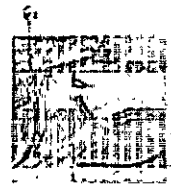
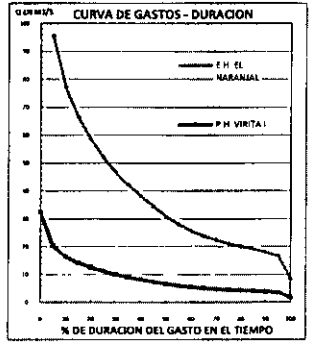
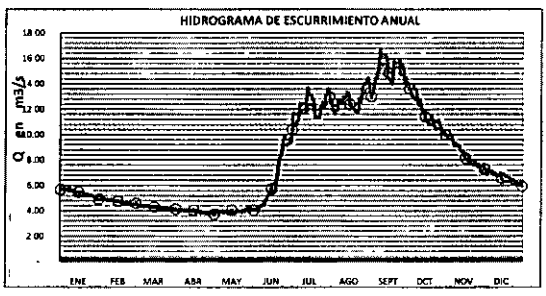
Introducción A La Metodología

Evaluación del recurso hídrico

- Cuenca (s)
- Precipitación (es)
- Tipos y usos del suelo
- Cálculos
- Resultados
 - Hidrograma anual
 - Grafico Gastos-duración



$$\begin{array}{r} 9 \\ + 5 \\ + 3 \\ \hline 17 \end{array} \quad \begin{array}{r} 12 \times 6 \\ + 5 \\ + 4 \\ \hline 77 \end{array}$$

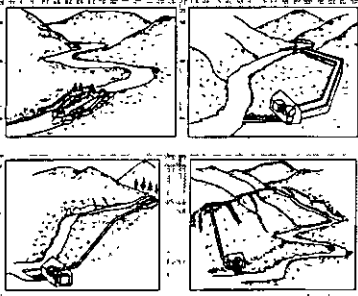
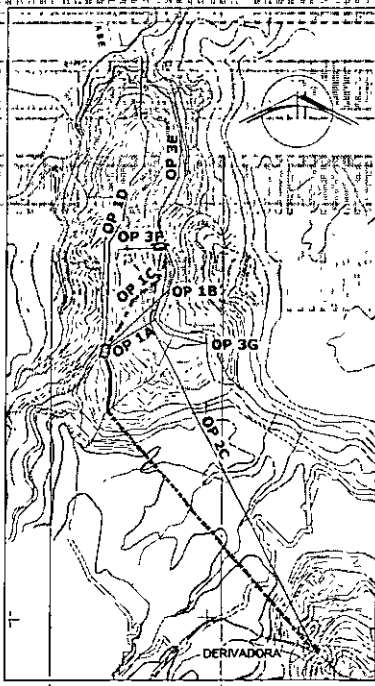


Introducción A La Metodología

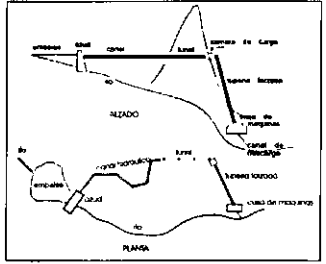
Alternativas técnicas

- Opciones de carga aprovechable
- Opciones de obra del proyecto

↓
Esquema de la central



Fuente ITDG, Perú

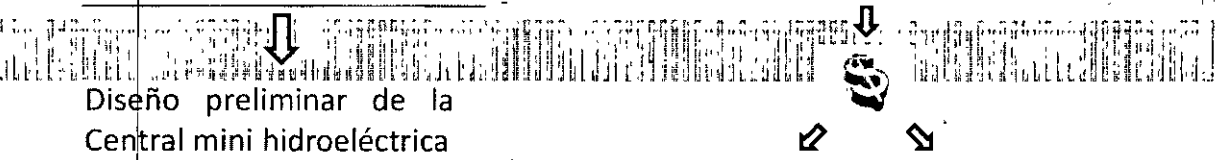
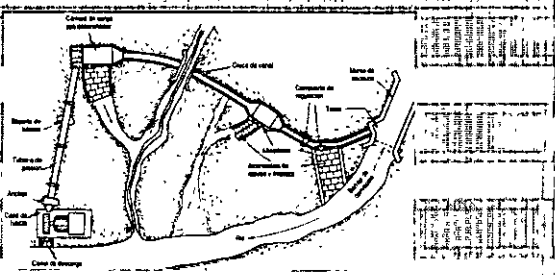


Fuente ESHA, Europa

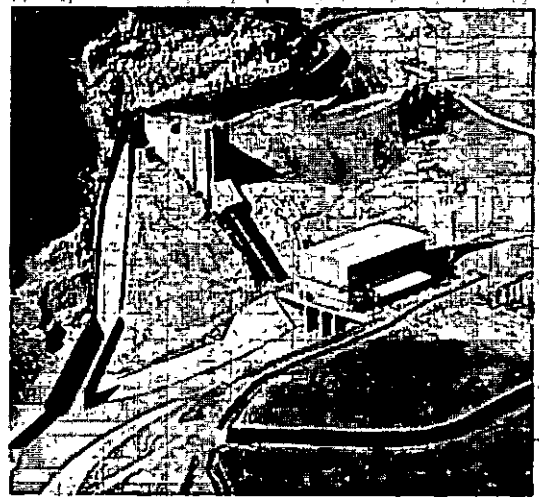
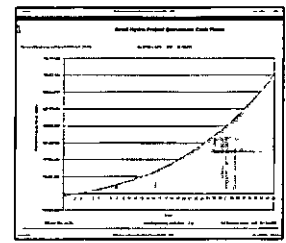
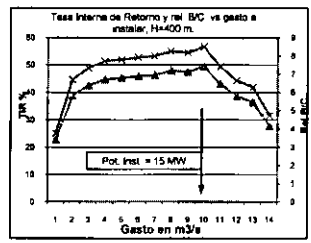
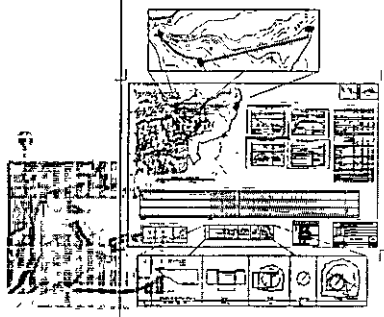


Evaluación económica

- Definir Carga aprovechable más rentable
- Definir Gasto aprovechable más rentable



Diseño preliminar de la Central mini hidroeléctrica



Recopilación
y
Análisis
De La
Información

Recopilación y análisis de la información

Cartografía:

• Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI

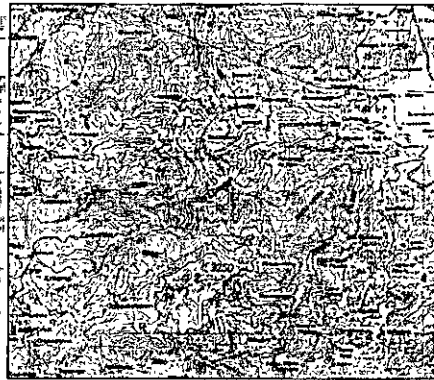
• Cartas 1:250,000

• Cartas 1:50,000

• Mapa Digital de México

• Google Earth

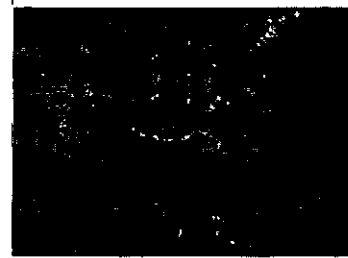
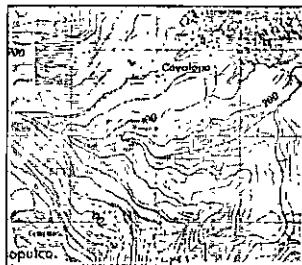
• Fotogrametría



Zona de estudio



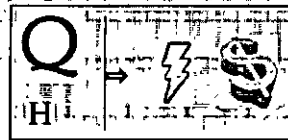
- Identificar el sitio
- Carga posible
- Infraestructura existente
- Dificultad del terreno
- Características de la(s) cuenca(s)
- Desarrollar el est. Hidrológico
- Diseño preliminar de la central



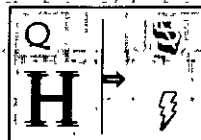
Recopilación y análisis de la información

Identificación del sitio

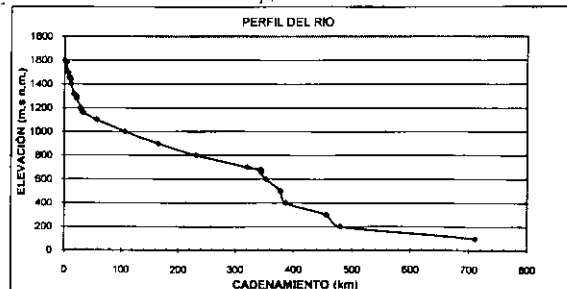
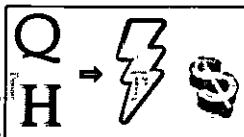
• En zonas costeras el gasto de los ríos es abundante pero la carga es muy baja



• En zonas de montaña la carga es muy alta pero el gasto de los ríos es escaso



La viabilidad de la central depende de su potencial energético



El sitio ideal debe combinar una carga máxima en una distancia mínima



Recopilación y análisis de la información

Identificación del sitio

Ejemplo



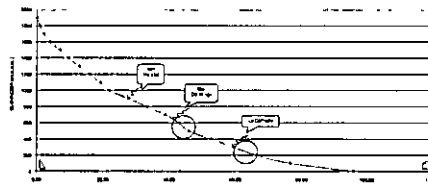
Insertar imagen de la carta Topográfica INEGI en Autocad



Sobre la carta dibujar el río y las curvas de nivel que lo cruzan para dibujar el perfil del río



Escalar imagen con base en la cuadrícula de coordenadas UTM



Con el perfil se selecciona el sitio



Recopilación y análisis de la información

Climatológica

- Delimitar la zona de estudio del proyecto
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN)
- Estaciones climatológicas cercanas



Trazo de cuenca

Precipitación diaria (20 años)



Ordenar y revisar los datos



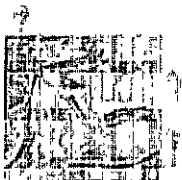
Calcular la mediana diaria de los datos



Eliminar datos inconsistentes

$$\frac{+8}{+2}$$

Sumar las medianas para obtener:



Precipitación normal anual

Recopilación y análisis de la información

Hidrométrica

• Verificar la existencia de estaciones hidrométricas en la región

• Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)

• Estaciones hidrométricas cercanas



Ubicar la(s) estación(es)

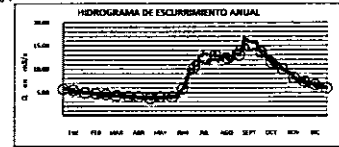
gastos medios diarios (20 años)



Ordenar y revisar Los datos



Calcular la mediana diaria de los datos



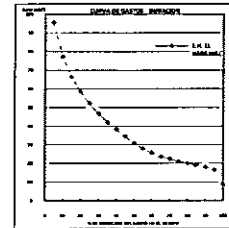
Eliminar datos inconsistentes



Calcular el promedio Anual de los datos



Obtener la curva de gastos-duración de la E.H.





Curso:

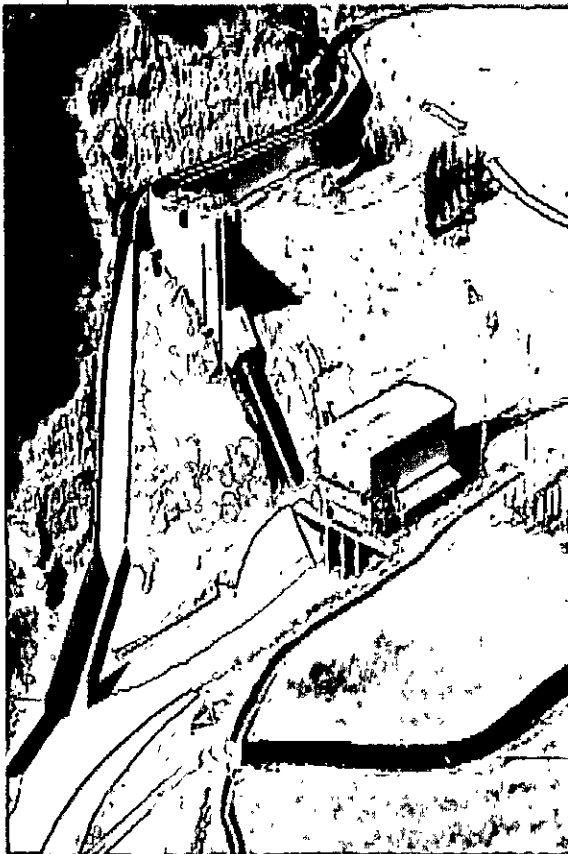
Diseño Preliminar de Centrales Mini Hidroeléctricas

curso CA80

06 de agosto al 10 de septiembre

duración: 30 hrs

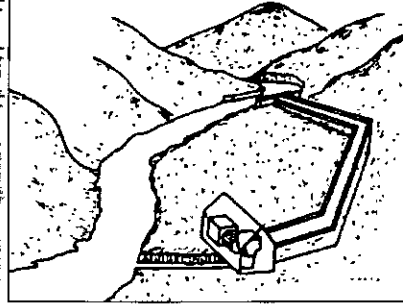
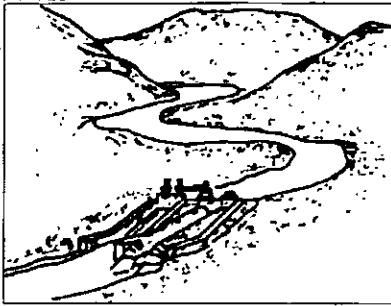
Ing. Luis Héctor Valdez Báez



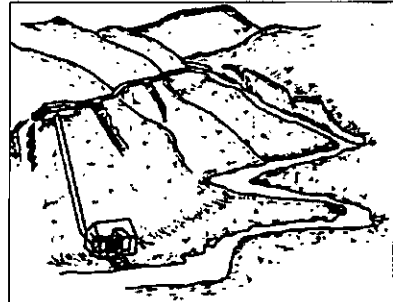
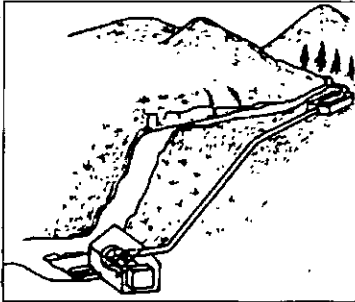
**Obras
Civiles**

Esquemas Típicos de centrales

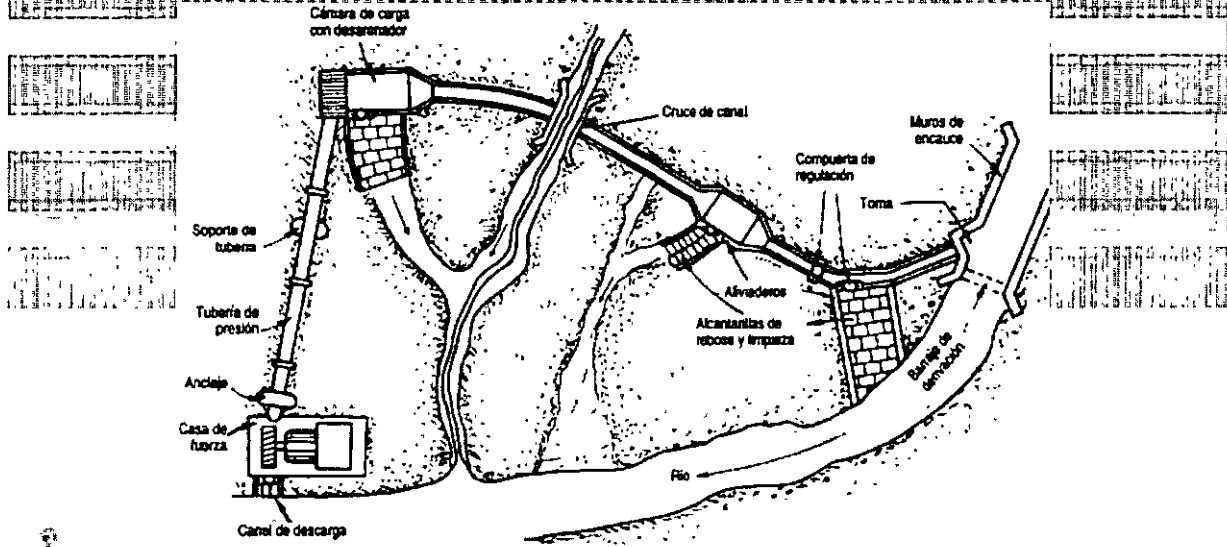
De baja carga.



De alta carga.



Obras civiles principales



•Obra de captación

•Obras de conducción

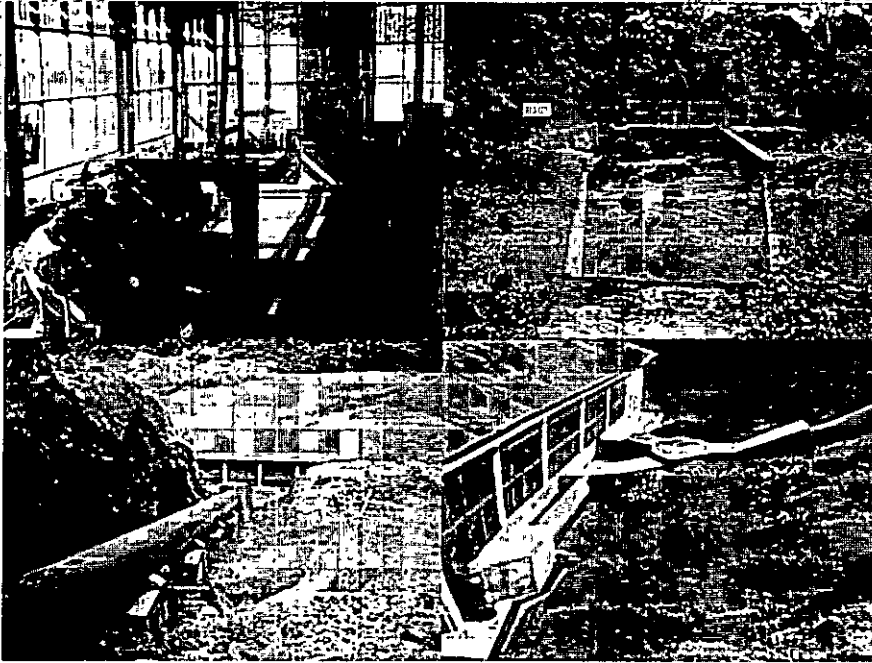
•Tubería a presión

•Tanque de carga

•Casa de máquinas

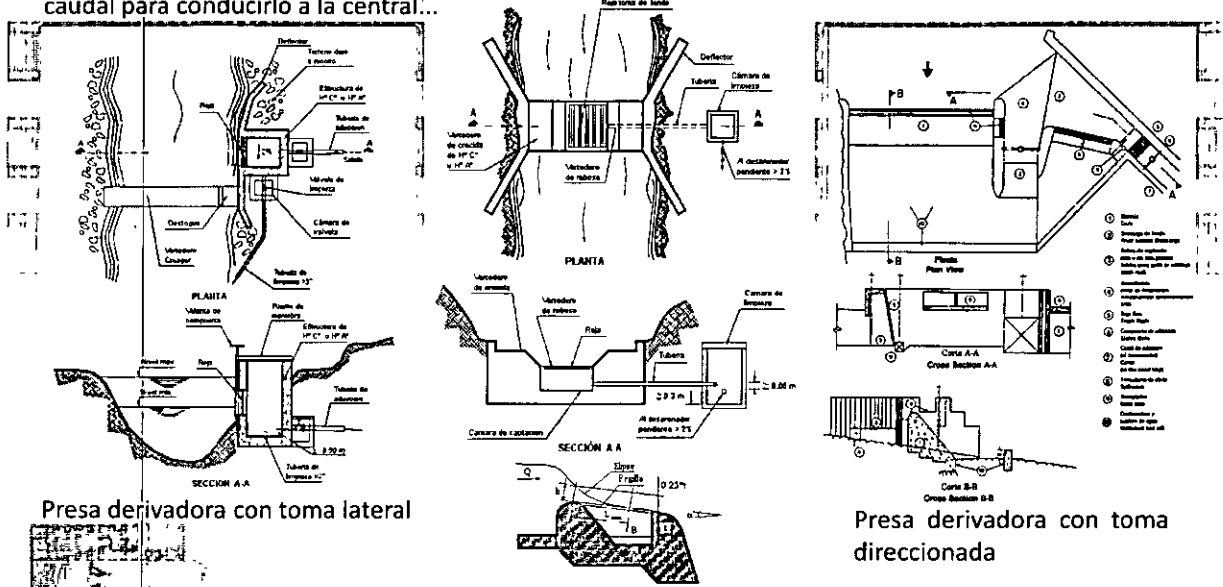


Obras civiles principales



Obra de captación

Estructura de tipo gravedad o presa derivadora, construida sobre el cauce permite desviar parte del caudal para conducirlo a la central...



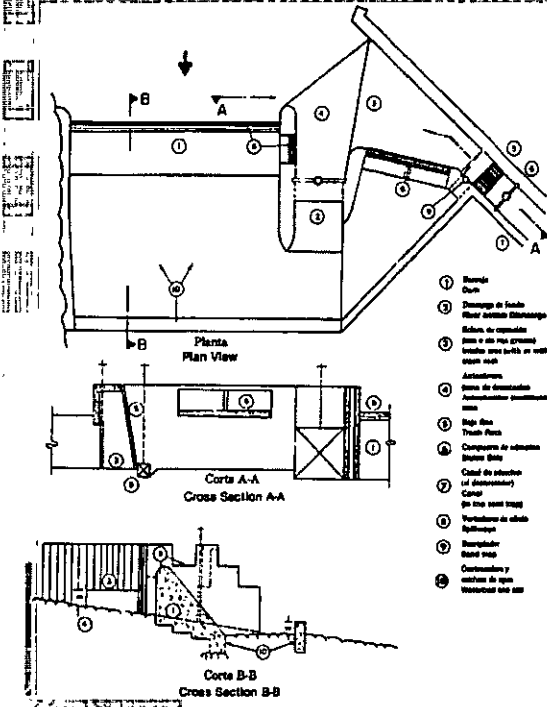
Presas derivadora con toma lateral

Presas derivadora con toma direccionada

Tipo montaña, con toma en el fondo

...su misión no es almacenar agua sino remansarla para que pueda ser desviada

Obra de captación

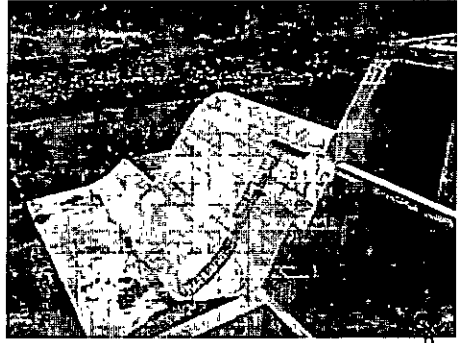


- 1) Ducto
- 2) Ducto
- 3) Ducto de escape
- 4) Ducto de escape
- 5) Ducto de escape
- 6) Ducto de escape
- 7) Ducto de escape
- 8) Ducto de escape
- 9) Ducto de escape
- 10) Ducto de escape
- 11) Ducto de escape
- 12) Ducto de escape
- 13) Ducto de escape
- 14) Ducto de escape
- 15) Ducto de escape
- 16) Ducto de escape
- 17) Ducto de escape
- 18) Ducto de escape
- 19) Ducto de escape
- 20) Ducto de escape

Deben construirse preferentemente sobre suelo ROCOSO

Presas derivadora:

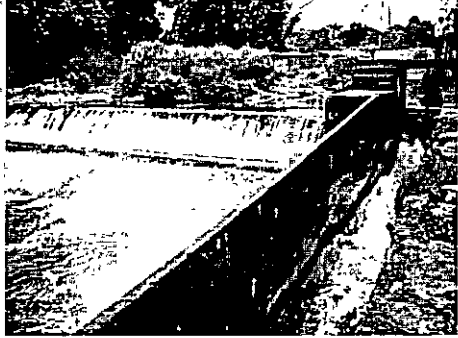
- Vertedor
- Obra de toma
- Compuertas de regulación
- Canal desarenador
- Muros de encauce.



Obra de captación

•Vertedor.- permite que el exceso de agua pase sin producir daños

•Obra de toma.- permite desviar el agua requerido por la central hacia la conducción.



$$Q = CLH^{3/2}$$

- Q gasto sobre el vertedor
- C coef. de vertido
- L ancho del vertedor
- H altura del agua sobre el vertedor

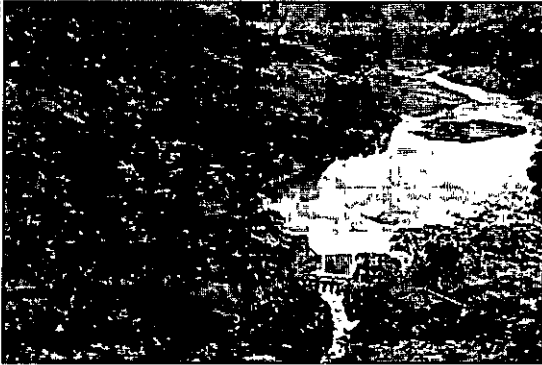
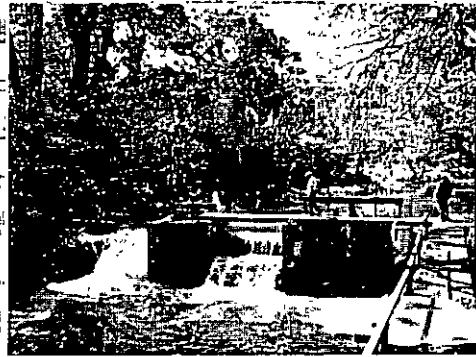
•Se debe incorporar una rejilla o un sistema que impida la entrada de ramas, troncos y/o basura.

•Si el arrastre de sólidos en suspensión es considerable se recomienda la construcción de un tanque desarenador



Obras Civiles

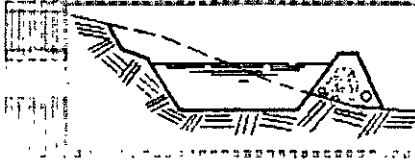
Obra de captación



Obras Civiles

Obras de conducción

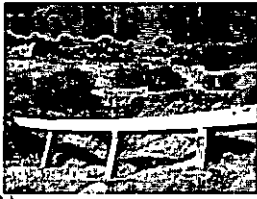
• Un sistema de conducción de agua estará formado por un canal principal y por las estructuras que fueren necesarias para salvar obstáculos como depresiones, desniveles, cruzar cerros, desviar el agua a otros canales, cruzar otros canales, arroyos, drenes, vías de ferrocarril, caminos, etc.



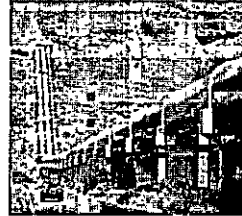
Canal



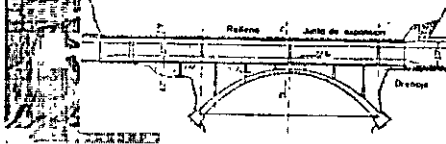
Tunel



Acueducto

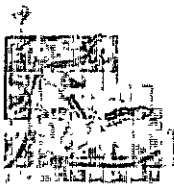
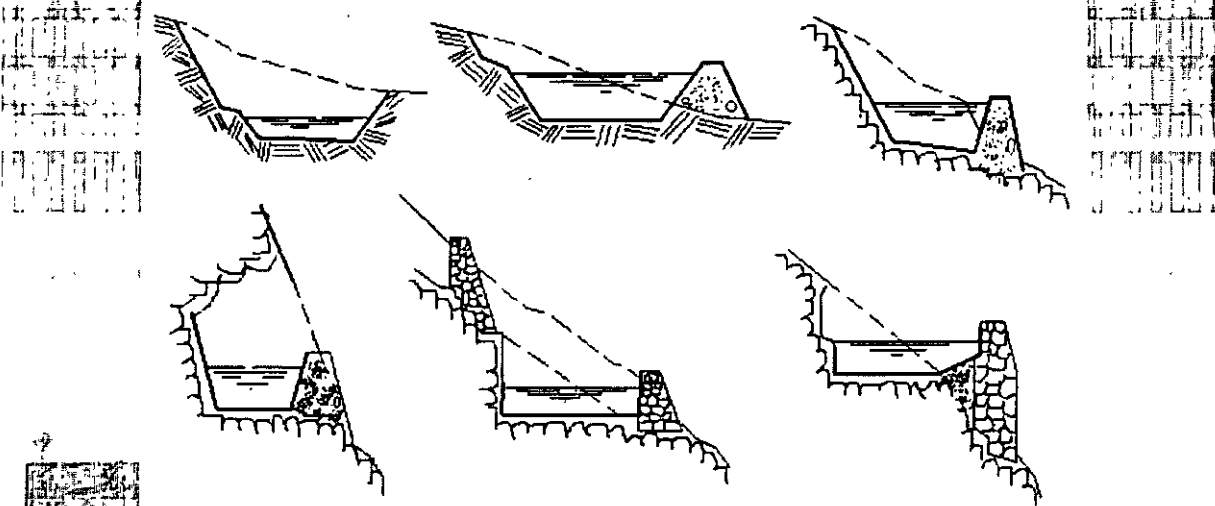


Sifón



Obras de conducción

• Canales: puede conducir agua de un lado hacia otro, a superficie libre o por gravedad



$f(x)$ A, S

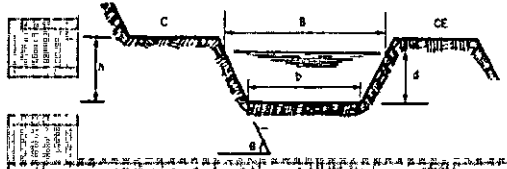
$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$Q = A V$$

$$F = \frac{V}{(g d)^{1/2}}$$

Obras de conducción

•Partes de un canal



- C Corona interior del canal
- CE Corona exterior del canal
- b Ancho de la plantilla
- d Tirante de agua
- B Ancho superior
- H Altura del canal
- b-d Bordo libre
- z Talud

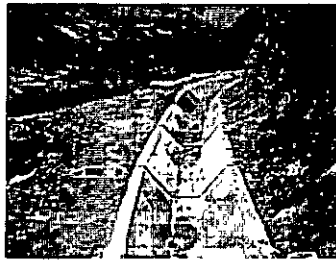
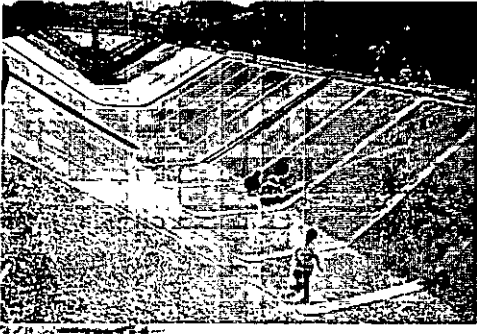
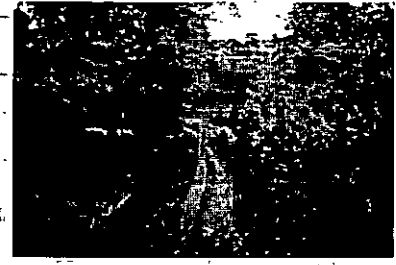
•Antes de diseñar

- 1 •Determinar longitud total
- Material del revestimiento

•Diseño ideal

- 1 •La velocidad del agua debe ser lo bastante alta para asegurar que los sólidos en suspensión no se asienten en el fondo.
- 2 •La velocidad del agua debe ser lo bastante baja para asegurar que las paredes no se erosionen
- 3 •El desnivel en todo el canal deberá mínimo (lo que también implica una velocidad mínima del agua) para aprovechar al máximo la caída.
- 4 •El canal debe ser duradero y confiable. Debe protegerse de los efectos destructores debidos a escurrimientos causados por las lluvias, rocas que caen en su cauce o derrumbes.
- 5 •Sus costos de construcción y mantenimiento deben ser mínimos.

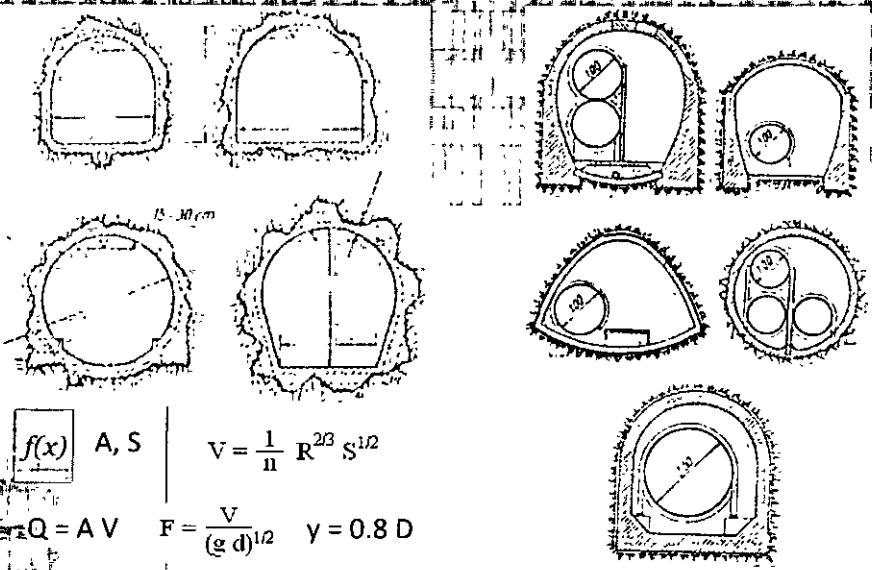
Obras de conducción



Obras Civiles

Obras de conducción

•Túneles: obra subterránea que permite evitar recorridos muy largos de la conducción o de muy difícil construcción mediante canal.

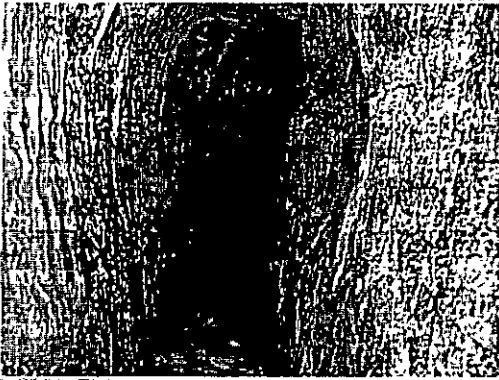
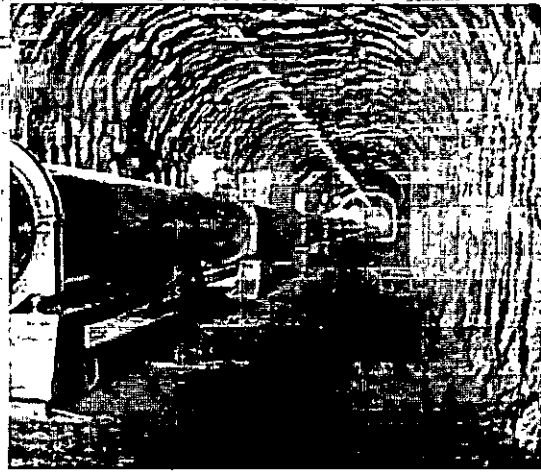
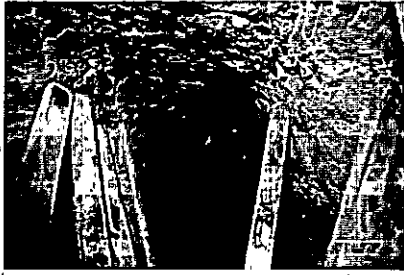


$f(x)$ A, S $V = \frac{1}{11} R^{2.3} S^{1.2}$
 $Q = AV$ $F = \frac{V}{(g d)^{1/2}} \quad \gamma = 0.8 D$

•Con flujo a superficie libre

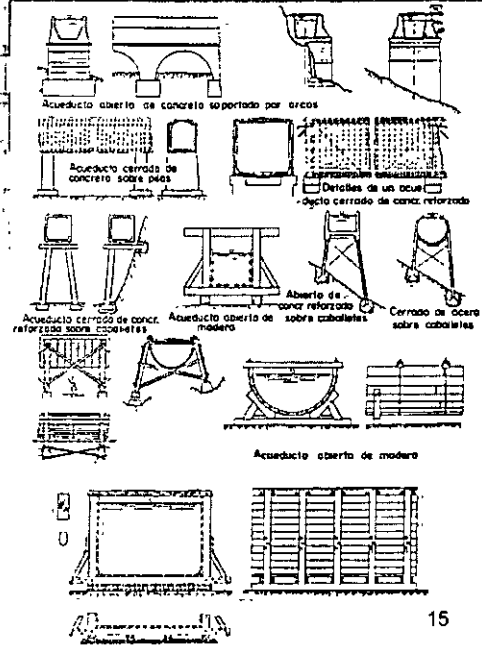
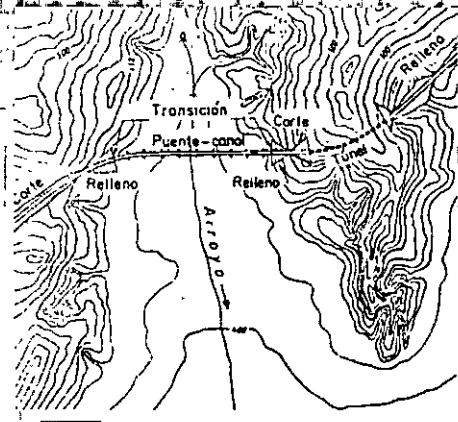
•Para alojar la (s) tubería (s)

Obras de conducción



Obras de conducción

•Acueductos.- llamado también puente-canal, permite el cruce de barrancas, arroyos o ríos secundarios.

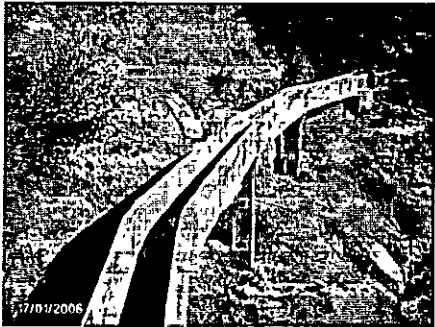
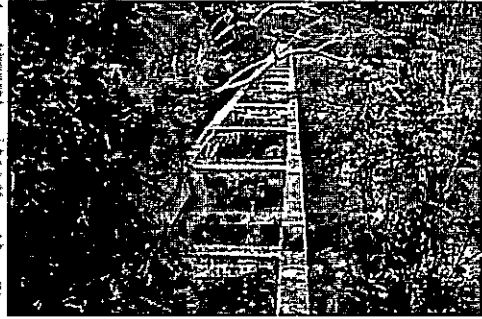
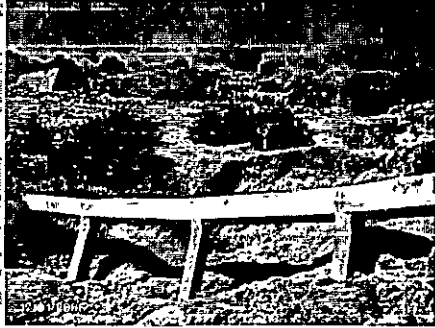


$$f(x) \quad A, S \quad V = \frac{1}{11} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$Q = A V \quad F = \frac{V}{(g d)^{1/2}} \quad y = 0.8 D$$

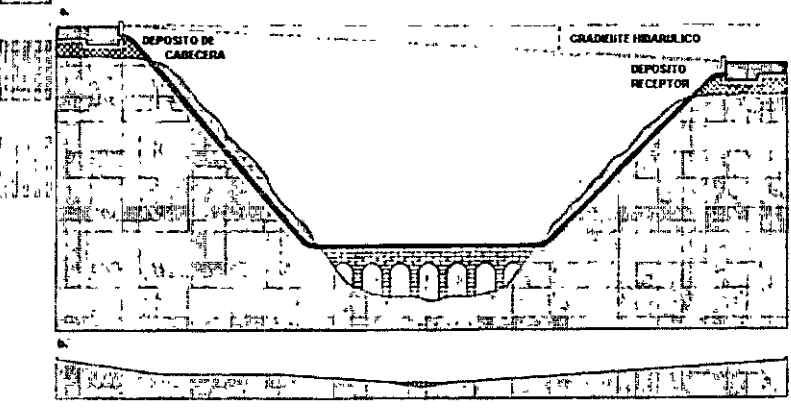
Con flujo a superficie libre

Obras de conducción

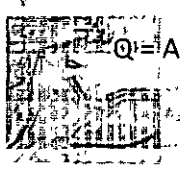


Obras de conducción

•Sifón.- Permite el cruce de barrancas, arroyos o ríos secundarios, cuando la altura y/o el claro vuelve incosteable el acueducto.



- Partes
- Desarenador
 - Obra de excedencias
 - Compuerta de emergencia
 - Rejilla de entrada
 - Transición de entrada
 - Conducto a presión
 - Registros para limpieza
 - Válvula de purga
 - Transición de salida



$Q = AV$ $\Delta H > hf$ $E_i = z_i + y_i + \frac{v_i^2}{2 \cdot g}$

•Con flujo a presión



Obras Civiles

Obras de conducción



- Principales pérdidas en el sifón

- Transición de entrada y salida

- Rejilla de entrada

- Entrada al conducto

- Fricción en el conducto

- Codos o cambios de dirección

- Pérdidas por válvula

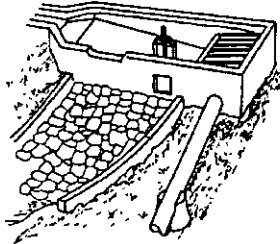
- Pérdida por ampliación



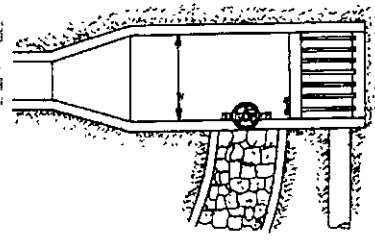
Obras Civiles

Tanque de carga:

Permite la transición de flujo a superficie libre en el canal, a flujo a presión en la tubería que conecta a las turbinas.

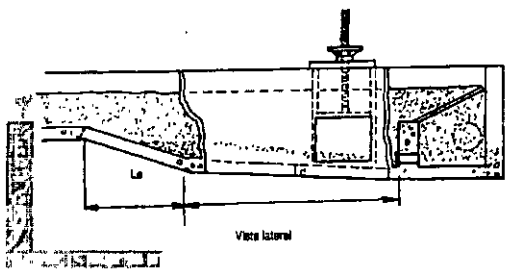


Observarse que el desagüe enpedrado está dirigido hacia de los apoyos de la tubería



Vista de planta

- Partes
- Desarenador
- Obra de excedencias
- Compuerta de emergencia
- Rejilla de entrada
- Transición de entrada a la tubería



Vista lateral

$$f(x) \begin{matrix} A, S \\ H, L \end{matrix}$$

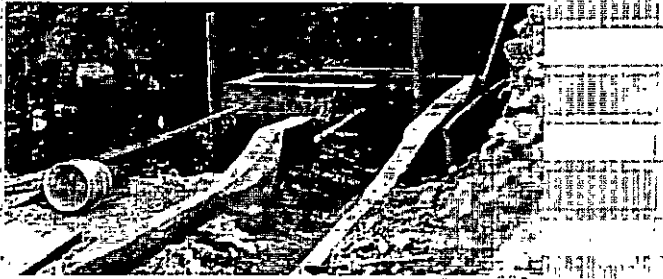
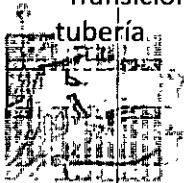
$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$Q = A V$$

- Con flujo a superficie libre 19

Tanque de carga

- El diseño de cumplir con:
- Mantener sumergidas la o las tuberías
- Permitir la oscilación del agua por efectos del golpe de ariete
- Deben tener un ancho y una longitud adecuados para sedimentos sin ser muy costosos
- Permitir la fácil eliminación de los sedimentos
- Impedir turbulencias en el agua por cambios de área o recodos
- Transición de entrada a la tubería



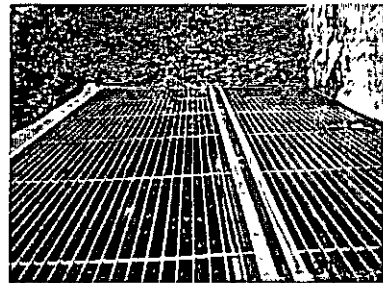
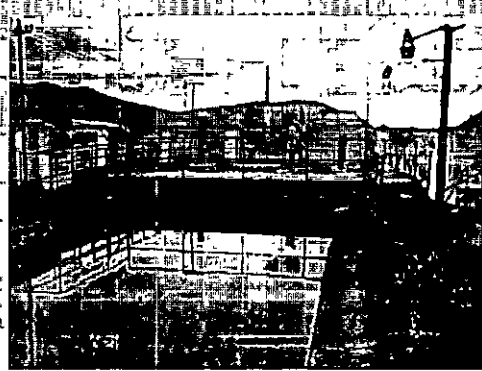
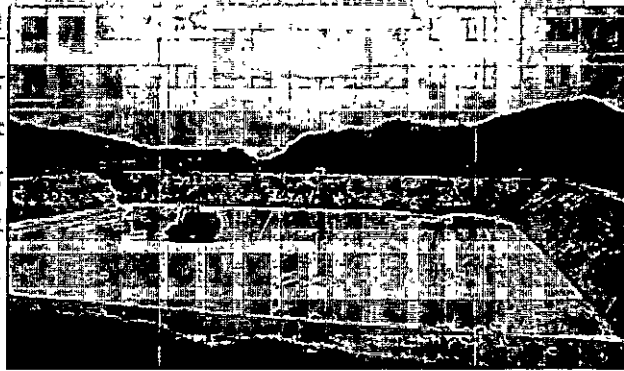
• La transición Tanque-tubería de sección rectangular a circular adecuado es el que permite la aceleración del agua de forma uniforme.

- A > es mayor que • Profundidad
- Simetría del flujo
- A < es menor que • Probabilidad de
- Vortices en entrada



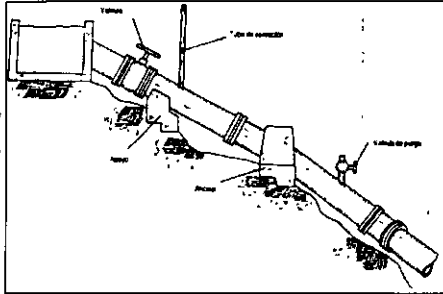
Obras Civiles

Tanque de carga

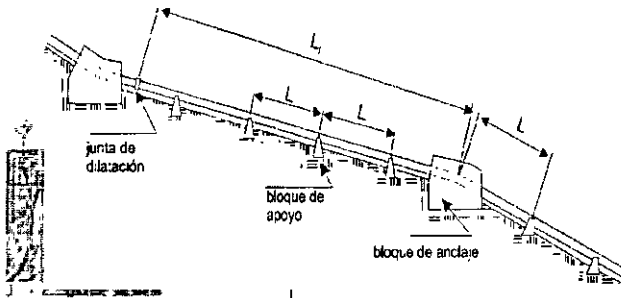


Tubería a presión

Son tuberías que transportan agua bajo presión desde la toma en el tanque hasta la turbina.



- Partes
- Conducto o tubería
- Conducto de ventilación
- Obra de excedencias
- Válvulas de admisión y expulsión de aire
- Apoyos y anclajes
- Juntas de dilatación



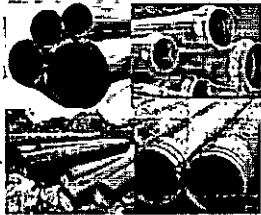
$$f(x) \quad H, L, Q \quad Q = A V$$

$$hf = \frac{10.3 n^2 Q^2 L}{D^{16/3}} \quad hf = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Golpe de ariete

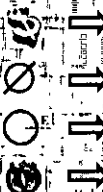
Tubería a presión

Selección de tubería



Materiales

- PVC
- PEAD
- ACERO
- PRFV



Adquisición, Instalación y Mantenimiento

Comerciales

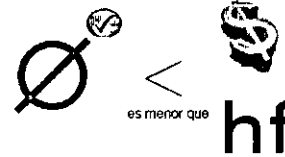
Clases

Tipos



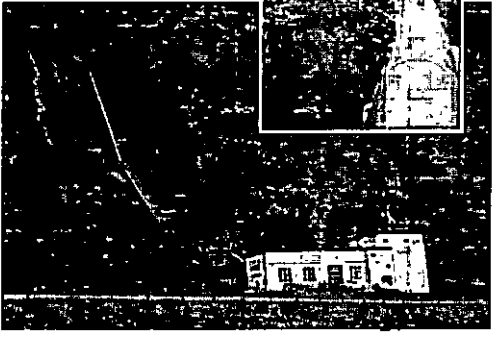
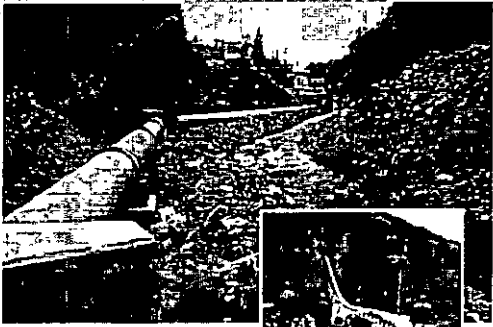
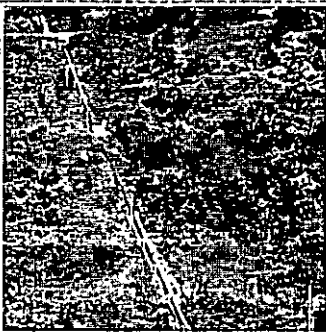
Evaluación de alternativas

- Pérdidas de carga para diferentes materiales y diámetros.
- Presiones y sobrepresiones
- Esfuerzos entre apoyos (viga)
- Costo de las diferentes opciones



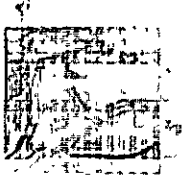
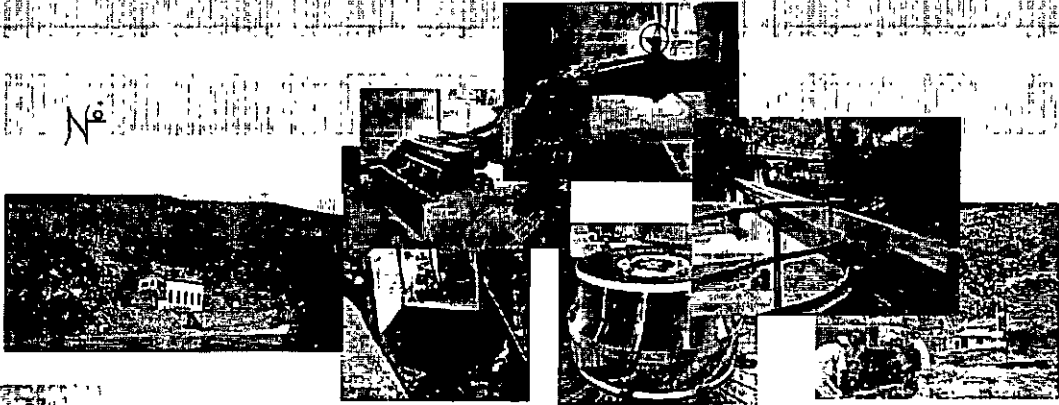
Para el diseño preliminar basta con calcular el diámetro y el espesor

Tubería a presión



Casa de máquinas

Tiene como misión proteger de las adversidades climatológicas al equipo electromecánico que convierte la energía potencial del agua en electricidad



http://www.tunnelbuilder.es/headline_3407_1.htm