



"Por una Región con Energías Sustentables"

VI EDICIÓN

07 al 11 de Junio 2016 | San Pedro Sula, Honduras

“Compuertas y Tuberías en Proyectos Hidroeléctricos”

Ing. Oscar Jiménez R.
Carbon Ingeniería S.A.



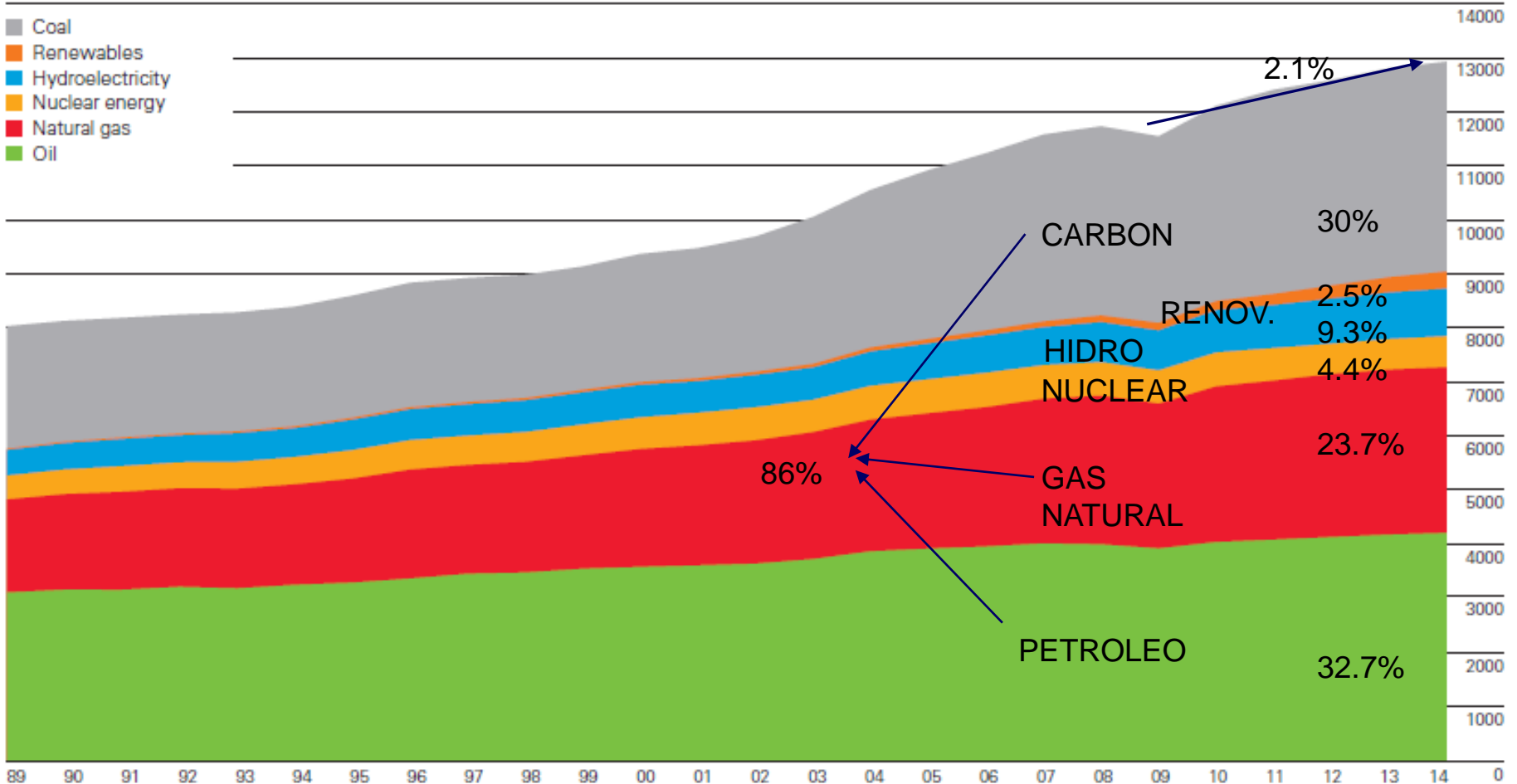
Contenido

- Los renovables en la producción de energía
- La Generación Hidroeléctrica
- Los Componentes Hidromecánicos
- Tipos de Compuertas
- Selección, diseño y fabricación
- Tuberías de acero

Consumo Mundial Energía

World consumption
Million tonnes oil equivalent

Fuente: BP Statistical Review
of World Energy 2015



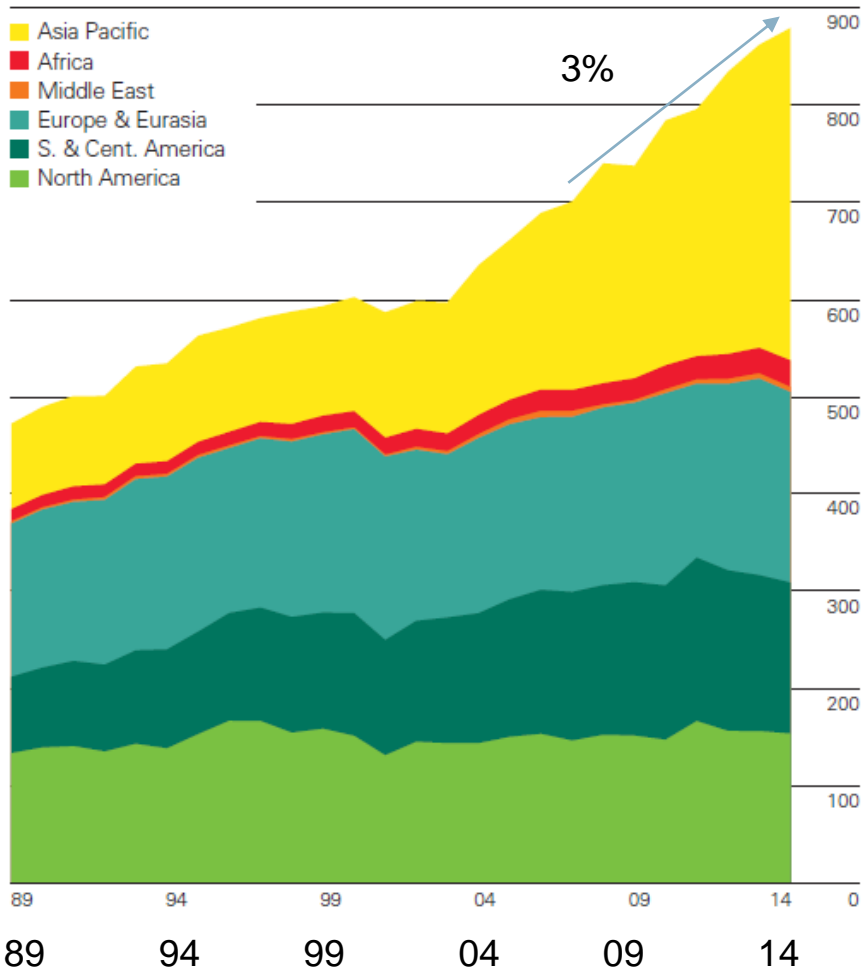
89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14

Generación hidroeléctricidad 2014 (Millones ton equivalent.)

Hydroelectricity consumption by region

Million tonnes oil equivalent

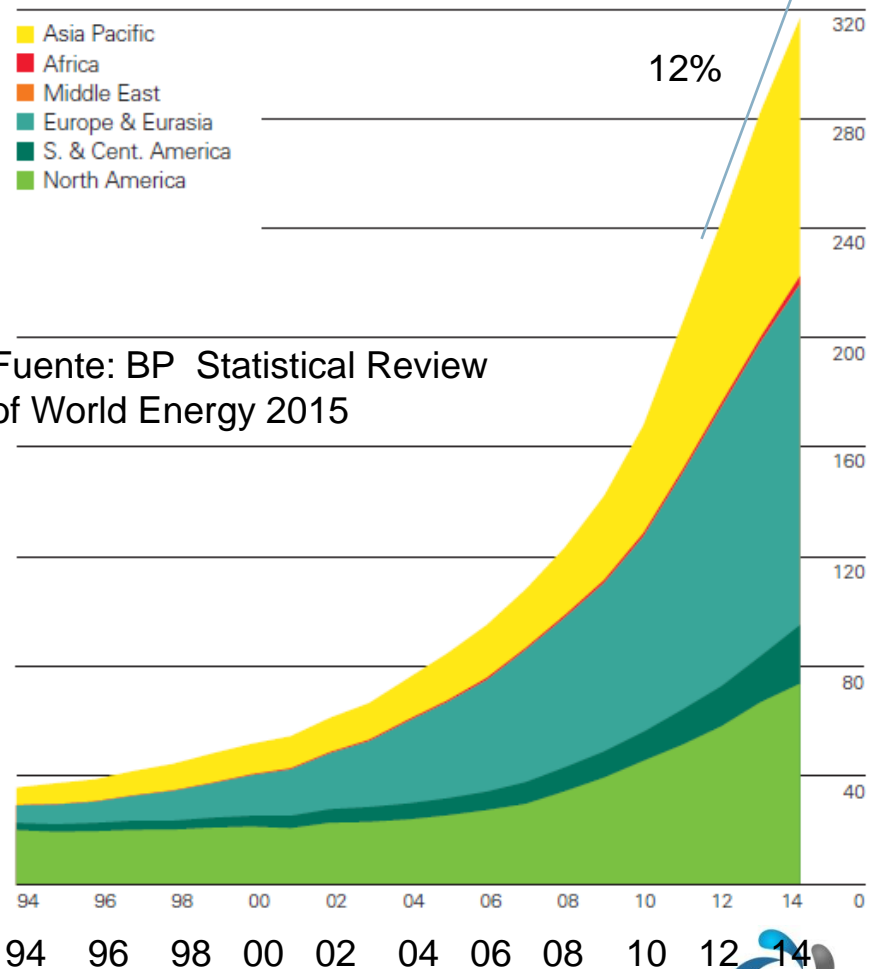
HIDROELECTRICIDAD



Other renewables consumption by region

Million tonnes oil equivalent

OTROS RENOVABLES

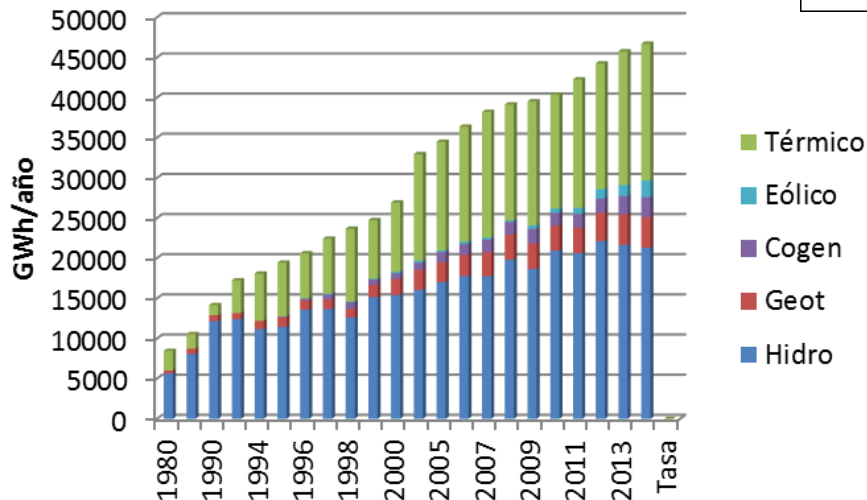
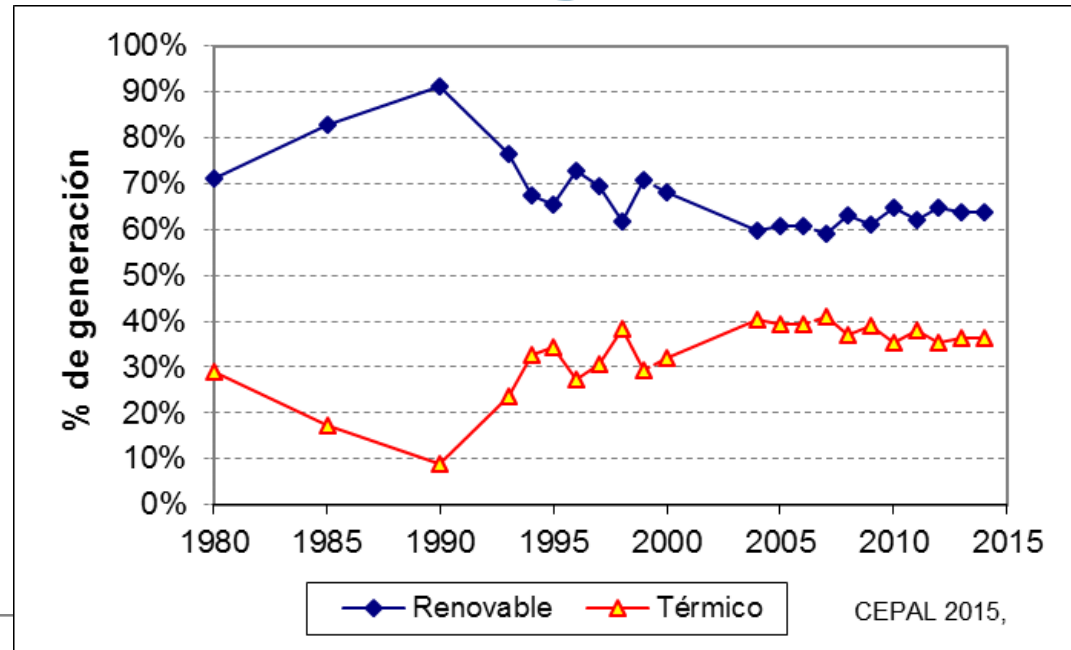


Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2015

Importancia de Renovables en Mercado Eléctrico Regional

2010-2014:
Crecimiento generación eléctrica 3-4%

Crecimiento de instalación hidroeléctrica 6%



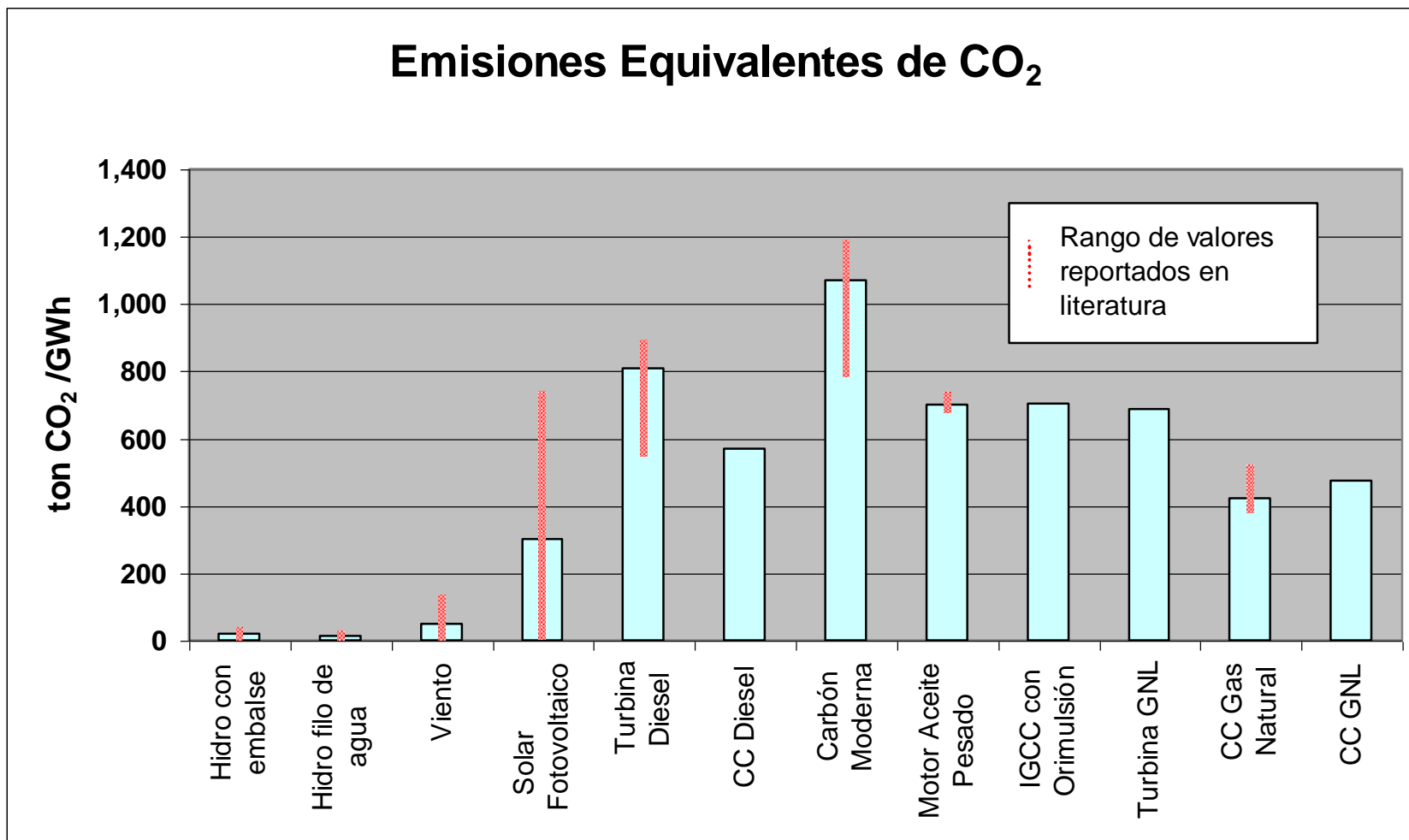
Generación Hidroeléctrica

- La hidroelectricidad es una de las pocas tecnologías de generación renovable viable a gran escala
- Produce cantidades despreciables de gases de invernadero
- Representa la forma menos costosa de almacenar grandes cantidades de energía (embalses)
- Tiene la característica que su producción se puede acomodar a la demanda de los consumidores
- La hidroelectricidad representa cerca del 20% de la generación eléctrica mundial (9% del total de la energía)

Impactos ambientales

- Reducción o variación del flujo aguas abajo
- Cambios en los patrones de sedimentación
- Afectación de flora y fauna
- Desplazamiento de habitantes
- Producción de gases de invernadero (en algunos casos especiales)

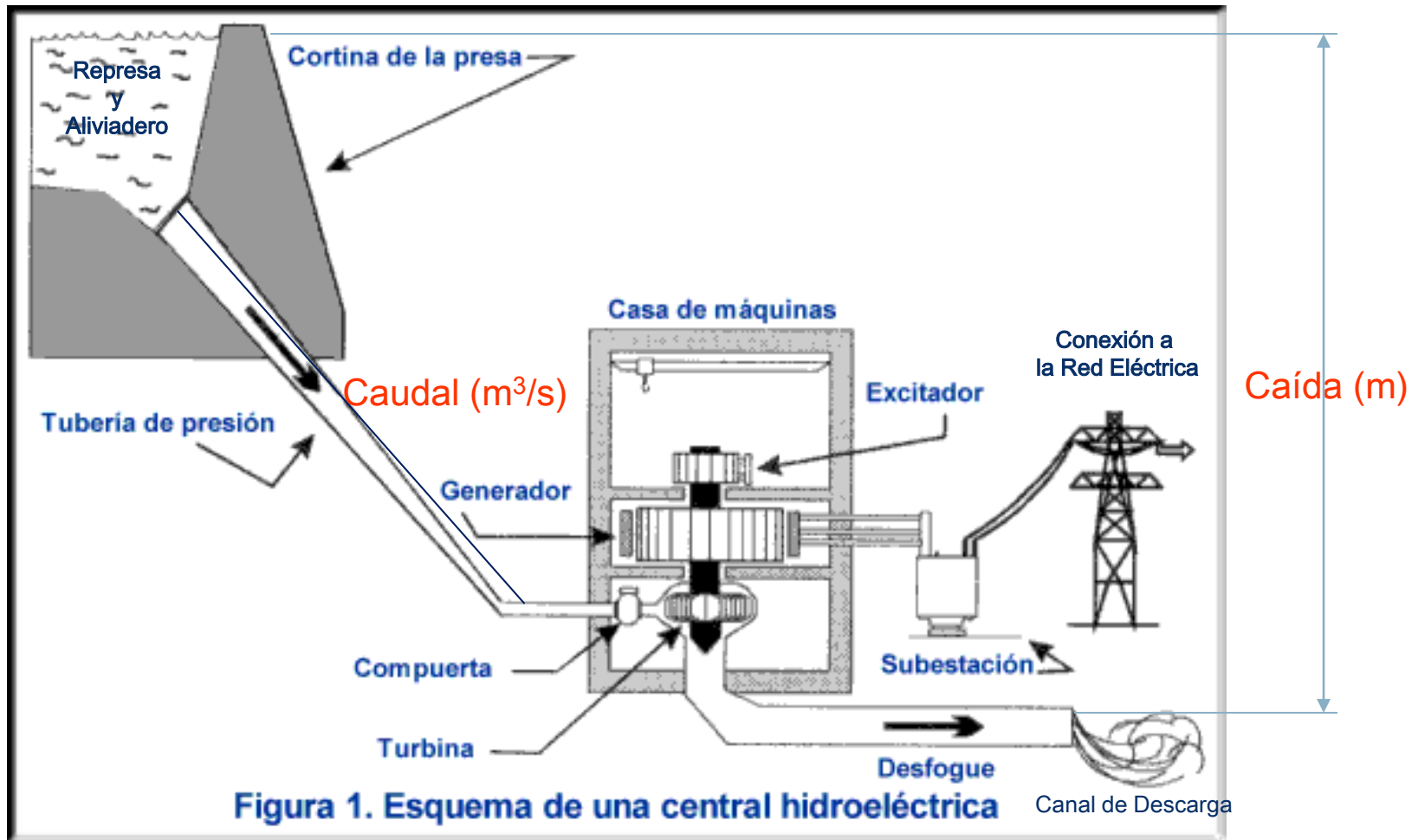
Emisiones atmosféricas



Adaptado de CO₂ Emissions Factor from IPCC publication, www.senter.nl, Nederland

Generación Hidroeléctrica

Descripción de un Sistema Hidro

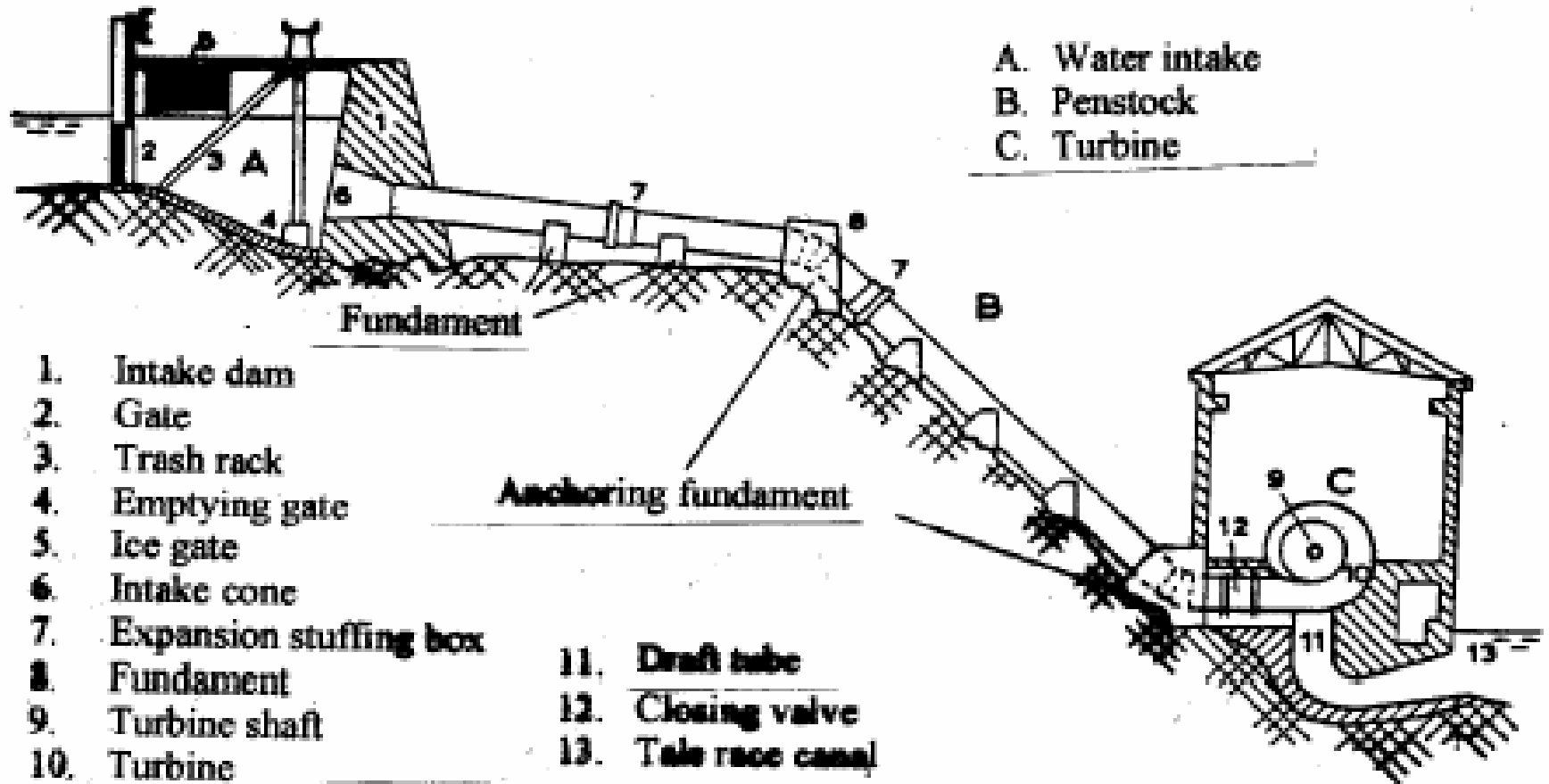


COMPONENTES

- OBRAS CIVILES (50-60% inversión)
 - Presas
 - Vertedores de excedencias
 - Conducciones (canales, túneles, tuberías)
 - Casa de máquinas
- Elementos hidromecánicos (10-15%)
 - Compuertas, válvulas, tuberías
- Elementos electromecánicos (15-20%)
 - Turbinas, generadores, transformadores
- Transmisión (5-10%)

Equipos Hidromecánicos

Equipos Hidromecánicos



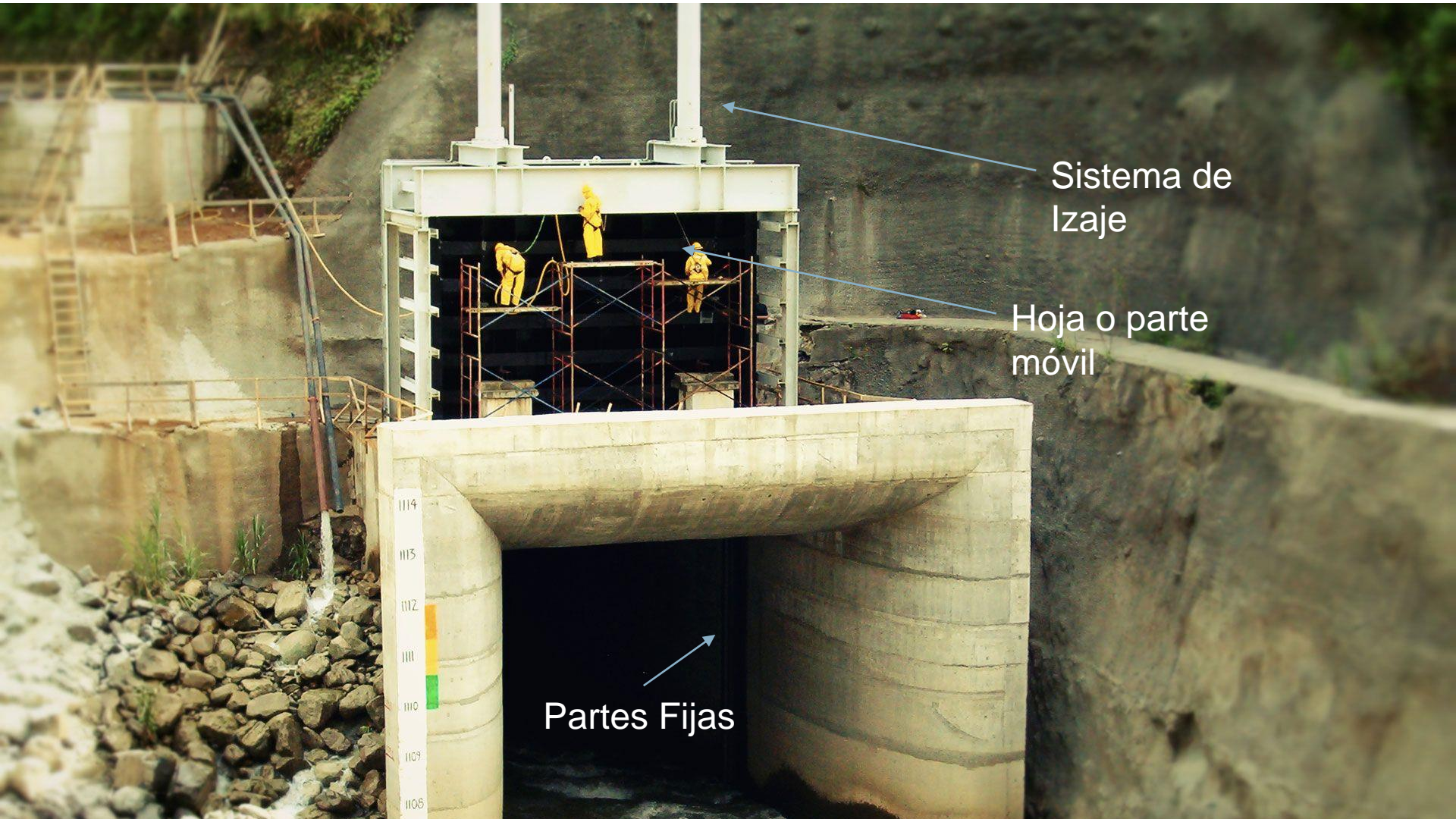
Equipos hidromecánicos

- Son elementos claves de plantas hidroeléctricas y presas en general
- La seguridad de muchas de las obras dependen del adecuado funcionamiento de estos equipos
- Deben ser diseñados, construidos e instalados siguiendo normas internacionales y las mejores prácticas de la ingeniería

Compuertas

- Tienen la función de controlar el flujo del agua
- Según su función, las compuertas pueden ser:
 - De servicio
 - De emergencia
 - De mantenimiento
- Según su posición pueden ser de superficie o profundas
- Según su forma de operación pueden ser de regulación o solo de obturación

Componentes



Compuertas-Aplicaciones

- Para control de niveles en embalses
- Para vaciado o mantenimiento de embalses
- Para descarga de avenidas
- Para regulación de flujo en tomas de agua, o para descarga hacia aguas abajo de presas
- Como elementos de protección aguas arriba de turbinas

Compuertas-Aplicaciones

- En obras de toma para plantas hidro, sistemas de agua potable, etc.
- En obras de irrigación (tomadas, distribución, control de nivel)
- En obras de navegación, tales como sistemas de esclusas

Tipos de Compuertas

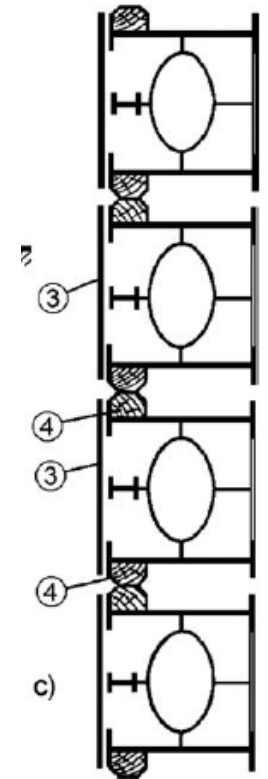
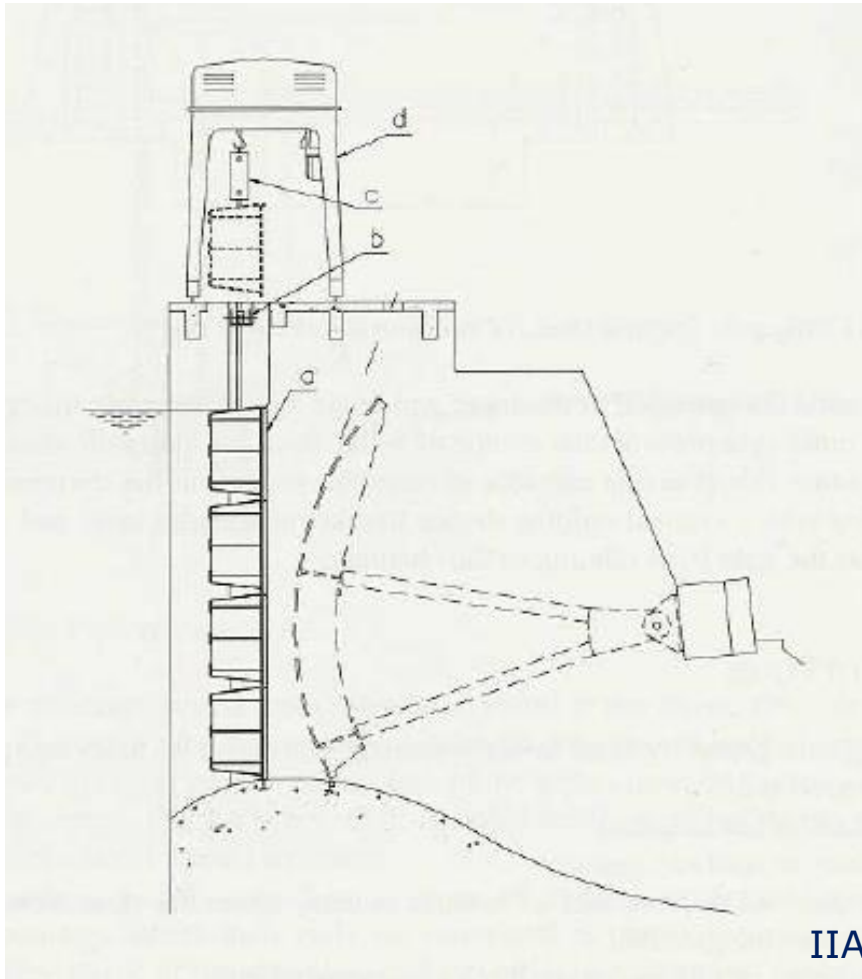
- Ataguía
- Radiales o de segmento
- Con ruedas fijas (o planas)
- Deslizantes
- Clapeta

Compuerta ataguía (stop-log)

- Se usan fundamentalmente para mantenimiento y reparación de compuertas principales
- Se utilizan aguas arriba de compuertas de toma, aguas arriba de compuertas de vertedores, aguas arriba o aguas abajo de descargas de fondo, aguas abajo de turbinas
- Son similares a las compuertas planas, pero no utilizan ruedas
- Cuando son grandes se construyen en segmentos
- Funcionan con presión balanceada

Compuerta ataguía

■ Ataguía segmentada

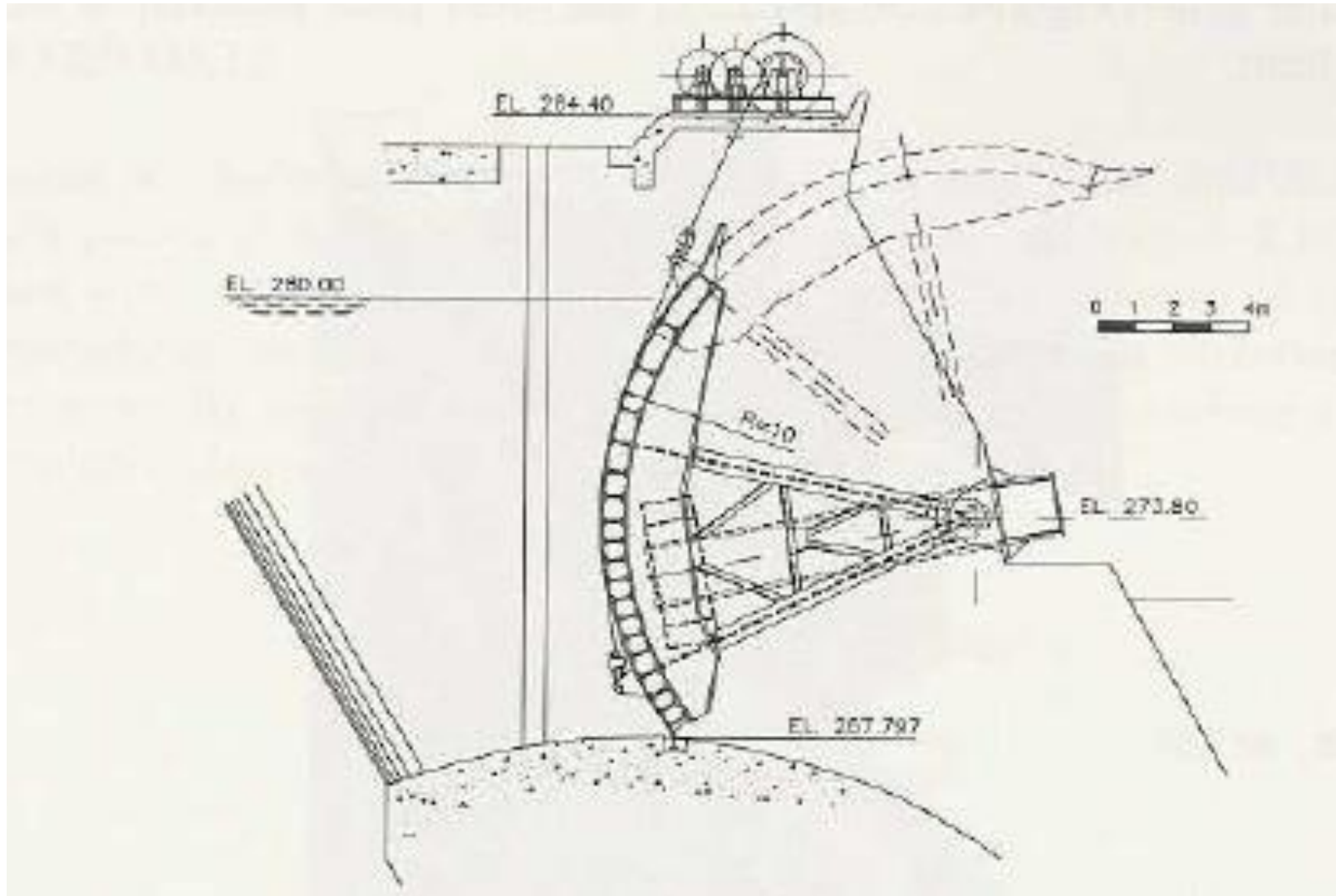


Compuerta Ataguía



Stop Logs (7x6 m)
HP PIRRIS (128MW)
Costa Rica

Compuerta Radial o de Segmento



Compuerta Radial



P.H. Pirrís 128 MW,
Costa Rica

Compuerta Radial

- El segmento rota sobre un eje horizontal
- Las fuerzas pasan por el punto de rotación por lo que no hay tendencia a abrirse o cerrarse.
- Se pueden utilizar en vertedores (superficie) o en descargas de fondo
- Permiten un muy buen control de flujo
- Pueden construirse de tamaños muy grandes con lo que se manejan flujos de gran magnitud

Compuertas Radiales, PH Pirrís (128 MW)



Tucuruí - Brasil

- Es el vertedor con más capacidad del mundo
- 20 compuertas radiales de 20x21 m
- Capacidad descarga 110,000 m³
- 5500 m³/s cada compuerta



Uso en descargas de fondo

- Es muy adecuado pues permite la regulación del flujo y no tienen problemas de obstrucción



Desgaste luego de 40 años

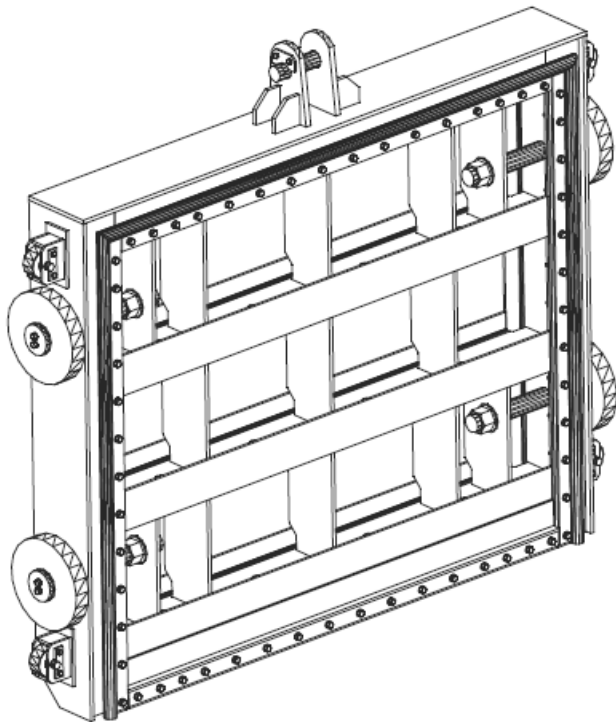


Compuertas de Ruedas Fijas



Compuerta de ruedas fijas

- Pasabién,
Guatemala
- 12.5 MW



IIA-Tech Tecnologías Especializadas S.A.

Compuerta de ruedas fijas

- El rango de aplicación es muy amplio.
- Van desde 0.5x0.5 m hasta 10x10 m
- Con presiones al piso desde pocos metros hasta 100 m.
- Con cargas grandes no regulan bien el flujo.

Table 2.3 Typical Applications of Fixed-Wheel Gates

Project	Use	Span (m)	Height (m)	Head on sill (m)	Supplier
São Simão	Intake	6.50	11.3	43.78	Voith
Jurumirim	Bottom outlet	3.25	4.70	26.50	DSD-NOELL
Sobradinho	Lock gate	17.0	18.50	18.00	ALSTOM
Itumbiara	River diversion	5.00	7.86	26.15/88.15	Bardella
P. Colombia	Draft tube	10.85	5.43	35.6/47.0	ALSTOM
Bariri	Lock aqueduct	2.95	2.10	32.40	CKD Blansko
Bariri	Spillway	11.50	6.00	6.00	ALSTOM

Compuerta deslizante

- Es el tipo más sencillo de compuerta plana.
- Consiste en una hoja que resbala sobre guías fijas.
- Es muy sencilla y requiere poco mantenimiento.
- En general se utilizan en compuertas pequeñas y cargas no muy grandes
- Se requiere fuerzas de izaje importantes



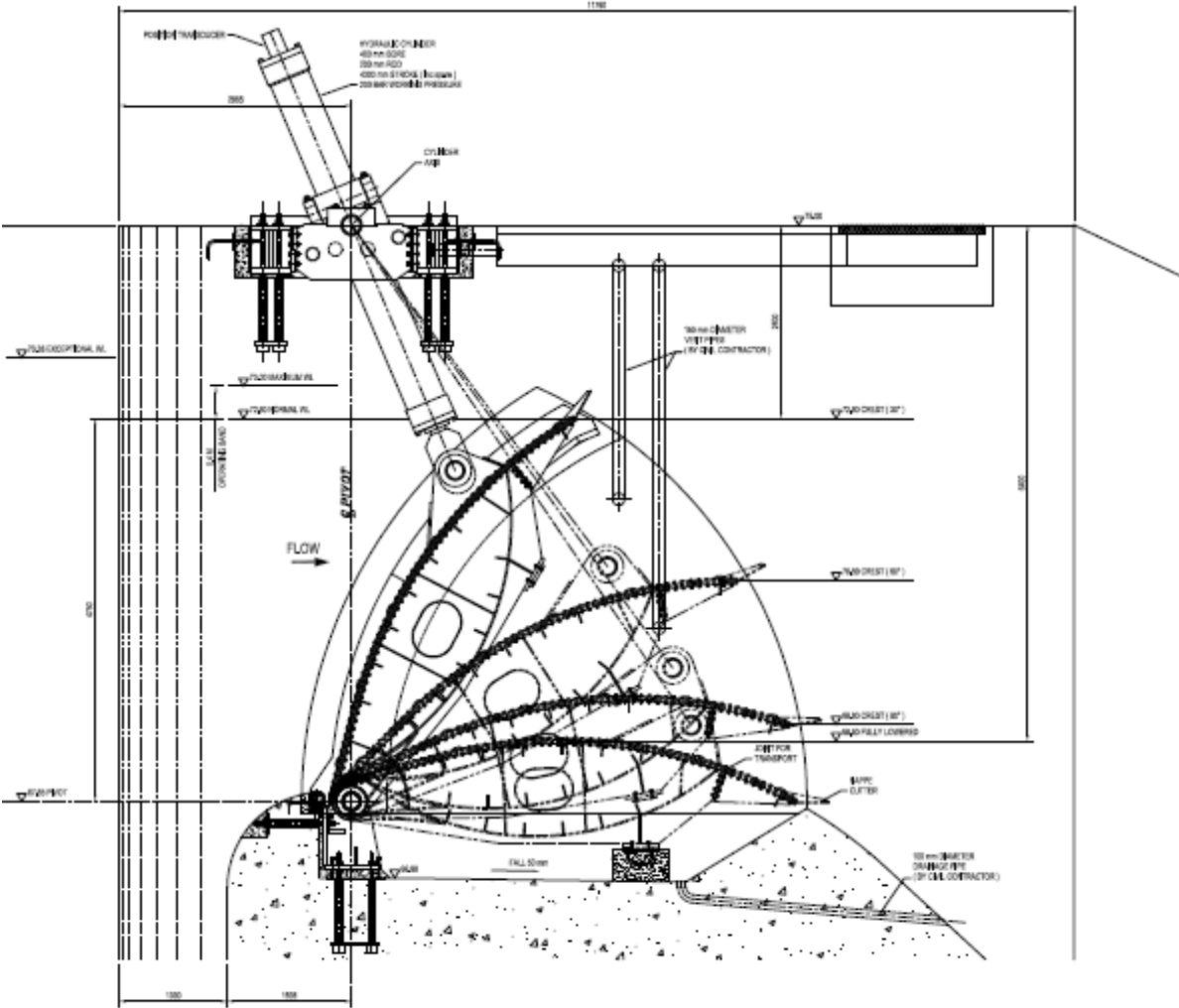
Compuertas de Clapeta (flap)

- Consiste en una superficie recta o curva que pivotea sobre un eje en su parte inferior
- Pueden tener anchos de hasta 50 m y alturas de 5 m o más (usual es $\sim 20 \times 4$ m)

Presa de Concepción Honduras (3x2mx20m)



Compuertas Clapeta



GATE SECTION

IIA-Tech Tecnologías Especializadas S.A.



Compuertas Clapetas

- Permiten mantener niveles de operación en embalses, sin que se incrementen durante el paso de avenidas.
- Se utilizan cuando se tienen vertidos muy anchos y cargas relativamente bajas.

Compuertas Clapeta

■ Presa Concepción



Compuertas “Bureau”

- Son compuertas deslizantes o con ruedas fijas pero selladas en un compartimento hermético
- Esto permite su uso como descargas de fondo, sin necesidad que mecanismos de izaje estén en la parte superior.

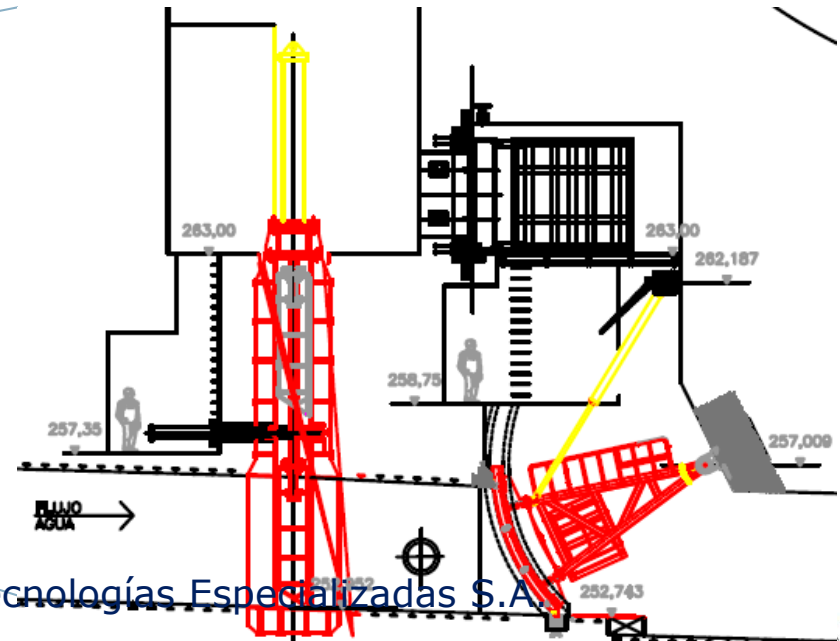
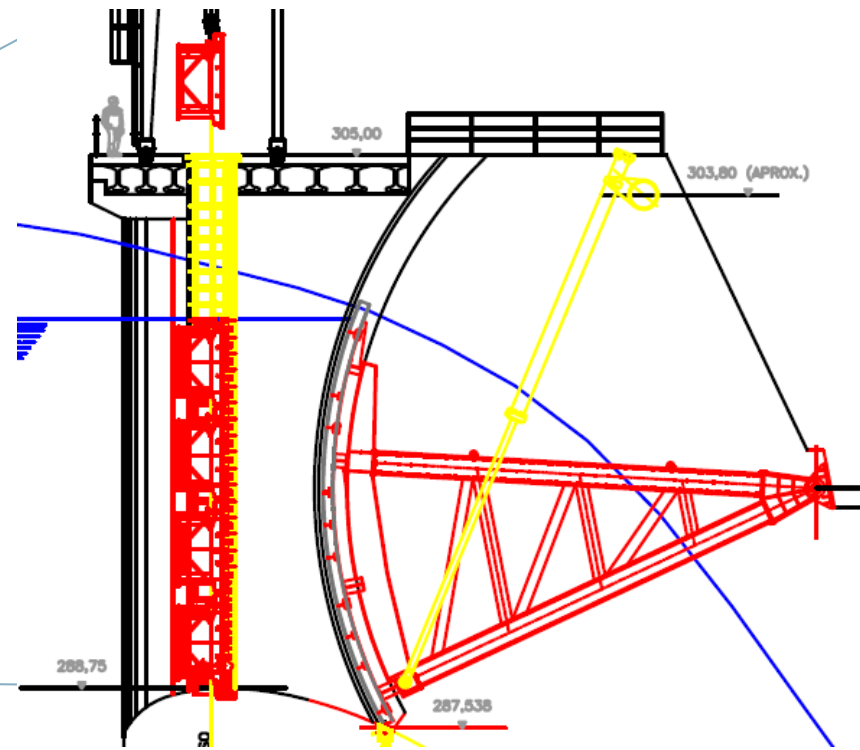
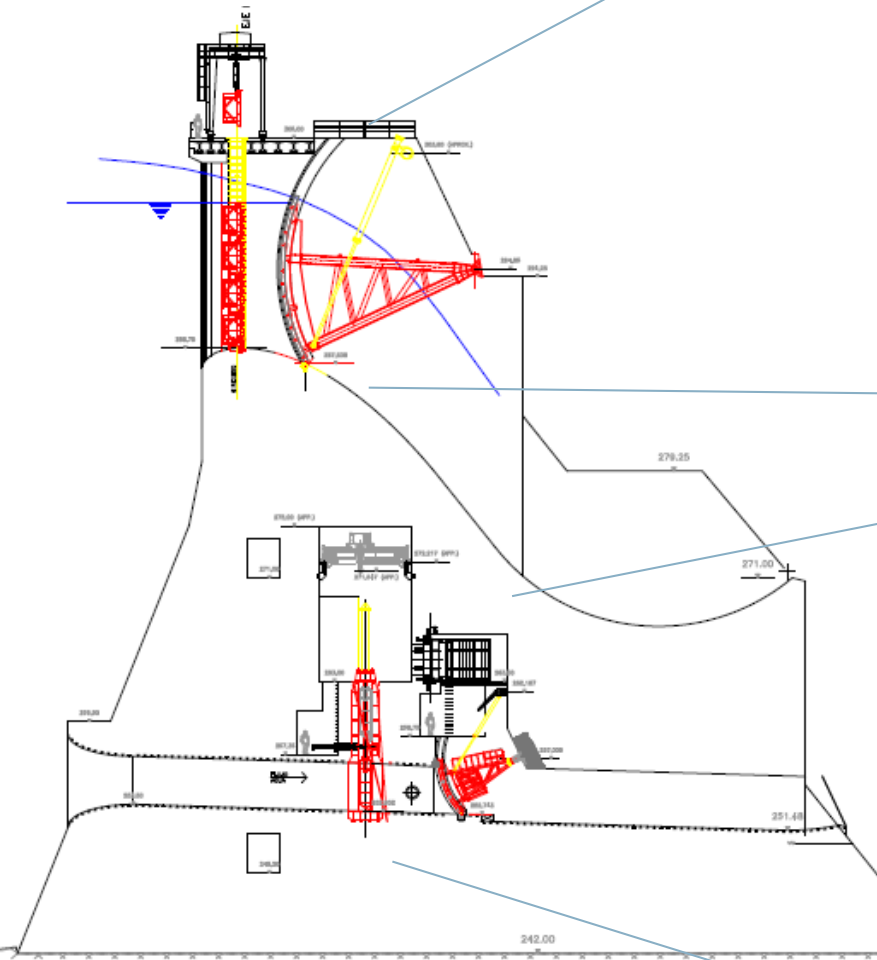
P.H. SANTA TERESA DE POLOCHIC, Guatemala



IIA-Tech Tecnologías Especializadas S.A.



Ejemplo Presa H=50 m



Selección, diseño, construcción

Selección de compuertas

- Debe basarse en un análisis de desempeño, costo, calidad y confiabilidad
- Confiabilidad de operación es fundamental
- Peso reducido y simplicidad funcional
- Facilidad de mantenimiento
- Capacidad de izaje razonable
- Facilidad de transporte y montaje

Diseño de compuertas

- **Se utilizan normas reconocidas**

 - American Water Works Association (AWWA)

 - DIN 19704

 - Bureau of Reclamation- US Army Corps of Engineers

- **Las normas estableces los requisitos mínimos, los procedimientos de diseño, los factores de seguridad y las características de los materiales**
- **La selección de los materiales a utilizar es básica en el diseño de un buen producto.**

Requerimientos de diseño

- Definición apropiada de cargas hidráulicas
- Definición apropiada de carga de sedimentos
- Requerimientos funcionales (velocidad de cierre y apertura, requerimientos de control de flujo, capacidad máxima).
- Diseño mecánico cuidadoso, sobre la base de prototipos ya probados

Proceso de fabricación

- El proceso de fabricación es vital para el buen funcionamiento y operación del equipo.
- El fabricante debe contar con la adecuada infraestructura (instalaciones, equipos, maquinaria) y capacidad técnica para entregar un producto de calidad.
- La experiencia del fabricante debe estar acorde al tipo de equipo a suplir. Adecuados niveles de calidad se logran únicamente con fabricantes serios y de alta experiencia.

Fallos de compuertas

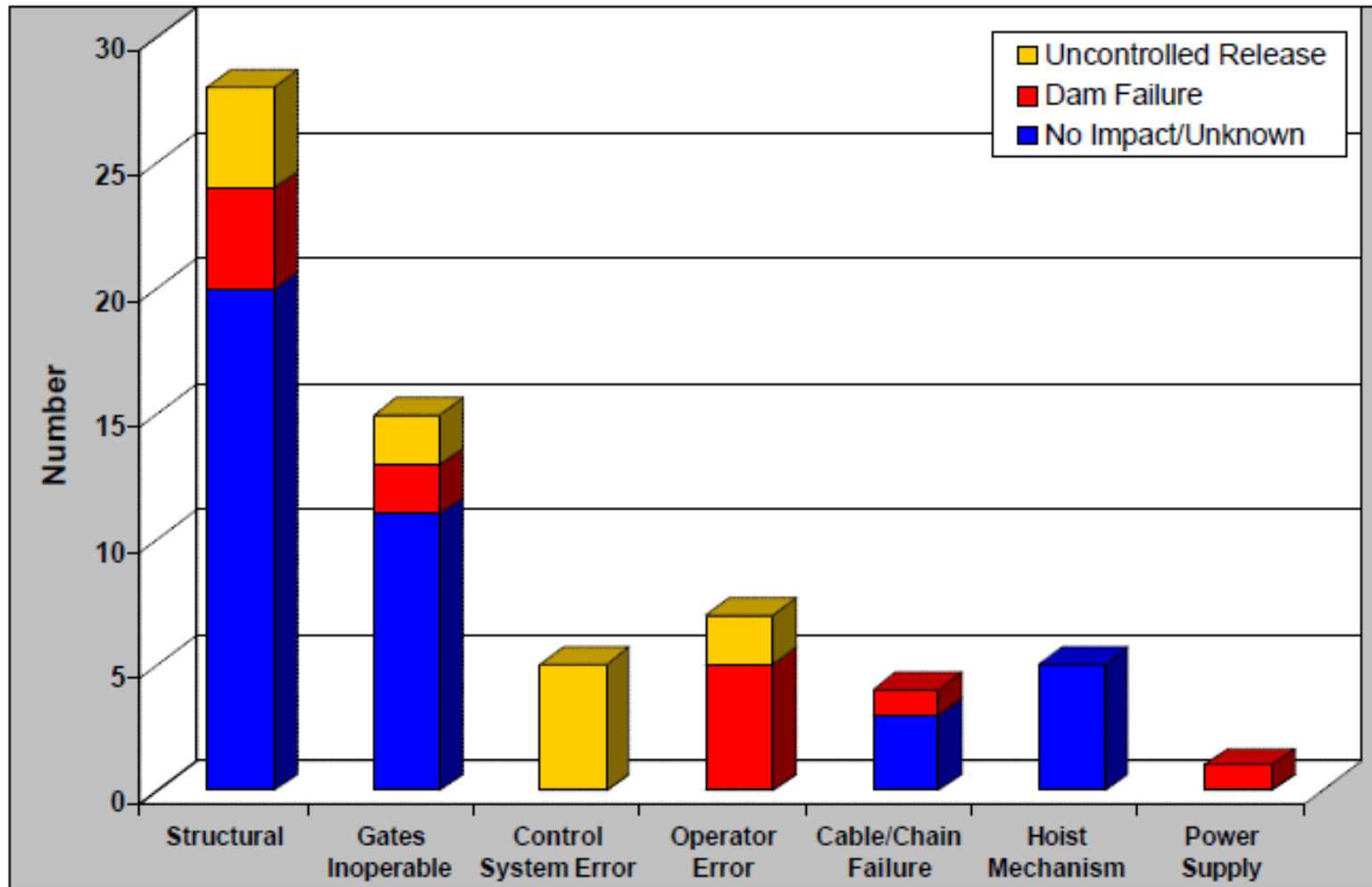
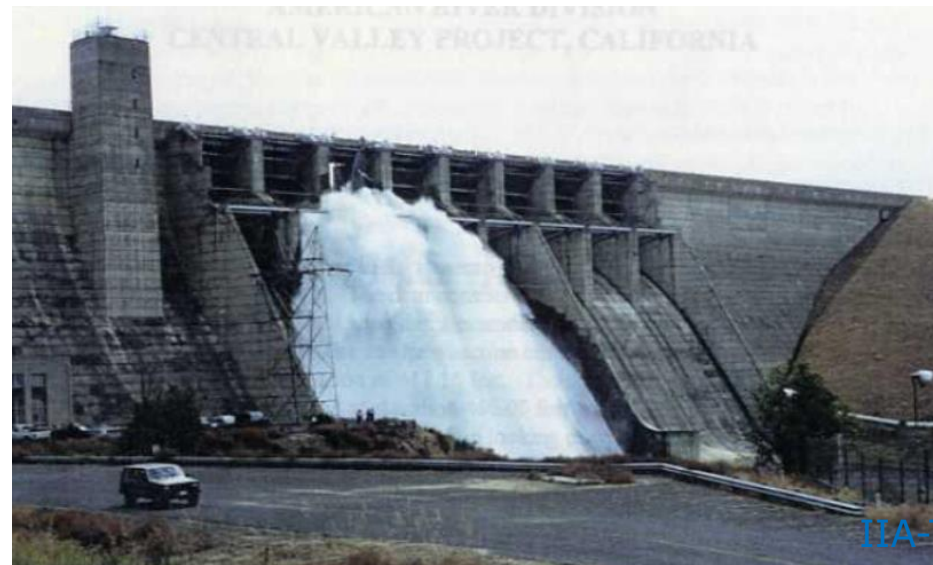


Figure 2 Dam gate system events and the consequences that resulted.

Presas Folsom (julio 1995)

- Insuficiente rigidez y resistencia de los brazos de la compuerta
- Incremento de fricción en muñones por corrosión



Mecanismo de izaje



Problemas usuales de mantenimiento

- Pérdida de protección anticorrosiva
- Desalineamientos
- Daños en las guías
- Daños en los sellos – fugas de aguas –
- Oxidación en elementos móviles
- Desperfectos en equipo eléctrico
- Desperfectos en el equipo de izaje

Tuberías de Acero



Foto: IIA-Tech Fabricación de bifurcador PH Xacbal Delta, 60 MW.
Quiché, Guatemala, Abril 2016

Tuberías

- Las tuberías permiten transportar el agua desde las presas o derivaciones hasta las turbomáquinas.
- Según el esquema del proyecto, en muchos casos se utilizan tuberías de baja presión o funcionando a canal y luego tuberías de alta presión.
- Asimismo, a veces es necesario también blindar túneles que transportan agua a presión.

Tuberías

- Hay muchos tipos de tuberías: acero, FVR, polietileno de alta densidad, hierro fundido.
- Rango de aplicación: aspectos económicos, funcionales, seguridad, mantenimiento

		DN (mm)							
		300	600	1000	1500	2000	2400	3000	3600
PN (bar)	1	PVC/HDPE							
	6								
	10			ACERO O FVR					
	16	FVR							
	20								
	25					ACERO			
	32		HIERRO FUNDIDO						
	50								

Tuberías de acero soldado

- Tubería recta. Fabricación convencional, doblando la lámina, proceso de soldadura automático y manual.
- Tubería helicoidal. Máquina totalmente automática.
- No existe límite de diámetro y presión para la tubería recta. Se puede utilizar cualquier tipo de acero. La tubería helicoidal depende del rango de operación de la máquinas (IIA fabrica hasta 3000 mm).

Tubería helicoidal



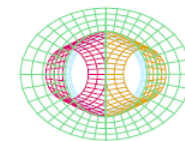
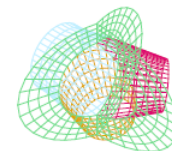
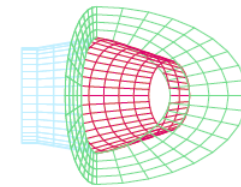
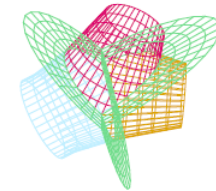
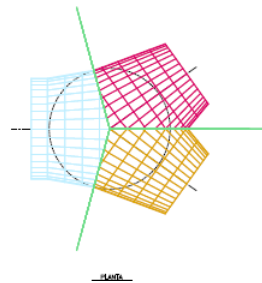
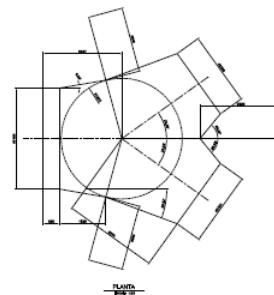
Foto: IIA-Tech, Fabricación automática de tubería helicoidal para PH Churune - Honduras. Mayo 2016.

IIA-Tech Tecnologías Especializadas S.A.



Piezas especiales

- Las conducciones incluyen también el uso de bifurcadores y trifurcadores, cuyo diseño es complejo.
- Otras piezas especiales son tanques de oscilación, manholes, etc.



Diseño

- El diseño debe considerar todos los estados de esfuerzos que se presentan en la vida útil de la tubería.
- Hay condiciones diferentes durante la construcción, la operación normal, el rechazo de carga, el sismo, etc.
- Se tiende a simplificar el diseño considerando solo es esfuerzo circunferenciales por presiones internas.

Cargas

- PN1: Presión de agua interna. Carga estática sin golpe de ariete ó sobrecarga con base en max. nivel embalse.
- PN2: Presión de agua interna. Carga de rechazo, carga estática más golpe de ariete.
- DL1: Peso propio de la tubería de acero accesorios permanentes
- DL2: Peso del agua dentro de la tubería
- DL3: Peso del suelo para el caso de tubería enterrada
- DL4: Peso del agua externa para el caso de tubería enterrada
- LL3: Cargas debido a peso de vehículos para el caso de tubería enterrada
- PI3: Presión de vacío, presión negativa que ocurre durante un vaciado
- TL1: Efecto por cambio de temperatura, variaciones diarias y estacionales incluyendo construcción y prueba de carga
- SFL : Efecto de Poisson, contracción longitudinal que ocurre como efecto de la expansión circunferencial debida a la presión interna de agua.

Tubería de presión, PH Chamelecón 280, Honduras



P.H. Renace, Guatemala (112 MW)



da

P.H. Pirrís, Costa Rica



Gracias por su atención!!



proyectos@iia-tech.com

800 Metros, Carretera La Jutosa, Choloma, Cortes, Honduras, Centro America

www.iia-tech.com

Honduras tel: (504) 2617-0461 e-mail: business@iia-tech.com