

BASES METODOLOGICAS PARA LA DETERMINACION DE COSTOS
DE APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICOS E HIDRAULICOS
ASOCIADOS

Manuel Cerda G.

CIPINT

Mérida, 1978

El Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT) fue establecido en el año 1964 mediante un acuerdo entre el Gobierno de Venezuela, la Universidad de Los Andes y la Organización de Estados Americanos (OEA).

Después de 10 años de operación y cumplido el proceso de transferencia, el CIDIAT pasó a ser un Centro Venezolano dirigido y administrado conjuntamente por el Gobierno de Venezuela y la Universidad de Los Andes.

Además, para sustentar las actividades del CIDIAT en países miembros de la OEA, se firmó un nuevo acuerdo que rige el denominado "Programa Interamericano" el cual se realiza conjuntamente por el CIDIAT como Institución Venezolana y la Secretaría General de la OEA.

RESUMEN

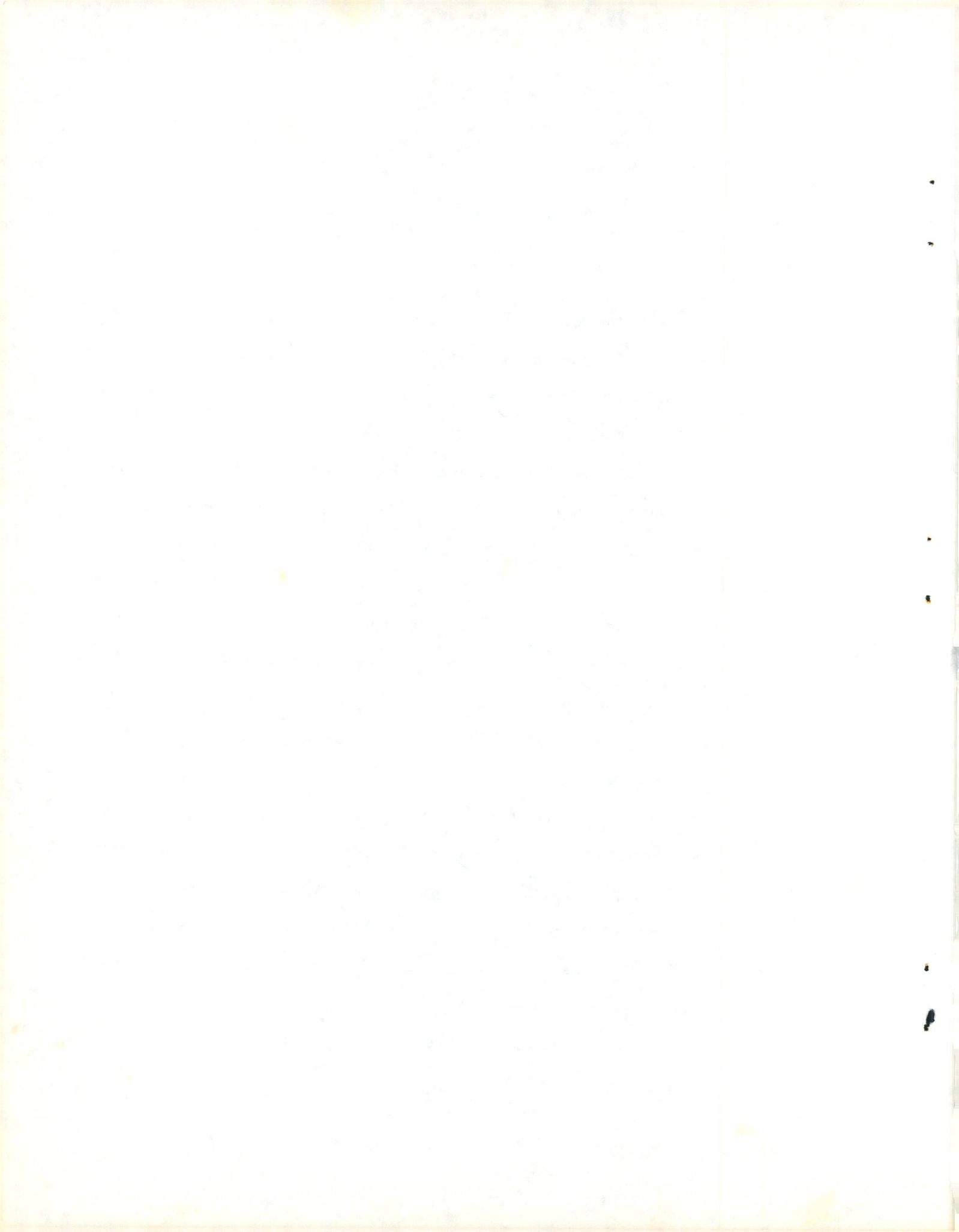
Se desarrollaron metodologías para determinar costos de aprovechamientos hidráulicos, estudiados a nivel preliminar, y para corregir costos por concepto de inflación. Dicho nivel preliminar corresponde a la primera fase del estudio Inventario del Potencial Hidroeléctrico de Venezuela, que aspira a identificar y valorar 200 a 300 aprovechamientos hidroeléctricos en todo el País.

Se formularon funciones de costos de las obras de ingeniería que componen un aprovechamiento hidráulico, en base al análisis de los factores materiales, mano de obra y maquinaria, ya sea de obras construidas en Venezuela, cuando la disponibilidad de datos es suficiente en cantidad y calidad, y de predios tipo con apoyo de experiencias internacionales cuando la disponibilidad de datos nacionales es restringida.

Las funciones de costos corresponden a obras tipo y reflejan el concepto de economías de escala.

Se desarrollan y analizan cuatro metodologías que permiten corregir los costos como consecuencia de procesos inflacionarios. Estas metodologías plantean reajustar separadamente los factores materiales, maquinarias y mano de obra. Difieren en la forma de ponderar la inflación, y son válidas para tecnologías similares a las consideradas para las funciones de costos. Deben reflejar también las economías de escala.

Un ejemplo muestra la aplicabilidad de las funciones de costos.



I

INDICE		Página
LISTA DE TABLAS		I
LISTA DE FIGURAS		III
RESUMEN		III
 CAPITULO		
I. INTRODUCCION		1
Inventario del Potencial Hidroeléctrico de Venezuela		1
Repaso de Literatura		2
Objetivos		3
Resumen del Procedimiento		4
Etapa de Introducción		4
Formulación de Funciones de Costos		4
Correcciones de los Costos por Concepto de Inflación		4
Ejemplo de Aplicación		4
Conclusiones y Recomendaciones		4
Importancia del Estudio		4
II. FORMULACION DE FUNCIONES DE COSTOS		4
Generalidades		4
Metodología		5
Homogenización a Moneda de Igual Valor Adquisitivo		5
Parametrización de las Funciones de Costos		6
Consideraciones sobre las Funciones de Costos y los Cambios Tecnológicos		7
Los Cambios Tecnológicos		7
Funciones de costos		8
Campamentos		8
Vialidad		9
Reubicaciones		9
Expropiaciones		9
Limpieza de la zona de embalse		10
Costos de deforestación		10
Estructura de costos		10
Presas de tierra		11
Funciones de costos		11
Estructura de costos		11
Condiciones para el uso de las curvas de costos de presas de tierra		11
Accesos		11
Distancia de transporte		11
Taludes		11
Presas zonificadas u homogéneas		11
Atagües de tierra		11
Inyecciones		11
Drenaje		11
Excavaciones		11
Excavación en roca y en tierra a cielo abierto		11
Costos de excavación		11
Estructura de costos		14
Condiciones para la utilización de las curvas de costos de excavación		14
Túneles		14
Costos de túneles		14
Estructura de costos		14
Condiciones para la utilización de la función de costos de túneles		14
Aliviaderos		14
Costos de aliviaderos		14
Estructura de costos		16
Condiciones para la utilización de la función de costos de aliviaderos		16
Compuertas radiales		16
Costos de compuertas radiales		16
Estructura de costos		16
Condiciones para el uso de las curvas de costos de compuertas radiales		17
Tomas de agua para centrales hidroeléctricas		17
Costos de tomas para centrales hidroeléctricas		17
Estructura de costos		17
Condiciones para el uso de la función de costos de tomas para centrales hidroeléctricas		17
Chimeneas de equilibrio		17
Costos de chimeneas de equilibrio		17
Estructura de costos		17
Condiciones para el uso de las curvas de costos de chimeneas de equilibrio		17
Tubería forzada		19
Costos de tubería forzada		19
Estructura de costos		19
Condiciones para la utilización de la función de costos de tubería forzada		19
Casa de máquinas		19
Costos de casa de máquinas		19
Estructura de costos		20
Condiciones para la utilización de las funciones de costos de casa de máquinas		20
Turbinas		21
Costos de turbinas		21
Turbinas tipo Pelton		21
Turbinas tipo Francis		21
Turbinas tipo Kaplan		21
Estructura de costos de turbinas		21
Condiciones para el empleo de las funciones de costos de turbinas		23
Generadores		23
Costos de generadores		23
Estructura de costos		23
Condiciones para el empleo de la función de costos de generadores		23
Transformadores		23
Costos de transformadores		23
Estructura de costos		23
Condiciones para el uso de las funciones de costos de transformadores		23
Equipos auxiliares de la casa de máquinas		25
Puente de grúa		25
Equipos auxiliares eléctricos y mecánicos		25
Estructura de costos		25
Tomas de agua para riego		25
Costos de tomas para riego		25
Estructura de costos		25
Condiciones para la utilización de la función de costos de tomas para riego		25
III. METODOLOGIAS DE REAJUSTE DE LAS FUNCIONES DE COSTOS POR CONCEPTO DE INFLACION		27
Generalidades		27
Metodología de reajuste mediante el uso de un factor multiplicador		28
Metodología de reajuste de costos globales		28
Metodología de reajuste en base a correcciones de los datos de costos		29
Metodología de reajuste a partir de insumos básicos característicos		29
IV. EJEMPLO DE APLICACION DE LAS FUNCIONES DE COSTOS		30

II

	Página		Página
Generalidades.....	30	VI. APÉNDICES	
Formulación del ejemplo de aplicación.....	30	Apéndice 1	
Desarrollo del ejemplo de aplicación.....	31	Los índices de variación de precios para materia les, maquinarias y equipos se obtuvieron de in- formes económicos anuales y boletines mensuales publicados por el Banco Central de Venezuela ...	35
Obras comunes.....	31	Apéndice 2	
Vías de acceso.....	31	Tabulación de salarios de la construcción según contratos colectivos de trabajo celebrado entre la Cámara Venezolana de la Construcción y la Fe- deración de Trabajadores de la Industria de la Construcción de Venezuela	36
Traslados y reubicaciones.....	31	Apéndice 3	
Limpieza del embalse.....	31	Definiciones relativas a la deforestación	37
Presa de tierra.....	31	Apéndice 4	
Túnel de desvío.....	31	Costos de deforestación corregidos por inflación a Noviembre de 1977	37
Aliviadero.....	31	Deforestación pesada	37
Compuertas radiales.....	31	Deforestación mediana	37
Obras hidroeléctricas.....	31	Deforestación liviana	37
Toma para la central.....	31	Apéndice 5	
Túnel de aducción.....	31	Costos de presas de tierra reajustados por infla- ción a Noviembre de 1977	37
Chimenea de equilibrio.....	31	Apéndice 6	
Tubería forzada.....	31	Costos de excavación a cielo abierto reajustados por inflación a Noviembre de 1977	37
Casa de máquinas.....	32	Excavación en roca	37
Turbinas.....	32	Excavación común	37
Generadores.....	32	Apéndice 7	
Transformadores.....	32	Costos de túneles revestidos, reajustados por in- flación a Noviembre de 1977	38
Punto grúa para la central.....	32	Apéndice 8	
Equipos auxiliares.....	32	Costos de aliviaderos, reajustados por infla- ción a Noviembre de 1977	38
Obras de riego.....	32	Apéndice 9	
Toma para riego.....	32	Costos de tomas de riego, reajustados por in- flación a Noviembre de 1977	39
Campamentos.....	32	Apéndice 10	
Costos totales.....	32	Esquema de subdivisión de las obras de aprove- chamiento hidráulico	40
Análisis de resultados.....	32	VII. LITERATURA CITADA	41
Costos de hidroelectricidad.....	33		
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	33		
Conclusiones y comentarios finales.....	33		
Recomendaciones.....	34		

III

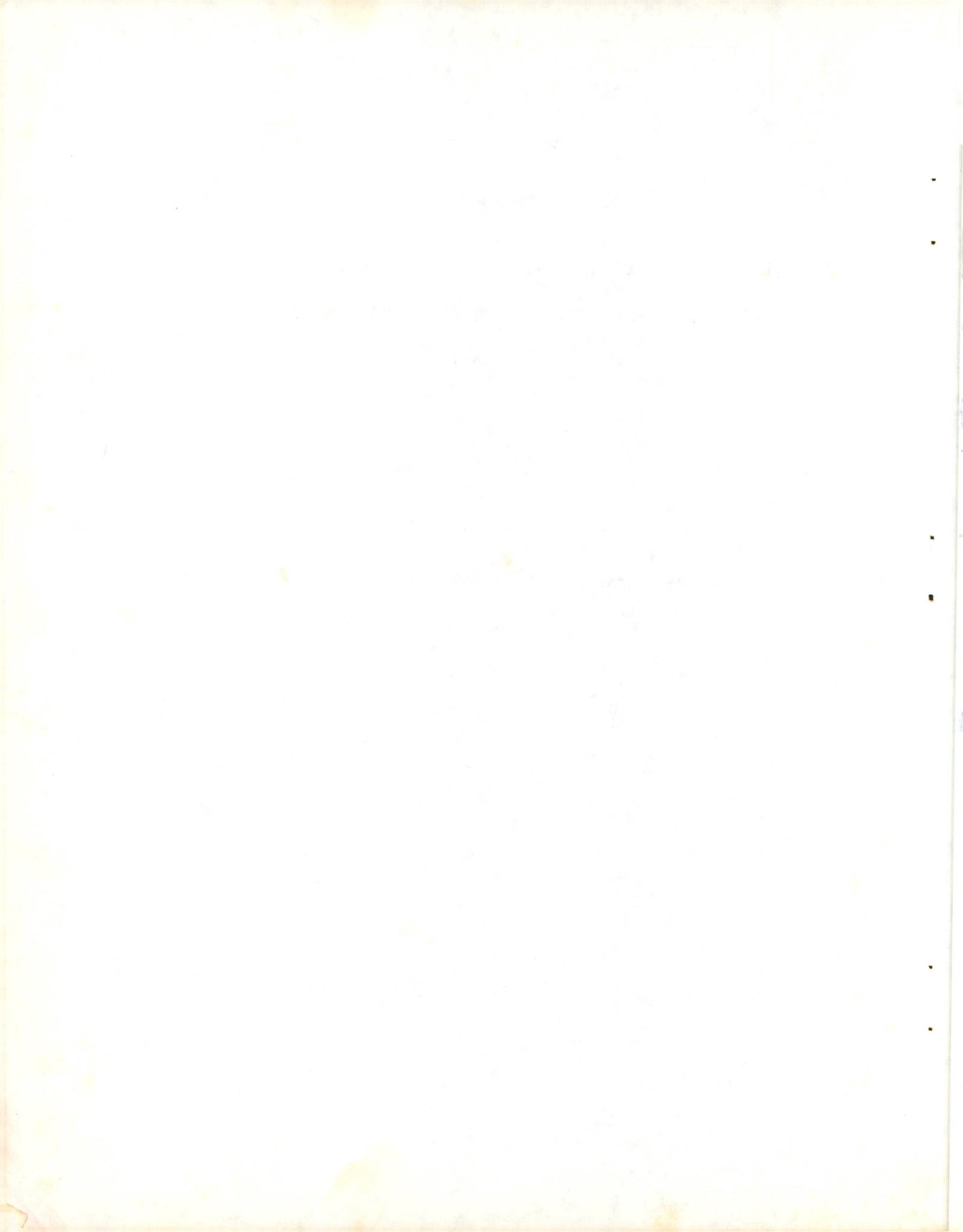
LISTA DE TABLAS		LISTA DE FIGURAS	
Tabla	Página	Figura	Página
2.1	5	1.1	1
2.2	9	2.1	40
2.3	10	2.2	6
2.4	10	2.3	9
2.5	11	2.4	10
2.6	14	2.5	12
2.7	13	2.6	12
2.8	14	2.7	13
2.9	16	2.8	13
2.10	17	2.9	15
2.11	17	2.10	15
2.12	18	2.11	16
2.13	19	2.12	18
2.14	20	2.13	18
2.15	20	2.14	19
2.16	23	2.15	20
2.17	23	2.16	21
2.18	23	2.17	22
2.19	23	2.18	22
2.20	25	2.19	24
2.21	25	2.20	24
2.22	25	2.21	26
4.1	30	2.22	26
		2.23	26
		3.1	28

BASES METODOLOGICAS PARA LA DETERMINACION DE COSTOS
DE APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICOS E HIDRAULICOS
ASOCIADOS

Serie: Planificación de Recursos
PR-13

Manuel Cerda G.

Mérida, 1978



CAPITULO I
INTRODUCCION

La planificación puede entenderse como el análisis ordenado de alternativas de decisión para obtener un conjunto de objetivos deseables. Es el estudio sistemático de una serie de soluciones alternativas con respecto a varios objetivos, o como bien lo ha expresado Woodman (1976) "es la iluminación de las alternativas, es el proceso que arroja luz sobre las decisiones alternativas".

La planificación, debe ofrecer las bases sobre las cuales se tomarán las decisiones, y en general puede decirse que se trata de maximizar el beneficio socioeconómico para la población de una región o de un país, aplicándosele una concepción antropocéntrica. Es el bienestar humano de hoy y del futuro, la meta que debe estar presente en el acto creativo del planificador.

El recurso agua, objeto de planificación, es escaso y desuniformemente distribuido en el espacio y en el tiempo, y por su carácter de esencial para la vida humana y el desarrollo socioeconómico, debe ser conocido, junto a sus recursos asociados, cada vez más profundamente. En la medida en que este conocimiento aumente su manejo será más adecuado.

Para manejar el recurso agua poniéndolo al servicio de una comunidad, es necesaria la construcción de grandes obras de captación, conducción y distribución en las que se invierten fuertes sumas de dinero, recurso que también es escaso. De aquí la conveniencia de maximizar la eficiencia de las inversiones en el aprovechamiento del recurso hidráulico. Por esto, un capítulo importante de la planificación hidráulica, es el estudio de costos de obras hidráulicas.

Inventario del Potencial Hidroeléctrico de Venezuela

La Dirección de Planificación de los Recursos Hidráulicos del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, se ha dado a la tarea de inventariar el potencial hidroeléctrico de Venezuela y plantear su vinculación con otros usos del agua. En un primer documento de trabajo, el organismo citado propone un esquema metodológico compuesto de tres fases, como se expresa a continuación:

i) Fase I. Esta fase comprende gran parte de la recabación de información básica, como asimismo del reconocimiento de todos los sitios de aprovechamiento con posibles fines hidroeléctricos, teniendo como objetivo final una jerarquización económica, a nivel de viabilidad, de todos los aprovechamientos o sistemas hidroeléctricos técnicamente factibles, debidamente valorados mediante una metodología de evaluación, y también con la ayuda de un manual de costos.

En esta fase, se procede, una vez que la jerarquización de los aprovechamientos se encuentre preparada, a efectuar el primer tamizado o selección de aquellos aprovechamientos o sistemas hidroeléctricos que ameriten ser llevados a un nivel de prefactibilidad.

Se estima que esta fase concluirá con un listado de unos 200 a 300 aprovechamientos, del cual se podrá decidir qué aprovechamientos estarán en condiciones de pasar a la siguiente fase. Se supone que estos aprovechamientos constituirán un número mucho menor que el conjunto inicial citado.

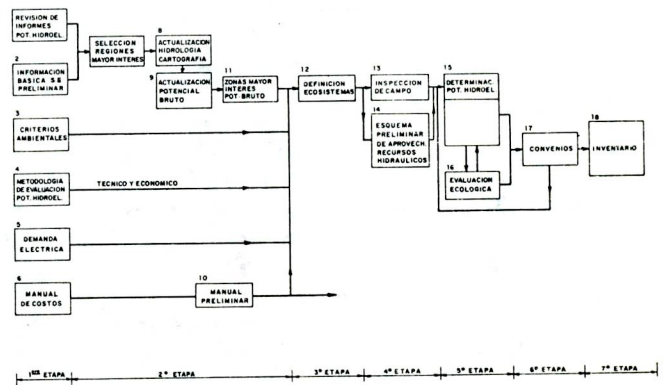
La metodología de selección o "tamizado" (Fase I), como así también los marcos de referencia para los estudios de prefactibilidad (Fase II) de los aprovechamientos hidroeléctricos, que tengan en debida consideración los otros propósitos del agua, se estima de fundamental importancia para esta fase y las subsiguientes.

Esa metodología debe asegurar: a) un adecuado nivel de precisión de los resultados, de acuerdo al marco de referencia muy preliminar de la Fase I, y b) que las bases de comparación sean homogéneas, de tal modo que los resultados del análisis de cada aprovechamiento potencial sean totalmente comparables con los restantes.

ii) Fase II. Los sistemas de aprovechamientos "tamizados" o seleccionados en la Fase I son llevados a un nivel de mayor precisión y de diseños más ajustados y estudios técnico-económicos de tipo "prefactibilidad". También se entra a analizar con mayor detalle los aspectos de multipropósito, de ecología y de mercados eléctricos.

iii) Fase III. Esta última fase corresponde a la determinación del mejor itinerario de acciones a tomar con respecto al dimensionamiento, secuencia y operación de los aprovechamientos o sistemas hidroeléctricos seleccionados y llevados a nivel de prefactibilidad en la Fase II; es decir, esta fase respondería a la determinación del programa de expansión del sistema hidroeléctrico nacional".

La Figura 1.1 es un esquema conceptual que representa las tareas a realizar en la Fase I del Inventario.



Fuente: MARNR (1978)

Figura 1.1 Esquema metodológico del inventario del potencial hidroeléctrico técnico y económicamente factible.

El trabajo de esta tesis se inscribe en el marco general señalado anteriormente, y se limita al estudio y proposición de metodologías para el cálculo de los costos de obras hidráulicas de multipropósito, de forma que puedan ser aplicables a proyectos en su nivel preliminar en forma rápida y con resultados aceptables al nivel de la Fase I. Es un instrumento de valoración de costos de alternativas, que propone criterios homogéneos de comparación estimándose que debería permitir valoraciones no sólo globales sino parciales en base a parámetros como altura de presa, volumen almacenado, distancia de transporte, volumen de presa, energía generada, caudal medio suministrado a cada propósito.

La evaluación de alternativas en la Fase I requiere de una valoración global y por uso del agua. Surge entonces la necesidad de estudiar una metodología de apropiación de costos de obras comunes adecuada a las realidades del aprovechamiento, tema que escapa a los alcances de esta tesis y que debería ser tratado con más propiedad en una sobre metodología de evaluación.

Es conveniente insistir en que esta tesis podrá ser usada sólo en la etapa en que los proyectos se han definido en forma preliminar, es decir, en la Fase I, cuando se requiere el conocimiento de sus costos como un elemento de las primeras evaluaciones.

Repaso de literatura

Relativamente poco se ha publicado en Venezuela en materia de costos de obras hidráulicas de propósitos múltiples.

Curiel y González (1968) estimaciones de costo de presas de tierra fundaciones, aliviaderos y tomas.

En el caso de presas y fundaciones se presentan curvas que entregan costo por metro lineal de cresta en función de la altura del terraplén, y en el caso de aliviaderos y tomas, sus costos se presentan en función de la altura máxima del terraplén.

En todos los casos, las curvas se confeccionan ajustándolas a datos de obras ya realizadas en Venezuela, y en algunos casos en el extranjero, con grados de precisión que pueden ser dudosos como en el de aliviaderos y tomas, cuyas dispersiones extremas alcanzan alrededor del 100%. En el análisis de estos costos se han aplicado precios de los años 1956-1957. Fácil es, por lo tanto, deducir su obsolescencia para la fecha actual.

Los citados autores han agregado curvas que representan la variación de índices de costos de construcción de presas de tierra para terraplenes, fundaciones, aliviaderos y tomas, hasta el año 1967. Su metodología no aparece explícita.

Más adelante afirman que "para propósitos comparativos entre varias presas, no importa que no se utilicen precios del año en curso". Esta afirmación es válida para comparar presas de tierra entre sí, siempre que no se haya producido una variación significativa de la estructura de precios y que las variaciones de los índices de costo se mantengan aproximadamente en la misma relación, cosa que a juzgar por los propios gráficos de variación de estos índices proporcionados en ese estudio no siempre se cumple.

Como resultado del análisis de precios unitarios de todas y cada una de las partidas de los costos definitivos de la obra de embalse la Estancia

en Aragua de Barcelona", Curiel y González (1968) determinaron los porcentajes en moneda nacional y extranjera que inciden en el costo de la obra, tanto en su conjunto, como en cada uno de sus componentes básicos: terraplén, aliviaderos y tomas. En este aspecto, resulta meritoria la presentación de una metodología, pero no se llega a conclusiones generales ya que se analiza un solo caso.

En el estudio de costos de proyectos hidroeléctricos, Liria (1966) presenta recomendaciones de costos de túnel, chimenea de equilibrio, tubería forzada y la central o planta hidroeléctrica propiamente dicha.

En las estimaciones de costos de túnel, establece una relación costo-dímetro y traza la correspondiente curva, señalando que los precios unitarios utilizados no tienen garantía suficiente. Para el caso de la chimenea de equilibrio recomienda asumir "en una primera aproximación y a mero título de orientación" un costo que oscila alrededor del 3% del túnel. No presenta relaciones funcionales para el cálculo rápido del costo de esta obra, ni la metodología empleada.

En relación a la tubería forzada dice que, en general, su costo crece con el cuadrado de su diámetro, proporcionalmente a la presión máxima a soportar y a su longitud. Así, expresa:

$$C = 1,35 \cdot H \cdot L \cdot D^2$$

donde:

C = costo en bolívares
 H = altura del salto en m
 L = longitud de la tubería en m
 D = diámetro interior de la misma en m
 1,35 = factor de conversión en Bs/m⁴

No presenta la derivación de la ecuación anterior, y se supone que el coeficiente 1,35 sólo es válido para un costo de 2,15 Bs/Kg de chapa especial soldada y con protección antioxidante.

Recomienda además, agregar unos Bs.270 por m de longitud y por m de diámetro de tubería por concepto de la obra civil de implantación de la tubería. Tampoco explica la metodología de cálculo.

En cuanto al costo de la central, entendido como la suma de los costos de la obra civil de la casa de máquinas, de la instalación eléctrica, de los transformadores, de los alternadores y de las turbinas, no se estudian leyes de costo y sólo se presentan suposiciones de costo por kw, de cada uno de estos componentes, basados en la simple experiencia.

En resumen, la metodología propuesta por Liria (1966), no presenta argumentos que la justifiquen.

La experiencia Latinoamericana y Norteamericana, se expresa en las publicaciones que se comentan a continuación:

Naciones Unidas (1977), elaboró un manual para la evaluación preliminar de recursos hidroenergéticos del Istmo Centroamericano, en gran parte en base a la experiencia de la Empresa Nacional de Electricidad, Sociedad Anónima de Chile; a los antecedentes recogidos por la Comisión Económica para América Latina, CEPAL, y al trabajo conjunto de la sub-sede México de esa Comisión y el Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano.

En dicho manual, se desarrolla una serie de gráficos que proporcionan los costos en función de variables físicas, por ejemplo, costo del vertedero versus longitud del vertedero, costo del m³ del terraplén versus el volumen

total del terraplén, y otros hasta completar 34 gráficos.

Otra contribución valiosa de ese estudio es la presentación de 13 programas de computación que permiten mecanizar los cálculos de costos y determinar características de diseño. Todos los programas se preparan en lenguaje BASIC para ser utilizados en mini-computadores Hewlett Packard 9830 A.

El estudio mencionado es válido sólo para proyectos hidroeléctricos y para regiones o países altamente sísmicos, condición que se debe tener presente al ser aplicado en países de escasa o nula sismicidad.

Los diferentes grados de profundización en el estudio de los costos de este manual, limitaría su aplicación a la Fase I del Inventario del Potencial Hidroeléctrico antes mencionado. En efecto, por ejemplo para un nivel de evaluación preliminar es excesivo el grado de detalle que se presenta para el cálculo de costos de chimeneas de equilibrio, en cambio no se estudian rubros tan importantes como EXCAVACIONES, ni se analizan las variantes más comunes de un aliviadero, lo que puede conducir a grandes distorsiones en la comparación de proyectos a nivel preliminar.

Otra experiencia latinoamericana sobre metodologías para la valoración de costos corresponde al realizado por Hidroservice - Hidrened (1973), empresa mixta argentino-brasilera que por encargo de Electrobras y Aguas y Energía, elaboró un "Manual de Procedimientos para estimaciones de costos de construcción de Aprovechamientos Hidroeléctricos para su aplicación en los Estudios de la Región Limítrofe entre Brasil y Argentina".

Este manual establece tres niveles de aplicación: inventario, prefactibilidad y factibilidad.

A nivel de inventario se desarrolla un grado de detalle suficiente para obtener los costos de proyectos en su nivel preliminar y "permite realizar comparaciones sumarias de obras y esquemas integrados de obras de aprovechamiento hídricos". Hidroservice - Hidrened (1973).

El nivel de prefactibilidad permite valoraciones más detalladas, suficientes para formular planes y programas de obras económicamente eficientes y seleccionar la obra u obras a ejecutarse con prioridad.

El nivel de factibilidad permite una cuantificación más precisa con la finalidad explícita de confirmar su economicidad, demostrar su rentabilidad y realizar el planeamiento financiero del proyecto.

El manual mencionado, presenta tablas y gráficos válidos para los tres niveles considerados, y su uso para cada nivel depende del grado de precisión de los datos de entrada. Así por ejemplo, en un gráfico para excavación a cielo abierto en tierra, en que se obtiene el costo por m^3 de excavación en función del volumen total de excavación, el grado de precisión en el cálculo de este último, que es el dato de entrada, está dado por el nivel o grado de avance del estudio y el costo corresponde a ese mismo nivel. En otras palabras, se debe asumir que las curvas proporcionan costos de gran exactitud para cada dato de entrada, y por lo tanto basta verificar el grado de exactitud del dato de entrada para obtener un costo con igual grado de exactitud. Esta valiosa característica está respaldada por la definición detallada previa de los requisitos mínimos para cada nivel de proyecto en lo que respecta a topografía, geología y expropiaciones del área de embalse.

El manual mencionado anteriormente, establece curvas de precios unitarios basados en costos verificados en un gran número de obras de Argentina, Bra

sil y otros países. No explica la forma como se efectuó dicha verificación.

El trabajo antes citado, agrupa las diversas partes que componen un aprovechamiento hidroeléctrico, en lo que llama un "Plan de Cuentas", el cual se compone de siete "cuentas", cada una de las cuales constituye una agrupación de obras o actividades cuyos costos pueden considerarse directos. Señala que los costos directos son aquellos que corresponden a la producción de bienes o servicios, incluyendo mano de obra, materiales y sus fletes, combustibles, reparaciones, repuestos, amortización de equipos y los gastos generales, financieros y el beneficio del contratista. Los costos indirectos los constituyen los del obrador y campamentos, los de ingeniería y los de administración general.

Esta forma de ordenamiento de los costos, permite a los planificadores, tener una visión rápida del costo de cada parte de la obra.

El manual no incluye un ítem especial sobre los costos de transmisión en los aprovechamientos hidroeléctricos, ni de los costos de obras, propias de otros usos posibles del agua, compatibles con la hidroelectricidad.

La experiencia norteamericana se expresa en un manual elaborado por el U.S. Bureau of Reclamation (1959), el cual ofrece una metodología de estimación de costos para proyectos en su nivel preliminar. Esta publicación ha estado en revisión permanente, lo que ha permitido actualizar los costos entregados en tablas y gráficos, manteniendo básicamente la misma metodología.

La metodología de este estudio consiste en:

- Seleccionar obras ya construidas y desglosarlas en partidas tales como: presas, aliviaderos, canales, túneles, sifones, drenes, plantas de bombeo, casa de máquinas, turbinas, generadores, transformadores, sub-estaciones, líneas de transmisión, carreteras, vías férreas, puentes, campamentos y otros.
- Plantear gráficos de costos de partidas de obras en función de parámetros característicos, como caudal de diseño en caso de aliviaderos, o volumen total de presa en caso de muros de presa.

Para la realización de este manual se seleccionaron obras construidas a partir del año 1940, y sus costos se han ido actualizando para cada año a aplicándoles índices de costo de construcción. Estos índices se elaboraron para cada partida de obra en base a variaciones registradas en los costos del material y mano de obra. Por otra parte, el manual se ha ido enriqueciendo año a año con la aparición de nuevas obras.

La metodología señalada puede ser utilizada con algunas adaptaciones en países latinoamericanos. Debe revisarse especialmente el método de actualización de los costos, ya que en él inciden factores que en los países latinoamericanos tienen características muy diferentes a las imperantes en Estados Unidos, como son los fuertes procesos inflacionarios, cambios tecnológicos bruscos, volumen variable de importación de maquinarias y equipos, y otros.

El Manual de Costos del U.S. Bureau of Reclamation, (1959) permite la determinación de costos a nivel preliminar de obras de hidroelectricidad y de regadío, y no contempla la estimación de costos de otros posibles usos del agua.

Objetivos

Los objetivos que se persiguen en este estudio se enumeran a continuación:

1) Poner a disposición de los planificadores bases metodológicas para el cálculo de los costos, de proyectos preliminares de carácter hidroeléctrico e hidráulicos asociados, que permitan valorar un gran número de proyectos a nivel preliminar, con criterios homogéneos.

2) Elaborar y analizar metodologías que consideren la dinámica de los precios en el tiempo, y sus efectos en los costos de obras hidroeléctricas e hidráulicas, con el propósito de determinar la aplicabilidad futura de las metodologías de determinación preliminar de costos, que se concreten en la actualidad.

3) Facilitar el cálculo de costos de aprovechamientos hidroeléctricos e hidráulicos asociados, que resulten identificados a través del estudio del Inventario Nacional del Potencial Hidroeléctrico que coordina la Dirección de Planificación de los Recursos Hidráulicos del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.

Resumen del procedimiento

El procedimiento o metodología a seguir en este estudio, se resume a continuación:

Etapas de introducción

Comprende los pasos necesarios para la identificación plena del problema y la delimitación de sus alcances. Para esto, es necesario:

- Reconocer la necesidad de estudiar metodologías para la determinación de costos, a través de las características de la Fase I del Inventario del Potencial Hidroeléctrico de Venezuela.
- Revisar estudios realizados en el extranjero, que planteen objetivos similares.
- Analizar la disponibilidad de información.

Formulación de funciones de costos

Esta es una etapa de concreción donde se analizan los siguientes aspectos:

- Se propone una metodología a seguir para la determinación preliminar de costos.
- Se estudia una manera de representar la tecnología de las obras de ingeniería.
- Se definen las funciones de costos de obras de ingeniería, en base a aspectos metodológicos ya determinados.

Correcciones de los costos por concepto de inflación

Es una etapa en que se proponen metodologías de reajuste de costos, con el fin de adaptar los costos a las variaciones de precios. Esta etapa comprende:

- Revisión de las características de la inflación en Venezuela, con el fin de reconocer la necesidad de corregir los costos debido a presiones inflacionarias futuras.
- Elaboración y análisis de metodologías para reajustar los costos por concepto de inflación.
- Consideraciones sobre los cambios en la estructura de los costos por efectos de inflación.

Ejemplo de aplicación

En esta etapa se desarrolla un ejemplo de aplicación de las funciones de costos determinados antes. Comprende:

- Identificación de un caso de aprovechamientos hidroeléctricos propósitos múltiples.
- Aplicación de las metodologías antes propuestas
- Presentación de los resultados
- Análisis de los resultados.

Conclusiones y recomendaciones

Es la etapa final, en que se hace un análisis crítico del estudio realizado, de donde se deducen conclusiones y recomendaciones.

Importancia del estudio

La tarea de seleccionar los mejores aprovechamientos hidroeléctricos, identificados en forma preliminar por la Dirección de Planificación de los Recursos Hidráulicos del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Renovables, apunta a una optimización en el uso del recurso agua, y requiere de una metodología homogénea y de fácil aplicación para la determinación de los costos.

La determinación de los costos es esencial para toda evaluación. Se comprende entonces la importancia de su estudio sistemático y formulación de metodologías para la valoración, no sólo porque a través de ellas se pueden conocer los valores monetarios de las obras, sino también porque entrega términos homogéneos de comparación entre los proyectos identificados en forma preliminar.

Generalizando entonces, puede afirmarse que la importancia de este estudio radica en su contribución a la toma de decisiones más racionales en el desarrollo de recursos hidráulicos.

CAPITULO II

FORMULACION DE FUNCIONES DE COSTOS

Generalidades

Según se dijo en el Capítulo I, los objetivos de esta tesis son fijar las bases metodológicas para la determinación de costos de obras directamente vinculadas a un sitio de aprovechamiento hidroeléctrico e hidráulico. Se excluyen entonces, aquellas obras que corresponden a las tuberías de aducción y redes de distribución de agua potable, canales primarios y sistemas de riego.

Con el fin de tener términos homogéneos de comparación, en el análisis de los costos, se eligieron obras con características similares de diseño y obras tipo, a partir de la práctica más usual en Venezuela, y se supuso, para efectos del inventario, su empleo sistemático en todos los aprovechamientos que se identifique en la Fase I.

En la Figura 2.1, Apéndice 10 se presenta un esquema de subdivisión de las obras de un aprovechamiento hidráulico desde el punto de vista de su uso, como también de las obras de ingeniería que lo constituyen. Además, también se indican a modo de ejemplo, las numerosas partidas en las cuales se pueden desglosar estas últimas. A su vez, cada partida se ha descompuesto en los tres factores fundamentales componentes de los costos: materiales, maquinarias y equipo, mano de obra.

En este trabajo se excluye el estudio de costos de las obras de navegación fluvial y piscicultura, que atañen directamente a la presa, debido

a la falta de experiencias nacionales. No obstante, debido a la importancia del tema se estima conveniente su estudio en investigaciones específicas posteriores.

A los efectos de este estudio, el costo directo de construcción estará formado por el costo de los materiales, maquinaria y equipo, y mano de obra.

El costo indirecto de construcción estará constituido por: las ganancias del contratista, los impuestos, los gastos generales del contratista, el margen para gastos imprevistos del contratista y el interés del capital en préstamo. Este costo puede variar de acuerdo a las características de la competencia entre empresas constructoras.

Los costos planteados en las curvas que se grafican en las Figuras 2.3 a 2.23, están formados por la suma de costos directos y costos indirectos de construcción. Estos últimos se determinaron en base a los porcentajes del costo directo, más comúnmente observados en las obras consultadas.

El costo directo, desde el punto de vista del Inventario, en cambio, no es otro que el costo total de construcción. Este es el costo que se obtiene de las curvas que se detallarán en las Figuras 2.3 a 2.23.

El costo indirecto, desde el punto de vista del Inventario, está formado por: costos de Ingeniería, intereses intercalares, imprevistos y costos de explotación. Su valor deberá ser determinado en la metodología de Evaluación del Potencial Hidroeléctrico de Venezuela, que es otra tarea del Inventario como aparece en la Figura 1.1.

En este capítulo se estudian los costos totales de construcción de 30 obras de Ingeniería, de acuerdo a la metodología que se expone en las páginas siguientes.

En este capítulo también se hacen consideraciones en torno a la relación entre las funciones de costos y los cambios tecnológicos de las obras de Ingeniería.

Los costos totales de los aprovechamientos que se obtengan en la Fase I del Inventario, deben entenderse como una primera aproximación a los costos reales, ya que su estimación estará influenciada por factores como:

- Imprecisión en los datos hidrológicos, fisiográficos y geológicos.
- Diseños muy preliminares, tipificados a fin de aplicar criterios homogéneos de valoración.
- Impermanencia de las características de la competencia entre empresas contratistas.
- Cambios en las tecnologías consideradas.

Esto sugiere plantear valores de costo con precisión de 3 cifras significativas, debiéndose aproximar aquellos valores finales que resulten con mayor grado de precisión.

Conviene recordar que el nivel de exigencia del Inventario correspondiente a los estudios de viabilidad cuyos errores estimados, aceptables por la experiencia venezolana, son del orden de 30% a 40%.

Metodología

Las curvas y sus respectivas ecuaciones, que se presentan en este capítulo,

se desarrollaron en base a los antecedentes de costos registrados en los contratos de construcción del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, MARNR, Instituto Nacional de Obras Sanitarias INOS, Electrificación del Caroní, EDELCA y Compañía Anónima de Administración y Fomento Eléctrico CADAPE, Tabla 2.1.

En los casos en que los datos disponibles no fueron suficientes, se calcularon los costos aplicando precios unitarios medios a diseños preliminares tipo.

Se seleccionaron grupos de obras de Ingeniería de los aprovechamientos indicados en la Tabla 2.1 que, junto con cumplir idénticas funciones, poseen características de diseño comunes y tecnologías de construcción similares. Así, cada grupo seleccionado permitió construir una curva de costos con características homogéneas.

Homogeneización a moneda de igual valor adquisitivo

Los valores de costos de las obras consultadas corresponden a un período que va de 1961 hasta 1977, en el cual se registró una inflación total acumulada del orden del 254%. Esto hizo necesario expresar los valores citados en moneda de una misma fecha. La aplicación de índices de reajuste por concepto de inflación permiten resolver este problema, según se explicará en los párrafos siguientes.

En la Figura 2.2 se observa la variación en el tiempo, de los índices de precios de los materiales, maquinarias y equipos, mano de obra; factores de costos que representan en buena medida la tecnología empleada.

Los índices para materiales, maquinarias y equipos, se obtuvieron de

Tabla 2.1

Lista de obras hidráulicas consultadas

Nº	Obra	Organismo	Año de Licitación
1	Guanapito	MOP	1961
2	Lagartijo	INOS	1961
3	El Isiro	MOP	1962
4	Mapará	INOS	1963
5	Santa Clara	MOP	1963
6	El Pilar	MOP	1963
7	Clavellino	MOP	1963
8	Tamanaco	MOP	1963
9	Tulé-Cachirí	MOP	1964
10	La Estancia	MOP	1965
11	Pariche	MOP	1967
12	Agua Viva	MOP	1967
13	Dos Cerritos	MOP	1968
14	La Becerra	MOP	1968
15	Raúl Leóni	EDELCA	1970
16	Santo Domingo	CADAPE	1970
17	Pao-Cachinche	MOP	1971
18	El Socuy	MOP	1972
19	Atarigua	MOP	1974
20	Boconó	MOP	1975
21	El Guamo	MOP	1975
22	El Cigarrón	MOP	1975
23	Matucora	MOP	1975
24	Las Palmas	MOP	1975
25	Tucupido	MOP	1976
26	Vista Alegre	MOP	1976
27	El Pueblito	MOP	1976
28	Masparró	MARNR	1977
29	Canaabo	INOS	1977
30	Uribante Caparo	CADAPE	1977

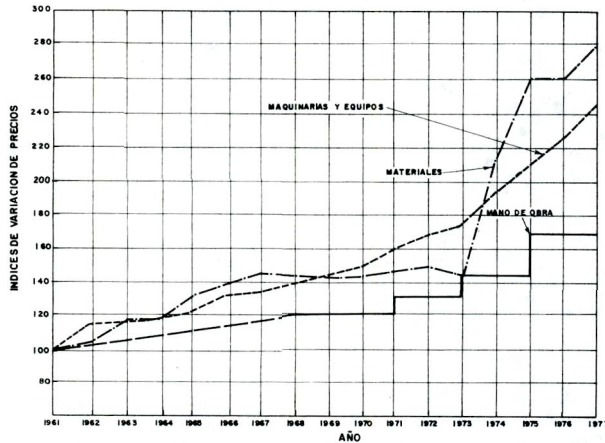


Figura 2.2. Índices de variación de precios versus años

informes económicos anuales y boletines mensuales publicados por el Banco Central de Venezuela. Como se ve en Apéndice 1.

El índice correspondiente a la mano de obra desde el año 1968, se calculó en base a los salarios tabulados en los sucesivos contratos colectivos entre la Cámara Venezolana de la Construcción y la Federación de Trabajadores de la Industria de la Construcción de Venezuela (Véase apéndice 2). Las variaciones entre el año 1961 y 1968 se determinaron en base a salarios reales pagados en esas fechas por empresas constructoras.

La Figura 2.2 muestra que las gradientes inflacionarias de los tres factores considerados son diferentes entre sí. Por lo tanto la participación relativa de esos factores, que definen la estructura de costos, varía en el tiempo. Esto obliga a actualizar los costos reajustando cada uno de los componentes de su estructura por separado.

Por lo tanto, las partidas consideradas en los presupuestos de cada obra de ingeniería de un aprovechamiento, se desglosaron en los tres factores antes mencionados, como aparece en la Figura 2.1.

El costo reajustado de cada partida se obtuvo aplicando los coeficientes de reajuste de precios a sus respectivos factores de costo. Dichos coeficientes se calculan dividiendo el índice de variación de precios correspondiente a una fecha dada, común a todas las obras, por el índice de variación de precios correspondiente al año de construcción de las obras en estudio. Así, se tiene:

$$I_2 = \frac{IP2F}{IP2C}$$

$$I_3 = \frac{IP3F}{IP3C}$$

en que:

I_1 , I_2 , I_3 son los coeficientes de reajuste de costos de materiales, maquinarias y mano de obra respectivamente.

$IP1F$, $IP2F$, $IP3F$ son los índices de variación de precios, a la fecha común, de materiales, maquinarias y mano de obra respectivamente.

$IP1C$, $IP2C$, $IP3C$ son los índices de variación de precios de materiales, maquinarias y mano de obra respectivamente, para la fecha de construcción.

El costo total reajustado de cada partida, se expresa:

$$CTP_{i,j} = MA_{i,j} * I_1 + EQ_{i,j} * I_2 + MO_{i,j} * I_3$$

$CTP_{i,j}$ = costo total reajustado de la partida i , perteneciente a la obra de ingeniería j

$MA_{i,j}$ = costo de los materiales de la partida i , perteneciente a la obra de ingeniería j , en la fecha de su construcción

$EQ_{i,j}$ = costo de la maquinaria y equipo de la partida i , perteneciente a la obra de ingeniería j , en la fecha de su construcción

$MO_{i,j}$ = costo de la mano de obra de la partida i , perteneciente a la obra de ingeniería j , en la fecha de su construcción

El costo total de una obra de ingeniería, estará dado por la suma de los costos de las partidas que lo componen. Así puede expresarse:

$$CT_j = \sum_{i=1}^n CTP_{i,j} = \sum_{i=1}^n (MA_{i,j} * I_1 + EQ_{i,j} * I_2 + MO_{i,j} * I_3)$$

en que:

CT_j = costo total reajustado de la obra de ingeniería j

n = número total de partidas que forman la obra de ingeniería j

El costo total de construcción del aprovechamiento, CCA, será:

$$CCA = \sum_{j=1}^m CT_j = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n CTP_{i,j}$$

en que:

CCA = costo de construcción reajustado del aprovechamiento

CT_j = costo total reajustado de la obra de ingeniería j

$CTP_{i,j}$ = costo total reajustado de la partida i correspondiente a la obra de ingeniería j

m = número total de obras de ingeniería del aprovechamiento

n = número total de partidas de la obra de ingeniería j

Parametrización de las funciones de costo

Una vez homogeneizados los valores de costo, en términos de moneda de un mismo valor adquisitivo, se procedió a buscar las funciones de costos que representasen adecuadamente los valores así corregidos, y también permitiesen estimar los costos de obras de ingeniería a partir de características o parámetros de importancia, conocidos.

El objetivo de la parametrización de las funciones de costos es facilitar la estimación de los costos de las obras de ingeniería, con una aproximación aceptable para los fines de la Fase I del Inventario.

Por lo tanto, los parámetros deben cumplir con las siguientes condi -

ciones para lograr los objetivos citados:

- Deben tener una relación funcional significativa con el costo
- Deben corresponder a una o varias dimensiones, fácilmente identificables, utilizadas en el diseño

Los parámetros de diseño se eligieron en base a los criterios empleados en los manuales de costos citados en el Capítulo I, y a sucesivos ajustes por el método de ensayo y error.

En base a los parámetros así definidos se procedió, mediante un método gráfico, a buscar aquella curva que se ajustara mejor a los datos. Posteriormente, se ajustó la expresión analítica de la curva mediante el método de los mínimos cuadrados.

Consideraciones sobre las funciones de costos y los cambios tecnológicos

Una economía de mercado perfectamente competitivo se define a partir de cuatro supuestos ideales, para un bien determinado:

- a) Todas las empresas producen un bien idéntico, y los consumidores son idénticos desde el punto de vista de los productores.
- b) Productores y consumidores son numerosos, de manera que las decisiones de uno de ellos, no cambia las condiciones del mercado.
- c) Perfecta información de los precios que prevalecen, por parte de los productores y los consumidores.
- d) Perfecta libertad de entrar y salir del mercado, para productores y consumidores.

Si se asume por un momento que una obra de ingeniería es un bien de producción sujeto a las leyes del mercado de competencia perfecta, se puede esperar que los contratistas tengan igualdad de costos directos de construcción, e igualdad de estructura de participación de los insumos: materiales, equipos y mano de obra, en el momento de la licitación.

Asimismo, cabe esperar que la tecnología utilizada por cada uno de ellos sea la óptima.

La competencia entre empresas constructoras de obras públicas, en la práctica, muestra una realidad muy alejada de los supuestos de competencia perfecta.

En efecto, los consumidores y productores no son numerosos. Es más, el consumidor es uno solo: un organismo estatal.

La licitación es un proceso hacia la decisión de comprar "un" producto por parte de un único consumidor, en el que puede asumirse que todas las empresas que se presenten a una licitación tienen la capacidad potencial de producir una obra de ingeniería idéntica.

Un solo consumidor u organismo del Estado, encara la oferta del mercado, por lo tanto puede condicionar esa oferta, y lo hace exigiendo que los valores de los costos indirectos de construcción no sobrepasen un porcentaje fijo de los costos directos de construcción, como se observó en todas las obras analizadas.

Las empresas, por su parte, aceptan esta forma de operar, pero sin embargo, trasladan parte de los costos indirectos a los costos directos.

Todas las empresas que se presentan a una licitación tienen costos directos muy diferentes entre sí, para una misma obra de ingeniería. Esto se explica principalmente por dos razones:

- a) No existe perfecta movilidad de los factores de producción, y por lo tanto, las empresas podrían estar licitando con tecnologías diferentes entre sí.
- b) No existe la información perfecta, lo que puede hacer que las empresas operen con distintos factores de riesgos, parte de los cuales se transfieren hacia los costos directos de construcción, como consecuencia de la exigencia mencionada antes.

La transferencia hacia los costos directos de construcción se realiza de manera explícita, cosa que implica un análisis de costos en base a datos reales de obras construidas.

Si se acepta que el costo indirecto es un porcentaje del costo directo, tal como se verifica en los "análisis de precios unitarios" antes mencionados, y que los costos directos, en buena medida, son linealmente dependientes del nivel de producción, se tiene:

$$CI = P * CD$$

$$y \quad CD = K * N$$

y el costo total será:

$$CT = CD + CI$$

$$\text{luego} \quad CT = CD + P * CD$$

$$CT = CD * (1 + P)$$

en que CD es el costo directo y el CI es el costo indirecto, k el costo unitario, y P es el porcentaje, y el costo unitario será:

$$CU = \frac{CD (1 + P)}{N} = \frac{k * N * (1 + P)}{N}$$

$$\text{entonces} \quad CU = k * (1 + P)$$

siendo N el nivel de producción o cantidad de productos.

Se concluye entonces, que de cumplirse la exigencia de mantener un costo indirecto de construcción porcentualmente constante, no hay variaciones de los costos unitarios cuando se altera la cantidad de producción, es decir, no hay economías de escala.

Por lo tanto, este análisis reafirma la conclusión de que parte de los costos indirectos de construcción se transfieren hacia los costos directos, situación que, sin perjuicio de los inconvenientes señalados anteriormente, es preferible a los efectos que tendría el no aprovechamiento de las ventajas de las economías de escala.

Conviene recalcar, entonces, que la mencionada exigencia sobre los costos indirectos de construcción, constituye un contrasentido.

Estas consideraciones, muestran la complejidad del problema de formular funciones de costos de obras tipo y definir la estructura de costos de cada una. Así, la metodología que se propone en este estudio, no llega a conocer en profundidad el comportamiento complejo de esos factores ligados a las particularidades de cada empresa contratista, conformándose solo con utilizar los costos tal como se presentan en las licitaciones ganadoras. Es decir, la metodología es en cierto modo, un modelo de caja negra en el que se puede esperar que las tecnologías sean las más adecuadas y las utilidades las más razonables, ya que comúnmente se seleccionan las licitaciones de menor precio.

Los cambios tecnológicos

En general, puede decirse que tecnología es un conjunto de habilidades o pericias para poner en juego una serie de procedimientos y recursos de que se sirven las ciencias y las artes.

Los costos de obras de ingeniería, tienen estrecha relación con las tecnologías que intervienen en su proceso productivo. En efecto, los costos se calculan sobre la base de determinadas tecnologías, y éstas a su vez se de

finen, en gran medida, sobre la base de conseguir los menores costos posibles.

Haciendo abstracción de los costos indirectos y de sus posibles transferencias, se puede decir que a cada tecnología que interviene en el proceso productivo de una obra de ingeniería, le corresponde un costo de la obra, y viceversa.

Las tecnologías de que se ha hablado, pueden subdividirse en dos tipos muy ligados entre sí:

- Tecnologías de ingeniería: son aquellas que atañen a la concepción técnica de diseño de la obra.

- Tecnologías de construcción: son las que emplean las empresas constructoras para ejecutar las obras.

Las primeras, definen las cantidades y calidades de los materiales que intervienen en cada obra de ingeniería. Las segundas, definen las cantidades y calidades de la mano de obra, maquinaria y equipo que intervienen en la construcción. Las tecnologías de construcción están condicionadas por las de ingeniería, ya que ellas deben lograr exactamente las calidades y cantidades de materiales concebidos en el diseño, y recíprocamente, los diseños se hacen de manera que se puedan construir con la tecnología disponible.

De esta manera, se debe reafirmar que las tecnologías de ingeniería y de construcción, tienen directa relación con los materiales, mano de obra, maquinaria y equipos que forman una obra de ingeniería, y por lo tanto, dichas tecnologías necesariamente se deben reflejar en la participación relativa de esos factores en la composición de los costos, es decir, en lo que se define como estructura de costos.

En consecuencia, cambios en la estructura de costos indicarán cambios de las tecnologías empleadas.

La estructura de costos media que resulta de calcular los promedios de participación relativa de cada factor de costo entre todas las obras de ingeniería consideradas, puede entenderse como característica típica de su correspondiente curva o función de costos, si las dispersiones relativas de dichos factores son aceptables en la Fase I del inventario.

Así tendrá:

$$P1_k = \frac{\sum_{j=1}^n P1_{j,k}}{n}$$

$$P2_k = \frac{\sum_{j=1}^n P2_{j,k}}{n}$$

$$P3_k = \frac{\sum_{j=1}^n P3_{j,k}}{n}$$

en que:

- $P1_k$ = coeficiente de costo correspondiente a los materiales, características de la curva de costo k
- $P1_{j,k}$ = coeficiente de costo correspondiente a los materiales de la obra de ingeniería j, de la curva de costos k
- $P2_k$ = coeficiente de costo correspondiente a maquinaria y equipos, de la curva de costos k
- $P2_{j,k}$ = coeficiente de costo correspondiente a maquinaria y equipo, de la obra de ingeniería j, de la curva de costos k
- $P3_k$ = coeficiente de costo correspondiente a mano de obra de la curva de costos k
- $P3_{j,k}$ = coeficiente de costo correspondiente a la mano de obra de la obra de ingeniería j, de la curva de costos k

n = número de obras de ingeniería consideradas en las curvas de costos k

Con el propósito de medir el grado de representatividad de estos coeficientes en la curva de costos se calcularon sus desviaciones típicas y los coeficientes de variación correspondientes a materiales, equipos y mano de obra.

En la generalidad de los casos se observó que las dispersiones relativas son menores del 15% para factores de costos cuya incidencia en el costo total es mayor del 60%. Por ejemplo, en el caso de presas de tierra, la dispersión relativa es del 9% para el factor maquinarias y equipos, cuya incidencia en el costo total es 68%. Para aquellos factores de costo cuya participación en el costo total es menor del 10%, como en el caso de excavación en tierra cuyo factor material participa en el 7,5% del costo total, se obtuvieron dispersiones relativas del orden del 35%; en el caso de excavaciones de tierra la dispersión relativa alcanzó a 33%.

Esto indica que la participación de esos factores en el costo total varía en menos del 9% para los mayores coeficientes de costo, y menos de 3,5% para los menores coeficientes de costo.

Estas variaciones se consideran pequeñas en el contexto de la Fase I del estudio del inventario, de donde se concluye que la tecnología de cada una de las obras de ingeniería consideradas, está bien representada por la tecnología media de ellas, ya que los ejemplos citados corresponden a casos extremos.

Por lo tanto, los costos que se obtengan con las curvas, que se plantean en las Figuras 2.3 a 2.23, corresponderán a la aplicación de una tecnología similar a la tecnología media así definida.

Funciones de costos

En este acápite, se desarrollan las funciones de costos de las obras de ingeniería señaladas en la Figura 2.1, a excepción de las que corresponden a navegación fluvial y piscicultura, como se dijo en las Generalidades de este capítulo.

Los costos indirectos de construcción considerados para cada función de costos, son los que aparecen explicados en los contratos analizados de las obras construidas. El valor del costo indirecto de construcción es igual al 21% de los costos directos de construcción. No obstante, se debe tener presente las consideraciones planteadas en los párrafos sobre los cambios tecnológicos, respecto a las probables transferencias, de una parte de los costos indirectos hacia los costos directos, realizada por las empresas contratistas.

En aquellos casos en que fue necesario calcular los costos de las obras de ingeniería en base a pre-diseños tipos de ellas, los costos indirectos se determinaron de acuerdo a la experiencia existente en CADAPE, EDELCA, MARNR.

Campamentos

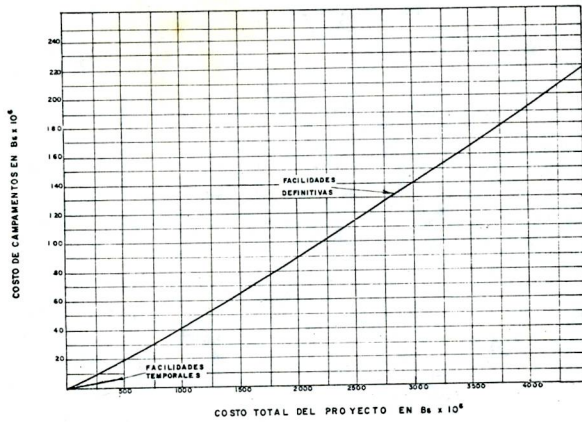
La experiencia nacional e internacional muestra que los costos de los campamentos, oficinas, poblaciones definitivas y obras anexas dependen, en parte, del tamaño de la central, y este a su vez se refleja en el costo total del proyecto.

La Figura 2.3, presenta la relación entre el costo total del proyecto y el costo de campamentos definitivos y temporales. Dicha Figura se confeccionó

cionó en base a la experiencia del U.S. Bureau of Reclamation, para el mes de julio de 1958. Debe señalarse que si se considera que la relación entre los costos de los campamentos y el costo total del proyecto no varía grandemente en el tiempo, dicha Figura puede emplearse para valoraciones preliminares actuales.

Los costos expresados en la Figura 2.3, incluyen: edificios, servicios públicos, aceras, jardines, caminos de acceso y costos indirectos como ingeniería y otros. No incluye los accesos principales al aprovechamiento.

Al emplear este gráfico, se debe tener presente que, a diferencia de el resto, incluye los costos de ingeniería y otros costos indirectos del proyecto.



Fuente: Estimating Data
United States, Bureau of Reclamation

Figura 2.3 Curvas de costos de campamentos

Vialidad

Los costos de construcción de las vías de acceso a los sitios de aprovechamiento, así como los costos de mejorar las vías existentes, se obtuvieron de estudios realizados por CADAFE (1977), MARNR (1976).

Los costos medios de un Km de camino se resumen en la Tabla 2.2, que sigue.

Tabla 2.2
Costos medios de 1 Km de camino de asfalto

	Vías Nacionales Bs	Vialidad interna Bs
construcción zona montañosa	1.300.000	870.000
mejoramiento zona montañosa	550.000	370.000
construcción zona plana	800.000	540.000
mejoramiento zona plana	500.000	330.000

Los costos medios señalados en la Tabla 2.2 incluyen puentes y alcantarillas. No debe incluirse los caminos provisorios para la construcción de las obras, cuyos costos se incluyen en las respectivas funciones de costos.

Reubicaciones

Se ha llamado reubicaciones, a la acción de trasladar a las personas que viven en las zonas que ocupará el aprovechamiento, y reorientarlas en su nuevo modo de vida, hacia un nivel de bienestar equivalente o superior al que tenían. Los costos de esta acción pueden dividirse en dos componentes: costos tangibles y costos intangibles.

Los costos tangibles son los que se derivan de la movilización de personas y pertenencias, directamente medibles en términos monetarios. Los costos intangibles, en cambio, no se traducen directamente en unidades monetarias, ya que están relacionados con la pérdida de bienestar de las personas sacadas de su medio habitual.

Siendo el concepto de bienestar una variable subjetiva vinculada al campo de la sociología, resulta difícil valorar este ítem, en base a reglas generales rígidas, sin cometer errores de consideración.

Una valoración aceptable sólo puede esperarse como resultado de un estudio socioeconómico integral, cosa que, dadas las características de la Fase I planteada para el inventario del Potencial Hidroeléctrico, es impracticable por el gran número de aprovechamientos que se debe valorar y los grandes recursos humanos y financieros que comprometen.

Por lo tanto, para esta Fase, se propone como primera aproximación a la solución, una valoración en base al número de personas a reubicar, es decir, sin considerar su calidad socioeconómica, pero teniendo presente que en una segunda etapa se deben tener en cuenta los factores socioeconómicos correspondientes.

Con tal propósito, se puede aplicar un costo medio por persona constante para todos los aprovechamientos, aunque su monto no sea verdaderamente representativo para todos ellos.

El costo de las reubicaciones empleado en el Estudio de Factibilidad del Proyecto Uribante - Caparo es de Bs.10.000,00, por persona, monto que puede ser empleado en las valoraciones preliminares.

Expropiaciones

El valor de los terrenos a expropiar, incluyendo sus bienhechurfas, puede diferir fuertemente entre los distintos sitios de aprovechamientos. En efecto, los cultivos existentes en el terreno a expropiar, las calidades del suelo, la infraestructura física, las potencialidades del desarrollo del área, son algunos factores de que depende el valor de la expropiación. Tales factores no presentan un patrón definido de ordenamiento en el país ni en un estado. Por el contrario, la participación de esos factores puede ser tan di-

ferente entre uno y otro sitio, que es posible encontrar dispersiones superiores al mil por ciento.

Por lo tanto, no es conveniente establecer funciones de costos o precios promedio de expropiación para todo el país ni para cada estado en particular.

Este estudio se limita, entonces, a proporcionar algunos criterios básicos a considerar en el momento de valorar el rubro expropiaciones. Los criterios básicos pueden ser los siguientes:

- 1) Investigación de los valores de expropiaciones recientes en la cercanía de la zona a expropiar, en los registros de propiedad correspondientes.
- 2) Costos de infraestructura física considerando su depreciación por antigüedad. En caso de poseer bienes de capital debe considerarse su rentabilidad a lo largo de su vida útil.
- 3) Cultivos, sus costos de producción y su beneficio neto actualizado.
- 4) Las vías de acceso. Calidad y disposición de las vías.
- 5) Valor de la tierra. Debe considerarse calidad de suelos, aspectos fisiográficos e hidrológicos.
- 6) Distancias a los centros urbanos y servicios públicos de educación, salud.
- 7) Facilidades de comercialización inherentes a la ubicación de los terrenos a expropiar.
- 8) Potencialidades futuras de desarrollo de la zona.
- 9) Cumplimiento de la Ley de Expropiación por causa de Utilidad Pública o Social, promulgada el 7 de noviembre de 1947 y modificada con Decreto N° 184 del 25 de abril de 1958.

Limpieza de la zona de embalse

La actividad principal en la limpieza de embalse es la deforestación. Su importancia radica en la alta influencia de su costo en el trabajo de limpieza de embalses. Además, permite la posibilidad de sistematizar su estudio de costos, cosa que no ocurre con otros trabajos pertenecientes a este rubro, como demoliciones y otros de importancia secundaria.

Al nivel de la Fase I del Inventario, no se incurre en error apreciable al considerar el costo de la deforestación como costo de la limpieza de embalse.

Deforestación es la tala y/o desraizado de la vegetación. Se distinguen tres tipos de deforestación: pesada, mediana y liviana.

Para reconocer estos tipos de deforestación, se ha aceptado las definiciones del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (1977), que se transcriben en el Apéndice 3.

Costos de deforestación

Los costos de deforestación se estudiaron en base a datos recogidos en las obras N° 17 a la 28 inclusive, señalados en la Tabla 2.1. Estas obras se escogieron por existir mayor accesibilidad a los datos.

Los presupuestos de deforestación de estas obras corresponden en casi su totalidad a vegetación pesada y mediana. Los costos de deforestación liviana se calcularon en base a los análisis de precios unitarios de las mis-

mas obras de deforestación pesada y mediana consultadas, pero aumentando el rendimiento de la deforestación, de acuerdo a la experiencia disponible en la División de Costos y Contratos del MARNR. Este rendimiento se estimó en 6 Ha/turno de 8 hrs. por tractor caterpillar D-8.

Los datos de costos de deforestación por Ha, versus los de superficie total en Ha, permitieron trazar curvas, según la metodología antes expuesta.

Las ecuaciones de costo de las curvas antes señaladas, y los coeficientes de correlación respectivos, se presentan en la Figura 2.4 y Tabla 2.3.

Tabla 2.3
Funciones de costo de deforestación

Tipo de deforestación	Ecuación	Coefficiente de correlación
Pesada	$Y = 2364,04 * X^{-0,113}$	0,89
Mediana	$Y = 1139,85 * X^{-0,078}$	0,90
Liviana	$Y = 682,67 * X^{-0,056}$	0,89

Donde la variable dependiente Y representa el costo unitario en Bs/ha y la variable independiente X representa la superficie total deforestada.

La estructura de costos, definida por los coeficientes de costo medio de materiales, equipos y mano de obra y sus respectivas desviaciones típicas, se presentan en la Tabla 2.4.

Observando los coeficientes de costo medio de los materiales y equipos, mano de obra de la Tabla 2.4 se puede concluir que en los tres tipos de deforestación, se consideran tecnologías similares ya que los coeficientes

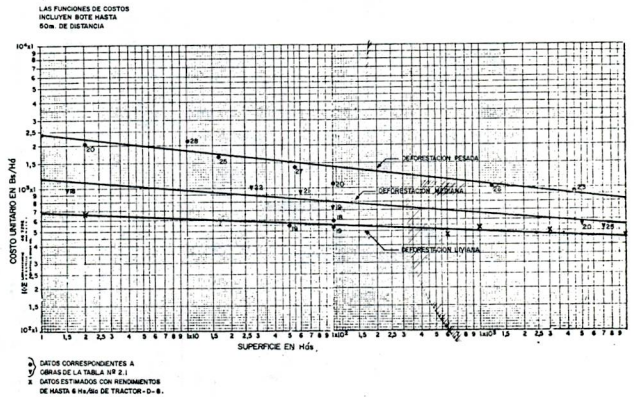


Figura 2.4 Curvas de costos de deforestación

Tabla 2.4
Estructura de costos de deforestación

Tipo de Deforestación	Materiales		Maquinarias y equipos		Mano de obra	
	Coef. costo medio	Desviación típica	Coef. costo medio	Desviación típica	Coef. costo medio	Desviación típica
Pesada	0,06	0,02	0,72	0,07	0,22	0,07
Mediana	0,06	0,01	0,71	0,07	0,23	0,07
Liviana	0,06	0,02	0,01	0,10	0,23	0,09

de costo medio son similares entre sí.

Cabe señalar, que no se ha considerado los costos de deforestación en pantanos por carecer de datos. Entiéndese por tal, a aquella deforestación en que "el pie de los árboles está cubierto por lo menos 1 mt. de agua, pero que por las condiciones de sustentación del suelo se hace imposible la entrada de tractores normales y puede requerirse de explosivos y/o dragas con equipo especial de corte", según las especificaciones técnicas para la construcción de Obras Hidráulicas publicada por la Dirección General de Infraestructura. Venezuela MARNR (1977).

Presas de tierra

Funciones de costo

Los costos de presas de tierra se estudiaron en base a las obras N° 18; 19; 21; 22; 23; 25; 26 y 27 citados en la Tabla 2.1, ya que presentan características de diseño comparables entre sí.

Los costos reajustados y expresados en Bs/m³, se correlacionaron con el volumen total de la presa incluido el volumen del dentellón, aplicando la metodología antes presentada:

Así se obtuvo la ecuación:

$$Y_1 = 6249,93 * (X + 500.000)^{-0,388}$$

con un coeficiente de correlación $r = 0,72$

multiplicando $Y_1 * X = Y_2$, se obtiene la curva de costo total

$$Y_2 = 6249,93 * X * (X + 500.000)^{-0,388}$$

en estas ecuaciones:

Y_1 = variable dependiente que representa el costo por m de presa

X = variable independiente que representa el volumen total de presa

Y_2 = variable dependiente que representa el costo total de presa

Estas funciones aparecen representadas en las Figuras 2.5 y 2.6.

Estructura de costo

Los coeficientes de costo medio, correspondientes a materiales, maquinarias y equipos, mano de obra, que forman la estructura de costos, se calcularon aplicando el método expuesto anteriormente.

Estos coeficientes de costo medio y sus desviaciones típicas, se resumen en la Tabla 2.5:

Tabla 2.5
Estructura de costos de presas de tierra

Factores de costo	Factores de costo medio	Desviación típica
Materiales	0,14	0,05
Maquinarias y equipos	0,68	0,06
Mano de obra	0,18	0,05

Condiciones para el uso de las curvas de costo de presas de tierra

Las curvas de costos de presas de tierra se desarrollaron en base a las siguientes características:

Accesos. Se consideran accesos normales a la presa, para el transporte

de materiales. Este es el aprovechamiento o mejora de accesos existentes y construcción de otros que impliquen escaso movimiento de tierras.

Distancia de transporte. Se considera una distancia media de transporte DM de 1.000 m valor promedio del total de obras consultadas. De manera que:

$$DM = \frac{\sum_{j=1}^m DMT_j}{m}$$

DM = distancia media de transporte válido para las Figuras N° 2.5 y 2.6

m = número de presas consideradas

DMT_j = distancia media de transporte de la presa j

$$DMT_j = \frac{\sum_{i=1}^n (D_{i,j} * V_{i,j})}{VT_j}$$

D_{i,j} = distancia desde el préstamo i hasta la presa j

V_{i,j} = volumen transportado desde el préstamo i hasta la presa j

VT_j = volumen total transportado desde los préstamos hasta la presa j

n = número de préstamos de la presa j

Para distancias medias de transporte superiores a 1.000 m se deberán agregar a los costos unitarios, los siguientes valores por cada Km adicional, obtenido de los análisis de precios unitarios de las obras consultadas:

entre 1 y 2 Km	:	2,80 Bs/Km adicional
entre 2 y 5 Km	:	1,35 Bs/Km adicional
entre 5 y 10 Km	:	0,90 Bs/Km adicional
más de 10 Km	:	0,75 Bs/Km adicional

Taludes. Se observó que los taludes de la presa no influyen significativamente en el costo unitario de ellas.

Presas zonificadas u homogéneas. Entre las obras consultadas existen presas zonificadas y presas homogéneas. De la comparación de sus costos unitarios se deduce que no existe una clara diferenciación entre los costos de unas y otras, por lo que las Figuras 2.5 y 2.6 pueden ser utilizadas para ambos tipos.

Ataguías de tierra. Los costos incluyen la construcción de ataguías de tierra para desvío del río durante la construcción.

Inyecciones. No se considera una cortina de inyecciones, ya que su costo es independiente del volumen de presa.

No obstante, un análisis de los costos de inyecciones realizado en base a las obras N°18; 19; 21; 23 de la Tabla 2.1, indica que la incidencia en el costo de 1 m³ de presa, es despreciable.

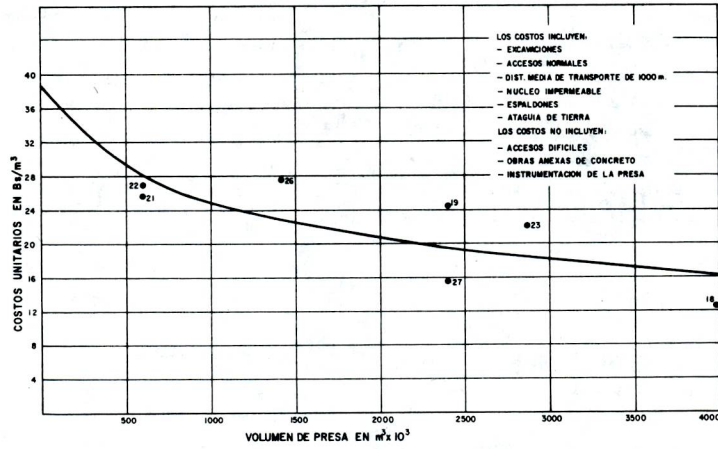
Drenaje. Se incluyen los drenajes de la presa.

Excavaciones. Se incluyen los costos de excavación del dentellón, así como el costo de relleno y compactación del mismo.

Excavación en roca y en tierra a cielo abierto

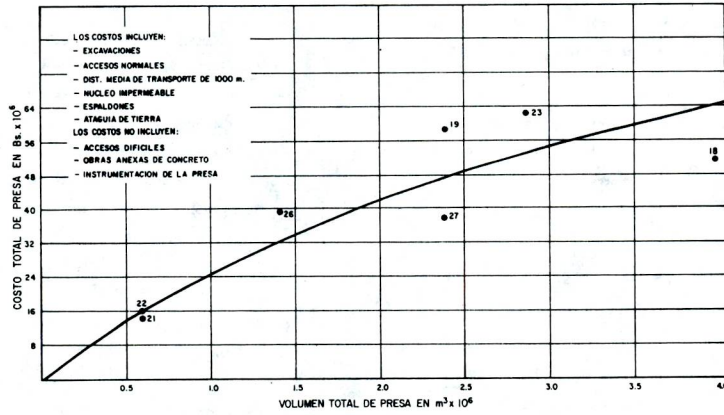
Costos de excavación

Las curvas de costo de las Figuras 2.7 y 2.8, se desarrollaron en base a las obras N° 19 a 27 inclusive de la Tabla 2.1. Estas obras se eligie-



• DATOS OBTENIDOS DE LAS OBRAS DE LA TABLA N° 2.1

Figura 2.5 _ Función de costo unitario de presas de tierra.



• DATOS OBTENIDOS DE LAS OBRAS DE LA TABLA N° 2.1

Figura 2.6 _ Función de costo total de presas de tierra.

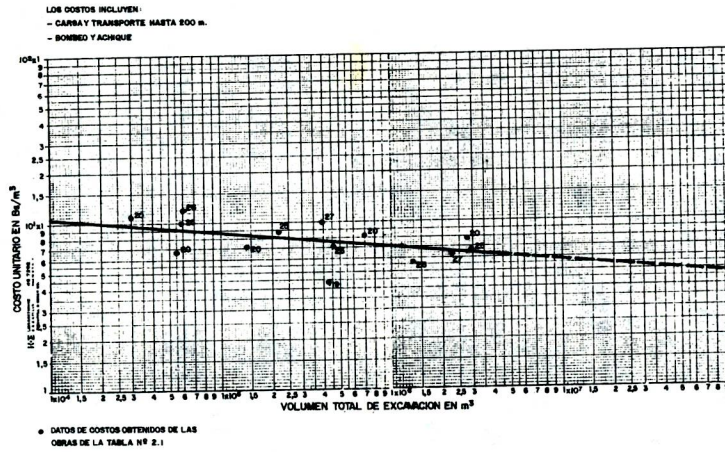


Figura 2.7 Curva de costos de excavaciones a cielo abierto en tierra

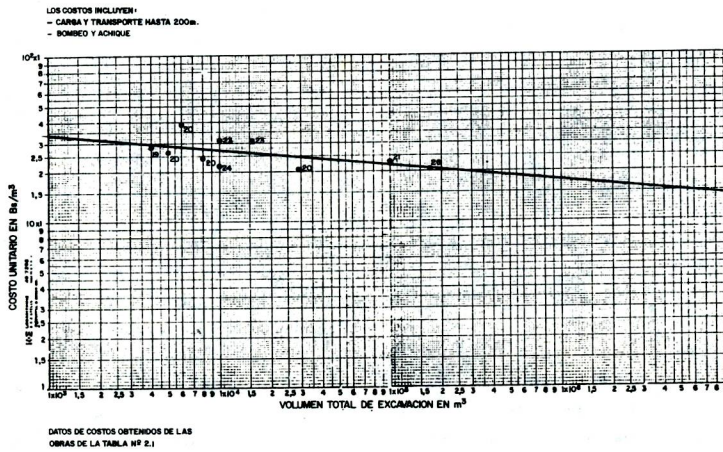


Figura 2.8 Curva de costos de excavaciones a cielo abierto en roca

Tabla 2.7
 Estructura de costos de excavación

Tipo de Excavación	Materiales		Maquinarias y equipos		Mano de obra	
	Coef. costo medio	Desviación típica	Coef. costo medio	Desviación típica	Coef. costo medio	Desviación típica
Excavación en roca	0,25	0,08	0,49	0,08	0,26	0,05
Excavación en tierra	0,07	0,02	0,70	0,09	0,23	0,07

ron por existir mayor accesibilidad a los datos.

Los costos unitarios reajustados, expresados en Bs. por m³ de excavación, se correlacionaron con los volúmenes totales de excavación expresados en m³.

Empleando la metodología antes expuesta, se obtienen las ecuaciones y sus coeficientes de correlación, que se muestran en la Tabla 2.6 que sigue:

Tabla 2.6
Funciones de costo de excavación y coeficiente de correlación

Tipo de Excavación	Ecuación	Coefficiente de correlación
Excavación en roca	$Y = 61,66 * X^{-0,088}$	0,56
Excavación en tierra	$Y = 23,48 * X^{-0,085}$	0,51

en este cuadro,

Y = variable dependiente que representa el costo unitario de excavación en Bs/m³

X = variable independiente que representa el volumen total de excavación

Estructura de costos

Empleando el procedimiento descrito en la página 31 se determinaron los coeficientes de costo medio correspondientes a materiales, maquinarias y equipos, mano de obra. Estos coeficientes de costo medio y sus desviaciones típicas se muestran en la Tabla 2.7.

De esta Tabla se puede deducir que se han empleado distintas tecnologías ya que el coeficiente de costo medio de por lo menos un componente del costo de un tipo de excavación, es muy distinto de los otros dos.

Condiciones para la utilización de las curvas de costo de excavaciones

Las curvas incluyen el aflojamiento de roca o tierra, según el caso, carga y transporte hasta 200 m. También incluyen bombeo y achique.

Túneles

Costo de túneles

Las funciones de costo de túneles se desarrollaron en base a datos históricos obtenidos de las obras N° 19; 20 y 28 de la Tabla 2.1 y a análisis de costos de prediseño de túneles. El cálculo de costos de estos últimos, se basó en los precios unitarios estudiados para las obras N° 20; 23; 24 y 30 de dicha tabla. Esta modalidad se adoptó con el fin de soslayar las grandes dispersiones que se observan en los costos de túneles construidos.

La determinación de los costos de túneles prediseñados, se efectuó su poniendo una sección circular, con revestimiento de concreto armado de espesor igual al 10% del diámetro interno, según criterio de inventario propuesto por Liria (1966).

Los costos por metro lineal obtenidos de los datos históricos, así como también los obtenidos teóricamente, se correlacionaron con el diámetro interno del túnel.

Empleando la metodología de actualización y ajuste expuesta en páginas 23 y 26 respectivamente, se logra la siguiente ecuación de costos:

$$Y = 5210,396 * (1,301)^X \quad \text{Figura 2.9}$$

$$r = 0,94$$

en que:

Y = variable dependiente que representa el costo por metro de largo de túnel en Bs/m

x = variable independiente que representa el diámetro interno del túnel

r = coeficiente de correlación

Estructura de costos

Los coeficientes de costo medio definidos en los párrafos sobre funciones de costos y cambios tecnológicos, y sus desviaciones típicas se resumen en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8
Estructura de costos de túneles

Factores de costo	Coefficiente de costo medio	Desviación típica
Materiales	0,40	0,11
Maquinarias y equipos	0,26	0,01
Mano de obra	0,34	0,10

Condiciones para la utilización de la función de costos de túneles

Los costos de túneles incluyen:

- accesos normales
- perforación
- ventilación
- transporte de la marina
- revestimiento de concreto armado

Aliviaderos

Costos de aliviaderos

Las funciones de costos de aliviaderos, se desarrollaron en base a las obras enumeradas en la Tabla 2.1, con los números 2; 4 a 6; 8 a 10; 12 a 14; 21; 26; 27 y 30, ya que sus características de diseño pueden considerarse similares, y por lo tanto sus costos son comparables.

Aplicando la metodología indicada en páginas 25 y 26, se determinó la función de costos que correlaciona el costo por metro de longitud de aliviadero versus el caudal de diseño en m³/seg.

Se considera que la longitud se mide en sentido paralelo a la dirección del flujo.

Esta ecuación de costo está representada en la Figura 2.10, y su expresión analítica es:

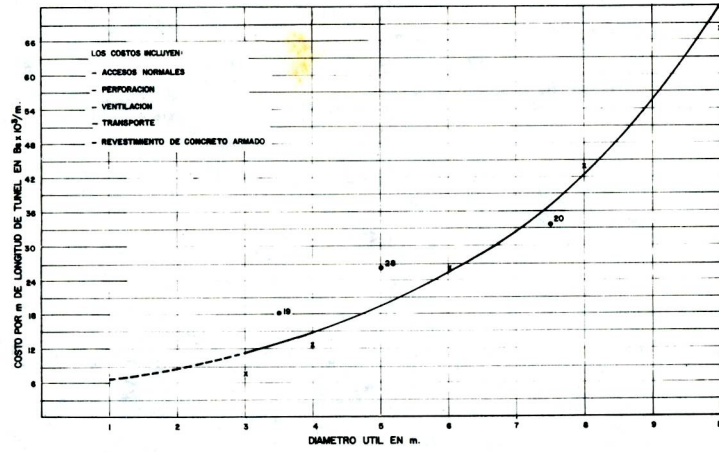
$$Y = 258,685 * X^{0,734}$$

$$r = 0,89$$

en que:

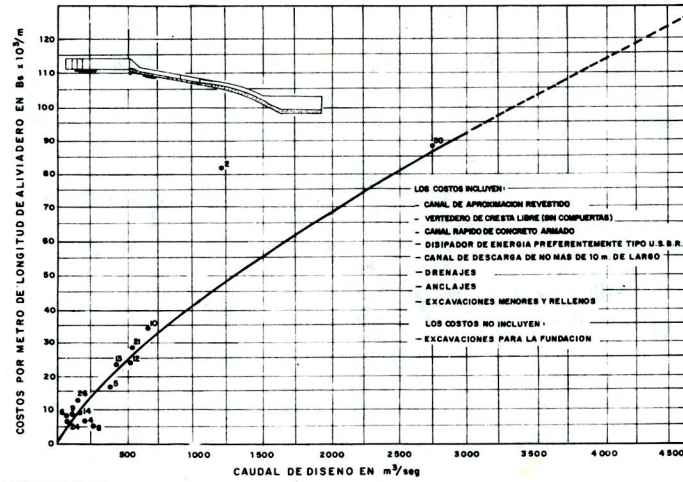
Y = variable dependiente que representa al costo por metro de longitud de aliviadero, en Bs/m

x = variable independiente que representa al caudal de diseño del aliviadero, en m³/seg



● DATOS DE COSTOS OBTENIDOS DE LAS OBRAS DE LA TABLA 2 I
 ■ COSTOS CALCULADOS TEÓRICAMENTE

Figura 2.9 Curva de costos de túneles



● DATOS DE COSTOS DE LAS OBRAS DE LA TABLA 2 I

Figura 2.10 Curva de costos de aliviadero

Estructura de costos

Empleando el método indicado en las consideraciones sobre las funciones de costos y los cambios tecnológicos, se determinó la estructura de costos media de todos los aliviaderos estudiados. Esta estructura, se presenta en la Tabla 2.9.

Condiciones para la utilización de la función de costos de aliviaderos

En general, todos los aliviaderos estudiados están compuestos de un canal de aproximación revestido, una estructura de control sin compuertas, un canal rápido y una obra de disipación de energía. Esta última, corresponde a un pozo de disipación tipo USBR.

Tabla 2.9
Estructura de costos de aliviaderos

Factores de costos	Coefficiente de costo medio	Desviaciones típicas
Materiales	0,55	0,15
Maquinarias y equipos	0,17	0,07
Mano de obra	0,28	0,09

Las funciones de costo de aliviaderos, permiten considerar un pequeño canal de descarga, de no más de 10 m de largo.

Los costos de aliviaderos incluyen:

- concreto armado y simple
- drenaje
- anclajes
- excavaciones menores y rellenos

Las funciones de costos no incluyen las excavaciones de grandes magnitudes, que pueden ser necesarias para alcanzar la cota de fundación. Dichas excavaciones, deberán valorarse con las funciones de costo de excavaciones de la Figura 2.7 y 2.8.

Compuertas radiales

Costo de compuertas radiales

El costo de compuertas radiales se calculó en base a los precios unitarios Bs/Kg, empleados en el estudio de factibilidad del aprovechamiento hidroeléctrico Uribante-Caparo. Estos precios son 15 Bs/Kg para la parte móvil y 23 Bs/Kg para la parte fija.

El peso de la compuerta se calculó según fórmula empírica comúnmente utilizada por CADAPE (1977), que expresa:

$$W = 25,67 (A^{1,25} * H^{1,75})$$

$$WE = 0,22 W$$

en que:

- W = peso de parte móvil en Kg.
- WE = peso de la parte empotrada en Kg
- A = ancho de la compuerta en m
- H = altura de la compuerta en m

La ecuación de costos totales de compuertas se obtienen multiplican-

do las ecuaciones anteriores por los precios unitarios correspondientes, y sumando ambas expresiones. Así, se obtiene:

$$CC = 514,94 (A^{1,25} * H^{1,75}) \tag{1}$$

El costo del malacate hidráulico o mecanismo de accionamiento de las compuertas está dado por la expresión empírica (CADAPE 1977) siguiente:

$$CM = 75.000 + 1.1W + 0,275 W H \tag{2}$$

en la que el peso, W de la compuerta está dado en Kg, la carrera o deslizamiento, H en m y el costo del malacate, CM en bolívares.

A efectos de simplificar los cálculos se ha supuesto que la carrera o deslizamiento de la compuerta es igual a su altura H.

Los costos totales se obtienen sumando las ecuaciones (1) y (2), con lo que se llega a:

$$CT = 543,18 (A^{1,25} * H^{1,75}) + 7,06 (A^{1,25} * H^{2,75}) + 75.000$$

Esta expresión se ha representado en la Figura 2.11 por un juego de curvas, en el que cada curva corresponde a un valor de H.

Estructura de costos

El método de determinación de costos seguido en este caso, no permite calcular una estructura media de costos como en las obras de ingeniería analizadas antes. La estructura de costos de esta obra de ingeniería se estimó en base a la experiencia de la División de Costos y Contratos del MARNR. Esta estructura se señala en la Tabla 2.10.

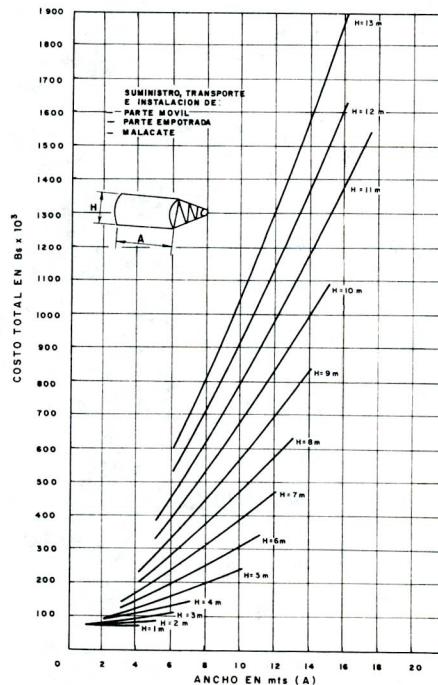


Figura 2.11 Curva de costos de compuertas radiales

Tabla 2.10

Factores de costo	Coefficiente de costo
Materiales	0,70
Maquinarias y equipos	0,15
Mano de obra	0,15

Condiciones para el uso de las curvas de costo de compuertas radiales

Se considera la adquisición, transporte e instalación de:

- Parte móvil
- Parte empotrada
- Malacate

No se considero la posibilidad de usar un malacate para más de una compuerta.

Tomas de agua para centrales hidroeléctricas

Costos de tomas para centrales hidroeléctricas

Este estudio considera obras de toma independientes de la presa del tipo que se muestra en la Figura 2.12, cuyas características de diseño corresponden a la toma proyectada para la Central La Colorada, en el estudio de factibilidad del aprovechamiento integral de los ríos Uribante - Doradas y Cambuquito - Caparo.

La función de costos para este tipo de tomas, se elaboró con el apoyo del manual de las Naciones Unidas (1977), obteniéndose la ecuación siguiente, que se representa en la Figura 2.12.

$$Y = 395,802 * X^{0,60}$$

en que:

Y = costo en bolívares

X = caudal de diseño en m³/seg

Debe destacarse, que esta función sólo es aplicable para estimaciones muy preliminares, ya que en ella no se expresan variables que inciden en el costo, tales como la calidad de los terrenos de fundación, las características sísmicas de la zona de aprovechamiento y las condiciones topográficas. La escasa información disponible para distintos tipos de tomas para centrales, impiden ampliar el estudio a otros tipos de tomas manteniendo la metodología empleada en esta tesis. No obstante, es recomendable un estudio más acabado sobre costos de tomas que contemple una gama mayor de tomas.

Estructura de costos

La estructura de costos se determinó analizando las partidas presupuestarias de la toma para la central La Colorada, obteniéndose la estructura de la Tabla 2.11.

Tabla 2.11

Estructura de costos de tomas para hidroeléctricidad del tipo utilizado para la Central Colorada

Factor de costos	Coefficiente de costos
Materiales	0,56
Maquinarias y equipos	0,13
Mano de obra	0,30

Condiciones para el uso de la función de costos de tomas para centrales hidroeléctricas

Los costos son válidos para el tipo de toma representado en la Figura 2.12, e incluye:

- excavaciones a cielo abierto
- torre de concreto armado
- compuertas de operación y emergencia
- malacates hidráulicos
- rejillas

Chimeneas de equilibrio

Costos de chimeneas de equilibrio

Se consideran chimeneas de equilibrio circulares. Sus costos se calcularon en base a los costos de excavación y de concreto armado.

Los costos de excavación se determinaron aplicando precios unitarios empleados en proyectos hidroeléctricos de CADAPE, (1977) a los volúmenes de excavación. Se consideró una sobre-excavación igual al 5% del diámetro interno para tomar en cuenta el espesor del revestimiento de concreto armado. Así, el costo de excavación por metro de profundidad está dado por:

$$CE = 147,18 * D$$

en que D es el diámetro interno de la chimenea.

Los costos correspondientes al concreto armado se determinaron aplicando el precio unitario promedio de los precios unitarios empleados en revestimiento de túneles de las obras N° 19; 20; 24; 28 y 30 de la Tabla 2.1. Este valor alcanzó a Bs.749.

Se consideró un espesor medio del concreto igual al 5% del diámetro. De este porcentaje, el 2% corresponde al volumen de la losa de concreto armado en la parte superior de la garganta, el cual se supuso repartido en todo lo alto de la chimenea. Así, se obtiene la siguiente expresión para el costo del concreto armado, por metro de altura.

$$CC = 58,826 * D$$

De modo que el costo total de chimeneas totalmente enterradas, será:

$$CE + CC = 206,01 * D = CT$$

Estas ecuaciones se representan en la Figura 2.13.

Estructura de costos

La estructura media de costos se determinó en base a la estructura de costos media de excavaciones y del concreto armado, para las obras antes mencionadas.

En la Tabla 2.12 se muestra la composición de esa estructura para las tres curvas antes mencionadas.

Condiciones para el uso de las curvas de costo de chimeneas de equilibrio

Las curvas de costo de la Figura 2.13 pueden ser empleadas para chimeneas enterradas, semi-enterradas o descubiertas. Para las chimeneas o partes de ellas que estén descubiertas se debe emplear la curva de costo de concreto y para las chimeneas o partes de ellas que queden enterradas se puede

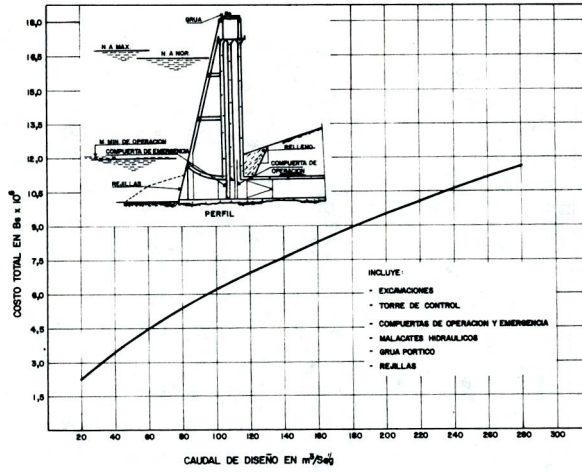


Figura 2.12 Curvas de costos de tomas para centrales, del tipo empleado en la central La Colorada

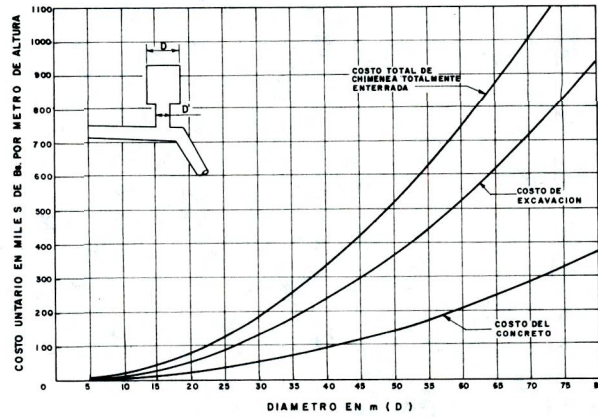


Figura 2.13 Curvas de costos de chimeneas de equilibrio

Tabla 2.12
Estructura de costos de chimeneas de equilibrio

Factores de costo	Materiales		Maquinarias y equipos		Mano de obra	
	Coef. costo	Desviación típica	Coef. costo	Desviación típica	Coef. costo	Desviación típica
Excavaciones	0,28	0,08	0,46	0,08	0,26	0,05
Concreto armado	0,55	0,15	0,17	0,07	0,28	0,09
Chimeneas enterradas	0,33	0,10	0,40	0,08	0,27	0,06

emplear la curva de costo total.

Tuberfa forzada

Costos de tuberfas forzada

Los costos de tuberfa forzada se estudiaron en base a la experiencia internacional reflejada en el manual de las Naciones Unidas (1977), la experiencia nacional asimilada en el Aprovechamiento Integral de los ríos Uribante-Doradas y Camburito - Caparo, y en el Aprovechamiento Hidroeléctrico del río Caura.

Correlacionando los datos de costos de los estudios mencionados, con el peso total de la tuberfa y empleando la metodología de ajuste señalada anteriormente, se obtiene la siguiente ecuación, representada en la Figura 2.14.

$$Y = 12,548 * X^{0,909} * 10^6$$

en que:

Y = costo total de la tuberfa forzada en bolívares

X = peso total de la tuberfa forzada en miles de toneladas

El peso por m de largo de tuberfa puede ser determinado por la fórmula:

mula:

$$P = \gamma * \pi * \left(D + \frac{e}{2}\right)^2$$

en que:

P = peso de un m de largo

e = espesor

D = Diámetro interno

γ = peso específico del acero

Estructura de costos

La estructura de costos se determinó en base a los estudios realizados por CADAFE, (1977) y se presenta en la Tabla 2.13.

Tabla 2.13

Estructura de costos de tuberfa forzada

Factores de costos	Coefficientes de costos
Materiales	0,31
Maquinarias y equipos	0,25
Mano de obra	0,45

Condiciones para la utilización de la función de costos de tuberfa forzada

La función de costos desarrollada incluye el costo de tuberfa de acero fabricada para esfuerzos de trabajo de 1700 Kg/cm, así como su transporte, montaje y las obras civiles necesarias para el montaje.

Casa de máquinas

Costos de casa de máquinas

La determinación de los costos de casas de máquinas se basó fundamentalmente en el manual de las Naciones Unidas (1977), ya que se comprobó que la diferencia entre los costos de este estudio y los costos de estudios recientes realizados en Venezuela CADAFE (1977), están dentro de un margen de error aceptable para el nivel de la Fase I del Inventario. Estas diferencias son menores de un 30%.

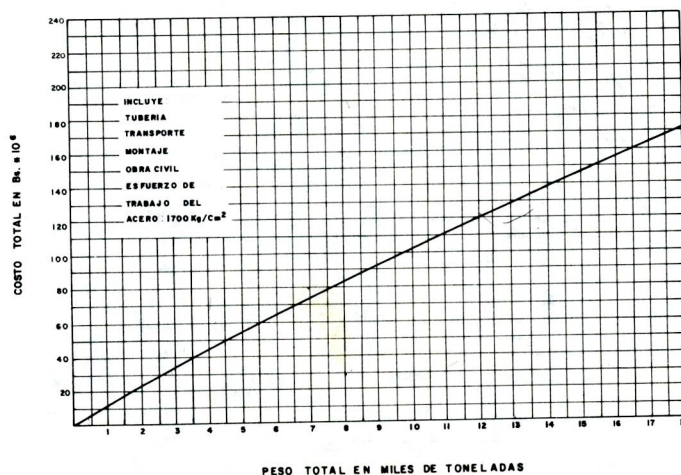


Figura 2.14 Curvas de costos de tuberfa forzada

Así, considerando los datos del manual de las Naciones Unidas (1977) se correlacionaron los costos de casas de máquinas con la potencia instalada en MW, para diferentes velocidades de las unidades generadoras.

Estos parámetros se basan en la idea de que los costos de la casa de máquina varían con el diámetro de la turbina. Este a su vez, es función inversa del número de revoluciones por minuto de la turbina y directa de la raíz cuadrada de la potencia. En efecto:

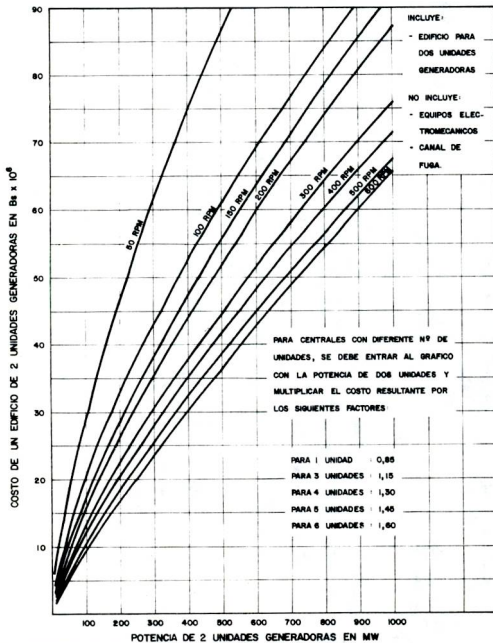
$$D = \frac{k_1 \cdot H^{1/2}}{N}$$

$$D = K_2 \cdot \frac{P^{1/2}}{H^{3/4}}$$

en que:

- D = diámetro de la turbina
- H = caída en m.
- N = número de revoluciones por minuto de la turbina
- P = potencia de la turbina en MW
- K₁ y K₂ = constante de conversión

Aplicando la metodología señalada para las obras de ingeniería anteriormente tratadas, se obtuvo un grupo de ecuaciones que se presenta en la Tabla 2.14 y en la Figura 2.15.



FUENTE: ESTIMACIONES EN BASE AL MANUAL PARA LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DE RECURSOS HIDROELECTRICOS DEL ISTMO AMERICANO.

Figura 2.15 Curvas de costos de casa de máquinas

Tabla 2.14 Funciones de costos de casas de máquinas

Velocidad de las unidades generadora en PPM	Funciones de costos
50	$Y_1 = 1271.381 \cdot X_1^{0,680}$
100	$Y_2 = 899.659 \cdot X_2^{0,679}$
150	$Y_3 = 631.073 \cdot X_3^{0,722}$
200	$Y_4 = 506.775 \cdot X_4^{0,746}$
300	$Y_5 = 402.345 \cdot X_5^{0,759}$
400	$Y_6 = 345.404 \cdot X_6^{0,772}$
500	$Y_7 = 262.049 \cdot X_7^{0,804}$
600	$Y_8 = 188.258 \cdot X_8^{0,848}$

en que:

- Y = costos en bolívares
- X = potencia instalada en MW

Estructura de costos

Analizando las partidas presupuestarias de casas de máquinas correspondientes a aprovechamientos hidroeléctricos de CADAFE (1977), se determinó la estructura de costos que se presenta en la Tabla 2.15.

Tabla 2.15 Estructura de costos de casas de máquinas

Estructura de costos	Coefficiente de costos
Materiales	0,38
Maquinarias y equipos	0,30
Mano de obra	0,32

Condiciones para la utilización de las funciones de costos de casas de máquinas

Las funciones de costos corresponden a un edificio que alberga dos unidades generadoras y los equipos auxiliares correspondientes. No incluye el equipo electromecánico ni el canal de fuga.

Para edificios con un número de unidades generadoras diferentes de dos, se recomienda emplear el criterio señalado en el manual de las Naciones Unidas que consiste en multiplicar el costo obtenido con las funciones por los siguientes factores:

- Para una unidad generadora : 0,85
- Para tres unidades generadoras : 1,15
- Para cuatro unidades generadoras : 1,30
- Para cinco unidades generadoras : 1,45
- Para seis unidades generadoras : 1,60

Turbinas

Costos de turbinas

Los costos de turbinas se analizaron en base a datos de las obras N° 15; 16 y 30 de la Tabla 2.1 y a las curvas de costos del manual de las Naciones Unidas (1977). Se observó gran coincidencia entre los costos nacionales y los internacionales expresados en dicho Manual.

Correlacionando datos de costos nacionales y extranjeros con la relación entre la potencia de la turbina y la raíz cuadrada de la caída neta, y ajustando una curva según el método empleado en las obras de ingeniería anteriores, se obtienen las funciones que se señalan en los párrafos siguientes.

Turbinas tipo Pelton: Su función de costos, se representa en la Figura 2.16, y su expresión analítica resulta:

$$Y = 65.765 * X^{0,589}$$

en que:

Y = costo de la turbina en bolívares

X = factor P/H^2 , siendo P la potencia en KW y H la caída neta en metros

Reemplazando a X por P/H^2 , se obtiene la siguiente expresión para el costo de turbinas Pelton:

$$C_p = 65.765 * P^{0,589} * H^{-0,2945}$$

Turbinas tipo Francis: Su función de costos se representa en la Figura 2.17, y su expresión analítica resulta:

$$Y = 78.215 * X^{0,601}$$

en que:

X e Y representan los mismos parámetros de la función de costos de turbinas Pelton.

Reemplazando X por P/H^2 , se obtiene la expresión de costos de turbinas Francis:

$$C_f = 78.215 * P^{0,601} * H^{-0,3005}$$

Turbinas tipo Kaplan: La función de costos correspondientes se representa en la Figura 2.18, y se expresión analítica es:

$$Y = 129.820 * X^{0,471}$$

en que X e Y representan los mismos parámetros de turbinas Pelton y Francis.

Reemplazando X por P/H^2 , se tiene la ecuación de costos de turbinas Kaplan:

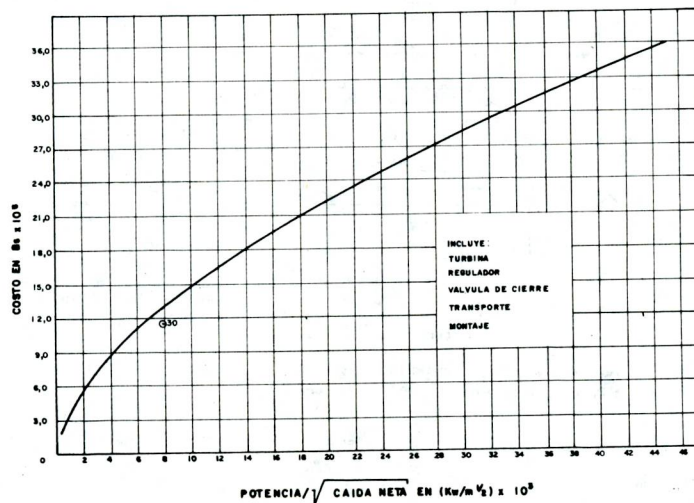
$$C_k = 129.820 * P^{0,471} * H^{-0,2355}$$

Estructura de costos de turbinas

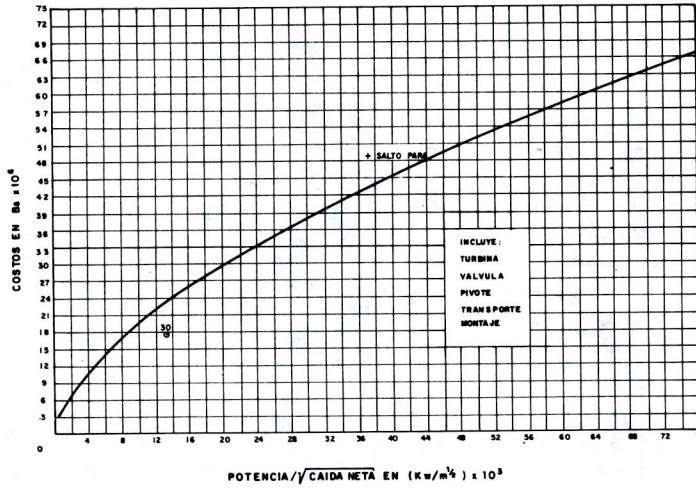
Cotizaciones recientes realizadas por CADAFE (1977), permiten adoptar la estructura de costos que se señala en la Tabla 2.16.

Debe destacarse que las turbinas propiamente tales, se han considerado como equipos, aunque éstos quedan incorporados a la obra, del mismo modo que los materiales.

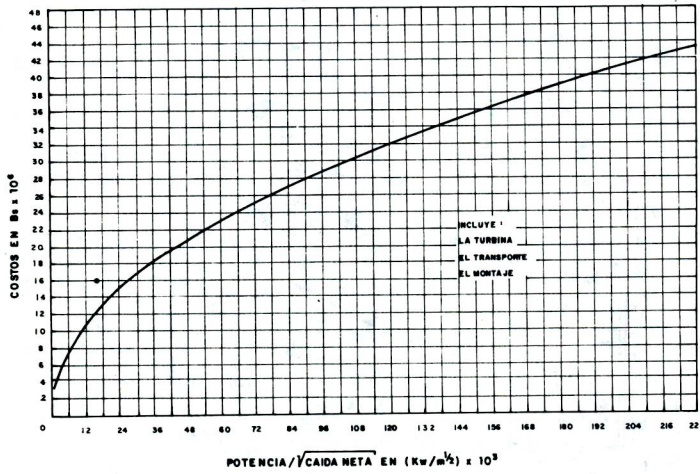
Lo mismo puede decirse para todos los equipos de la central que se



o Dato obtenido de las obras de la Tabla 2.1
Figura 2.16 Curva de costos de turbinas tipo Pelton



* Datos obtenidos de las obras de la Tabla 2.1
 + Figura 2.17 Curva de costos de turbinas tipo Francis



* Catización preliminar Sogreah para aprovechamiento hidroeléctrico del Cauca
 + Figura 2.18 Curva de costos de turbinas tipo Kaplan

tratan más adelante.

Tabla 2.16
Estructura de costos de turbinas hidráulicas

Factores de costos	Coefficientes de costos
Materiales	0,02
Maquinarias y equipos	0,86
Mano de obra	0,12

Condiciones para el empleo de las funciones de costos de turbinas

Las funciones de costos de turbinas, incluyen el suministro de la turbina, el transporte, el montaje y la válvula de cierre.

Generadores

Costos de generadores

Los costos de generadores se estudiaron en base a las mismas experiencias nacionales y extranjeras citadas para turbinas. Empleando un procedimiento similar al señalado para turbinas, se obtiene la función de costos que se presenta en la Figura 2.15, cuya expresión analítica es:

$$Y = 659.405 * X^{0,536}$$

en que:

Y = costo del generador en bolívares

X = $\frac{P}{u}$ en que P es la potencia en KW y u la velocidad de sincronismo en RPM

Reemplazando X por $\frac{P}{u}$, se tiene la siguiente expresión para el costo del generador:

$$C_G = 659.405 * (P/u)^{0,536}$$

Estructura de costos

Empleando datos de cotizaciones recientes, realizadas por CADAPE (1977) se puede adoptar la estructura de costos que se presenta en la Tabla 2.17.

Tabla 2.17
Estructura de costos de generadores

Factores de costos	Coefficientes de costos
Materiales	0,04
Maquinarias y equipos	0,84
Mano de obra	0,12

Condiciones para el empleo de la función de costos de generadores

La función de costos desarrollada, puede emplearse para generadores acoplados a turbinas Pelton y Francis. Para turbinas Kaplan, los costos de - en reducirse en un 20%.

Los costos incluyen el generador, el transporte, el montaje y los equipos accesorios.

Transformadores

Costos de transformadores

La determinación de los costos de transformadores, se basa en la experiencia asimilada en el Estudio de Factibilidad del Aprovechamiento Integral de los ríos Uribante - Doradas y Carburito - Caparo.

Los costos de transformadores determinados en dicho estudio, se reajustaron por concepto de inflación y se obtuvieron las curvas de la Figura 2.20, para distintas tensiones de salida en KV y potencia en MVA.

Las expresiones analíticas de dichas curvas, se presentan en la Tabla 2.18.

Tabla 2.18
Funciones de costos de transformadores

Tensión de salida en KV	Funciones de costos
700	$Y_1 = 6,35 * 10^6 + 12.500 * X_1$
500	$Y_2 = 4,41 * 10^6 + 9.439,25 * X_2$
400	$Y_3 = 2,50 * 10^6 + 10.719,95 * X_3$ (Hasta 280 MVA)
400	$Y_4 = 3,40 * 10^6 + 7.462,69 * X_4$ (desde 280 MVA)
230	$Y_5 = 1,44 * 10^6 + 5.090,91 * X_5$ (hasta 280 MVA)
230	$Y_6 = 1,81 * 10^6 + 7.575,76 * X_6$ (desde 280 MVA)
161	$Y_7 = 1,22 * 10^6 + 8.620,69 * X_7$ (hasta 280 MVA)
161	$Y_8 = 1,50 * 10^6 + 7.407,41 * X_8$ (desde 280 MVA)
115	$Y_9 = 0,87 * 10^6 + 5.807,69 * X_9$ (hasta 280 MVA)
115	$Y_{10} = 1,56 * 10^6 + 7.142,86 * X_{10}$ (desde 280 MVA)

en que:

Y = costo en bolívares

X = potencia en MVA

Estructura de costos

Según estudios realizados por CADAPE (1977), la estructura de costos de transformadores es la que se indica en la Tabla 2.19, que sigue:

Tabla 2.19
Estructura de costos de transformadores

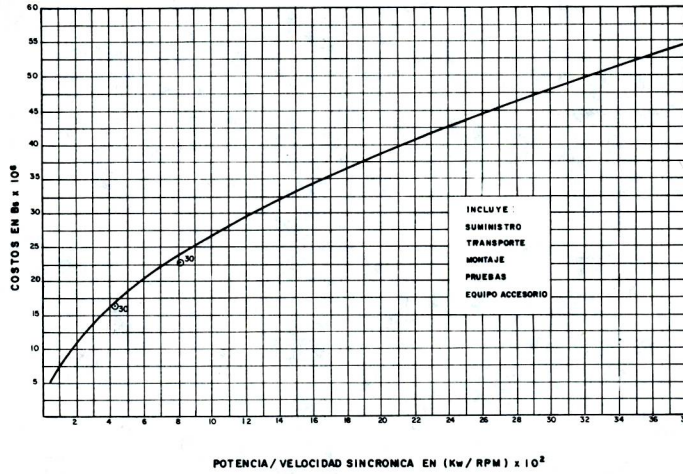
Factores de costo	Coefficientes de costos
Materiales	0,05
Maquinarias y equipos	0,81
Mano de obra	0,14

Condiciones para el uso de las funciones de costos de transformadores

Se han considerado transformadores trifásicos de 60 ciclos y dos devanados.

Las funciones de costos corresponden a distintas tensiones de salida, y a tensiones de prueba intermedias entre la máxima y la mínima aceptables por norma.

Los costos incluyen el suministro del transformador, el transporte y el montaje.



• Datos obtenidos de las obras de la Tabla 2.1
 Figura 2.19 Curva de costos de generadores

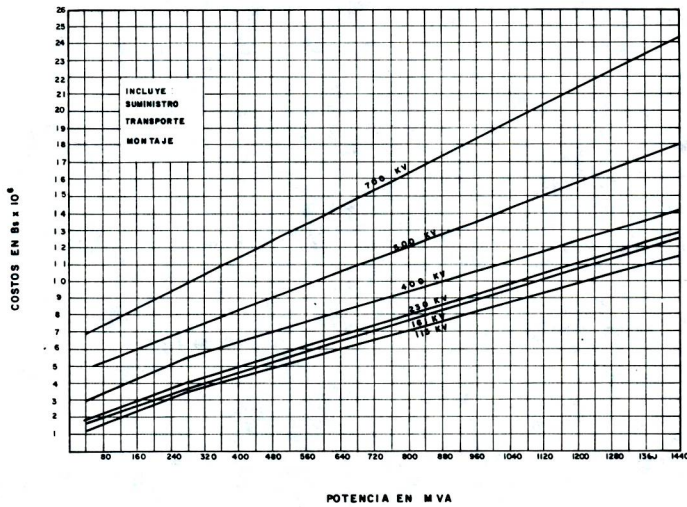


Figura 2.20 Curva de costos de transformadores

Equipos auxiliares de la casa de máquinas

Se ha considerado dos tipos de equipos auxiliares: puentes grúas y los equipos auxiliares eléctricos y mecánicos restantes.

Para ambos tipos se desarrollaron funciones en base a datos de costos de las obras N° 16 y 30 de la Tabla 2.1, y a datos obtenidos del manual de las Naciones Unidas (1977).

Puente grúa

Correlacionando los costos con la relación entre la potencia y la velocidad de la unidad más pesada, y ajustando, se obtiene la curva de la Figura 2.21 cuya expresión analítica es:

$$Y = 88.741,52 * X^{0,572}$$

en que:

Y = costo en bolívares

$X = \frac{P}{u}$, siendo P la potencia de la unidad más pesada y u la velocidad de la misma unidad en RPM

Expresando los costos en función de P y u, se tiene:

$$C_{pg} = 88.741,52 * (P/u)^{0,572}$$

Equipos auxiliares eléctricos y mecánicos

Se determinaron funciones de costos para los equipos correspondientes a turbinas Pelton Francis y Kaplan. Estas funciones correlacionan los costos con la potencia instalada en la central en MVA, siendo su presentación gráfica la que se muestra en la Figura 2.22, y su expresión analítica, la que se presenta en la Tabla 2.20.

Tabla 2.20
Funciones de costos de equipos auxiliares

Equipos auxiliares para turbinas tipo	Función de costos
Pelton	$Y_1 = 40.491,16 * X_1^{0,934}$
Francis	$Y_2 = 67.485,26 * X_2^{0,934}$
Kaplan	$Y_3 = 168.713,17 * X_3^{0,934}$

en que:

Y = costo en bolívares

X = potencia instalada en la central en MVA

Estructura de costos

Asimilando estudios realizados por CADAPE (1977), se obtiene la estructura de costos de la Tabla 2.21.

Tabla 2.21
Estructura de costos de equipos auxiliares

Factores de costos	Coefficientes de costos
Materiales	0,04
Maquinarias y equipos	0,84
Mano de obra	0,12

Tomas de agua para riego

Costos de tomas para riego

Los costos de estas obras de ingeniería se estudiaron en base a las obras N° 1; 8; 10; 11; 14; 22 y 27 citadas en la Tabla 2.1.

Los costos reajustados, y expresados en bolívares, se correlacionaron con el producto del caudal de diseño de la toma, por la altura máxima de presa, expresados en m³/seg y en m respectivamente. Aplicando la misma metodología de ajuste de curvas de las obras de ingeniería anteriores, se obtuvo la ecuación siguiente, cuya presentación gráfica se observa en la Figura 2.23.

$$Y = 43.230,64 * X^{0,67}$$

en que:

Y = costo en bolívares

$X = Q^2 * H$, siendo Q el caudal de diseño en m³/seg y H la altura máxima de la presa, en m

Estructura de costos

La estructura media de costos se determinó empleando una metodología similar a la utilizada para las obras comunes.

Así, se obtuvo la estructura que se presenta en la Tabla 2.22.

Tabla 2.22

Estructura de costos de tomas para riego

Factores de costos	Coefficiente de costo medio
Materiales	0,45
Maquinarias y equipos	0,22
Mano de obra	0,33

Condiciones para la utilización de la función de costos de tomas para riego

Se considera que las obras de toma se ubican en un estribo de la presa o cerca de él, y se compone de: estructura de rejillas sumergida, conducto circular de concreto armado, torre de control con compuertas deslizantes, pequeño canal rápido de salida, disipador de energía tipo USBR.

Las funciones incluyen además, los elementos electromecánicos necesarios para el accionamiento de las compuertas.

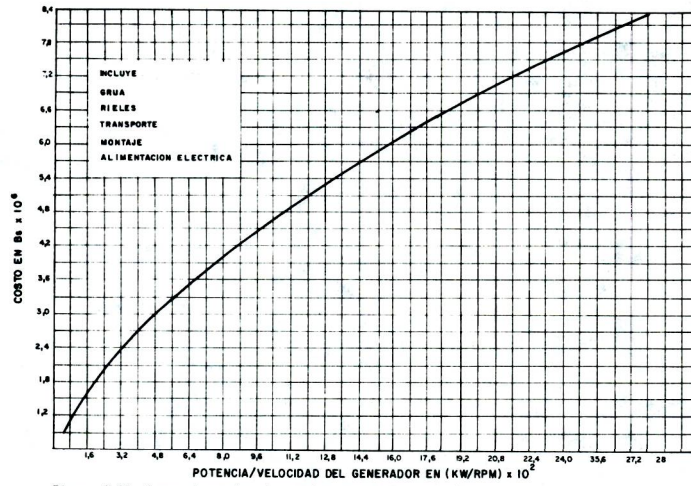


Figura 2.21 Curva de costos de puentes grúa para centrales

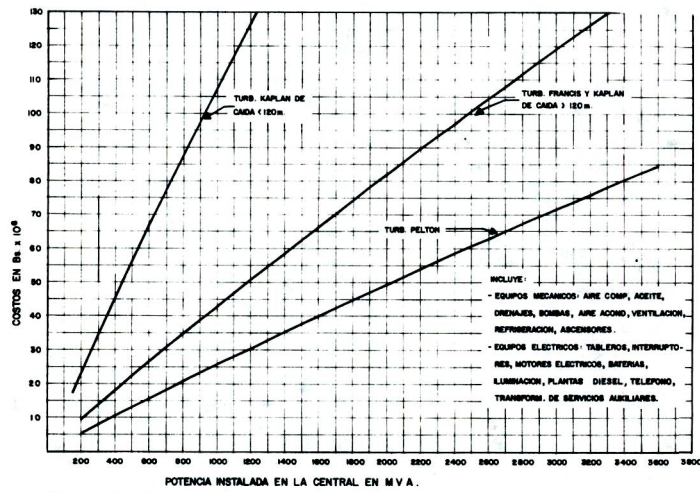
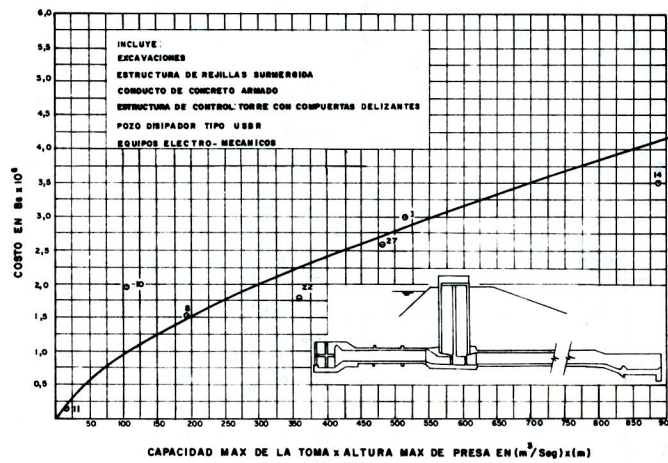


Figura 2.22 Curva de costos de equipos auxiliares



• Datos obtenidos de las obras de la Tabla 2.1

Figura 2.23 Curvas de costos de tomas para riego

CAPITULO III
METODOLOGIAS DE REAJUSTE DE LAS FUNCIONES DE COSTOS
POR CONCEPTO DE INFLACION

Generalidades

Las complejas relaciones políticas, económicas y sociales que intervienen en las economías del mundo, así como la complicada acción de factores de orden interno, afectan a los precios de los mercados internos y externos de los países, situación que en Venezuela se refleja en los valores de los índices de variación de precios de la Figura 2.2.

No existe ninguna razón para considerar que en el futuro, la inflación se eliminará en Venezuela. Por el contrario, es posible que en los últimos años, existan factores coincidentes que son la base de mayores presiones inflacionarias futuras. Al respecto, el Consejo de Economía Nacional de Venezuela (1976), juzga que "En la actualidad coexisten en el País presiones alcistas sobre los precios de distintos tipos que, utilizada la terminología generalmente aceptada, podríamos clasificar así:

1. Presiones inflacionarias de tipo estructural, determinadas por variados factores, entre ellos: a) las rigideces en la estructura del aparato productivo interno para incrementar la oferta de bienes y servicios en la medida en que ha aumentado la demanda; b) las tremendas deficiencias en nuestro sistema de mercadeo que no han podido ser corregidas a pesar de los continuos esfuerzos realizados; c) la estructura monopolística predominante en algunos sectores de la producción en razón de las limitaciones del mercado interno; d) las limitaciones del mercado que impiden aprovechar las economías propias de escalas de producción; y e) la influencia de empresas multinacionales que pueden elevar artificialmente los costos de los insumos que adquieren de sus casas matrices a través de prácticas de sobrefacturación.

2. Presiones inflacionarias de costos, atribuibles a causas internas y externas. Entre las primeras, debe citarse la tendencia al aumento de sueldos, salarios y prestaciones sociales sin que se produzca un correlativo incremento de la productividad, a lo cual se suman las medidas de empleo obligatorio y nuevos reajustes de sueldos, salarios y prestaciones sociales. El elevado costo de la construcción, terrenos y ausencia de adecuadas urbanizaciones industriales es otro factor interno que no puede omitirse. Entre las causas externas, han sido notorios los aumentos en los insumos importados, particularmente maquinaria y equipos, lo que ha incidido poderosamente sobre depreciaciones y amortizaciones; y

3. Presiones inflacionarias de demandas, cuya causa fundamental radica en el fuerte incremento en el consumo que no ha podido ser atendido por la demanda interna...

Especial atención merece el problema de la inflación de demanda. Ella ha sido originada básicamente en el aumento del gasto público y en la política tendiente a lograr una mejor redistribución del ingreso, lo que se ha traducido en aumento significativo en la capacidad de consumo de la población y, en especial de los sectores menos favorecidos". Venezuela, Consejo de Economía Nacional (1976).

En cuanto a las perspectivas futuras sobre el probable comportamiento de los precios, el Consejo de Economía Nacional de Venezuela (1976), sugiere que existen factores internos y externos que permiten esperar aumentos de las presiones inflacionarias.

El crecimiento de los precios, como resultado de presiones inflacionarias, afecta también a los costos de construcción de obras hidráulicas; por consiguiente las funciones de costos desarrolladas en el capítulo anterior, caerán en la obsolescencia con el tiempo, y su empleo no será adecuado para los fines de la evaluación económica planteada en la Fase I del estudio de inventario, ya que como se mencionó en el capítulo anterior, los gradientes inflacionarios de los factores de costos, son diferentes entre sí; Véase Figura 2.1. Por lo tanto, la relación entre los costos de diferentes aprovechamientos hidráulicos cambiará con el tiempo en la medida que sus estructuras de costos sean distintas. Así por ejemplo, un aprovechamiento valorado en la fecha actual, en cuyo costo total la mano de obra tenga una alta participación, podría ser considerado conveniente frente a otros aprovechamientos de mayor costo total. No obstante, si el índice de variación de precios de la mano de obra crece más rápidamente que los de los materiales y maquinarias, llegará un momento en que dicho aprovechamiento no podrá competir con otros que utilicen menos mano de obra.

Por lo tanto, no deben emplearse las funciones de costos en el futuro sin correcciones de ninguna índole.

Será necesario entonces, contar con una metodología que permita corregir los costos por concepto de inflación, cada vez que en el futuro, se quiera utilizar las funciones de costos desarrolladas en el capítulo anterior.

En este capítulo se analizan cuatro metodologías para corregir dichos costos según las variaciones de precios por inflación, a saber:

- Reajuste de las funciones de costo mediante un factor multiplicador
- Reajuste de costos globales
- Reajuste de los datos de costos y nuevo ajuste de las funciones por el método de los mínimos cuadrados.

- Reajuste de costos mediante aplicación directa de nuevos precios o insumos básicos característicos.

Si bien todas estas metodologías se plantean sobre la base de reajustar por separado los factores materiales, maquinarias y mano de obra, difieren entre sí en la forma de ponderar la magnitud de la inflación y de valorar sus efectos sobre las economías de escala.

Todas las funciones de costos desarrolladas en el capítulo anterior, reflejan el concepto de economía de escala, ya sea en forma directa o indirecta, como puede comprobarse transformando las funciones de costos totales a funciones de costos unitarios. Para esto, se debe entender por costo unitario el costo de una unidad de producción.

En la mayoría de los casos de las funciones de costos presentadas en el Capítulo II, la producción está representada en el parámetro de diseño, como por ejemplo, volumen de presa, m³; potencia hidroeléctrica, Kw, caudal m³/seg y otros. En tales casos, las funciones de costos unitarios se obtienen dividiendo los costos totales por sus correspondientes valores de los parámetros de diseño.

Si el parámetro de diseño representa solo unidades geométricas, tales como diámetro interno de túneles y chimeneas de equilibrio, la función de costos unitarios debe calcularse de acuerdo a las características específicas de cada caso, y será la que refleje la economía de escala.

Debe agregarse que las metodologías de reajuste que se plantean en los párrafos siguientes, son válidas solo para tecnologías medias similares a las consideradas en las funciones de costos del capítulo anterior.

En consecuencia, las funciones de costos reajustados por inflación, necesariamente deben reflejar también el concepto de economía de escala.

Metodología de reajuste mediante el uso de un factor multiplicador

Sea una función de costos:

$$Y = f(x)$$

En que Y es el costo.

Su estructura de costos, se expresa en los coeficientes de costos P1;

P2; P3; correspondientes a los factores: materiales, maquinarias y mano de obra respectivamente (Véase Capítulo II). De manera que:

$$P1 + P2 + P3 = 1$$

Aplicando los respectivos coeficientes de reajustes, cuya naturaleza se definió en el capítulo anterior, se tendrá:

$$P1 * I1 + P2 * I2 + P3 * I3 = F$$

$$F > 1$$

en que I1; I2; I3 son los coeficientes de reajustes de precios de materiales, maquinarias y mano de obra respectivamente.

F es un factor multiplicador

La función de costos reajustada resultará de aplicar el factor F a la función Y = f(x), es decir:

$$Y * F = Y1 = F * f(x)$$

o bien,

$$Y1 = g(x) \text{ será la nueva función de costos}$$

Derivando:

$$\frac{dy}{dx} = F * \frac{df(x)}{dx}$$

De donde se observa que los costos marginales aumentan en forma directamente proporcional al factor multiplicador. Esto es un reflejo del proceso inflacionario. No obstante, siendo esta una condición necesaria, se estima que no es suficiente para asegurar la bondad del método, ya que los valores de los coeficientes de reajustes podrían no ser apropiados a los elementos que componen a sus respectivos factores de costos, en una obra de Ingeniería.

Un análisis de elasticidad, muestra que las funciones de costos reajustadas por el método del factor multiplicador, no alteran la elasticidad del parámetro de diseño, o cantidad demandada, con respecto al costo o precio. En efecto, empleando la nomenclatura señalada en la Figura 3.1, se tiene que la elasticidad Eo entre los puntos A0 y B0 es:

$$Eo = \frac{X2 - X1}{Y1 - Y2} * \frac{\frac{(Y1 + Y2)}{2}}{\frac{(X1 + X2)}{2}}$$

$$Eo = \frac{X2 - X1}{Y1 - Y2} * \frac{Y1 + Y2}{X1 + X2}$$

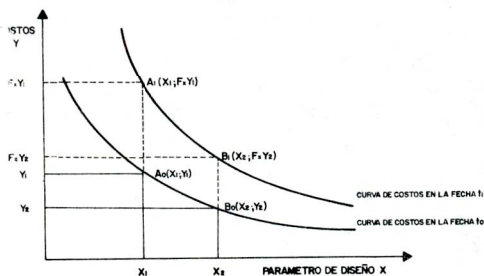


Figura 3.1 Desplazamiento de una curva de costos por concepto de inflación en un tiempo t1 - t0, siendo t1 > t0

La elasticidad E1 entre los puntos A1 y B1, de la curva de costos reajustada, es:

$$E1 = \frac{(X2 - X1)}{F * (Y1 - Y2)} * \frac{F * (Y1 + Y2)}{(X1 + X2)}$$

De donde:

$$Eo = E1$$

Es decir, para iguales escalas de producción o cantidades demandadas, esta metodología mantiene la misma elasticidad.

En consecuencia, se mantienen las ventajas relativas de las economías de escala de las funciones de costos que se están reajustando.

Debe recordarse, que se ha supuesto que no existen cambios tecnológicos.

Metodología de Reajuste de costos globales

Este método determina el costo total de un aprovechamiento, expresado en sus factores de costos: materiales, maquinarias y mano de obra, en base a las funciones de costos sin corregir por concepto de inflación, para luego reajustar los factores de costos de acuerdo a los respectivos coeficientes de reajustes.

Los factores de costos de un aprovechamiento se calculan sumando los factores de costos correspondientes de todas las obras de Ingeniería que lo componen. A su vez, los factores de costos de cada obra de Ingeniería se determinan en base a la estructura media de costos señalada para cada obra de Ingeniería, en el capítulo anterior.

Así se tiene:

$$CTMA_j = P1_j * CT_j$$

$$CTEQ_j = P2_j * CT_j$$

$$CTMO_j = P3_j * CT_j$$

en que:

P1j; P2j; P3j; son los coeficientes de costos de materiales, maquinarias y mano de obra que conforman la estructura media de costos de la obra de Ingeniería j. Ctj es el costo total de obra de Ingeniería j, obtenido de su correspondiente función de costos.

CTMAj; CTEQj; CTMOj; son los factores de costos de materiales, maquinarias y mano de obra respectivamente, de la obra de Ingeniería j.

El costo total del aprovechamiento k, desglosado en los factores de costos, es:

$$CMA_k = \sum_{j=1}^m CTMA_j$$

$$CEQ_k = \sum_{j=1}^m CTEQ_j$$

$$CMO_k = \sum_{j=1}^m CTMO_j$$

en que:

CMAk; CEQk; CMOk; son los valores de los factores de costos totales de los materiales, maquinarias y mano de obra respectivamente, del aprovechamiento K. m es el número de obras de Ingeniería del aprovechamiento.

Aplicando los coeficientes de reajuste, a sus respectivos factores de costos totales y sumando, se obtiene el costo total reajustado del aprovechamiento k.

$$CRA_k = CMA_k * I1 + CEQ_k * I2 + CMO_k * I3$$

Este procedimiento, corresponde conceptualmente al método del factor multiplicador, que se ha simplificado para obtener rapidez de operación. Por lo tanto, debe señalarse que está sujeto a las mismas restricciones de ese método.

Metodología de reajuste en base a corrección de los datos de costos.

El método que se analiza, consiste en la aplicación de los coeficientes de reajustes a los datos de costos que se consideraron para la obtención de las funciones desarrolladas en el Capítulo II.

Se distinguen dos casos:

a. Caso de funciones determinadas en base a prediseños tipo, a los que se les aplicó precios unitarios promedios. En este caso, se propone reajustar dichos precios según los coeficientes de reajuste de los factores de costos, y aplicarlos a los mismos prediseños tipo.

b. Caso de funciones construídas en base a costos reales de obras, como las señaladas en la Tabla 2.1. Se propone reajustar los datos de los costos de las obras de ingeniería de cada aprovechamiento, aplicando los coeficientes de reajuste de los factores de costo, a partir de los valores de costo corregidos a noviembre de 1977. En los Apéndices 3 a 10, se presenta un resumen de los datos de costos corregidos a noviembre de 1977.

Así, en ambos casos, los costos reajustados determinarán puntos en un plano definido por ejes ortogonales, X;Y. De manera que el costo reajustado de la obra de ingeniería j, del aprovechamiento k, se representará con coordenadas:

$$X_{j,k}; Y_{j,k} (P_{1,j,k} * 11 + P_{2,j,k} * 12 + P_{3,j,k} * 13)$$

en que:

$P_{1,j,k}$, $P_{2,j,k}$, $P_{3,j,k}$, son los coeficientes de costos de la obra de ingeniería j del aprovechamiento k, de materiales, maquinaria y mano de obra respectivamente.

$Y_{j,k}$, es el costo de la obra de ingeniería j del aprovechamiento k.

$X_{j,k}$, es el parámetro de diseño elegido para la obra de ingeniería J.

11, 12, 13, son los coeficientes de costos correspondientes a materiales, maquinarias y mano de obra respectivamente, para la fecha en que se desea corregir los costos.

Luego de reajustar todos los puntos que intervienen en la determinación de las funciones de costos de las obras de ingeniería j, se procede a aplicar el método de los mínimos cuadrados, obteniéndose la función de costos corregida.

Una ventaja considerable de este método es la posibilidad de incorporar, en el futuro, obras nuevas y al mismo tiempo descartar las más antiguas. Esto permitiría la asimilación paulatina de nuevas tecnologías y su correspondiente reflejo en las funciones de costos.

El método que se analiza requiere de una laboriosidad mayor que la que emplean los procedimientos de reajuste analizados en los párrafos anteriores, ya que es necesario manejar gran cantidad de información. Es recomendable el uso de un computador para facilitar dicho manejo y obtener resultados con mayor rapidez.

Conviene recalcar que este método se diferencia de los anteriores en que trabaja con los datos reales concluyendo en funciones de costos reajustados, sin considerar las funciones ya desarrolladas. Esos datos reales, se encuentran elaborados en los Apéndices.

Metodología de reajuste a partir de insumos básicos característicos

El método consiste en elegir uno o más insumos básicos que cuantifiquen

cada factor de costos, materiales, maquinarias y mano de obra, de una obra de ingeniería, en unidades físicas de esos insumos.

La cantidad aparente de el o los insumos básicos elegidos, multiplicado por su precio puesto en obra, es el costo total del factor de costo representado por ese o esos insumos.

De esta manera, se tiene una serie de datos de costos corregidos a valores vigentes, a los que se ajusta una curva por el método de los mínimos cuadrados. Esta es la curva o función de costos corregida por concepto de inflación.

Un ejemplo de este procedimiento contribuye a su comprensión:

Los factores de costos de una obra de ingeniería i, de un aprovechamiento k, están constituidos principalmente por los siguientes insumos básicos:

- La maquinaria C
- La mano de obra D
- Los materiales A y B

Se conocen los coeficientes de costos $P_{1,j,k}$, $P_{2,j,k}$, $P_{3,j,k}$, que representan la participación relativa de los factores de costos en el costo total; y el costo total $CT_{j,k}$ de la obra de ingeniería j del aprovechamiento k. (Véase Capítulo II).

Entonces, dividiendo el costo total de la maquinaria ($P_{2,j,k} * CT_{j,k}$), por el precio unitario, $PC_{j,k}$, de la maquinaria C, se obtiene un valor, $CEQ_{j,k}$, que corresponde a una cantidad física aparente de la maquinaria C utilizada en la obra de ingeniería i.

$$\frac{P_{2,j,k} * CT_{j,k}}{PC_{j,k}} = CEQ_{j,k}$$

Análogamente para la mano de obra:

$$\frac{P_{3,j,k} * CT_{j,k}}{PD_{j,k}} = CMO_{j,k}$$

en que:

$CMO_{j,k}$ corresponde a una cantidad física aparente de la mano de obra D.

En el caso del factor de costos materiales, que en el ejemplo se supone representado por dos insumos básicos, se determinan primero los costos totales de cada uno de ellos $CRA_{j,k}$ y $CRB_{j,k}$. La suma de estos últimos, es inferior a los costos totales de los materiales de la obra de ingeniería j, ya que A y B son sólo los materiales más representativos.

Se considera entonces que la diferencia entre los costos totales de los materiales y la suma de los costos de los materiales A y B, se reparte entre los materiales A y B, en forma directamente proporcional a sus costos, aplicando el factor de distribución, $FD_{j,k}$, que sigue:

$$FD_{j,k} = \frac{P_{1,j,k} * CT_{j,k}}{CRA_{j,k} + CRB_{j,k}}$$

Así el costo aparente de dichos materiales será:

$$CA_{j,k} = FD_{j,k} * CRA_{j,k} \quad \text{costo aparente del material A}$$

$$CB_{j,k} = FD_{j,k} * CRB_{j,k} \quad \text{costo aparente del material B}$$

Las cantidades aparentes de materiales A y B, se obtienen de dividir sus respectivos costos aparentes, por sus precios unitarios vigentes:

$$\frac{CA_{j,k}}{PA_{j,k}} = CMA_{j,k} \quad \text{cantidad aparente del material A}$$

$$\frac{CB_{j,k}}{PB_{j,k}} = CMB_{j,k} \quad \text{cantidad aparente del material B}$$

Las cantidades aparentes de los materiales A y B, representan la cantidad total de materiales, análogamente, las de la maquinaria C y la mano de obra D.

El costo total reajustado de esos factores de costos, será el producto de sus cantidades aparentes por los precios unitarios vigentes respectivos.

El costo total reajustado de la obra de ingeniería j del aprovechamiento k, se expresa:

$$CTI_{j,k} = PAI_{j,k} * CHAA_{j,k} + PBI_{j,k} * CHAB_{j,k} + PCI_{j,k} * CEQ_{j,k} + PDI_{j,k} * CMO_{j,k}$$

en que $PAI_{j,k}$, $PBI_{j,k}$, $PCI_{j,k}$, $PDI_{j,k}$ son los precios vigentes de los insumos básicos A; B; C y D.

De este modo, si se aplica el método señalado a obras de ingeniería i de diferentes tamaños, es decir, de distintos aprovechamientos k, se tendrá una serie de valores de costos reajustados a los cuales se les puede ajustar una curva por el método de los mínimos cuadrados.

Las cantidades de los insumos básicos, son un reflejo de las tecnologías empleadas, por lo que debe considerarse que los cambios tecnológicos producen cambios en las cantidades de insumos. Por lo tanto, si se determinan las cantidades aparentes de insumos básicos de obras con tecnologías diferentes de las consideradas en el capítulo anterior, y se aplica a esas cantidades los precios vigentes de los insumos básicos, se obtienen costos corregidos por concepto de inflación que tienen la ventaja de corresponder a la tecnología diferente de que se trate.

Este método permite la incorporación de obras nuevas y el descarte de las más antiguas, del mismo modo que la metodología de reajuste en base a correcciones de los datos de costos.

En general, puede decirse que aunque el método es laborioso, presenta las ventajas de ser más adaptable a los cambios tecnológicos y de ser independiente de los índices de variación de precios. Esta última característica elimina las posibles influencias negativas de coeficientes de reajustes poco representativos, de los factores de costos.

Una variante del método que se analiza, consiste en la aplicación de coeficientes selectivos de reajuste, por concepto de inflación, calculados como la razón entre el precio más reciente o vigente, de cada insumo básico, y el precio del mismo insumo en la fecha base o fecha en la que se formularon las funciones de costos.

Estos coeficientes selectivos de reajustes se aplican a cada factor de costos definidos para las funciones formuladas en el capítulo anterior, de lo que resultan las funciones de costos reajustadas por inflación. La aplicación de esta variante es análoga al método del factor multiplicador, con la diferencia de que los coeficientes de reajuste se calculan en base a los insumos básicos característicos, cosa que garantiza un grado aceptable de representatividad de los coeficientes de costos.

Esta variante toma en cuenta los insumos básicos, pero no requiere de la determinación de sus cantidades. Esto es una ventaja desde el punto de vista del grado de laboriosidad que requiere, y es una desventaja desde el punto de vista de su adaptabilidad a los cambios tecnológicos.

CAPITULO IV

EJEMPLO DE APLICACION DE LAS FUNCIONES DE COSTOS

Generalidades

Con el propósito de dar a conocer el procedimiento de determinación preliminar de costos de aprovechamientos hidroeléctricos e hidráulicos, mediante el uso de las funciones de costos del Capítulo II, se desarrolla, en el presente capítulo, un ejemplo ilustrativo de aplicación de dichas funciones.

El ejemplo, es un caso hipotético en el que se supone conocidas las características de diseño que se necesitan para el empleo de las funciones de costos, como producto de un estudio preliminar, dentro de las condiciones de la Fase I del estudio del Inventario señaladas en el Capítulo I.

Debe recordarse que las funciones mencionadas entregan valores preliminares de costos de construcción, por lo tanto, es necesario agregarles los costos indirectos desde el punto de vista del Inventario, es decir, aquellos costos que corresponden a los conceptos de: ingeniería y administración, impuestos, intereses intercalares, costos de explotación.

Los costos de imprevistos, ingeniería y administración, que se emplean en el ejemplo, se basan en experiencias internacionales para casos similares, obtenidas del estudio de aprovechamiento del trecho limítrofe del río Uruguay y de su afluente río Pipirí - Guazú, entre Brasil y Argentina, realizado por el Consorcio Hidroservice - Hidrened (1973).

Los costos de imprevistos así considerados, no deben confundirse con los gastos imprevistos implicados en los costos indirectos de construcción, que sólo se refieren a previsiones que deben hacer las empresas contratistas de construcción, y que se incluye en las funciones de costos del Capítulo II.

En cuanto a los intereses intercalares y costo de explotación, se estima que deben ser valorados de acuerdo a las metodologías que se emplean para la evaluación del potencial hidroeléctrico de Venezuela, y en consecuencia no se consideran en el ejemplo de aplicación que se desarrolla en este capítulo.

Formulación del ejemplo de aplicación

El estudio preliminar de un aprovechamiento hidráulico con fines de hidroelectricidad y riego, permite identificar los parámetros que se requieren para el empleo de las funciones de costos del Capítulo II. Un ejemplo de tales parámetros se presentan en la Tabla 4.1, que sigue:

Tabla 4.1

Parámetros para la determinación de costos del ejemplo de aplicación

Obras de ingeniería	Parámetros de costos
Obras comunes:	
Vías de acceso	vías nacionales de montaña: 50 Km vías internas de montaña: 22 Km
Traslados	500 personas
Limpieza del embalse	Deforestación pesada: 30 Has Deforestación mediana: 90 Has
Presa de tierra	Volumen total: 3.500.000 m ³
Túnel de desviación	Diámetro interno: 4 m Longitud: 600 m

Aliviadero	Excavación en roca : 30.800 m ³ Excavación en tierra : 280.000 m ³ Caudal de diseño : 500 m ³ /seg Largo del aliviadero: 400 m
Compuertas radiales	N° de compuertas : 3 Altura de cada compuerta : 6 m Ancho de cada compuerta : 5 m
Obras hidroeléctricas:	
Toma para la central	Caudal : 150 m ³ /seg
Túnel de aducción	Diámetro interno: 6.4 m Longitud : 2.900 m
Chimenea de equilibrio	Diámetro : 18 m Altura media de chimenea enterrada: 70 m Altura media de chimenea no enterrada: 10 m
Tubería forzada	Peso total : 7.500 toneladas
Casa de máquinas	N° de unidades : 2 Potencial de cada unidad : 230 MW Velocidad de rotación de las turbinas 300 RPM
Turbinas Francis	N° de turbinas : 2 Potencia: 230 MW Caída neta : 354 m
Generadores	N° de generadores: 2 Potencia efectiva : 230 MW Velocidad sincrónica : 300 RPM
Transformadores	Capacidad : 275 MVA Tensión de salida: 400 KV
Puente grúa para la central	Potencia efectiva : 230.000 KW Velocidad del generador : 300 RPM
Equipos auxiliares	Potencia instalada en la central: 460 MW
Riego:	
Toma para riego	Altura máxima de presa : 125 m Caudal de diseño de la toma : 6,4 m ³ /seg

Desarrollo del ejemplo de aplicación

Obras comunes

Comprende las obras que se señalan en la Figura 2.1. No obstante, el cálculo de los costos de campamentos se realiza al final ya que su costo se determina en función del costo total, según la Figura 2.3.

Vías de acceso

Véase Tabla 2.2		
Vía nacional de montaña 50 Km * 1.300.000 Bs/Km	Bs.	65.000.000,00
Vías internas de montaña 22 Km * 870.000 Bs/Km	"	19.140.000,00
Sub-total	Bs.	84.140.000,00
Imprevistos: 15%	"	12.621.000,00
Total parcial	Bs.	96.761.000,00

Traslados y reubicaciones

500 personas * 10.000 Bs/persona	Bs.	5.000.000,00
Imprevistos : 15%	"	750.000,00
Total parcial	Bs.	5.750.000,00

Limpieza del embalse

Deforestación pesada. Véase Figura 2.4	Bs.	48.000,00
30 Has * 1600 Bs/Has	"	72.900,00
Deforestación mediana. Véase Figura 2.4	Bs.	120.900,00
Sub-total	Bs.	12.090,00
Imprevistos : 10%	"	12.090,00
Total parcial.....	Bs.	132.990,00

Presa de tierra

Véase Figura 2.5	Bs.	60.027.000,00
3.500.000 m ³ * 17,15 Bs/m ³	"	18.008.100,00
Imprevistos : 30%		
Total parcial.....	Bs.	78.035.100,00

Túnel de desvío

Véase Figura 2.9, para diámetro : 4 m	Bs.	8.956.200,00
600 m * 14927 Bs/m	"	1.343.430,00
Imprevistos : 15%		
Total parcial.....	Bs.	10.299.630,00

Aliviadero

Excavación en tierra. Véase Figura 2.7	Bs.	2.268.000,00
280.000 m ³ * 8,1 Bs/m ³	"	763.840,00
Excavación en roca. Véase Figura 2.8		
30.800 m ³ * 24,8 Bs/m ³	"	9.800.000,00
Obras de concreto armado, drenajes, anclajes	Bs.	12.831.840,00
Véase Figura 2.10, para Q = 500 m ³ /seg	"	1.924.776,00
400 m * 24.500 Bs/m		
Sub-total	Bs.	14.756.616,00
Imprevistos : 15%		
Total parcial.....	Bs.	14.756.616,00

Compuertas radiales

Véase Figura 2.11	Bs.	527.100,00
3 compuertas * 175.700 Bs/compuerta	"	79.065,00
Imprevistos : 15%		
Total parcial.....	Bs.	606.165,00
Costo total de obras comunes	"	206.341.501,00
(excluyendo campamentos)		

Obras hidroeléctricas

Son aquellas cuyo uso es solamente hidroeléctrico y comprende a las obras señaladas en la Figura 2.1.

Toma para la central

Véase Figura 2.12, para Q = 150 m ³ /seg	Bs.	7.950.000,00
Imprevistos : 30%	"	2.385.000,00
Total parcial	Bs.	10.335.000,00

Túnel de aducción

Véase Figura 2.9, para diámetro = 6,4 m	Bs.	81.403.000,00
2900 m * 28.070 Bs/m	"	12.210.450,00
Imprevistos : 15%		
Total parcial	Bs.	93.613.450,00

Chimenea de equilibrio

Véase Figura 2.13, para diámetro D = 18 m	Bs.	4.672.500,00
Tramo enterrado : 70 m * 66.750 Bs/m	"	190.600,00
Tramo no enterrado : 10 m * 19.060 Bs/m	"	4.863.100,00
Sub-total	Bs.	729.465,00
Imprevistos : 15%	"	729.465,00
Total parcial.....	Bs.	5.592.565,00

Tubería forzada

Véase Figura 2.14, para 7500 TON	Bs.	78.200.000,00
Imprevistos : 15%	"	11.730.000,00
Total parcial	Bs.	89.930.000,00

Casa de máquinas

Véase Figura 2.15, para potencia = 460 MW y 300 RPM	Bs. 42.000.000,00
Imprevistos : 15%	" 6.300.000,00
Total parcial	Bs. 48.300.000,00

Turbinas

Véase Figura 2.17. Potencia / $\sqrt{\text{caída neta}} =$ $230000 / \sqrt{354} = 12,22 \text{ KM/m}^2 \times 10^3$	Bs. 44.744.000,00
2 turbinas * 22.372.000 Bs/turbina	" 6.711.600,00
Imprevistos : 15%	" 1.007.400,00
Total parcial	Bs. 51.455.600,00

Generador

Véase Figura 2.19. Potencia/velocidad sincrónica = $230.000/300 = 766,67 \text{ KW/RPM}$	Bs. 47.314.000,00
2 generadores x 23.657.000 Bs/generador	" 7.097.100,00
Imprevistos 15%	" 1.064.550,00
Total parcial	Bs. 54.411.100,00

Transformadores

Véase Figura 2.20. Para 275 MVA y 400 KV	Bs. 11.000.000,00
2 transformadores * 5.500.000 Bs/transformadores	" 1.650.000,00
Imprevistos : 15%	" 247.500,00
Total parcial	Bs. 12.650.000,00

Puente grúa para la central

Véase Figura 2.21. Potencia/velocidad del generador = $\frac{230.000}{300} = 766,67$	Bs. 3.960.000,00
1 puente grúa * 3.960.000	" 594.000,00
Imprevistos : 15%	" 89.100,00
Total parcial	Bs. 4.554.000,00

Equipos auxiliares

Véase Figura 2.22 para potencia = 460 MW	Bs. 21.600.000,00
460 MW * 1/0,95 = 484,2 MVA	" 3.240.000,00
Imprevistos : 15%	" 486.000,00
Total parcial	Bs. 24.840.000,00
Total obras hidroeléctricas.....	<u>Bs. 395.681.715,00</u>

Obras de riego

Son aquellas cuyo uso es exclusivamente con fines de riego. Comprende las obras de ingeniería señaladas en la Figura 2.1.

Toma para riego

Véase Figura 2.23	Bs. 3.930.000,00
Altura máxima de presa * caudal de diseño	" 589.500,00
$125 \times 6,4 = 800 \text{ m}^3/\text{seg}$	" 1.000.000,00
Imprevistos : 15%	" 150.000,00
Total parcial.....	Bs. 4.519.500,00
Total obras de riego.....	" 4.519.500,00
Suma de totales parciales.....	Bs. 604.947.616,00

Campamentos

Véase Figura 2.3. Teniendo como dato, la suma de totales parciales se obtiene	Bs. 23.400.000,00
Imprevistos : 15%	" 3.510.000,00
Total parcial.....	Bs. 26.910.000,00

Costos totales

Obras comunes excluidos los campamentos	Bs. 206.341.501,00
Obras hidroeléctricas	" 395.681.715,00
Obras de riego	" 4.519.500,00
Total.....	Bs. 606.542.716,00
Costos de ingeniería, administración y dirección 10%	Bs. 60.494.762,00
Total	Bs. 665.442.378,00
Costos de campamentos, incluidos los costos de ingeniería y administración	" 26.910.000,00
Total General.....	Bs. 692.352.378,00

Análisis de resultados

Los valores de los parámetros para la determinación de los costos de las obras hidroeléctricas, del ejemplo hipotético de aplicación presentado anteriormente, se eligieron de manera que sean similares a las obras de generación del desarrollo Doradas - Camburito, contempladas en el Estudio de Factibilidad del aprovechamiento Integral de los ríos Uribante y Camburito - Caparo, con el fin de comparar los costos globales de las obras hidroeléctricas del ejemplo, con las de dicho estudio.

Así, los costos de las obras hidroeléctricas del ejemplo, incluidos los costos imprevistos, resultan un 23% mayores que los del estudio mencionado, y si se excluye del ejemplo los costos imprevistos, para tener los costos de construcción tal como se presentan en las funciones de costos del capítulo anterior, esta diferencia disminuye.

Estas diferencias, permiten esperar que las funciones de costos de obras hidroeléctricas desarrolladas en el capítulo anterior sean confiables en la determinación preliminar de costos, es decir, en la Fase I del inventario, para proyectos como el considerado.

En cuanto a las obras comunes y de riego, puede decirse que sólo las obras de desviación del ejemplo, corresponden aproximadamente a la de la presa La Honda del mismo estudio antes mencionado, presentándose una diferencia de costos del 0,8%, incluidos los imprevistos, y de un 14,1% si se excluye los imprevistos.

La toma de riego, el aliviadero y la presa del ejemplo, se eligieron con características de diseño diferentes de las de las obras del Proyecto Uribante-Caparo antes señalado, y por lo tanto los valores de costos obtenidos no son comparables con los de dicho Proyecto. En efecto, las presas del Proyecto señalado requieren de un sistema para control de infiltraciones compuesto por cortinas de inyecciones y túneles de drenaje que aumentan considerablemente los costos.

De la comparación de los costos del ejemplo con los de las obras consideradas en el estudio antes señalado, pudiera desprenderse que no es necesario tener en cuenta costos por concepto de imprevistos debido a que las diferencias entre los costos de ejemplo y los del Estudio de Factibilidad, son muy pequeñas. No obstante, conviene destacar que los gastos posibles pero inciertos implicados con la denominación de imprevistos, disminuye su incertidumbre en el caso de estudios correspondientes a un nivel de Factibilidad como el que se ha empleado para comparar los resultados del ejemplo. En estudios preliminares, en cambio, los valores de los parámetros de costos presentan una certidumbre menor que la de estudios más avanzados. Por lo tanto, con

ne tener en cuenta los costos por concepto de imprevistos, como se muestra en el ejemplo, para estudios preliminares.

Costo de la hidroelectricidad

Los costos de las obras hidroeléctricas se obtienen sumando los costos de las obras cuyo uso específico es la hidroelectricidad y la parte de los costos de las obras comunes que corresponden al propósito hidroeléctrico. (Véase Figura 2.1).

La elaboración de metodologías para la apropiación de costos de obras comunes, no es materia de esta tesis como se mencionó en el Capítulo I. Sin embargo, con el propósito de determinar el costo aproximado del KW del aprovechamiento hidroeléctrico del ejemplo, se asumirá que el 95% del costo de las obras comunes corresponde al propósito hidroeléctrico.

Así, se tendrá:

Costo total de las obras comunes, incluido campamentos, ingeniería y administración.....	Bs.	253.885.651,50
Parte de las obras comunes que corresponden al propósito hidroeléctrico 95%.....	"	241.191.360,00
Costo de las obras hidroeléctricas específicas, incluido ingeniería y administración.....	"	435.249.887,00
Sumando el 95% de costo de obras comunes y el costo de las obras hidroeléctricas específicas, se tiene.....	"	676.441.256,00

El costo de 1 KW se obtiene dividiendo el costo total del propósito hidroeléctrico por la potencia instalada en la central, es decir:

$$\frac{676.441.256,00 \text{ (Bs)}}{460.000,00 \text{ (KW)}} = 1471 \text{ Bs/KW}$$

Debe recordarse, que en este valor no está implícito el costo de las líneas de transmisión. En aprovechamientos pequeños, de poca capacidad instalada, el costo de las líneas de transmisión puede tener importante incidencia en el costo del KW.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones y comentarios finales

La necesidad de disponer de bases metodológicas para el cálculo de los costos de un gran número de proyectos hidroeléctricos e hidráulicos en general, estudiados en un nivel preliminar, se satisface mediante la formulación de funciones de costos de las obras de ingeniería que componen un aprovechamiento hidroeléctrico e hidráulico. Dichas obras de ingeniería deben presentar características de diseño y construcción que sean aplicables a todos los aprovechamientos que se identifiquen en la fase de estudios preliminares.

Las obras de ingeniería consideradas para la formulación de funciones de costos, en el Capítulo II, son típicas para Venezuela y otros países latinoamericanos, por lo tanto se puede esperar que las características de las obras de ingeniería de un número elevado de aprovechamientos a estudiar a nivel preliminar, presenten similitud con las obras consideradas en el Capítulo II. No obstante, es recomendable ampliar la gama de tipos de obras de ingeniería y desarrollar sus correspondientes funciones de costos, con el fin de que las valoraciones de los aprovechamientos representen mejor las condiciones geológicas, topográficas e hidrológicas de diferentes sitios.

Las funciones de costos desarrolladas en el Capítulo II, y el ejemplo de aplicación del Capítulo IV, demuestran que es posible expresar los costos en función de parámetros de diseño fácilmente reconocibles en estudios preliminares, con aproximaciones aceptables para ese nivel de estudios.

Entonces, las funciones antes mencionadas, son adecuadas para valorar aprovechamientos, cuyas obras de ingeniería tengan las características que se señalan en el Capítulo II.

La aplicación de las mismas funciones a todos los aprovechamientos que se identifiquen en la Fase I del inventario del potencial hidroeléctrico de Venezuela, constituye un criterio homogéneo de valoración, ya que las economías de escala se aprovechan en forma homogénea pues se trabaja sobre una sola curva de economía de escala para cada obra de ingeniería definida en la Figura 2.1 del Capítulo II. Asimismo, implica consideraciones similares para los costos indirectos de todos los aprovechamientos, y por lo tanto se asume que las condiciones de competencia son similares.

Los procedimientos empleados para la determinación de las funciones de costos, explicados en el Capítulo II, requieren de la recolección y manejo de gran cantidad de información. Debe señalarse que su análisis presenta algunas dificultades, por su heterogeneidad, su volumen y su disponibilidad oportuna.

Como se mencionó en el Capítulo II, las instituciones del Estado encargadas de la construcción de obras hidráulicas, controlan las ofertas de esas obras mediante la exigencia de costos indirectos de construcción que no sobrepasen un porcentaje fijo de los costos de construcción. La revisión de los "análisis de precios unitarios" de los archivos de esas instituciones, permite verificar que dicho porcentaje es de un 21%.

Esta exigencia, es inconveniente a los intereses que custodian los propios organismos estatales, ya que como se vió, las empresas se ven obligadas a transferir, de manera no explícita, parte de sus costos indirectos hacia los costos directos, con lo que no se logra conocer sus verdaderos costos indirectos. Por otra parte, si las empresas licitantes cumplieren exactamente con el

porcentaje de 21% que se les exige, no podrán aprovechar las ventajas de las economías de escala. En efecto, de acuerdo a la teoría microeconómica tradicional, el costo indirecto de construcción no varía o varía muy poco cuando aumenta la producción, en cambio, el costo directo de construcción varía en forma directamente proporcional al nivel de producción.

En cuanto al objetivo de elaborar y analizar metodologías de reajuste de costos preliminares, que consideren la dinámica de los precios en el tiempo, como se plantea en el Capítulo I, puede decirse que las metodologías presentadas y analizadas en el Capítulo III cumplen con tal propósito.

Los precios cambian con los procesos inflacionarios y con los cambios tecnológicos. Las funciones de costos desarrolladas en esta tesis, serán válidas en el futuro si se corrigen mediante algunas de las metodologías de reajuste por concepto de inflación expuestas en el Capítulo III, bajo la condición de que las tecnologías sean similares a las consideradas para cada función de costos.

Los procedimientos alternativos de reajuste que se analizan en el Capítulo III, se basan en el principio de reajustar por separado los factores de costos materiales, mano de obra, maquinarias y equipos. Este mismo principio se utilizó para corregir los datos de costos de obras construídas con anterioridad al año 1977, comprobándose su validez al analizar los resultados del ejemplo de aplicación del Capítulo IV.

Las metodologías de reajuste del Capítulo III, se diferencian, entre otras cosas, en su grado de laboriosidad. En general, a las metodologías más laboriosas corresponden una mayor representatividad de los procesos inflacionarios. Por lo tanto, será recomendable emplear aquella metodología que es té más acorde con los recursos humanos y de tiempo disponibles. No obstante, cualquiera de ellas conducirá a resultados aceptables para estudios preliminares.

Los análisis sobre cambios tecnológicos y su relación con las funciones de costos, que se realizan en el transcurso de este estudio, no persiguen agotar el tema, pero se abre el camino a investigaciones más profundas cuando se concluye que la participación relativa de los factores de costos en el costo total, o estructura de costos, es un reflejo de las tecnologías de ingeniería y construcción y que por tanto, cambios en la estructura de costos indican cambios en dichas tecnologías. No se debe olvidar que, por otra parte, los procesos inflacionarios también modifican la estructura de costos de las obras de ingeniería, y en consecuencia, si se desea comparar las estructuras de costos de dos o más obras de ingeniería, éstas deben corresponder a la misma fecha de construcción, o en su defecto los costos deben ser corregidos, por concepto de inflación, a una fecha común.

Recomendaciones

De los análisis efectuados en el transcurso de esta tesis, se deducen las recomendaciones que se resumen a continuación:

1) Es recomendable desarrollar funciones de costos de obras de ingeniería no consideradas en esta tesis, con el fin de ampliar las posibilidades de valoración dentro del marco correspondiente a la Fase I del estudio de Inventario del Potencial Hidroeléctrico de Venezuela. Estas obras de ingeniería pueden ser:

- Presas de concreto
- Presas de enrocado
- Canales revestidos
- Tomas selectivas para agua potable
- Líneas de transmisión
- Obras de navegación fluvial
- Obras de piscicultura
- Obras de conservación de cuencas

2) Dada la escasa experiencia existente en Venezuela para la mayoría de las obras anteriores, es recomendable efectuar estudios originales de costos en base a prediseños tipo de distintos tamaños de cada obra.

3) Los parámetros de costos de las obras del punto 1), pueden ser determinados en base a consideraciones similares a las que se hacen en el Capítulo II en los párrafos sobre parametrización de las funciones de costos.

4) Es recomendable estructurar programas computacionales que permitan corregir las funciones de costos por concepto de inflación y por la acumulación de nuevas experiencias o datos de costos, empleando las metodologías de reajuste presentadas en el Capítulo III.

5) Se recomienda la eliminación de medidas restrictivas sobre los costos indirectos de construcción, y al mismo tiempo, la elaboración de normas tendientes a mejorar el sistema de libre competencia, que contemple sanciones en casos de transgresión a los principios de competencia leal y honesta que deben servir de base a dichas normas.

6) Es recomendable realizar un estudio más concreto sobre los cambios tecnológicos y su incorporación a las metodologías de reajuste de las funciones de costos.

7) Antes de emplear las funciones de costos desarrolladas, es recomendable realizar más aplicaciones de verificación como el ejemplo del Capítulo IV.

8) Es recomendable la realización de estudios comparativos de experiencias venezolanas con experiencias internacionales, con el fin de determinar la adaptabilidad de funciones de costos desarrolladas en el exterior, a las condiciones de Venezuela.

APENDICES

Apéndice 1

Los índices de variación de precios para materiales, maquinarias y equipos, se obtuvieron de informes económicos anuales y boletines mensuales publicadas por el Banco Central de Venezuela. Dichos índices se presentan en las tablas que siguen :

Índices de precios anuales al por mayor corregidos al año base 1961

Fecha	Materiales	Maquinarias y mano de obra
Dic - 1961	100	100
Dic - 1962	105,12	115,35
Dic - 1963	117,35	115,97
Dic - 1964	119,37	118,81
Dic - 1965	131,59	122,75
Dic - 1966	138,54	132,08
Dic - 1967	145,78	134,41
Dic - 1968	144,41	139,93
Dic - 1969	143,70	144,37
Dic - 1970	143,98	150,14
Dic - 1971	147,88	160,08
Dic - 1972	150,33	168,48
Dic - 1973	145,57	164,35
Dic - 1974	212,86	194,50
Dic - 1975	260,08	210,31
Dic - 1976	261,21	226,83
Dic - 1977	280,88	246,98

Índices de precios mensuales al por mayor al año base : 1968

Fecha	Materiales	Maquinarias y equipos
Ene - 1975	172,0	145,7
Feb - 1975	172,0	146,5
Mar - 1975	172,0	147,4
Abr - 1975	172,0	148,5
May - 1975	172,3	148,6
Jun - 1975	184,9	149,9
Jul - 1975	184,9	149,9
Ago - 1975	185,1	152,4
Sep - 1975	186,1	152,4
Oct - 1975	186,2	152,7
Nov - 1975	186,4	153,2
Dic - 1975	186,4	153,2
Ene - 1976	178,2	153,2
Feb - 1976	178,7	153,2
Mar - 1976	178,7	153,2
Abr - 1976	178,6	153,2
May - 1976	179,2	153,2
Jun - 1976	180,2	164,9
Jul - 1976	181,1	168,4
Ago - 1976	181,9	168,4
Sep - 1976	182,2	168,4
Oct - 1976	182,5	169,4
Nov - 1976	184,5	169,4
Dic - 1976	184,7	170,1

Fecha	Materiales	Maquinarias y equipos
Ene - 1977	185,1	172,5
Feb - 1977	186,7	172,5
Mar - 1977	188,4	174,2
Abr - 1977	191,6	176,2
May - 1977	191,7	177,1
Jun - 1977	191,9	177,2
Jul - 1977	192,9	177,5
Ago - 1977	200,4	177,5
Sep - 1977	200,4	177,9
Oct - 1977	201,4	178,1
Nov - 1977	201,4	180,7

Apéndice 2

Tabulación de salarios de la construcción según contratos colectivos de trabajo celebrados entre la Cámara Venezolana de la Construcción y la Federación de Trabajadores de la Industria de la Construcción de Venezuela

Oficio	Jornal diario		
	Año 1968	Año 1971	Año 1975
Obrero de 1ra.	18,00	20,50	28,00
Ayudante	20,00	22,50	30,50
Caporal	23,00	25,50	34,25
Albañil de 2da.	28,00	30,50	40,50
Albañil de 1ra.	32,00	34,50	43,80
Carpintero de 2da.	28,00	30,50	40,50
Carpintero de 1ra.	32,00	34,50	43,80
Maestro Carp. de 2da.	42,00	44,50	55,80
Maestro Carp. de 1ra.	52,00	54,50	67,80
Cabillero de 2da.	26,00	28,50	38,00
Cabillero de 1ra.	29,00	31,50	41,75
Maestro Cabillero	42,00	44,50	55,80
Plomero de 2da.	27,00	29,50	39,25
Plomero de 1ra.	31,00	33,50	42,60
Maestro Plomero	42,00	44,50	55,80
Electricista de 2da.	28,00	30,50	40,50
Electricista de 1ra.	33,00	35,50	45,00
Maestro Electricista	42,00	44,50	55,80
Granitero de 2da.	25,00	27,50	36,75
Granitero de 1ra.	30,00	32,50	43,00

Oficio	Jornal diario		
	Año 1968	Año 1971	Año 1975
Maestro Granitero	42,00	44,50	55,80
Pintor de 2da.	25,00	27,50	36,75
Pintor de 1ra.	30,00	32,50	43,00
Maestro Pintor	42,00	44,50	55,80
Oficial impermeabilizador de 2da.	24,00	26,50	35,50
Oficial impermeabilizador de 1ra.	28,00	30,50	40,50
Maestro impermeabilizador	42,00	44,50	55,80
Maestro de obra de 2da.	52,00	54,50	67,80
Maestro de obra de 1ra.	62,00	64,50	79,80
Guinchero	21,00	23,50	31,75
Maquinista de concreto de 2da.	20,00	22,50	30,50
Maquinista de concreto de 1ra.	23,00	25,50	34,25
Vigilante	18,00	20,50	28,00
Aux. de depósito	21,00	23,50	31,75
Chofer de 4ta.	25,00	27,50	36,75
Chofer de 3ra.	27,00	29,50	39,25
Chofer de 2da.	29,00	31,50	41,75
Chofer de 1ra.	33,00	35,50	45,00
Chofer de camión	38,00	40,50	51,00
Chofer de gandola de 2da.	46,00	48,50	60,60
Chofer de gandola de 1ra.	52,00	54,50	67,80

Oficio	Jornal diario		
	Año 1968	Año 1971	Año 1975
Chofer de camión mezclador	35,00	37,50	47,40
Operador de martillo perforador	20,00	22,50	30,50
Operador de equipo perforador	27,00	29,50	39,25
Dinamitero	29,00	31,50	41,75
Maestro de voladura	52,00	54,50	67,80
Ayudante de operadores	21,00	23,50	31,75
Operador de equipo liviano	26,00	28,50	38,00
Operador de equipo pesado de 2da.	33,00	35,50	45,00
Operador de equipo pesado de 1ra.	43,00	45,50	57,00
Tractorista de 2da.	44,00	46,50	58,20
Tractorista de 1ra.	48,00	50,50	63,00
Operador de mototraílla de 2da.	47,00	49,50	61,80
Operador de mototraílla de 1ra.	50,00	52,50	65,40
Operador de pala hasta 1 yd ³	44,00	46,50	58,20
Operador de pala de más de 1 yd ³ de 2da.	52,00	54,50	67,80
Operador de pala de más de 1 yd ³ de 1ra.	62,00	64,50	79,80
Operador de motoni-veladora de 2da.	39,00	41,50	52,20

Oficio	Jornal diario		
	Año 1968	Año 1971	Año 1975
Operador de motoni-veladora de 1ra.	47,00	49,50	61,80
Operador de grúa de 2da.	38,00	40,50	51,00
Operador de grúa de 1ra.	45,00	47,50	59,40
Caporal de equipo	52,00	54,50	67,80
Ayudante mecánico	21,00	23,50	32,25
Engrasador	29,00	31,50	41,75
Soldador de 3ra.	28,00	30,50	40,50
Soldador de 2da.	33,00	35,50	45,00
Soldador de 1ra.	44,00	46,50	58,20
Mecánico de gasolina de 2da.	29,00	31,50	41,75
Mecánico de gasolina de 1ra.	38,00	40,50	51,00
Mecánico de equipo pesado de 2da.	36,00	38,50	48,60
Mecánico de equipo pesado de 1ra.	45,00	47,50	59,40
Maestro mecánico	58,00	60,50	75,00
Montador	29,00	31,50	41,75

Apéndice 3

Definiciones relativas a la deforestación

Las especificaciones para la construcción de obras hidráulicas, publicadas por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (1977), señalan:

"Vegetación Pesada, es aquella cuyo número índice está comprendido entre 200 y 101.

Vegetación Mediana, es aquella cuyo número índice está comprendido entre 100 y 41.

Vegetación Liviana, es aquella cuyo número índice está comprendido entre 40 y 0.

Se ha denominado "Número Índice" de la vegetación a la suma de los productos obtenidos al multiplicar el número de árboles por hectárea, de diámetro entre 10 a 25 cm, 26 a 50 cm, 51 a 75 cm y de más de 76 cm, por el número que le corresponde a cada uno de esos diámetros según la tabla siguiente:

Diámetro del tronco	Índice
0 a 10 cm	0
10 a 25 cm	1
26 a 50 cm	3
51 a 75 cm	7
más de 76 cm	20

La clasificación de la vegetación se hará por "Muestras" representativas efectuadas a una distancia que variará de acuerdo con la extensión de las superficies que se vayan a deforestar".

Apéndice 4

Costos de deforestación corregidos por inflación a noviembre 1977

Deforestación Pesada

Obra	Costo por Ha en B.	Superficie en Ha	Coeficientes de costos		
			Materiales	Maq. y Equip.	Mano de obra
Bocanó	2021	2	0,06	0,76	0,18
Tucupido	1657	170	0,04	0,71	0,25
Masparrá	2157	10	0,08	0,66	0,26
Vista Alegre	1018	1156	0,10	0,72	0,18
Matfócora	924	4400	0,07	0,85	0,09
Bocanó	1106	100	0,07	0,65	0,28
El Pueblito	1436	54	0,04	0,67	0,29

Deforestación Mediana

Obra	Costo por Ha en B.	Superficie en Ha	Coeficientes de costos		
			Materiales	Maq. y Equip.	Mano de obra
Tucupido	560	7000	0,04	0,71	0,25
Socuy	967	1,5	0,05	0,75	0,20
Atarigua	729	100	0,07	0,66	0,27
Bocanó	553	4900	0,06	0,84	0,10
El Guamo	951	60	0,07	0,65	0,28
El Cigarrón	1022	28	0,05	0,66	0,29

Deforestación Liviana

Obra	Costo por Ha en B.	Superficie en Ha	Coeficientes de costos		
			Materiales	Maq. y Equipos	Mano de obra
Atarigua	521	50	0,04	0,82	0,13
Socuy	585	100	0,05	0,68	0,27
Atarigua	507	100	0,09	0,63	0,29

Apéndice 5

Costos de presas de tierra reajustados por inflación a noviembre de 1977

Obra	VOLUMEN EN m ³	Costo en B/m ³	Coeficientes de costos		
			Materiales	Maq. y Equip.	Mano/obra
Atarigua	2.400.000	24,67	0,12	0,72	0,17
El Socuy	4.000.000	12,77	0,10	0,64	0,26
Vista Alegre	1.420.000	27,71	0,20	0,59	0,21
Matfócora	2.868.700	22,10	0,18	0,68	0,14
El Pueblito	2.400.000	15,80	0,08	0,75	0,17
El Guamo	600.000	24,90	0,20	0,67	0,13
El Cigarrón	600.000	27,20	0,08	0,77	0,15

Apéndice 6

Costos de excavación a cielo abierto reajustados por inflación a noviembre 1977

Obra	Costo en B/m ³	Volumen de excavación en m ³	Coeficientes de costos		
			Materiales	Maq. y Eq.	Mano/obra
Atarigua	28,36	4.000	0,34	0,38	0,28
El Guamo	23,35	100.000	0,34	0,48	0,17
Vista Alegre	21,45	173.526	0,25	0,49	0,26
Matfócora	31,36	16.000	0,26	0,48	0,26
Matfócora	32,02	10.000	0,25	0,49	0,26
Las Palmas	22,65	10.000	0,22	0,47	0,31
Bocanó	27,21	5.000	0,31	0,45	0,24
Bocanó	39,05	7.000	0,21	0,42	0,37
Bocanó	21,80	29.000	0,08	0,66	0,26
Bocanó	24,50	8.000	0,19	0,57	0,23

Excavación común

Obra	Costo en B/m ³	Volumen de excavación en m ³	Coeficientes de costos		
			Materiales	Maq. y Eq.	Mano/Obra
Atarigua	4,66	453.228	0,06	0,69	0,25
El Pueblito	7,51	2.254.391	0,03	0,83	0,14
El Pueblito	10,39	391.365	0,03	0,83	0,14
Vista Alegre	12,08	62.507	0,11	0,66	0,23
Matfócora	5,62	1.353.096	0,04	0,85	0,11
Bocanó	6,78	55.000	0,09	0,60	0,31
Bocanó	11,07	30.000	0,09	0,65	0,26
Bocanó	7,74	2.750.000	0,10	0,58	0,33
Bocanó	8,42	692.500	0,08	0,60	0,33
Bocanó	7,30	140.000	0,10	0,67	0,23
Tucupido	10,12	60.000	0,07	0,67	0,26
Tucupido	8,70	220.000	0,08	0,65	0,27
Tucupido	6,85	2.950.000	0,10	0,73	0,17
Tucupido	7,44	462.000	0,09	0,74	0,17

Apéndice 7

Costos de túneles revestidos, reajustados por inflación a Noviembre de 1977

Obra	Costo en Bs/m	Diámetro interno en m	Coeficientes de Costos		
			Materiales	Maq. y Eq.	Mano de obra
Desvío Baconó	39.468	5,00	0,67	0,12	0,21
Las Palmas	27.838	4,25	0,53	0,23	0,24
Atarigua *	24.246	3,50	0,39	0,29	0,32
Masparro *	48.291	5,00	0,62	0,17	0,21
Matycara	37.605	3,00	0,65	0,12	0,23
Allivadero Baconó *	33.930	7,50	0,31	0,26	0,43

* Obras consideradas en la Figura N° 2.9, Capítulo II.

Apéndice 8

Costos de aliviaderos, reajustados por inflación a Noviembre de 1977

Obra	Costo en Bs/m	Caudal de diseño en m ³ /seg	Coeficientes de Costos		
			Materiales	Maq. y Eq.	Mano de obra
El Pueblito	8.271	68,2	0,47	0,18	0,35
El Guamo	28.504	550,0	0,38	0,25	0,37
Vista Alegre	13.651	144,0	0,72	0,09	0,19
El Cigarrón	34.135	221,5	0,63	0,15	0,21

Los costos reajustados, de los aliviaderos de las obras de la tabla siguiente, integran también la función de costos de la Figura N° 2.10, Capítulo II, pero no fue posible obtener sus estructuras de costos. Para el reajuste de los costos de estas obras, se asumió la estructura de costos media de las obras de la tabla anterior.

Obra	Costo en Bs/ml	Caudal de diseño en m ³ /seg
El Pilar	8.265	67,0
Tamanaco	5.664	255,7
Lagartija	82.180	1200,0
Mapará	7.094	200
Santa Clara	17.396	378
La Estancia	34.337	661
La Becerra	9.302	171
Tulé-Canchirí	9.101	116,5
Agua Viva	24.121	530
Dos Cerritos	23.370	425
La Handa	88.309	2750

Apéndice 9

Costos de tomas de riego, reajustados por inflación a noviembre de 1977

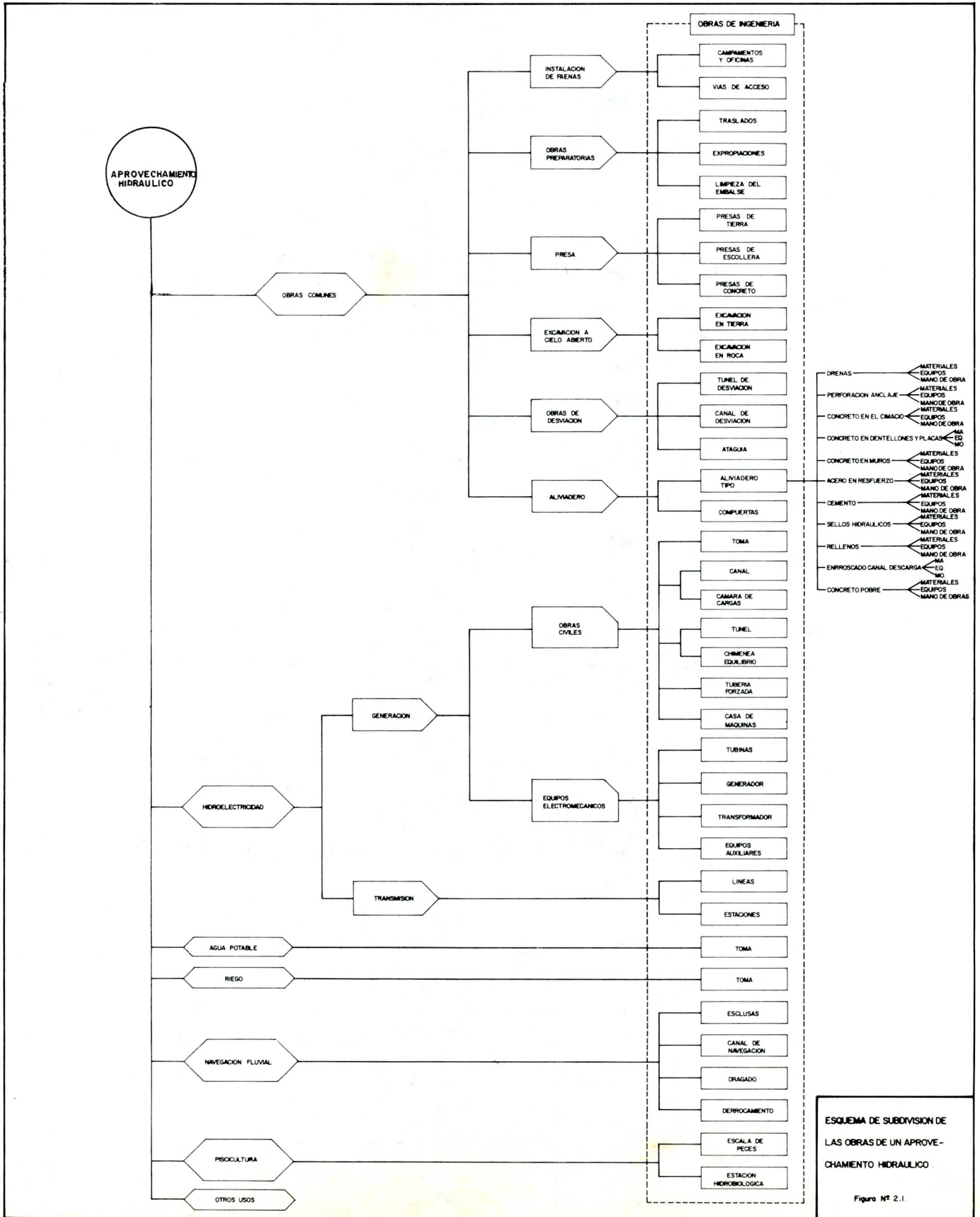
Obra	Costo total en B ^s .	Caudal de diseño (Q) en m ³ /seg	Altura máxima de presa (H) en m	Q*H
Tamanaco	1.534.364	13	15	195
Guanapito	3.002.950	12	43	516
La Estancia	1.998.292	5,25	20	105
La Becerra	3.489.897	35,5	25	887
Pariche	194.941	1,4	11	15,4
El Pueblito	2.587.187	24	20	480
El Cigarrón	1.780.061	18	20	360

La estructura de costos media considerada en el Capítulo II, para las tomas de riego, se basa en la estructura media de costos de las tomas de El Pueblito y El Cigarrón, ya que no fue posible la obtención de la estructura de costos de todas las obras anteriores. En la Tabla siguiente se presenta la estructura de costos de El Pueblito y El Cigarrón :

Estructura de costos de tomas de riego

Obra	Coeficientes de costos		
	Materiales	Maquinarias y equipos	Mano de obra
El Pueblito	0,44	0,22	0,34
El Cigarrón	0,46	0,21	0,33

Esquema de Subdivisión de las Obras de Aprovechamiento Hidráulico.



ESQUEMA DE SUBDIVISION DE LAS OBRAS DE UN APROVECHAMIENTO HIDRAULICO

Figura Nº 2.1.

LITERATURA CITADA

- Banco Central de Venezuela. 1960-1977. Informes Económicos. Boletines Mensuales. Caracas.
- Bureau of Reclamation. 1959. Estimating Data. Department of the Interior. Denver, Colorado. 117 pp.
- Carantoña, José. 1977. Notas sobre Economía. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras, Mérida, Venezuela. 145 pp.
- Consorcio de Estudios Hidroeléctricos. 1977. Aprovechamiento Integral de los Ríos Uribante-Doradas y Camburito-Caparo, Estudio de Factibilidad. CADAFE, Caracas.
- Consorcio Hidroservice - Hindrened. 1973. Manual de Procedimientos para Estimaciones de Costos de Construcción de Aprovechamientos Hidroeléctricos para Aplicación en los Estudios Energéticos de la Región Limítrofe entre Brasil y Argentina. Centrales Eléctricas Brasileñas S/A; Agua y Energía Eléctrica. Sao Paulo, 189 pp.
- Curiel, José y Oscar González. 1968. Estimación de Costos de Presas de Tierra. Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Obras Hidráulicas. Caracas. 63 pp.
- Davis, Calvin. 1952. Handbook of Applied Hydraulics. Harza Engineering Company. Chicago. 1271 pp.
- Kuiper, Edward. 1969. Desarrollo de los Recursos Hidráulicos. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. Mérida, Venezuela. 672 pp.
- Linsley, Ray y Joseph Franzini. 1970. Ingeniería de los Recursos Hidráulicos. Editorial Continental. México, 791 pp.
- Liria, José. 1966. Metodología para el Estudio Preliminar del Potencial Hidroeléctrico de una Cuenca. Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Obras Hidráulicas. Caracas. 13 pp.
- Naciones Unidas. 1977. Manual para la Evaluación Preliminar de los Recursos Hidroenergéticos del Istmo Centroamericano. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo; Organización Meteorológica Mundial; Gobierno de Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá. 246 pp.
- Spiegel, Murray. 1969. Estadística. Serie de Compendios Schaum. Colombia. 357 pp.
- Venezuela, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. 1978. Primer Documento de Trabajo para las Reuniones Técnicas sobre el Inventario Nacional Hidroeléctrico Técnico y Económicamente Factible. Dirección General Sectorial de Planificación y Ordenación del Ambiente. Caracas. 89 pp.

- Venezuela, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. 1977. Especificaciones para la Construcción de Obras Hidráulicas. Dirección General de Infraestructura. Caracas. 196 pp.
- Venezuela, Ministerio de Obras Públicas. 1963. Cálculo Estático y Mecánico para Compuertas Radiales. Dirección de Obras Hidráulicas. Caracas. 80 pp.
- Viladrich, Alberto. 1977. Metodologías de Inventario Hidroeléctrico; Algunas Experiencias en América Latina. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. Mérida, Venezuela. 36 pp.

Este libro se terminó de imprimir
en Mayo de 1981 en el Taller de
Reproducción del CIDIAT. Se re-
produjeron 200 ejemplares.

