



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN.**

**LOS COSTOS EN LA CONSTRUCCIÓN.**

**ING. RAFAEL ABURTO VALDEZ**



# LOS COSTOS EN LA CONSTRUCCION

128280

UNA REVISTA DE LA CONSTRUCCION



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESTE LIBRO NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA  
DE LA FACULTAD DE INGENIERIA  
UNAM

PRIMERA EDICION: JULIO DE 1991  
250 EJEMPLARES  
REGISTROS EN TRAMITE  
TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS

PROHIBIDA LA REPRODUCCION  
TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACION POR ESCRITO DE LA  
FUNDACION PARA LA ENSEÑANZA DE LA CONSTRUCCION, A.C.

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCION  
DIVISION DE INGENIERIA CIVIL, TOPOGRAFICA Y GEODESICA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Cd. Universitaria, México, D.F. Tel.: 548-96-69



APUNTE  
39-A

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.



**G- 610062**

LA FUNDACION PARA LA ENSEÑANZA DE LA CONSTRUCCION, FUNDEC, A.C., INSTITUCION SIN FINES LUCRATIVOS, FORMADA POR PROFESORES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA U.N.A.M., TIENE COMO PRINCIPAL OBJETIVO, IMPLEMENTAR LOS MECANISMOS NECESARIOS PARA EL FOMENTO Y MEJORAMIENTO DE LA ENSEÑANZA DE LA CONSTRUCCION, PROMOVRIENDO LAS ACCIONES QUE TIENDAN AL BENEFICIO Y SUPERACION DE PROFESORES Y ALUMNOS DE INSTITUCIONES UNIVERSITARIAS EN EL AMBITO NACIONAL.

PARA EL CUMPLIMIENTO DE SUS OBJETIVOS, SE TIENE CELEBRADO UN CONVENIO DE COLABORACION Y APOYO CON LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

LA OFICINA MATRIZ DE FUNDEC, A.C., ESTA EN EL DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCION DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA U.N.A.M., SITUADA EN CD. UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.

## CONSEJO DIRECTIVO DE FUNDEC, A.C.

PRESIDENTE:	ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA
VICEPRESIDENTE:	ING. FRANCISCO J. CANOVAS CORRAL
TESORERO:	ING. RAFAEL ABURTO VALDES
SECRETARIO:	ING. ERNESTO R. MENDOZA SANCHEZ
VOCALES:	ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO
	ING. ROBERTO BETANCOURT ARCE
	ING. CARLOS M. CHAVARRI MALDONADO
	ING. JORGE H. DE ALBA CASTAÑEDA
	ING. EMILIO JAVIER GIL VALDIVIA
DIRECTOR GRAL:	ING. ALEJANDRO PONCE SERRANO

610062

## PRESENTACION

LA ELABORACION DE LIBROS, COMO AYUDA A LA PREPARACION DE ESTUDIANTES DE INGENIERIA, SE HA CONVERTIDO EN UNA DE LAS TAREAS MAS IMPORTANTES DE LA FUNDACION PARA LA ENSEÑANZA DE LA CONSTRUCCION.

EN ESTA OCASION PRESENTAMOS EL LIBRO "LOS COSTOS EN LA CONSTRUCCION", EN EL CUAL SE DESCRIBEN TODOS LOS ASPECTOS RELACIONADOS CON ESTA IMPORTANTE RAMA DENTRO DE LA INGENIERIA.

TENEMOS QUE AGRADECER AL ING. RAFAEL ABURTO VALDES, POR SU VALIOSA COLABORACION, E INVITAMOS A PROFESORES Y ALUMNOS A QUE, CON SUS COMENTARIOS Y SUGERENCIAS PERMITAN ENRIQUECER EL CONTENIDO DE FUTURAS EDICIONES.

FUNDEC, A.C.

1990

## ADVERTENCIA.

Con el propósito de no limitar el uso de ésta obra para un tiempo o un lugar determinado, se ha optado por concebir una unidad monetaria de carácter imaginario, la cual se representará como UM y será empleada en los ejemplos que involucren cantidades monetarias.

## INDICE

	Introducción.....	1
	.....	5
I	Concepto de trabajo.....	31
II	Cuantificación de obra.....	45
III	Normas y especificaciones.....	73
IV	Costo de obra de mano.....	91
V	Rendimiento de la obra de mano.....	103
VI	Costo de materiales.....	111
VII	Costo de maquinaria.....	137
VIII	Costos indirectos.....	145
IX	Precio Unitario.....	253
X	El análisis de Costos para seleccionar la mejor alternativa en el prodecimiento de construcción.....	293
XI	Presupuesto.....	301
XII	Análisis y Control de Costos.....	327
XIII	Los costos en la construcción ante un problema inflacionario..	347
XIV	La estadística aplicada a los costos.....	

## INTRODUCCION

Tradicionalmente la construcción ha sido concebida como una serie de técnicas y procedimientos que nos permiten la ejecución de cualquier obra de Ingeniería, sin embargo, en la actualidad no es suficiente estar preparado para poder realizar cualquier proyecto desde el punto de vista técnico, sino también hay que saber manipular hábilmente el factor económico inherente a dicho proyecto, y con esto lograr que el costo de la obra sea lo más bajo posible sin disminuir la calidad de la misma.

Así pues en la Industria de la Construcción, como en cualquier otra rama de la Ingeniería, el factor económico cobra especial importancia y dentro de éste la determinación de los Costos de Obra. En muchos casos el desconocimiento de los factores involucrados en esta actividad o el descuido en el manejo de los mismos acarrea grandes problemas a las empresas tales como demoras, pérdidas, o en los peores casos, la suspensión de la ejecución de las obras o la quiebra.

Es por esto que la determinación de los costos en la construcción requiere, por parte de los Ingenieros encargados de su evaluación, un conocimiento pleno de todos los elementos que intervienen así como habilidad y experiencia en la aplicación de metodologías que ayuden a obtener resultados confiables, prácticos y cercanos a la realidad.

Esta obra presenta los puntos más importantes a considerar para la integración de "LOS COSTOS EN LA CONSTRUCCION".

Existen diversos métodos para determinar el costo de una obra. Ya sea que se trate del costo de la obra ya terminada que se llama ESTIMACION o bien el costo total previo a su ejecución al que se denomina PRESUPUESTO.

Sea uno u otro caso para llevar a cabo esta determinación, en la industria de la Construcción suelen utilizarse los sistemas a base de Precios Unitarios a cuya obtención y manejo se centra el propósito de esta obra. Para poder definir el concepto de precio unitario es necesario en primera instancia señalar que para facilitar el manejo de todas las variables involucradas en el proceso constructivo de una obra, éste se divide convencionalmente en actividades claramente identificables conocidas como CONCEPTOS DE TRABAJO a cada uno de los cuales le corresponde una unidad de medición conocida como UNIDAD DE OBRA. (Estos dos conceptos serán ampliados en el desarrollo de este trabajo).

Ahora bien aclarados estos conceptos podemos definir **PRECIO UNITARIO** como remuneración total que el contratante (cliente) cubre al constructor (Prestador del Servicio) por unidad de obra y por concepto de trabajo que ejecute de acuerdo a las especificaciones previamente establecidas entre ambos.

El precio unitario, entonces, presenta la ventaja de facilitar la medición de las cantidades de obra y con ello su correcta remuneración, sin embargo no por ello el problema de los costos en la construcción está del todo resuelto. Existen numerosos factores involucrados en su determinación cuyo manejo cuidadoso es necesario por parte de los ingenieros de costos para llevar a cabo tan fundamental tarea.

En la industria de la Construcción hemos de considerar como elementos básicos del costo de producción, la Mano de Obra, los Materiales, la Maquinaria, la Herramienta y fletes. Otros costos gravan la producción en función de tiempos, cantidades o valores recogidos en aquellos. Por convención se ha recurrido a establecer una clasificación general en 2 tipos de costos. Directos e Indirectos.

Los costos directos representarán aquellos gastos y consumos llevados a cabo para la realización de cada concepto de trabajo dentro del proceso constructivo por existir una determinación concreta de cantidad y valoración, tanto en lo referente a consumo de materiales; como utilización de maquinaria y mano de obra.

El costo indirecto, por el contrario, no puede llevarse a una sola actividad por no poderse determinar precisamente la cantidad consumida o empleada en cada concepto de trabajo, por lo que es necesario entonces recurrir a la imputación indirecta valiéndose de métodos de distribución adecuados. Tal es el caso de los costos que se erogan para cubrir la administración, impuestos, fianzas, financiamiento, etc.

Dicho de otra manera llamaremos **COSTO DIRECTO** a la suma de todos aquellos cargos aplicables al concepto de trabajo, que se derivan de las erogaciones efectuadas exclusivamente para realizar dicho concepto de trabajo, y llamaremos **COSTO INDIRECTO** a todas aquellas erogaciones necesarias para la ejecución de una obra que no han sido consideradas dentro de los costos directos.

Hasta aquí se han considerado todas las erogaciones hechas por el constructor para llevar a cabo la ejecución de una obra. Sin embargo, acorde a la definición de Precio Unitario, falta añadir el elemento **UTILIDAD**; que es la ganancia que debe considerar el constructor como resultado de su actividad dentro del proceso constructivo.

Ahora si, integrando todo lo anteriormente expuesto diremos que el Precio Unitario de un concepto de trabajo es la suma de los costos directos más los costos indirectos y la utilidad.

Al aplicar un sistema de Precios Unitarios en la determinación de los Costos de una obra surgen las interrogantes: ¿Qué conceptos de Trabajo deberán ejecutarse para llevarla a cabo y por consiguiente se deberán determinar sus correspondientes Precios Unitarios? y ¿Qué cantidad de unidades de obra corresponderán a cada concepto?. La primera cuestión quedará resuelta en base a las Especificaciones de Construcción que, en general, deberán reunir todos los requerimientos para llevar a cabo la obra. Estas especificaciones cobran especial importancia ya que en ellas quedarán precisados con claridad los alcances de cada Concepto de Trabajo y servirán de base para la relación legal cliente-constructor al contratar una obra. En el capítulo III se tratará este tema haciendo especial énfasis en la importancia de contar con Especificaciones claras y precisas en cualquier obra de construcción.

Una vez conocidos la totalidad de los conceptos de trabajo a ejecutar faltará evaluar la cantidad de unidades de obra correspondiente a cada uno de estos conceptos. La cuantificación de volúmenes de obra es uno de los aspectos de la Ingeniería de Costos, que debe realizarse con sumo cuidado para obtener resultados confiables. En el capítulo II se ampliará esta cuestión dando en esbozo general de como llevar a cabo sistemáticamente dicha cuantificación.

Retomando todo lo anterior, a lo largo del presente trabajo se verá la manera de determinar los costos directos e indirectos previa explicación de algunos conceptos básicos así como la manera de aplicarlos a la integración de los precios unitarios. Se tratará también la manera de integrar los presupuestos y la aplicación del criterio de Costo en la selección de la mejor alternativa de construcción; se analizará el problema inflacionario y por último un panorama general del control de costos, y de la utilización de las computadoras como herramienta de análisis y control.

# CAPITULO I

## CONCEPTO DE TRABAJO

## I. CONCEPTO DE TRABAJO

Cada obra de ingeniería tiene una denominación específica (carretera, puente, presa, etc.), pero a la vez cada una de ellas pueden subdividirse en varios grupos, tantos como la Ingeniería avance, ya que existen por ejemplo carreteras de dos o más carriles, puentes de concreto o acero, tradicionales, prefabricados, atirantados, así como presas de almacenamiento con cortina de diferentes tipos; de materiales graduados, de gravedad, arco, bóveda, etc.

A su vez dentro de las obras existen lo que se conoce como "campos de construcción" que son trabajos divididos por alguna especialidad, y que se ejecutan en la mayoría de las obras por ejemplo: Movimiento de tierras, excavaciones en roca, fabricación y colocación de concretos hidráulicos, montajes, revestimientos, etc.

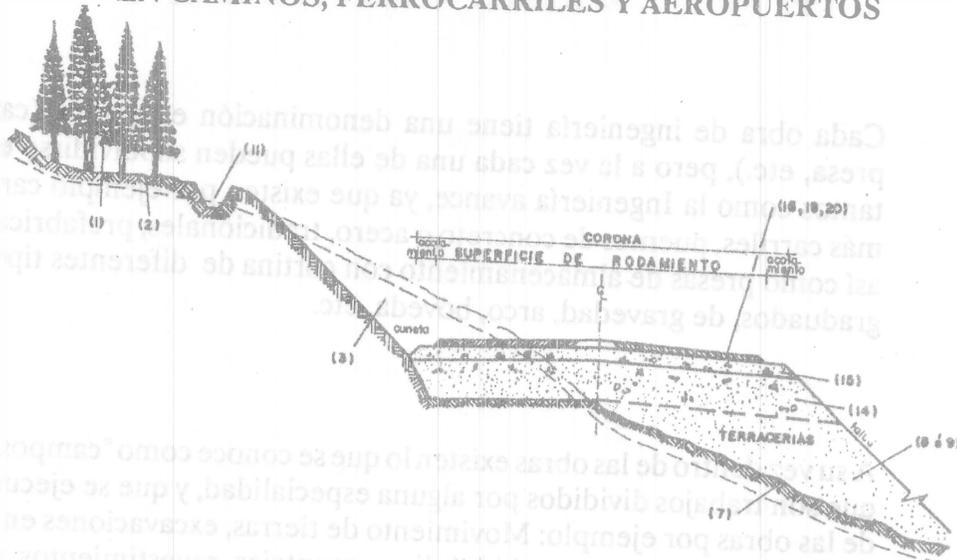
Debido a la necesidad de cuantificar los recursos humanos, materiales y equipo, además de llevar el control del avance de obra y poder conocer los costos, debemos detallar la denominación de estos campos, de tal manera que nos permita definir claramente el tipo de trabajo que estamos realizando. Por ejemplo, se entiende que no tendrá el mismo grado de dificultad y por ende el mismo costo fabricar y colocar concreto hidráulico de baja resistencia rodillado para la cortina de una presa, que la fabricación y colocación de concreto hidráulico de mayor resistencia y calidad para revestimiento de túneles, o un concreto para ser colado bajo el agua en puentes u obras marítimas.

Lo anterior resalta la importancia de definir adecuadamente los **CONCEPTOS DE TRABAJO**, que son el conjunto de operaciones bien definidas y diferentes de las demás, que se deben realizar durante la ejecución de una obra, divididas convencionalmente de acuerdo al campo que pertenezcan.

En cada tipo de obra existe ya, una relación de los conceptos de trabajo más importantes o de mayor uso.

A continuación se presentan dichos conceptos de trabajo de algunas obras que se consideraron representativas de los principales campos de la construcción, con el propósito de que sirvan como fuente de información básica para aquellos que se inicien en el análisis de costos.

# RELACION DE CONCEPTOS PRINCIPALES DE TRABAJO PARA OBRAS EN CAMINOS, FERROCARRILES Y AEROPUERTOS



UNIDAD

1.- Desmante en áreas de construcción

Ha

- a) En manglar
- b) En selva ó bosque
- c) En regiones áridas ó semi-áridas
- d) En regiones desérticas

## EXCAVACIONES

2.- Despalmes en áreas de construcción desperdiciando material

m<sup>3</sup>

3.- Excavación en cortes

m<sup>3</sup>

4.- Excavación en cortes adicionales abajo de la subrasante

m<sup>3</sup>

5.- Excavación en abatimiento de taludes

m<sup>3</sup>

6.- Excavación en rebajes de la corona de cortes y/o de terraplenes

m<sup>3</sup>

Los incisos 3, 4, 5 y 6 pueden subdividirse en material I, II ó III y

- a) Cuando el material se utilice para la formación de terraplenes
- b) Cuando el material se desperdicie

## TERRAPLENES

- 7.- Compactación del terreno natural en el área de desplante de los terraplenes m<sup>3</sup>
- a) Para "X" % de la prueba proctor
- 8.- Excavación de préstamos laterales para la obtención de material común que se utilice en la formación de terraplenes (volumen medido en terraplén) m<sup>3</sup>
- a) Dentro de una faja de "X" mts de acarreo.
- 9.- Excavación en bancos de préstamo para la obtención de material común que se utilice en la formación de terraplenes (volumen medido en terraplen). m<sup>3</sup>
- a) Del banco ubicado en .....
- 10.- Formación y compactación de terraplenes cotiguos a los estribos de puentes y estructuras de pasos a desnivel con sus cuñas de sobrecancho m<sup>3</sup>
- a) Para "X" % de compactación
- 11.- Excavación para contracunetas en material común m<sup>3</sup>

## SOBREACARREOS

- 12.- Sobrecarreo de materiales
- a) En distancias hasta "X" estaciones m<sup>3</sup>-est.
- b) En distancias hasta "X" hectómetros m<sup>3</sup>-hm
- c) En distancias de más de "X" kilómetros m<sup>3</sup>-km

Puede ser necesario tener un concepto de sobrecarreo para material III por problemas de abundamiento.

## REVESTIMIENTOS

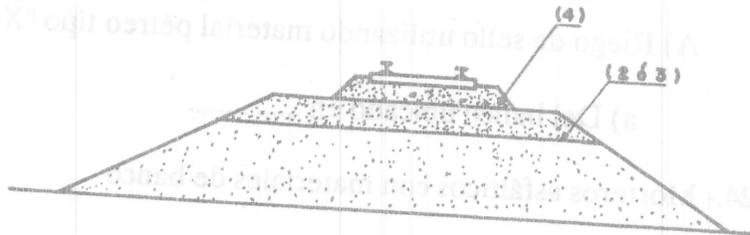
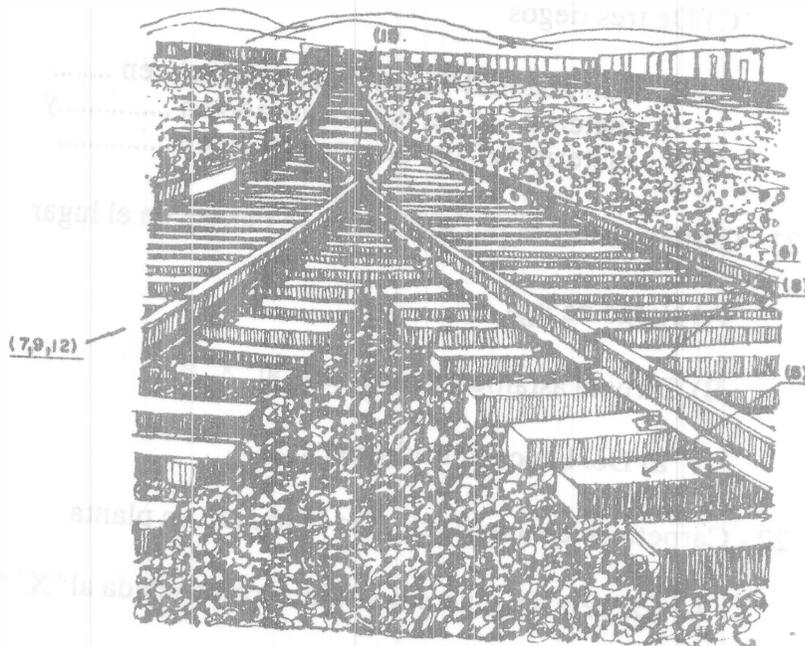
- 13.- Revestimiento para caminos compactado al "X" % de la prueba proctor con material obtenido de banco de préstamo m<sup>3</sup>
- a) Del banco ubicado en .....

**PAVIMENTACION**

14.- Sub base compactada al "X" % con material obtenido de banco de préstamo	m <sup>3</sup>
a) Del banco ubicado en .....	
15.- Base compactada al "X" % con material obtenido de banco de - 8 préstamo	m <sup>3</sup>
a) Del banco ubicado en .....	
16.- Materiales asfálticos empleados en estabilizaciones, en riegos - y construcción de carpetas	
a) Cementos asfálticos	kg
b) Asfalto	Litro
c) Emulsiones asfálticas	Litro
d) Aditivos	Litro
17.- Estabilización en la construcción de sub-bases o bases compactadas al "X" %	m <sup>3</sup>
a) Del banco ubicado en .....	
18.- Materiales que se utilizan en la estabilización	
a) Cemento Portland.	kg
b) Cal Hidratada	kg
c) Puzolana	kg
19.- Riego de Impregnación	
a) Barrido de la superficie	Ha
b) Riego de impregnación	Litro
c) Arena para cubrir la base impregnada	m <sup>3</sup>
d) Barrido de la base impregnada	Ha
20.- Carpeta asfáltica por el sistema de riegos	
A) De un riego	m <sup>3</sup>
1.- Con material tipo "X" del banco ubicado en .....	
B) De dos riegos	m <sup>3</sup>

- 1.- Con material "X" del banco ubicado en .....y  
material "Y" del banco ubicado en .....
- $m^3$
- C) De tres riegos
- 1.- Con material "X" del banco ubicado en .....  
material "Y" del banco ubicado en .....y  
material "Z" del banco ubicado en .....
- 21.- Carpeta asfáltica por el sistema de mezcla en el lugar
- Litro
- A) Riego de liga
- $m^3$
- B) Carpeta asfáltica compactada al "X" %
- a) Del banco ubicado en .....
- 22.- Carpeta de concreto asfáltico fabricado en planta
- $m^3$
- A) Carpeta de concreto asfáltico compactada al "X" %
- a) Del banco ubicado en .....
- 23.- Riego de sello
- A) Riego de sello utilizando material pétreo tipo "X"
- a) Del banco ubicado en .....
- $m^3$
- 24.- Morteros asfálticos con materiales de banco
- a) Del banco ubicado en .....
- $m^3$
- 25.- Carpetas de concreto hidráulico
- a) De concreto simple (para diversas resistencias f'c)
- b) De concreto reforzado (para diversas resistencias f'c)
- $m^3$   
 $m^3$
- 26.- Sobreacarreos para materiales asfálticos:
- a) Por peso.
- b) Por volumen.
- ton-km  
 $m^3$ -km

# CONCEPTOS RELATIVOS EXCLUSIVAMENTE AL TENDIDO DE VIAS FERREAS

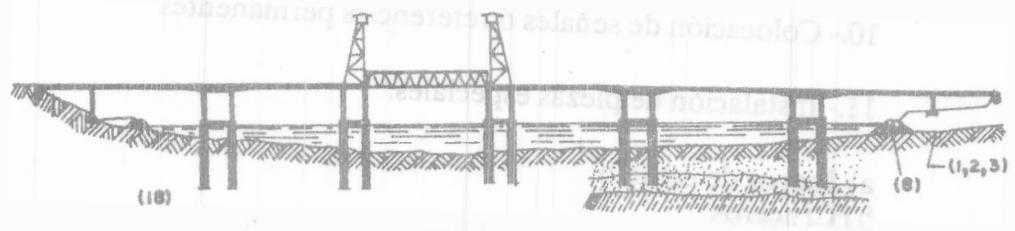
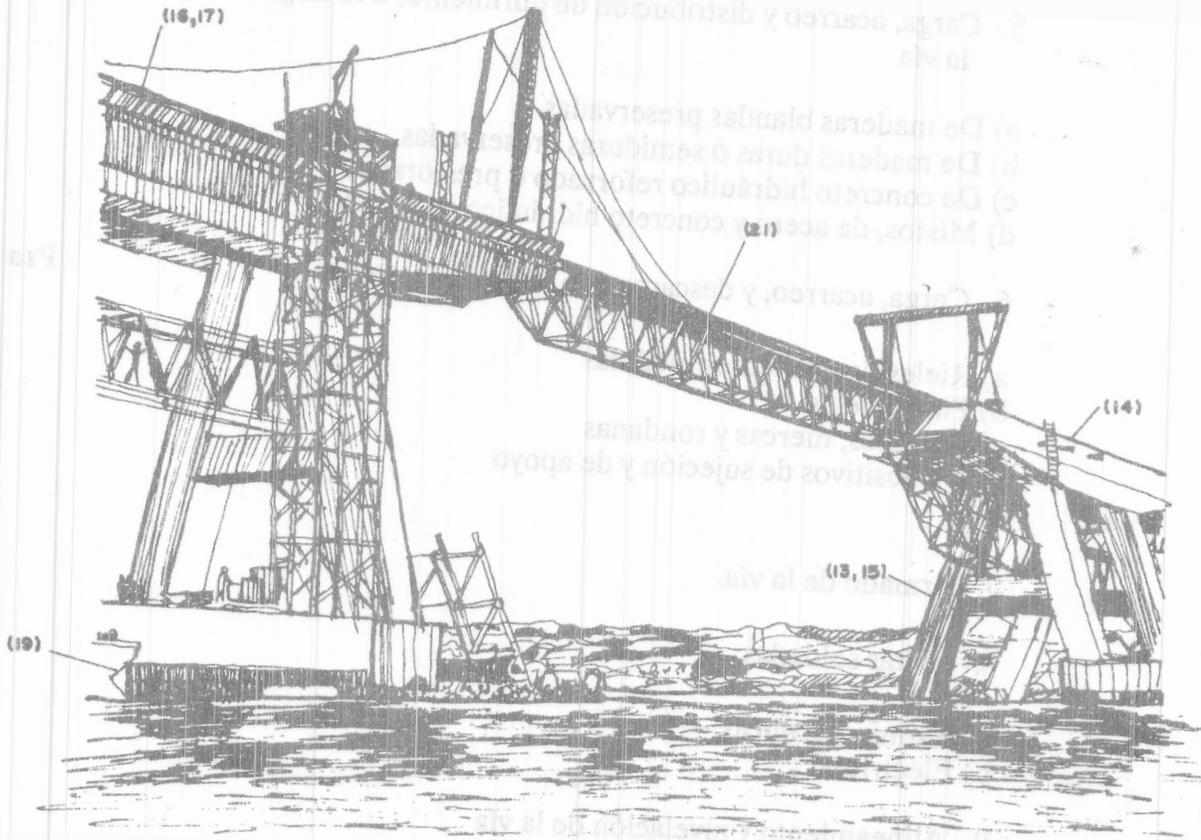


UNIDAD

- 1.- Despalme de bancos de préstamo para la obtención de sub-balasto y balasto m<sup>3</sup>
- 2.- Sub balasto compactado al "X" % del banco ubicado en ..... m<sup>3</sup>
- 3.- Reconstrucción de sub-balasto incluyendo escarificación, disgregado en su caso, mezclado, acamellonamiento, tendido y compactación al "X" % m<sup>3</sup>

- 4.- Balasto acomodado por vibración para formarlo en capas del banco ubicado en ..... m<sup>3</sup>
- 5.- Carga, acarreo y distribución de durmientes a lo largo del eje de la vía Pza
- a) De maderas blandas preservadas  
 b) De maderas duras ó semiduras preservadas  
 c) De concreto hidráulico reforzado ó presforzado  
 d) Mixtos, de acero y concreto hidráulico reforzado Pza ó Ton.
- 6.- Carga, acarreo, y descarga a lo largo de la vía de
- a) Rieles de diferentes medidas  
 b) Planchuelas  
 c) Tornillos, tuercas y rondanas  
 d) Dispositivos de sujeción y de apoyo
- 7.- Armado de la vía. ml
- 8.- Juntas soldadas Junta
- a) Aluminotérmicas  
 b) Eléctricas ml
- 9.- Alineamiento y nivelación de la vía Pza
- 10.- Colocación de señales ó referencias permanentes Pza
- 11.- Instalación de piezas especiales.
- a) Juegos de cambio  
 b) Cruceros  
 c) Juntas de dilatación especiales  
 d) Lubricaciones ml
- 12.- Compensación térmica de la vía

# RELACION DE CONCEPTOS PRINCIPALES DE TRABAJO PARA LA CONSTRUCCION DE PUENTES



UNIDAD

- |  |                |
|--|----------------|
| 1.- Excavación a mano en seco                      | m <sup>3</sup> |
| 2.- Excavación con máquina en seco                 | m <sup>3</sup> |
| 3.- Excavación a mano cuando no se requiera bombeo | m <sup>3</sup> |

4.- Excavación con máquina cuando se requiera bombeo  $m^3$

En los incisos anteriores se deberá especificar el tipo de material que predomina en la zona donde se va a excavar, de acuerdo a la siguiente clasificación:

Material tipo I (Suave)

Material tipo II (Intermedio)

Material tipo III (duro)

En caso de existir sobreacarreo deberá darse el mismo tratamiento que en caminos.

6.- Bombeo Hora

a) Bomba de diversas capacidades

7.- Relleno de estructuras compactadas al "X" %  $m^3$

a) Con material producto de la excavación

b) Con material del banco de préstamo ubicado en .....

8.- Mamposterías

a) Con piedra obtenida de banco de préstamo ubicado en .....

b) Con piedra obtenida de pepena

c) Con piedra obtenida de la excavación de estructuras

9.- Tubos de concreto para drenes ml  
(Diferentes diámetros)

10.- Zampeado de mampostería de tercera  $m^3$   
(Igual al 8)

11.- Zampeado Seco  $m^3$   
(Igual al 8)

12.- Zampeado de suelo cemento  $m^3$

a) Con materiales mezclados en el lugar

b) Con materiales mezclados en planta

13.- Concreto hidráulico (Diferentes f'c y diversas partes de la estructura)  $m^3$

a) Colado en seco

b) Colado en presencia de agua

- c) Colado bajo el agua
- d) Ciclópeo

14.- Juntas de dilatación

m<sup>2</sup> ó ml

- a) Metálicas
- b) No metálicas

15.- Acero para concreto hidráulico

kg

- a) Varillas
- b) Varillas torcidas en frío
- c) Soleras, ángulos y otros perfiles
- d) Rieles
- e) Rejillas de alambre
- f) Metal desplegado
- g) Malla soldada

16.- Estructuras de concreto presforzado (Diversas partes de la estructura).

- a) Por volumen de concreto presforzado colado en el lugar
- b) Por pieza fabricada entregada en el lugar

m<sup>3</sup>  
Pza

17.- Montaje de elementos estructurales presforzados

- a) Por peso del concreto presforzado
- b) Por elemento estructural

Ton.  
Pza

18.- Suministro e hincado de pilotes (Diversos diámetros).

ml

- a) Pilotes de madera cruda
- b) Pilotes de madera preservada
- c) De concreto hidráulico (diferentes f'c)
- d) De concreto hidráulico colado en el lugar, incluyendo el suministro e hincado de tubos o forros
- e) De acero

19.- Suministro e hincado de tablaestacados (diversas secciones)

ml

- a) De madera cruda
- b) De madera preservada
- c) De concreto hidráulico (diferentes f'c)

- d) De concreto presforzado
- e) De acero estructural
- f) De lámina

20.- Cilindros y cajones de cimentación

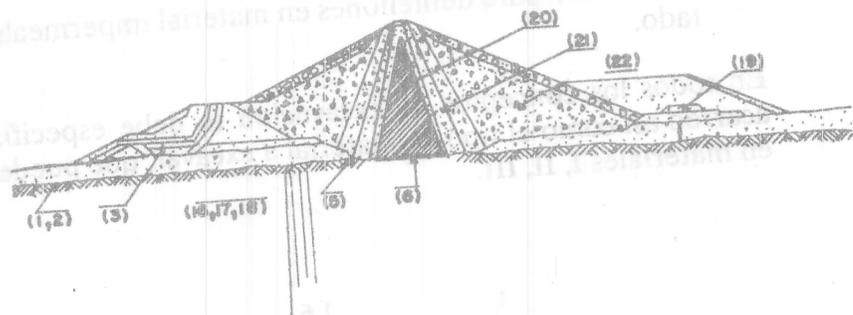
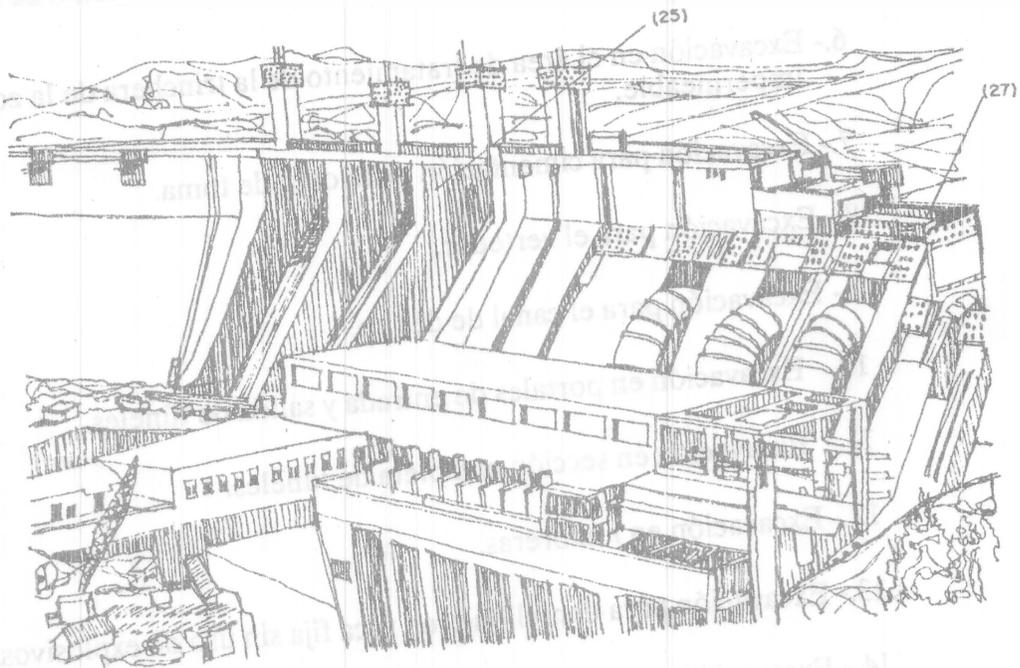
- I Cuchillas (de diversos tipos)
- II Forros (de diversos tipos)
- III Concreto hidráulico (diferentes f'c)

kg  
kg  
m<sup>3</sup>

21.- Fabricación y montaje de estructuras de acero (diferentes partes de la estructura).

kg

### RELACION DE CONCEPTOS PRINCIPALES DE TRABAJO PARA LA CONSTRUCCION DE UNA PRESA



1.- Desmonte y desenraice en áreas de construcción y bancos de préstamo. (clasificación de desmonte igual a la utilizada para caminos y aeropuertos).	Ha
2.- Despalme en áreas de construcción y bancos de préstamo.	m <sup>3</sup>
<b>EXCAVACIONES</b>	
3.- Excavación en el cauce del río, en agua, para la cimentación de ataguías .	m <sup>3</sup>
4.- Excavación para remoción de ataguías.	m <sup>3</sup>
5.- Excavaciones para la limpia de las áreas de cimentación de la cortina o diques.	m <sup>3</sup>
6.- Excavación en el área de tratamiento de la trinchera de la zona - impermeable.	m <sup>3</sup>
7.- Excavación para cimentación de la obra de toma.	m <sup>3</sup>
8.- Excavación para el vertedor.	m <sup>3</sup>
9.- Excavación para el canal de desvío.	m <sup>3</sup>
10.- Excavación en portales de entrada y salida de túneles.	m <sup>3</sup>
11.- Excavación en sección completa de túneles.	m <sup>3</sup>
12.- Excavación en lumbreras.	m <sup>3</sup>
13.- Excavación para dentellones en roca fija sin uso de explosivos.	m <sup>3</sup>
14.- Excavación para dentellones en roca fija con uso de explosivos.	m <sup>3</sup>
15.- Excavación para dentellones en material impermeable compactado.	m <sup>3</sup>

En todos los conceptos de excavación se debe especificar la distancia libre de acarreo así como el tipo de material a excavar, que puede ser común o clasificado en materiales I, II, III.

### *TRATAMIENTO DE CIMENTACIONES*

- |   |      |
|---|------|
| 16.- Perforación para inyección con máquina neumática hasta "X" diámetro y a diversas profundidades | ml   |
| 17.- Suministro y colocación de coples para inyección   | Pza  |
| 18.- Inyección de lechada de cemento  | Hora |

### *OBTENCION Y COLOCACION DE MATERIALES*

- |   |                |
|---|----------------|
| 19.- Obtención, acarreo en el primer kilómetro y colocación de material impermeable semicompactado en las ataguías            | m <sup>3</sup> |
| 20.- Obtención, acarreo en el primer kilómetro y colocación de material impermeable compactado en la cortina ó diques         | m <sup>3</sup> |
| 21.- Obtención, acarreo en el primer kilómetro y colocación de material permeable para zona de filtros o zonas de transición. | m <sup>3</sup> |
| 22.- Obtención, acarreo en el primer kilómetro y colocación de enrocamientos  | m <sup>3</sup> |

En todos los casos (19,20,21,22), deberá indicarse la ubicación del banco de préstamo

### *SOBRE-ACARREO DE TERRACERIAS*

- |  |                    |
|--|--------------------|
| 23.- Sobre-acarreo adicional al primer kilómetro de material producto de todas las excavaciones y materiales | m <sup>3</sup> -km |
|--|--------------------|

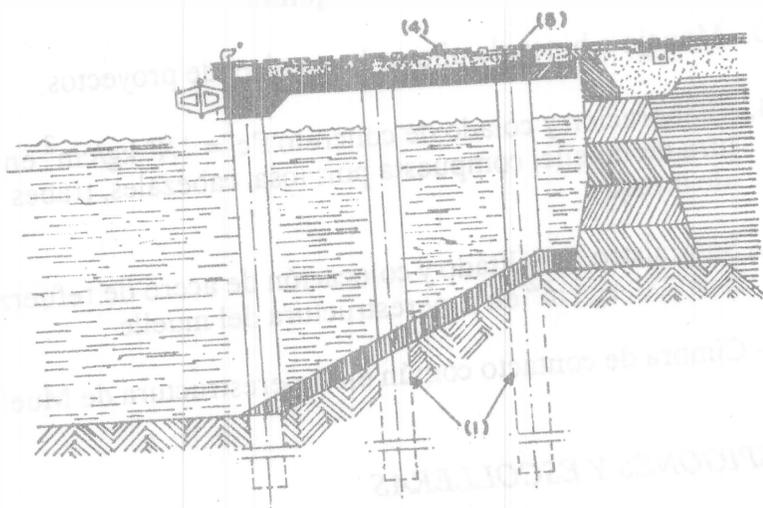
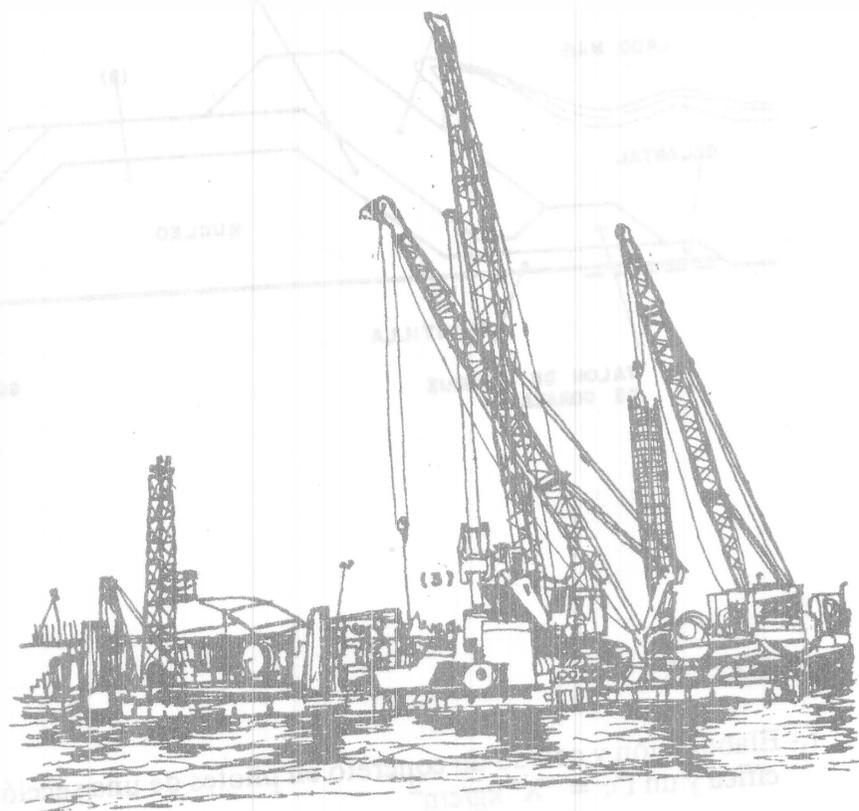
También aquí puede ser necesario tener un concepto para sobreacarreo de material III.

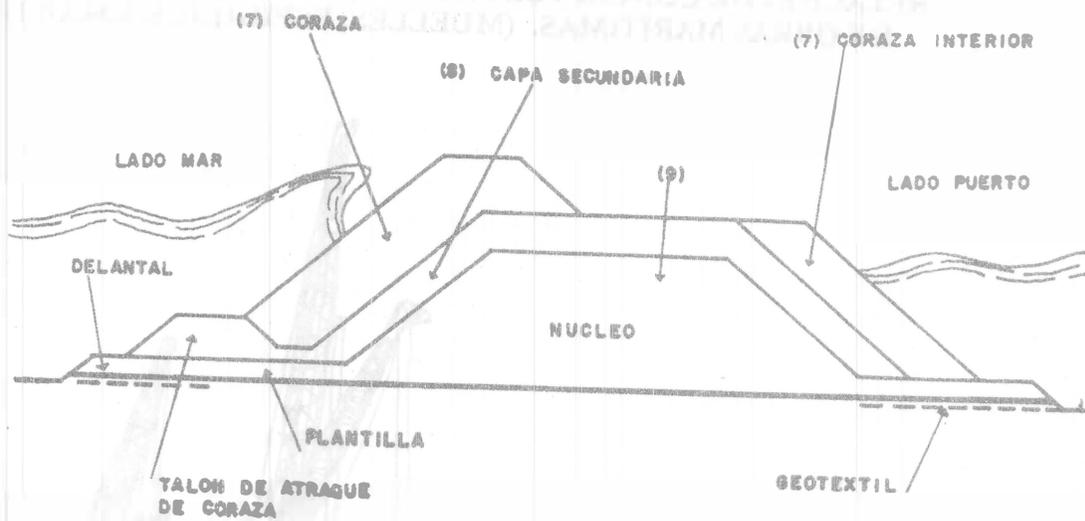
### *ESTRUCTURAS*

- |  |                |
|--|----------------|
| 24.- Fabricación y colocación de concreto en dentellones                         | m <sup>3</sup> |
| 25.- Fabricación y colocación de concreto en muros y taludes del vertedor        | m <sup>3</sup> |
| 26.- Fabricación y colocación de concreto en el cimacio y plantilla del vertedor | m <sup>3</sup> |
| 27.- Fabricación y colocación de concreto en la obra de toma                     | m <sup>3</sup> |

28.- Fabricación y colocación de concreto en la cámara de válvulas de la obra de toma	m <sup>3</sup>
29.- Fabricación y colocación de concreto en los tapones del túnel de la obra de toma	m <sup>3</sup>
30.- Fabricación y colocación de concreto en el revestimiento de los túneles	m <sup>3</sup>
31.- Fabricación y colocación de concreto en el revestimiento de lumbreras	m <sup>3</sup>
En todos los conceptos que involucren concreto hidráulico deberá anotarse sus principales especificaciones (f'c, tamaño máximo de agregados, revenimiento, etc.)	
32.- Fabricación y colocación de la estructura de entrada y estructura de rejillas de la obra de toma	kg
33.- Corte, doblado y colocación de fierro de refuerzo en estructuras	kg
34.- Mampostería de tercera en estructuras	m <sup>3</sup>
35.- Zampeado con mortero de cemento en estructuras	m <sup>3</sup>
36.- Zampeado seco en estructuras	m <sup>3</sup>
En los conceptos 34, 35 y 36 debe considerarse si la piedra es de explotación de banco, producto de excavación o de pepena.	
37.- Suministro y colocación de material compactado para relleno - de estructuras del banco ubicado en .....	m <sup>3</sup>
38.- Suministro y colocación de ademes metálicos	kg
39.- Suministro y colocación de ademes de madera	Pt ó m <sup>2</sup>
40.- Suministro y colocación de acero estructural en rejillas, escaleras y puentes de maniobras.	kg
41.- Suministro y colocación de compuertas de acero estructural.	kg

RELACION DE CONCEPTOS PRINCIPALES PARA LA CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS. (MUELLES, ESPIGONES, ESCOLLERAS)





UNIDAD

**MUELLES**

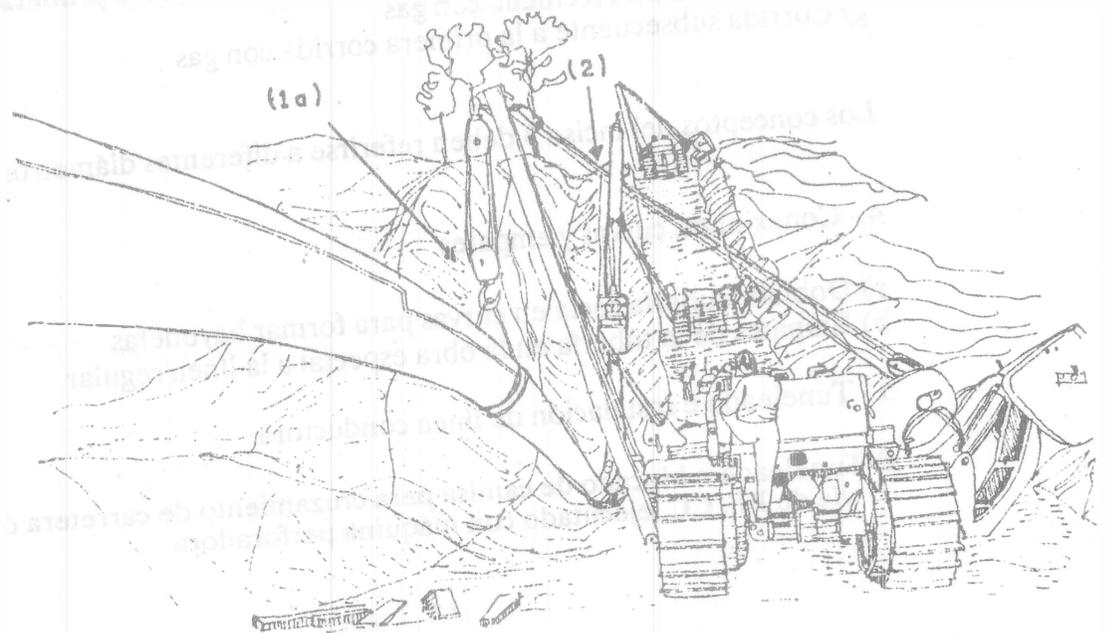
- 1.- Elaboración y colado de concreto en pilotes de una sección específica y un  $f'c = "X" \text{ kg/cm}^2$  ml
- 2.- Suministro, habilitado y colocación de acero de refuerzo grado estructural  $f_y = "X" \text{ kg/cm}^2$  en pilotes kg
- 3.- Manejo e hincas de pilotes hasta nivel de proyectos ml
- 4.- Elaboración y colado de concreto  $f'c = "X" \text{ kg/cm}^2$  en superestructura de muelle, compuesta por: losa, cabezales, traveses y pantallas de atraque m<sup>3</sup>
- 5.- Suministro, habilitado y colocación de acero de refuerzo grado  $f_y = "X" \text{ kg/cm}^2$  en superestructura del muelle kg
- 6.- Cimbra de contacto común en superestructura de Muelle m<sup>2</sup>

**ESPIGONES Y ESCOLLERAS**

- 7.- Suministro y colocación de piedra natural para coraza en cuerpo y morro de la escollera, producto de la explotación del banco de préstamo, ubicado en ....., con el peso especificado Ton.

- |  |        |
|--|--------|
| 8.- Suministro y colocación de piedra natural para capa secundaria de la escollera, producto de la explotación del banco ubicado en ..... con el peso especificado     | Ton.   |
| 9.- Suministro y colocación de piedra natural para núcleo de la escollera, producto de la explotación del banco de préstamo, ubicado en ..... con el peso especificado | Ton.   |
| 10.- Acarreos en Kms. subsecuentes al primero de piedra natural para núcleo, capa secundaria, coraza y morro de la escollera   | Ton-Km |
| 11.- Montaje, mantenimiento y verificación periódica de báscula existente en dos ejes, con capacidad de "X" Ton, para el pesaje de la piedra                           | Lote   |
| 12.- Fabricación y colocación de tetrapodos  | Pza    |
| 13.- Fabricación y colocación de bloques de concreto   | Pza    |
| 14.- Fabricación y colocación de estabilis   | Pza    |
| 15.- Fabricación y colocación de doms  | Pza    |
| 16.- Fabricación y colocación de dolos   | Pza    |

### RELACION DE CONCEPTOS PRINCIPALES DE TRABAJO EN POLIDUCTOS DE ACERO



**TERRACERIAS**

Los trabajos de terracerías son similares a los tratados en caminos.

1.- Movimientos, almacenamientos y distribución de tuberías y accesorios.

- |   |       |
|---|-------|
| a) Carga, transporte y distribución de tubería con tractor pluma a plataforma remolcable. | km    |
| b) Transporte de tubería al primer km., y/o distribución en el derecho de vía             | km    |
| c) Acarreo de tubería de acero subsecuente al 1er km                                      | km-km |

En los conceptos anteriores la tubería puede ser desnuda, esmaltada y/o lastrada

2.- Tapado de tubería km

- |   |  |
|---|--|
| a) Tapado de zanja con maquinaria, en terreno firme             |  |
| b) Tapado de zanja en pantano con retroexcavadora sobre tarimas |  |

3.- Pruebas hidrostáticas y limpieza interior en tuberías.

- |  |     |
|--|-----|
| a) Fabricación e instalación de tapones y corte posterior en tubería                                   | Pza |
| b) Llenado y levantamiento de presión  | km  |
| c) Corrida de diablos con aire, previa o posterior a la prueba   | km  |
| d) Sangrías para expulsión de agua   | Pza |
| e) Instalación de carretes para unir tramos de prueba  | Pza |
| f) Instalación y corrida de gráfica durante 24 horas de la primera corrida de diablo efectuada con gas | km  |
| g) Corrida subsecuente a la primera corrida con gas  | km  |

Los conceptos del inciso 3 deben referirse a diferentes diámetros.

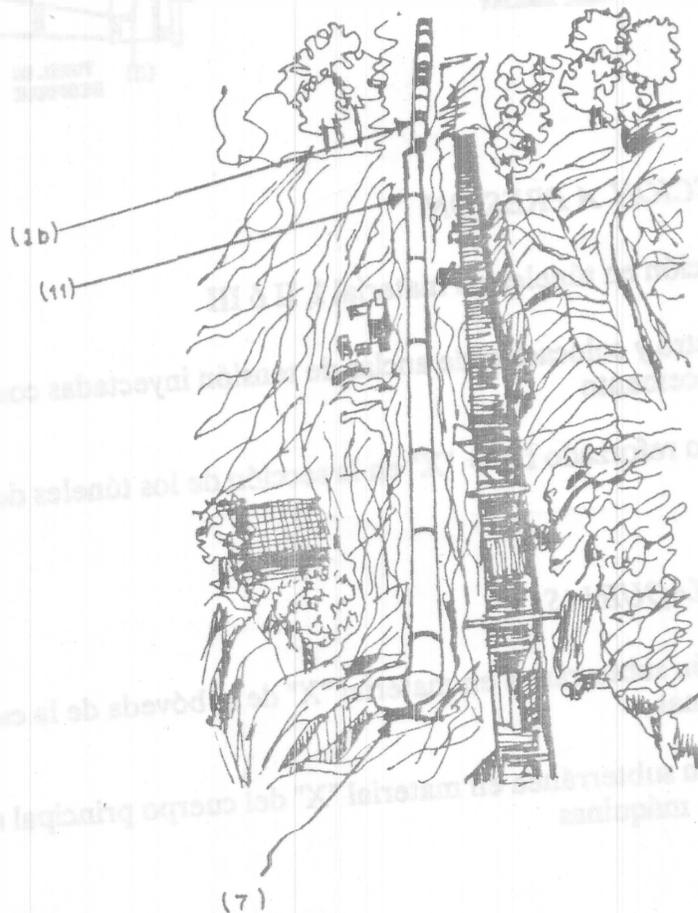
4.- Conexiones, curvas y empates

- |   |       |
|---|-------|
| a) Doblado tubería recta en curvas para formar bayonetas        | Curva |
| b) Empates de la tubería en la obra especial a la línea regular | Pza   |

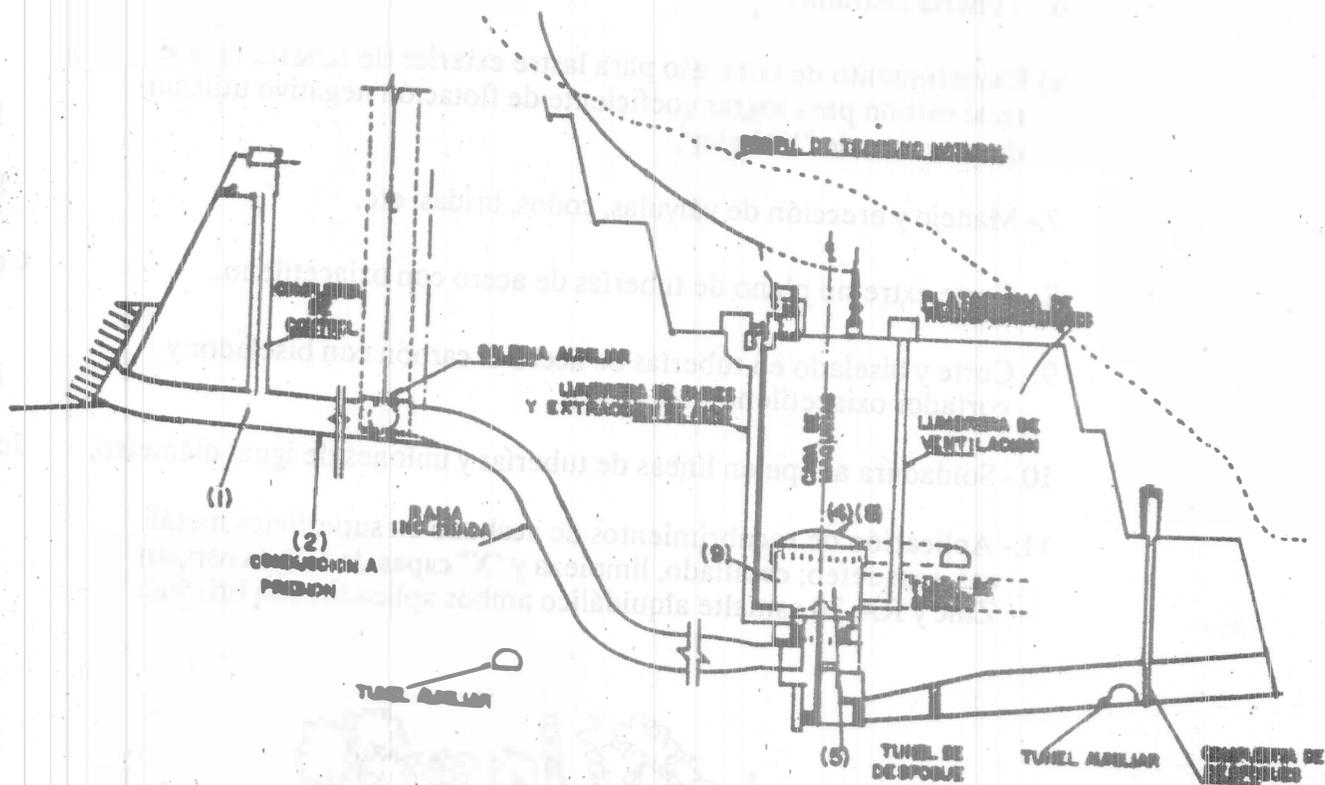
5.- Tuneleado e instalación de línea conductora.

- |   |    |
|---|----|
| a) Tuneleado e hincado de camisa para cruzamiento de carretera ó vía de FF. CC. ejecutado con máquina perforadora | ml |
|---|----|

- b) Colocación de línea conductora dentro de camisa para cruzamiento de carretera o vía de FF. CC. ml
- 6.- Tubería lastrada.
- a) Revestimiento de concreto para lastre exterior de tubería de acero al carbón para lograr coeficiente de flotación negativo utilizando concreto de "X" kg/m<sup>3</sup>. km
- 7.- Manejo y erección de válvulas, codos, bridas, etc. Pza
- 8.- Corte extremo plano de tuberías de acero con oxiacetileno. Corte
- 9.- Corte y biselado en tuberías de acero al carbón con biselador y cortador oxiacetileno. Pza
- 10.- Soldadura a tope en líneas de tuberías y uniones de igual diámetro. Junta
- 11.- Aplicación de recubrimientos de acabado en superficies metálicas, rasqueteo, cepillado, limpieza y "X" capas de RP-2 cromato Zinc y RA-20 esmalte alquidálico ambos aplicados con brocha. ml



# RELACION DE CONCEPTOS PRINCIPALES DE TRABAJO PARA LA CONSTRUCCION DE UNA CENTRAL HIDROELECTRICA



UNIDAD

## CONDUCCION A PRESION

- 1.- Excavación en túneles en material I, II ó III m<sup>3</sup>
- 2.- Suministro y colocación de anclas de tensión inyectadas con mortero de cemento Pza
- 3.- Concreto reforzado  $f'c = "X"$  en la sección de los túneles de presión m<sup>3</sup>

## CASA DE MAQUINAS

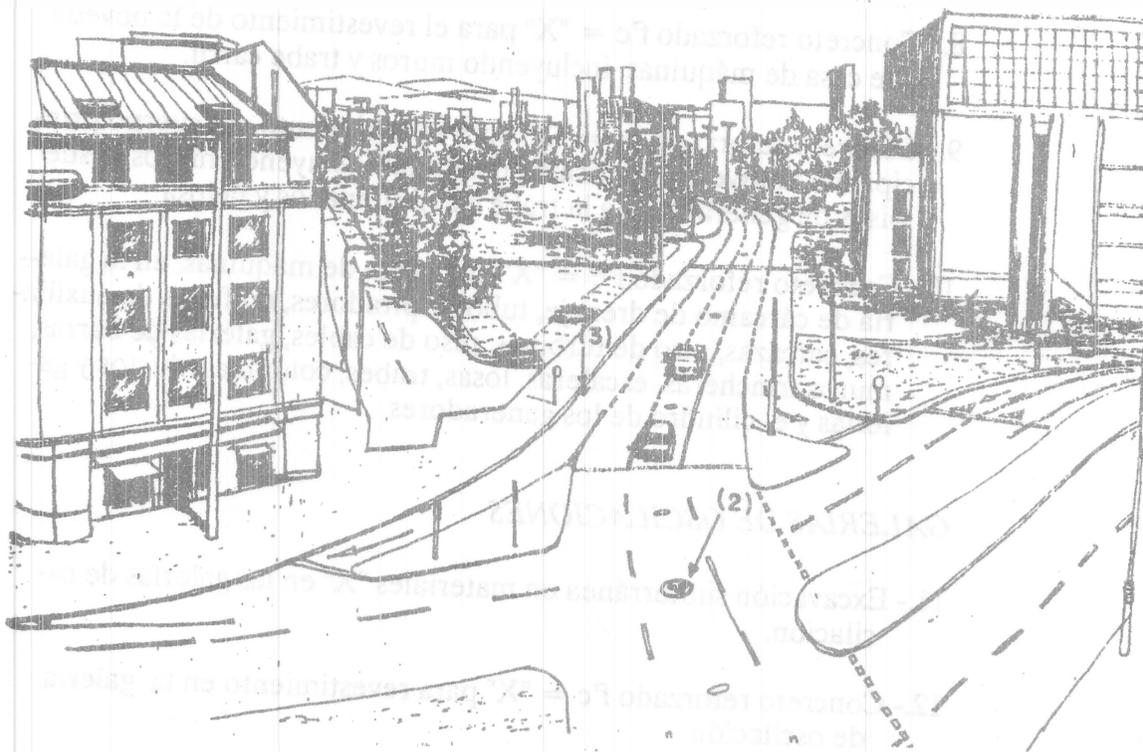
- 4.- Excavación subterránea en material "X" de la bóveda de la casa de máquinas m<sup>3</sup>
- 5.- Excavación subterránea en material "X" del cuerpo principal de la casa de máquinas m<sup>3</sup>

- |   |                |
|---|----------------|
| 6.- Suministro y colocación de anclas de tensión con expansor en su extremo e inyectadas con lechada de cemento   | Pza            |
| 7.- Malla de acero (se deben anotar especificaciones)   | m <sup>2</sup> |
| 8.- Concreto reforzado f'c = "X" para el revestimiento de la bóveda de casa de máquinas, incluyendo muros y trabe carril.   | m <sup>3</sup> |
| 9.- Concreto reforzado f'c = "X" para revestimiento del cuerpo principal de la caverna de casa de máquinas incluyendo muros desde pisos de generadores a la trabe carril, tímpanos y la losa  | m <sup>3</sup> |
| 10.- Concreto reforzado f'c = "X" en la casa de máquinas, en la galería de cárcamo de drenaje, tubos aspiradores, edificios de auxiliares, carcazas, piso de turbinas, piso de cables, galerías de barras, muros trincheras, escaleras, losas, traveses, columnas, ductos y galerías y el cilindro de los generadores | m <sup>3</sup> |

### *GALERIAS DE OSCILACIONES*

- |   |                    |
|---|--------------------|
| 11.- Excavación subterránea en materiales "X" en las galerías de oscilación.  | m <sup>3</sup>     |
| 12.- Concreto reforzado f'c = "X" para revestimiento en la galería de oscilación  | m <sup>3</sup>     |
| 13.- Suministro y colocación de marcos de acero estructural para ademe del túnel casa de máquinas y/o galerías de oscilación    | Ton.               |
| 14.- Aplicación de concreto lanzado en túnel casa de máquina y/o galerías de oscilación   | m <sup>3</sup>     |
| 15.- Habilitación y colocación de acero de refuerzo de cualquier diámetro en túnel casa de máquinas y/o galerías de oscilación. | Ton.               |
| 16.- Sobre-acarreo en exceso al acarreo libre de 1 km. del material producto de las excavaciones                                | m <sup>3</sup> -km |

# RELACION DE CONCEPTOS PRINCIPALES DE TRABAJO EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA Y URBANIZACION



UNIDAD

## TERRACERIAS

Los trabajos de terracerías y pavimentación son similares a los tratados en caminos.

## RED DE ALCANTARILLADO

- |   |     |
|---|-----|
| 1.- Suministro y colocación de tubería de concreto simple o reforzado de "X" cm.  | ml  |
| 2.- Pozos de visita con muro de tabique a tizón, plantilla de mampostería, plataforma de tabique aplanado de cemento, escaleras de fierro fundido, brocal y tapa de concreto, (diferentes profundidades). | Pza |
| 3.- Suministro y colocación de coladera de banquetas de concreto - con rejilla metálica precolado con tubo arenero de concreto, plantilla de mortero cemento - arena                                      | Pza |

4.- Suministro y colocación de descarga domiciliaria con tubo de concreto simple con codo y slant Pza

5.- Caja de concreto armado en colectores Pza

### *RED DE AGUA POTABLE*

6.- Cama de arena para apoyo de tubería m<sup>3</sup>

7.- Suministro y colocación de tubería asbesto cemento tipo "X" ml

8.- Suministro y colocación de tubería Fo. Fo. de "X" pulgadas ml

Se deberán considerar los suministros y colocación de piezas especiales como son:

- Codos de Fo. Fo.
- Tees DE Fo. Fo.
- Extremidades de Fo. Fo.
- Bridas con rosca
- Reducciones de Fo. Fo.
- Juntas gibault
- Tornillos
- Empaques de plomo
- Válvulas de seccionamiento
- Hidrantes contra incendio
- Válvulas de compuerta
- Válvulas de retención
- Válvulas de mariposa
- Válvulas de globo

En todas las redes de alcantarillado y agua potable deberan considerarse los conceptos de trabajo para diferentes diámetros de tubería.

### *ELECTRIFICACION*

#### *RED AEREA*

##### *A) OBRA CIVIL*

Comprende excavación, y relleno de cepas para hincado de postes, así como concretos para formar las bases de los postes, estos conceptos ya han sido analizados con anterioridad.

##### *B) ALTA TENSION*

- Instalación de:

- 9.- Banco de transformadores ITR1A
- 10.- Banco de cortacircuitos
- 11.- Aislador (suspensión y alfiler)
- 12.- Retenidas (de estaca, de ancla, de banqueta)
- 13.- Varillas de tierras

Jgo  
Jgo  
Pza  
Pza  
Pza

**C) BAJA TENSION**

-Instalación de:

- 14.- Interruptores termomagnéticos
- 15.- Aisladores de carrete
- 16.- Remates preformados
- 17.- Retenidas (de estaca, de ancla, de banqueta)
- 18.- Varillas de tierra

Pza  
Pza  
Pza  
Pza  
Pza

**D) ALUMBRADO PUBLICO**

- 19.- Luminaria autobalastada
- 20.- Brazos metálicos
- 21.- Fotocontroles
- 22.- Contactores de alumbrado
- 23.- Retenidas
- 24.- Varillas de tierra

Pza  
Pza  
Jgo  
Pza  
Pza  
Pza

**RED SUBTERRANEA**

**A) OBRA CIVIL**

- 25.- Pozos de visita (Estudiados en drenaje)
- 26.- Registros de concreto
- 27.- Base de concreto

Pza  
Pza  
Pza

**B) ALTA TENSION**

Instalación de:

- 28.- Cable de energía con aislamiento EP de "X" Kv
- 29.- Transformador tipo pedestal
- 30.- Codos premoldeados
- 31.- Empalmes preformados o hechos en obra
- 32.- Banco de ductos
- 33.- Conos de alivio

ml  
Pza  
Pza  
Pza  
Pza  
Pza

C) BAJA TENSION

Instalación de:

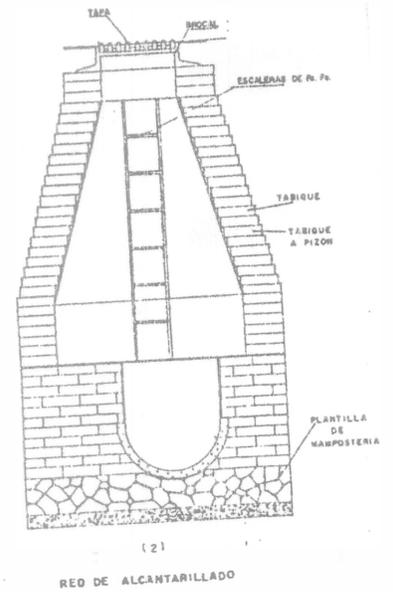
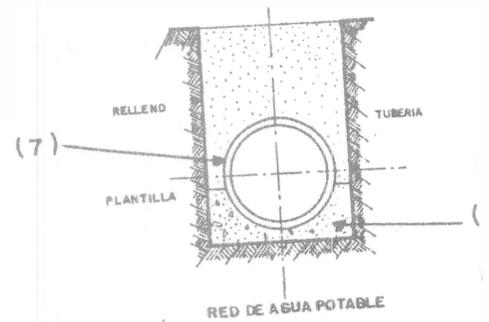
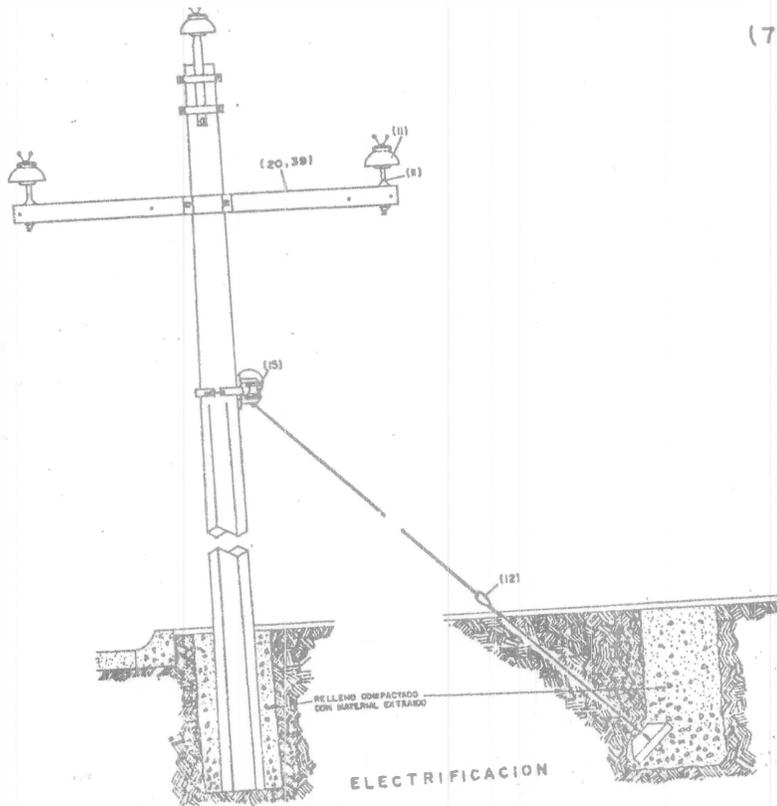
- 34.- Cable triplex (aluminio o cobre) aislamiento XLP
- 35.- Conectores multiples CMS
- 36.- Tubo PVC eléctrico

ml  
Pza  
ml

D) ALUMBRADO PUBLICO

- 37.- Postes tubulares
- 38.- Luminarias autobalastradas
- 39.- Brazos o ménsulas
- 40.- Contactores de alumbrado
- 41.- Fotocontactores

Pza  
Pza  
Pza  
Pza  
Pza



## CAPITULO II

### CUANTIFICACION DE OBRA

## II. CUANTIFICACION DE OBRA.

De cada uno de los conceptos de obra en los que se pueda dividir un proyecto determinado, es necesario cuantificar la cantidad de dichos conceptos, ya que los costos, cantidades de materiales, cantidades de mano de obra, etc., se apoyan directamente en esta actividad.

Por lo tanto es muy importante poner especial interés en esta partida de Administración general de Obra, ya que al tenerla bien resuelta se tendrá un mayor y mejor control del costo total del proyecto en referencia.

Es necesario mencionar que para el análisis de costo de los conceptos involucrados se utilizan unidades específicas como pueden ser metro líneal (ML), metro cuadrado ( $M^2$ ), metro cúbico ( $M^3$ ), Tonelada (Ton), Kilogramo (Kg), Pieza (Pza), etc., por lo cual las unidades en las que se expresen las cantidades de obra, deben ser las mismas en las que se haya calculado el costo unitario.

Para poder realizar de una manera adecuada una cuantificación teniendo como antecedente los planos de proyecto y especificaciones técnicas, inicialmente se deberá formar el catálogo de conceptos si es que no se cuenta con él, tratando de enunciar estos, en forma ordenada de acuerdo a un proceso constructivo lógico y secuencial, cuidando que se cubran todas las actividades necesarias para llevar a cabo la ejecución de las obras, sin perder de vista que durante la ejecución de cualquier tipo de obra, resultán conceptos que no fueron considerados en el catálogo original, conociendoseles como conceptos extras los cuales deben cuantificarse inmediatamente y en caso necesario efectuar el análisis de costo respectivo.

Actualmente existen formatos especiales para la realización de la cuantificación de obra, conocida también como números generadores, y cuyo objetivo es el de unificar el criterio para ejecución de esta actividad en cada uno de los conceptos de trabajo presentándolos con un planteamiento claro de las operaciones realizadas y en donde generalmente estos formatos cuentan con un espacio específico para presentar estos conceptos de una manera gráfica, por medio de un croquis ó dibujo tratando de formar una idea más clara de lo que se está cuantificando y evitar repeticiones o malos cálculos.

Debido a que hay cuantificaciones que requieren un gran número de hojas, éstas deberán enumerarse progresivamente anotandose también el total de hojas que componen dicha cuantificación.

Es necesario que durante la ejecución de la obra, se revisen periódicamente los números generadores, particularmente si han existido cambios de proyecto o se haya ejecutado obra complementaria, de manera que sea posible corregir a tiempo





EMPRESA:  
 OBRA: URBANIZACION RESID. SAN SEBASTIAN  
 PLANO DE REF. CIMENTACION

ELABORO:  
 REVISO:  
 FECHA:

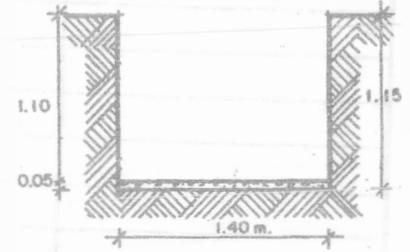
CONCEPTO:  
 03 PLANTILLA DE CONCRETO  $f'c=100 \text{ kg./cm}^2$  DE 0.05 MTS. DE ESPESOR

UNIDAD:  
 M<sup>2</sup>

HOJA: 3 DE: 8

CROQUIS:

CONCEPTO	LOCALIZACION			ANCHO	ALTO	LARGO	PZS.	TOTAL
	EJE	TRAMO	TIPO					
	2	A - D		1.40		10.00		14.00
	3	A - D		1.40		10.00		14.00
	B	1 - 4		1.40		10.00		14.00
	C	1 - 4		1.40		10.00		14.00
								56.00 M <sup>2</sup>
			(-)	1.40		1.40	4	7.84
								48.16 M <sup>2</sup>



NOTA: Reiterando en lo dicho al principio del capítulo aunque bien se pudo medir el volumen de concreto colocado, se cuantificó la plantilla en unidades de superficie para de esta manera ser congruentes con la unidad del concepto de trabajo adoptada desde la formulación del catálogo de conceptos. Notese que el colado de plantilla

48.16 M<sup>2</sup>

EMPRESA:

OBRA: URBANIZACION RESID. SAN SEBASTIAN

PLANO DE REF. CIMENTACION

ELABORO:

REVISO:

FECHA:

CONCEPTO:

04 CIMBRA COMUN Y DESCIMBRA EN CIMENTACION MEDIDA POR SUPERFICIE DE CONTACTO

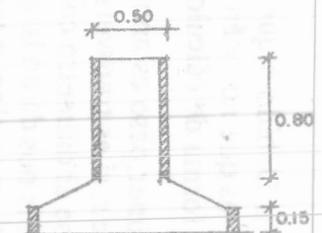
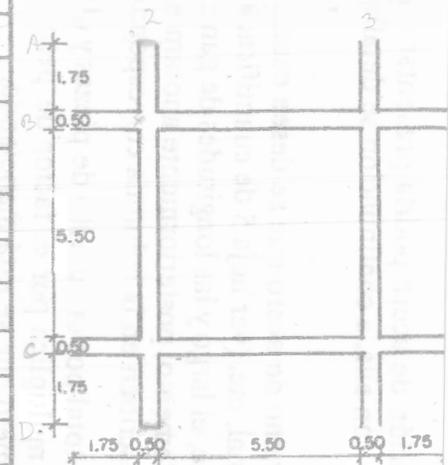
UNIDAD:

M<sup>2</sup>

CONCEPTO	LOCALIZACION			ANCHO	ALTO	LARGO	PZS.	TOTAL
	EJE	TRAMO	TIPO					
MUROS	2	A-D	II II	2 CARAS	0.80	1.75	2	5.60
MUROS	2	B-C	II II	2 CARAS	0.80	5.50	1	8.80
TAPON	2	AyD	□	0.50	0.80		2	0.80
ARRASTRE	2	A-D	□	2 CARAS	0.15	10.00	1	3.00
MENOS INTERSECCION	2	A-D	□	2 CARAS	0.15	1.20	1	(0.72)
MUROS	3	A-D	II II	2 CARAS	0.80	1.75	2	5.60
MUROS	3	B-C	II II	2 CARAS	0.80	5.50	1	8.80
TAPON	3	AyD	□	0.50	0.80		2	0.80
ARRASTRE	3	A-D	□ □	2 CARAS	0.15	10.00	1	3.00
INTERSECCION	3	A-D	□ □	2 CARAS	0.15	1.20	2	(0.72)
MUROS	B	1-4	II II	2 CARAS	0.80	1.75	2	5.60
MUROS	B	2-3	II II	2 CARAS	0.80	5.50	1	8.80
TAPON	B	1y4	□	0.50	0.80		2	0.80
ARRASTRE	B	1-4	□ □	2 CARAS	0.15	10.00	1	3.00
MENOS INTERSECCION	B	1-4	□ □	2 CARAS	0.15	1.20	2	(0.72)
MUROS	C	1-4	II II	2 CARAS	0.80	1.75	2	5.60
MUROS	C	2-3	II II	2 CARAS	0.80	5.50	1	8.80
TAPON	C	1y4	□	0.50	0.80		2	0.80
ARRASTRE	C	1-4	□ □	2 CARAS	0.15	10.00	1	3.00
INTERSECCION	C	1-4	□ □	2 CARAS	0.15	1.20	2	(0.72)

HOJA: 4 DE: 8

CROQUIS:



NOTA: Para generar cimbra se deberá especificar tanto en el croquis como en el mismo cuerpo de la hoja generadora, en nuestro caso se especifica también con

69.92 M<sup>2</sup>

NOTA: Debido a que la cuantificación de acero podría presentar algún problema para las personas que no estén relacionadas con ella, a continuación se detalla una explicación breve de su forma de cálculo.

El primer paso es anotar el eje y tramo de acero que se desee cuantificar, así como su tipo; es decir, si es transversal, longitudinal, etc. (ver hoja 5 de cuantificación). A continuación se escribe el diámetro correspondiente, el largo y las longitudes de ganchos y traslapes, la suma de estos nos da un largo total del elemento; posteriormente anotamos las piezas y en caso de existir otros elementos iguales se escriben en la columna correspondiente.

Finalmente multiplicamos el largo total por el número de piezas y el número de elementos, el resultado de esta operación se multiplica por el factor de peso por unidad de longitud correspondiente de acuerdo al diámetro que se está manejando.

EMPRESA:  
 OBRA: URBANIZACION RESID. SAN SEBASTIAN  
 PLANO DE REF. CIMENTACION

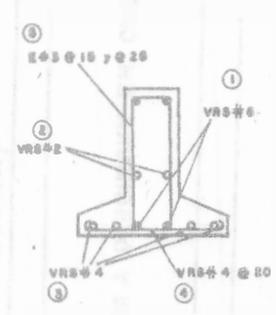
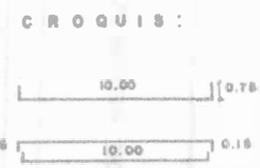
ELABORO:  
 REVISO:  
 FECHA:

CONCEPTO: **CUANTIFICACION DE ACERO :**  
 SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO (γ = 4 200kg./cm<sup>2</sup> EN CIMENTACION

UNIDAD:  
 KG.

LOCALIZACION		Ø	LARGO	GANCHO	TRAS-LAPE	LARGO TOTAL	NUM. DE		2	2.5	3	4	5	6	8			
EJE	TRAMO TIPO						VARILLA	ELEM.										
2	A-D	①	3/4	10.00	1.50	11.50	4	1										
2	A-D	②	1/2	10.00	0.30	10.30	2					19.92			103.60			
2	A-D	③	1/2	10.00	0.20	10.20	4					40.64						
2	A-D	④	1/2	1.10	0.40	1.50	50					74.70						
2	A-D	⑤	3/8	2.80	0.20	3.00	50					83.55						
											83.55	135.28		103.50				
3	A-D	①	3/4	10.00	1.50	11.50	4	1							103.60			
3	A-D	②	1/2	10.00	0.30	10.30	2					19.92						
3	A-D	③	1/2	10.00	0.20	10.20	4					40.64						
3	A-D	④	1/2	1.10	0.40	1.50	50					74.70						
3	A-D	⑤	3/8	2.80	0.20	3.00	50					83.55						
											83.55	135.28		103.50				
B	1-4	①	3/4	10.00	1.50	11.50	4	1							103.60			
B	1-4	②	1/2	10.00	0.30	10.30	2					19.92						
B	1-4	③	1/2	10.00	0.20	10.20	4					40.64						
B	1-4	④	1/2	1.10	0.40	1.50	50					74.70						
B	1-4	⑤	3/8	2.80	0.20	3.00	50					83.55						
											83.55	135.28		103.50				
C	1-4	①	3/4	10.00	1.50	11.50	4	1							103.60			
C	1-4	②	1/2	10.00	0.30	10.30	2					19.92						
C	1-4	③	1/2	10.00	0.20	10.20	4					40.64						
C	1-4	④	1/2	1.10	0.40	1.50	50					74.70						
C	1-4	⑤	3/8	2.80	0.20	3.00	50					83.55						
											83.55	135.28		103.50				
TOTALES													334.20	641.04		414.00		

HOJA: 5 DE: 8







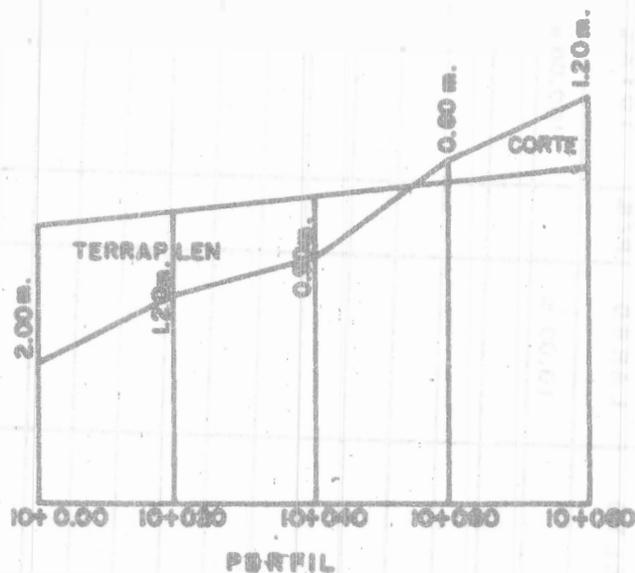


## CALCULO DE CUBICACION EN TERRACERIAS.

Ejemplo:

Se entiende por terracerías el conjunto de cortes y terraplenes de una obra vial.

Los datos para calcular espesores (diferencia de cotas en un punto entre el terreno y la subrasante) y volúmenes de cortes y terraplenes se obtienen del dibujo del perfil del eje del proyecto.



Antes de ejecutar los cálculos del volumen de terracerías es necesario localizar el punto de paso (intersección del perfil del proyecto con el perfil del Terreno).

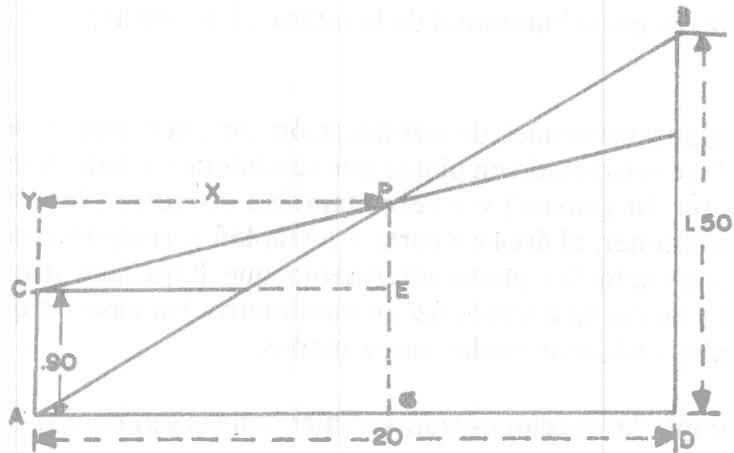
Los datos que tenemos son:

$d$  = diferencia de cotas entre la subrasante y el terreno (espesor de Terraplén) en la estaca  $10 + 040$  .....  $0.90$  m.

$p$  = pendiente por metro .....  $0.01$

$m$  = diferencia de cotas del terreno entre las estaciones  $10 + 040$  y  $10 + 060$  .....  $1.50$  m.

$l$  = distancia entre  $10 + 040$  y  $10 + 060$  .....  $20.00$  m.



Como se conoce la pendiente por metro, de la línea de proyecto, es claro, que si para un metro, corresponde una pendiente  $p$ , para  $x$  metros corresponderá una pendiente total expresada por el producto  $(x) \times (p) \dots$  o sea " $y$ ", por consiguiente, podemos establecer la ecuación:

$$y = (x) \times (p) = 0.01x$$

Los triángulos semejantes  $A, D, B$ , y  $A, G, P$ , nos dan.

$$\frac{1.50}{20} = \frac{0.90 + 0.01x}{x}$$

despejando  $x$  tendremos

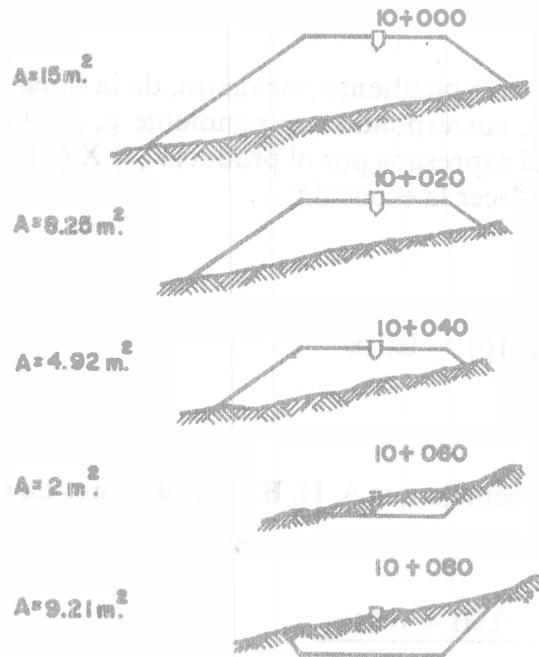
$$x = \frac{0.90}{0.075 - 0.01}$$

$$x = 13.85$$

Por lo que la distancia horizontal de la estaca 10 + 040 al punto de paso será 13.85 m.

Las secciones transversales de construcción son secciones o perfiles del terreno normales al eje proyectado en planta que se obtienen a cada determinada distancia (20 metros por lo general) y a veces también en puntos intermedios especiales. Sirven para obtener, el área en corte o terraplén correspondiente a cada estación completa o a cualquier punto intermedio que haya sido nivelado. Estas áreas pueden ser calculadas a través de un planímetro. En caso de que no se disponga éste se pueden utilizar métodos aproximados.

En este ejemplo las secciones transversales son las siguientes.



#### SECCIONES TRANSVERSALES

Conocidas las áreas de todas y cada una de las secciones, se anotan en una tabla y se procede a calcular volúmenes de terracerías ya sea en corte o terraplén.

El volumen de material se calculará tomando el promedio de las áreas de las secciones extremas y multiplicándolo por la distancia entre ellas.

$$V = \frac{A1 + A2}{2} d$$

donde

V = volumen de terracería

d = distancia entre las dos secciones extremas del prisma

A1 = área de la primera sección

A2 = área de la segunda sección

*Terraplén 10 + 000 ----- 10 + 020*

$$V = \frac{15 + 8.25}{2} 20 = 232.5 \text{ m}^3$$

*Terraplén 10 + 020 ----- 10 + 040*

$$V = \frac{8.25 + 4.92}{2} 20 = 131.70 \text{ m}^3$$

*Terraplén 10 + 040 ----- 10 + 053.85*

$$V = \frac{4.92 + 0.00}{2} 13.85 = 34.07 \text{ m}^3$$

*Corte 10 + 053.85 ----- 10 + 060*

$$V = \frac{0.00 + 2.00}{2} 6.15 = 6.15 \text{ m}^3$$

Corte 10 + 060 - 10 + 080

$$V = \frac{2.00 + 9.21}{2} \cdot 20 = 112.10 \text{ m}^3$$

Se deberá considerar el fenómeno de abundamiento ya que es el material abundado el que se acarrea para formar los terraplenes.

Haciéndolo en una tabla de registros, tenemos:

ESTACION	ESPEORES (m)		AREAS (m <sup>2</sup> )		A1 + A2 (m <sup>2</sup> )		SEMIDIS TANCIA (m)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )		COEF. DE ABUND.		VOL. ABUND. (m <sup>3</sup> )	
	CORTE	TERRAP	CORTE	TERRAP	CORTE	TERRAP		CORTE	TERRAP	CORTE	TERRAP	CORTE	TERRAP
10 + 000		2.00		15.00									
10 + 020		1.20		8.27		23.35	10		231.500				232.500
10 + 040		0.90		4.92		13.19	10		131.190				131.190
10 + 053.85	0.00	0.00	0.00	0.00		4.92	6.925		34.071				34.071
10 + 060	0.40		2.00		2.00		3.075	6.150		1.2			7.38
10 + 080	1.20		9.21		11.21		10	112.100		1.2			134.32

## CAPITULO III

### NORMAS Y ESPECIFICACIONES

### III. NORMAS Y ESPECIFICACIONES

#### *NORMALIZACION:*

El objeto de la normalización es procurar unificar los criterios y servir de parámetro comparativo sobre la calidad de los productos elaborados, así como seleccionar y simplificar los medios a diferentes tipos de fabricación de manera que se garanticen tanto los intereses del consumidor como los del industrial.

El 29 de diciembre de 1960 se expidió la Ley General de Normas de Pesas y Medidas, en la que se da el reconocimiento de obligatoriedad a las normas que rigen el Sistema General de Pesas y Medidas que fije la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

Estas normas industriales hacen referencia a los materiales, procedimientos o productos que afecten la vida o la integridad física de las personas, también dichas normas señalan, los requerimientos de las mercancías destinadas a la exportación o al consumo nacional que específicamente señale la propia secretaría, cuando así lo requiera la economía del país.

Para obtener un buen producto, es necesario estudiarlo y definirlo estableciendo una serie de especificaciones con sus respectivas magnitudes y tolerancias que garanticen las condiciones mínimas que debe reunir para que satisfaga las necesidades de uso a que esta destinado. Dichas características deben corresponder lo mas posible a normas de empresas, normas nacionales o normas internacionales.

#### *ESPECIFICACIONES:*

No es posible la ejecución de una obra, por pequeña o grande que sea, sin contar con las especificaciones necesarias que fijen los requisitos constructivos y de calidad que deben cumplirse.

Estos requisitos generan a su vez las especificaciones particulares de una obra, las cuales deben ser incluidas en el proceso de contratación, por lo cual, deben ser tan completas como sea necesario para eliminar toda posible duda sobre los conceptos que deben ser cumplidos.

La claridad es indispensable en las especificaciones para cotizar precios correctos y evitar controversias inoportunas por falta de comprensión.

## ESPECIFICACIONES GENERALES Y PARTICULARES:

La función de las especificaciones generales, es: 1) Recomendar los procedimientos generales de construcción, 2) Señalar los límites de calidad comúnmente aceptados y 3) Describir los métodos de prueba establecidos,

Las especificaciones particulares deben señalar los requisitos del proyecto, los límites especiales de calidad que se hayan fijado y los procedimientos especiales para la construcción de una obra en particular.

Como ejemplos de especificaciones generales, que tienen alcances internacionales, podemos mencionar las ISO (Internacional Standards Organization). También existen otras que, a pesar de ser locales por su prestigio, son utilizadas en otros países y así adquieren una función internacional. Como ejemplos destacan las siguientes: ASTM, ACI, AASHTO, DIN, etc.

En México existen especificaciones nacionales que han jugado un papel muy importante en la industria de la construcción. Tales como las de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), de la Secretaría de comunicaciones y Transportes (SCT), etc.

Como se puede observar en el ejemplo que sigue, una especificación se divide en varios subtítulos que son los siguientes:

**DEFINICION.-** Aquí precisamente se establecen con claridad los lineamientos y alcances del concepto de trabajo de que se está hablando.

**REFERENCIAS.-** En esta parte se habla sobre otros conceptos que pueden intervenir en el concepto principal y que son tratados en otro capítulo de las mismas Especificaciones, para que puedan ser localizadas con facilidad.

**MATERIALES.-** Se establece en este subtítulo, los materiales que deben de ser usados en el concepto, su almacenamiento, manejo, dosificación, normas de calidad y tolerancias.

**EJECUCION.-** En este apartado es donde se prevee el procedimiento de construcción que se debe seguir para la ejecución del concepto mencionado, el tipo de maquinaria, las tolerancias y lo que debe hacerse en caso de que existan cambios en el proyecto.

**MEDICION.**- Se indica la unidad en que será medido el concepto, (M2, M3, Ton., etc.). Se indica también en que forma será medido el trabajo ejecutado y que partes del trabajo serán pagados en otros conceptos.

**BASE DE PAGO.**- En esta parte de la Especificación se indica cuales son precisamente todas las operaciones que se realizan en el concepto y que estan consideradas en el precio unitario fijado en el contrato de Obra.

Como se puede observar, una buena especificación no debe dejar duda alguna sobre el procedimiento de construcción, los materiales a utilizar y todo lo relativo al pago de los trabajos ejecutados.

Posterior al ejemplo de especificación se presenta también un ejemplo de lo que es una norma para dejar más clara la diferencia entre ambos conceptos.

#### **EJEMPLO DE ESPECIFICACION:**

### " CAPITULO LI

#### *SUB BASES Y BASES*

##### **51-01 DEFINICION**

*51-01.1 Capas sucesivas de materiales seleccionados que se construyen sobre la subrasante y cuya función es soportar las cargas rodantes y transmitir las a las terracerías, distribuyéndolas en tal forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales en éstas.*

##### **51-02 REFERENCIAS**

*51-02.1 Existen algunos conceptos que intervienen o pueden intervenir en Sub-bases y Bases y que son tratados en otros capítulos de estas especificaciones, conceptos que deberán sujetarse, en lo que corresponda, a lo indicado en las cláusulas de Materiales, Ejecución, Medición y Base de Pago, que se asientan en la siguiente tabla y de los cuales ya no se hará más referencia en el texto de este capítulo.*

CONCEPTOS RELATIVOS A ESTE CAPITULO	PARTE	MATERIALES	EJECUCION	MEDICION	BASE DE PAGO
Requisitos previos a la construcción de las sub-bases o de las bases, --- cuando éstas se construyan sobre la sub-rasante.	SEGUNDA		9-04 11-04		
Materiales empleados -- para construcción de -- sub-bases y bases.	CUARTA	49-03	49-04	49-05	49-06
Definición y calidad de los materiales.	OCTAVA	91-03			
Acarreos de los desperdicios y de los desperdicios de bancos.	SEGUNDA		14-04	14-05	14-06
Acarreos de los materiales aprovechables, de los desperdicios de tratamiento y del agua.	CUARTA		61-04	61-05	61-06

#### 51-04 EJECUCION

51-04.1 La construcción de la sub-base o de la base se iniciará cuando las terracerías o la sub-base, según sea el caso, estén terminadas dentro de las tolerancias fijadas en estas especificaciones.

51-04.2 La descarga de los materiales que se utilicen en la construcción de sub-bases o bases deberá hacerse sobre la sub-rasante o la subrasante según sea el caso, en la forma y en los volúmenes por estación de veinte (20) metros que ordene la Secretaría.

51-04.3 La longitud máxima del tramo de carretera o aeropista, para descargar materiales de sub-base o base, será fijada por la Secretaría.

51-04.4 Los procedimientos de ejecución de las sub-bases y bases, así como sus proporcionamientos, serán fijados en el proyecto. En términos generales, la secuencia de éstas operaciones es la siguiente:

a) Cuando se empleen dos (2) o más materiales, se mezclarán en seco con objeto de obtener un material uniforme.

b) Cuando se empleen motoconformadoras para el mezclado y el tendido, se extenderá parcialmente el material y se procederá a incorporarle agua por medio

de riegos y mezclados sucesivos, para alcanzar la humedad que se fije y hasta obtener homogeneidad en granulometría y humedad. A continuación se extenderá el material en capas sucesivas de materiales sin compactar, cuyo espesor no deberá ser mayor de quince (15) centímetros.

c) Cuando se emplee otro equipo para mezclado y tendido, tanto el equipo como el procedimiento de construcción deberán ser previamente aprobados por la Secretaría.

d) Cada capa extendida se compactará hasta alcanzar un grado mínimo de noventa y cinco por ciento (95%) sobreponiéndose las capas hasta obtener el espesor y sección fijados en el proyecto y/o ordenados por la Secretaría, la cual podrá ordenar que cualquier capa ya compactada se escarifique superficialmente y se le agregue agua, si es necesario, antes de tender la siguiente capa, a fin de ligarlas debidamente. Podrá efectuarse la compactación en capas de espesores mayores que el indicado en el párrafo b) de este inciso, siempre que se obtenga la compactación fijada en el proyecto y/o ordenada por la Secretaría. Se darán riegos superficiales de agua, durante el tiempo que dure la compactación, únicamente para compensar la pérdida de humedad por evaporación.

e) En las tangentes, la compactación se iniciará de las orillas hacia el centro y en las curvas, de la parte interior de la curva hacia la parte exterior.

51-04.5 En la reconstrucción de carreteras o aeropistas, en términos generales, la secuencia de las operaciones necesarias en la ejecución de las sub-bases y bases será la siguiente:

a) Cuando el material de la carpeta asfáltica existente se vaya a aprovechar, primero se escarificará la carretera o aeropista en el ancho y espesor que fije el proyecto; se disgregará todo el material escarificado y se mezclará, después, hasta obtener un material homogéneo; cuando lo fije el proyecto y/o lo ordene la Secretaría, se añadirá material nuevo al ya disgregado y se mezclará en la forma antes indicada; el material homogéneo resultante se acamellonará para dejar descubierta toda la superficie de la sub-base o base correspondiente, la cual se conformará y se compactará al grado fijado en el proyecto y/o ordenado por la Secretaría; el material acamellonado se tenderá, por capas, sobre la superficie ya compactada, de manera de formar la nueva sub-base o base en la forma especificada en el inciso 51-4.4 hasta alcanzar el espesor y forma fijados en el proyecto y/o ordenados por la Secretaría. A continuación se procederá en la misma forma en el resto de la sección transversal de la carretera o aeropista.

b) Si el material de la carpeta asfáltica existente se va a desechar, se escarificará y recogerá, transportándolo al sitio que señale la Secretaría; a continuación se conformará y compactará la superficie descubierta y se procederá a la construcción de la nueva sub-base y/o base.

c) En caso de que solamente exista revestimiento y la Secretaría determine aprovecharlo como parte de la sub-base, se escarificará éste en el espesor y en el ancho que fije el proyecto; cuando lo fije el proyecto y/o lo ordene la Secretaría, se añadirá material de sub-base nuevo y se mezclará con el de revestimiento hasta obtener una mezcla homogénea, la cual se acamellonará para dejar descubierta la superficie de la terracería correspondiente, la que se conformará y se compactará al grado fijado en el proyecto y/o ordenado por la Secretaría; el material acamellonado se tenderá, por capas, sobre la terracería ya compactada, de manera de formar la sub-base en la forma especificada en el inciso 51-04.4 hasta alcanzar el espesor y forma fijados en el proyecto y/o ordenados por la Secretaría. A continuación se procederá en la forma anterior en el resto de la sección transversal de la carretera.

51-04.6 Para la verificación de la dosificación y de los volúmenes de material o materiales que se utilicen en la construcción de sub-bases o bases se hará, en términos generales, en tramos de la longitud que fije la Secretaría, lo siguiente:

a) Se acamellonará el material y se determinará su volumen utilizando el sistema del promedio de áreas extremas, y su peso volumétrico seco, aplicando el procedimiento indicado en el capítulo CIX de la parte novena.

b) Si se requiere añadir un segundo material, éste se acamellonará por separado, determinando su volumen y su peso volumétrico seco, de acuerdo con lo indicado en el párrafo a) de este inciso.

c) A partir de estos dos volúmenes se determinará si los porcentajes en relación con la suma de volúmenes sueltos, son los fijados por el proyecto y/o ordenados por la Secretaría.

d) Se acamellonará el material o mezcla de materiales y se le determinará su volumen y su peso volumétrico en el camellón, de acuerdo con lo indicado en el párrafo a) de este inciso.

e) Se determinará el coeficiente de variación volumétrica del material o mezcla de materiales, de material compactado a material acamellonado, de acuerdo con el procedimiento indicado en el capítulo CIX de la parte novena

f) El producto que resulte de multiplicar el volumen de proyecto por el coeficiente de variación volumétrica de material compactado a material acamellonado, se considerará como el necesario de material o mezcla de materiales sueltos que se requieran para integrar el volumen de proyecto.

g) Para determinar el volumen suelto de cada uno de los materiales constituyentes de la mezcla, deberá multiplicarse el volumen de la mezcla por el coeficiente de variación de materiales mezclados a materiales separados y adicionalmente por el porcentaje en que según el proyecto, debe intervenir el material de cada banco.

h) En caso de que sea necesario usar más de dos (2) materiales se procederá, para cada uno de ellos, en forma semejante a como se indica en los párrafos anteriores.

51-04.7 Para dar por terminada la construcción de la Sub-base y de la base, se verificarán el alineamiento, perfil, sección, compactación, espesor y acabado, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y las siguientes tolerancias:

	Sub-base	Base
a) Ancho de la sección, del eje a la orilla, para carreteras y aeropistas. ....	+ 10 cm	+ 10 cm
b) Nivel de la superficie, en sub-bases para losas de concreto hidráulico y en bases para carpetas asfálticas, para aeropistas. ....	± 1 cm	± 1 cm
c) Pendiente transversal, para carreteras .....	± 1/2%	± 1/2 %
d) Profundidad de las depresiones, observadas -- colocando una regla de tres (3) metros de longitud para carreteras y de cinco (5) metros de longitud para aeropistas, paralela y normalmente al eje:		
Para carreteras, máximo,	2 cm	1 1/2 cm
Para aeropistas:		
1) Pavimento rígido, máximo. ....	1 cm	
2) Pavimento flexible, máximo. ....	1.5 cm	1 cm
e) En espesores para carreteras y aeropistas, la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de las diferencias calculadas restando al espesor real obtenido en cada punto de prueba el espesor real promedio correspondiente a todos los puntos de prueba, siempre deberá ser igual o menor que catorce centésimos (0.14) del espesor real promedio de la sub-base para el caso de pavimentos flexibles, igual o menor que doce centésimos (0.12) del espesor real promedio de la sub-base de pavimentos rígidos o de la base de pavimentos flexibles e igual o		

menor que nueve centésimos (0.09) del espesor real promedio conjunto de sub-base más base de pavimentos flexibles; además, el valor absoluto de la diferencia entre los espesores real y de proyecto, correspondiente al ochenta y cuatro por ciento (84%) como mínimo, de las determinaciones realizadas para la sub-base de pavimentos flexibles y al noventa y cinco por ciento (95%) como mínimo, en el caso del conjunto de sub-base más base de pavimentos flexibles, siempre deberá ser igual o menor que el veinte por ciento (20%) de los espesores de proyecto. Lo anterior se puede expresar también de la siguiente manera:

$$\frac{(e_1 - e)^2 + (e_2 - e)^2 + \dots + (e_n - e)^2}{n} \quad 0.14 e$$

para sub-base de pavimentos flexibles;

$$\frac{(e_1 - e)^2 + (e_2 - e)^2 + \dots + (e_n - e)^2}{n} \quad 0.12 e$$

para sub-base de pavimentos rígidos o base de pavimentos flexibles; y

$$\frac{(e_1 - e)^2 + (e_2 - e)^2 + \dots + (e_n - e)^2}{n} \quad 0.09 e$$

para sub-base más base de pavimentos flexibles.

$$e_r - e \quad 0.2 e$$

en el ochenta y cuatro por ciento (84%) de los casos como mínimo, para sub-base de pavimentos flexibles;

$$e_r - e \quad 0.2 e$$

en el noventa por ciento (90%) de los casos como mínimo, para sub-base de pavimentos rígidos o base de pavimentos flexibles, y

$$e_r - e \quad 0.2 e$$

en el noventa y cinco por ciento (95%) de los casos como mínimo, para sub-base más base de pavimentos flexibles.

en donde:

$e$  = Espesor de proyecto.

$e_1, e_2, \dots, e_n, e_r$  = Espesores reales encontrados al efectuar los sondeos y nivelaciones.

$$e = \frac{e_1 + e_2 + \dots + e_n}{n} = \text{Espesor real promedio correspondiente a todos los puntos de prueba.}$$

$n$  = Número de verificaciones del espesor real hechas en el tramo. La longitud de cada tramo será de un (1) kilómetro o menos, con la distribución indicada en el inciso 51-04.8

51-04.8 La distribución de los puntos donde se lleven a cabo los sondeos para la verificación de espesor y compactación y aquellos en donde se determinen los niveles para fines de espesores y tolerancia, deberá ser la indicada en las figuras 52, 53, 54 y 55 respectivamente. Además, se harán los sondeos o se determinarán los niveles que ordene la Secretaría, como necesarios para controlar las fracciones de tramo comprendidas entre las separaciones indicadas y las que se originaron por razones de procedimiento de construcción o de interrupciones en la obra. Se tomará en cuenta adicionalmente lo siguiente:

a) Para los sondeos:

1) No deberá dañarse la parte contigua a los mismos.

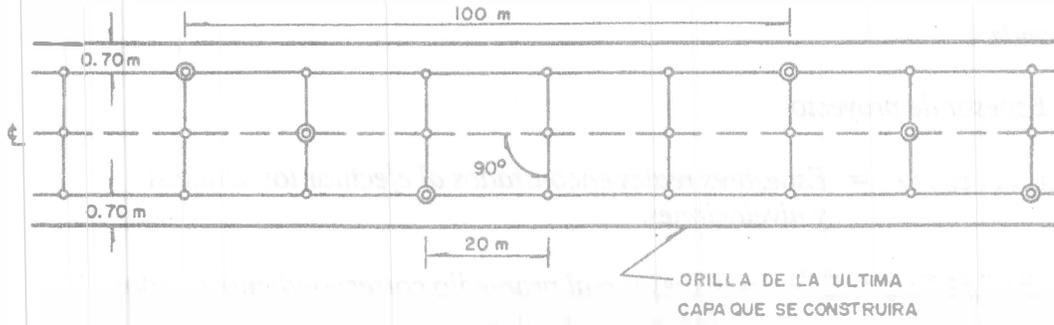
2) El espesor de la sub-base y/o base, determinado a partir de los sondeos realizados deberá ser igual al espesor fijado en el proyecto y/o ordenado por la Secretaría, con la tolerancia indicada en el párrafo e) del inciso 51-04.7

3) El contratista rellenará el hueco en cada uno de los sondeos, usando el mismo tipo de material de sub-base y/o base, compactando el material de relleno hasta obtener el grado fijado en el proyecto y deberá enrasar la superficie con la original de la sub-base y/o de la base.

b) En las nivelaciones para verificar los espesores:

1) Se nivelará la corona de la terracería, o en su caso la sub-base, terminada, utilizando nivel fijo y comprobando la nivelación. Para cada sección transversal, que deberán estar, en el caso de carreteras, a una distancia máxima de veinte

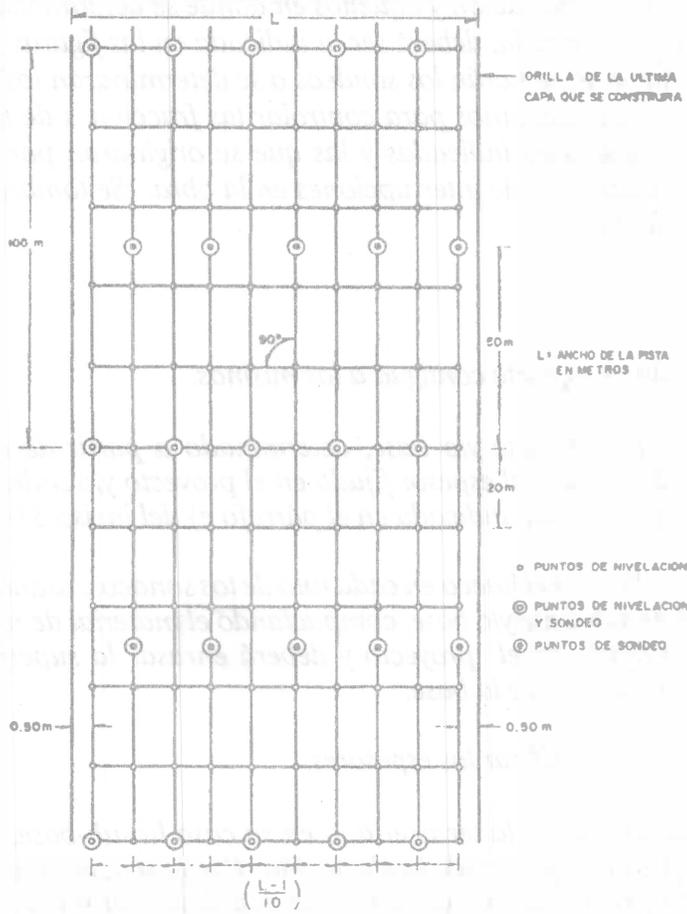
# PUNTOS DE VERIFICACION CARRETERAS



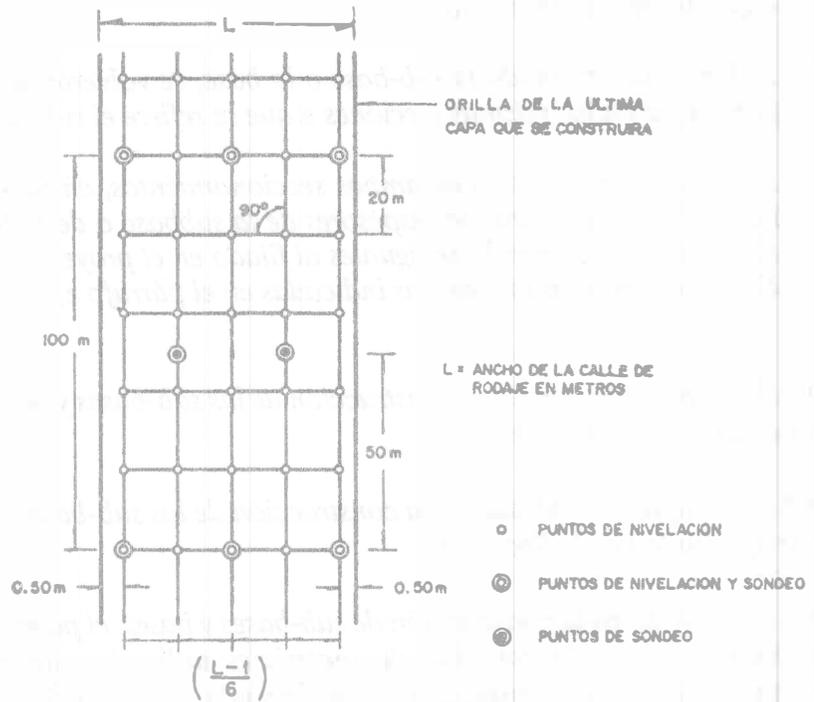
○ PUNTOS DE NIVELACION

⊙ PUNTOS DE NIVELACION Y SONDEO

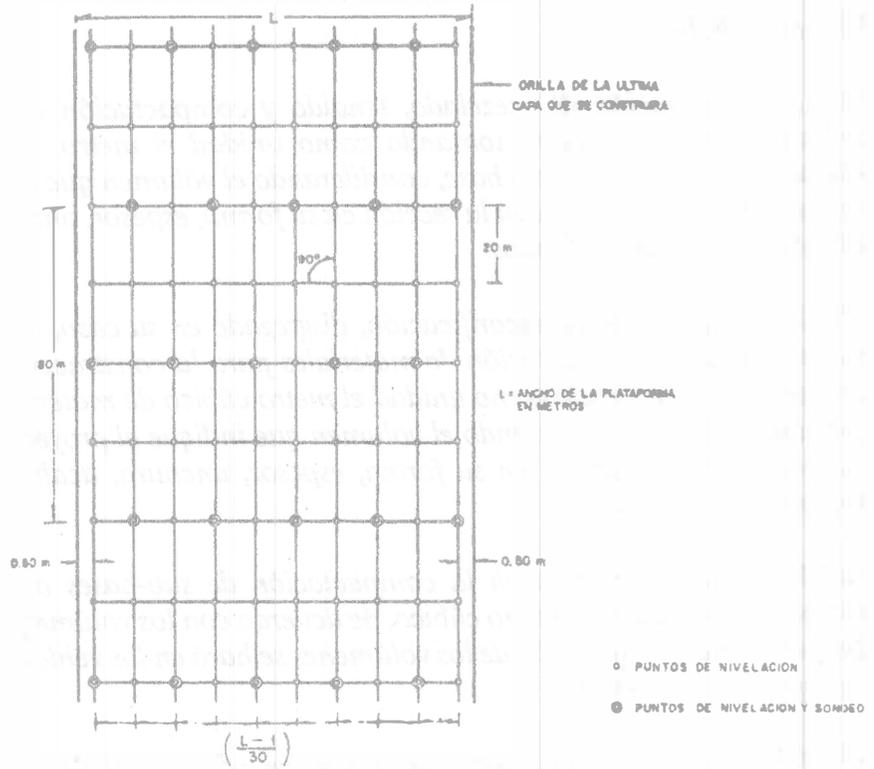
# PUNTOS DE VERIFICACION PISTAS DE AEROPUERTOS



## PUNTOS DE VERIFICACION CALLES DE RODAJE DE AEROPUERTOS



## PUNTOS DE VERIFICACION PLATAFORMAS EN AEROPUERTOS



*(20) metros una de la otra, se tomarán los puntos que se indican en las figuras a que se refiere este inciso.*

*2) Una vez terminada la sub-base o la base, se volverán a nivelar los mismos puntos y para las mismas secciones a que se refiere el sub-párrafo anterior.*

*3) A partir de las cotas de ambos seccionamientos, en todos los puntos antes indicados se obtendrán los espesores de la subbase o de la base, compactadas. Estos espesores deberán ser iguales al fijado en el proyecto y/o ordenado por la Secretaría, con las tolerancias indicadas en el párrafo e) del inciso 51-04.7*

*51-04.9 Los procedimientos de construcción de las sub-bases y bases serán fijados por el proyecto y/o por la Secretaría.*

*51-04.10 El equipo empleado en la construcción de las sub-bases y bases será previamente aprobado por la Secretaría.*

*51-04.11 Cuando en la construcción de sub-bases y bases, el pago se haga por unidad de obra terminada, la cantidad de materiales utilizados, los procedimientos de construcción y el equipo empleado, serán determinados por el contratista.*

## **51-05 MEDICION**

*51-05.1 La operación de mezclado, tendido y compactación de materiales para sub-base o base, se medirá tomando como unidad el metro cúbico de material compactado en la sub-base o base, considerando el volumen que indique el proyecto y verificándolo de acuerdo con la sección en su forma, espesor, anchura, acabado y el grado de compactación fijados.*

*51-05.2 La operación de escarificación, disgregado en su caso, mezclado, acamelonado, tendido y compactación de materiales para la construcción de sub-bases o bases, se medirá tomando como unidad el metro cúbico de material compactado en la sub-base o base, considerando el volumen que indique el proyecto y verificándolo de acuerdo con la sección en su forma, espesor, anchura, acabado y el grado de compactación fijados.*

*51-05.3 El agua empleada en la compactación de sub-bases o bases, se medirá tomando como unidad el metro cúbico, de acuerdo con los volúmenes ordenados por la Secretaría. La verificación de los volúmenes se hará en los vehículos de transporte, en el lugar de aplicación.*

*51-05.4 En las sub-bases o bases que se paguen por unidad de obra terminada, se considerará el volumen resultante del espesor y las secciones transversales de proyecto,*

*con las modificaciones en más o en menos, ordenadas por la Secretaría y tomando como unidad el metro cúbico de material compactado en la sub-base o base, para cada banco en particular y según el grado de compactación. Cuando se empleen dos (2) o más materiales mezclados entre sí procedentes de dos (2) o más bancos diferentes, para obtener la cantidad de material correspondiente a cada banco, se multiplicará el volumen compacto de proyecto de la sub-base o la base por la proporción que, expresada en por ciento, fue fijada por el proyecto y/o ordenada por la Secretaría.*

*51-05.5 En trabajos de nivelación, las sub-bases o bases reconstruidas que se paguen por unidad de obra terminada, se medirán de acuerdo con lo indicado a continuación:*

*a) El material homogeneizado se acamellonará y se determinará su volumen suelto, seccionando el camellón y procediendo de acuerdo con el sistema de promedio de áreas extremas.*

*b) Se determinará el coeficiente de variación volumétrica del material acamellonado a material compactado, siguiendo el procedimiento descrito en el capítulo CIX de la parte novena.*

*c) Se determinará el volumen compactado de las sub-bases o bases reconstruidas multiplicando el volumen suelto del camellón por el coeficiente de variación volumétrica del material suelto en dicho camellón a material compactado.*

*d) Cuando se empleen dos (2) o más materiales mezclados entre sí procedentes de dos (2) o más bancos diferentes, para obtener la cantidad de cada banco, se multiplicará en volumen compacto de proyecto de la sub-base o la base por la proporción que, expresada en por ciento, fue fijada en el proyecto y/o ordenada por la Secretaría.*

*51-05.6 No se hará la medición de conceptos parciales a que se refiere este capítulo, cuando el pago de las sub-bases y bases se haga por unidad de obra determinada.*

## **51-06 BASE DE PAGO**

*51-06.1 La operación de mezclado, tendido y compactación se pagará al precio fijado en el contrato para el metro cúbico de material de sub-base o base compactada. Este precio unitario incluye lo que corresponda por: mezclado, tendido, compactación, incorporación del agua y afinamiento para dar el acabado superficial.*

*51-06.2 Las operaciones de escarificación, disgregado en su caso, mezclado, acamellonamiento, tendido y compactación en la reconstrucción de sub-bases y bases, se pagará al precio fijado en el contrato para el metro cúbico de material de sub-base o base compactadas. Este precio unitario incluye lo que corresponda por:*

*escarificación, disgregación, mezclado, acamellonamiento, tendido, compactación, incorporación del agua y afinamiento para dar el acabado superficial.*

*51-06.3 El agua se pagará al precio fijado en el contrato para el metro cúbico, Este precio unitario incluye lo que corresponda por: extracción, carga al vehículo de transporte, aplicación en el lugar de utilización y los tiempos de los vehículos empleados en su transporte durante la carga y la descarga.*

*51-06.4 Las sub-bases o bases, por unidad de obra terminada, se pagarán al precio fijado en el contrato para el metro cúbico de ellas, aplicando además, el que corresponda para cada banco en particular y según el grado de compactación. Estos precios unitarios incluyen lo que corresponda por: desmonte y despalme de bancos; extracción del material aprovechable y del desperdicio, cualquiera que sea la clasificación; disgregado; separación, recolección, carga y descarga en el sitio señalado, del desperdicio; instalaciones y desmantelamientos de la planta; alimentación de la planta; cribados y desperdicios de los cribados; trituración parcial o total; cargas y descargas de los materiales; todos los acarreo locales necesarios para los tratamientos y de los desperdicios de ellos; formación de los almacenamientos; extracción, carga, acarreo, aplicación e incorporación del agua; permisos de explotación de bancos de agua; operación de mezclado, tendido y compactación al grado fijado; reducción de volumen por compactación y, en su caso, por mezcla de dos (2) o más materiales; afinamiento para dar el acabado superficial; y los tiempos de los vehículos empleados en los transportes durante las cargas y las descargas.*

*51-06.5 Las sub-bases o bases reconstruidas, por unidad de obra terminada, se pagarán al precio fijado en el contrato para el metro cúbico de ellas, aplicando además, el que corresponda para cada banco en particular y según el grado de compactación. Estos precios unitarios incluyen lo que corresponda por: desmonte y despalme de bancos, escarificación; extracción del material aprovechable y del desperdicio, cualquiera que sea la clasificación; disgregado; separación, recolección, carga y descarga en el sitio señalado, del desperdicio; instalaciones y desmantelamientos de la planta; alimentación de la planta; cribados y desperdicios de los cribados; trituración parcial o total; cargas y descargas de los materiales; todos los acarreo locales necesarios para los tratamientos y de los desperdicios de ellos; acamellonado; formación de los almacenamientos; extracción, carga, acarreo, aplicación e incorporación del agua; permisos de explotación de bancos de agua; operaciones de escarificación, disgregado, mezclado, acamellonado, tendido y compactación al grado fijado; reducción de volumen por compactación y, en su caso, por mezcla de dos (2) o más materiales; afinamiento para dar el acabado superficial; y los tiempos de los vehículos empleados en los transportes durante las cargas y las descargas.*

**\*Fuente: Especificaciones Generales de Construcción S.O.P. 1969**

**NOTA:** Para dar una idea clara de la utilidad de la tabla de referencias que aparece en el punto 51-02.1 de este ejemplo así como de su manejo, a continuación mostramos un fragmento del punto 91-03 de la parte octava de las mismas especificaciones que, como se puede observar, corresponde a la primera referencia que aparece en la tabla y se refiere a la calidad de los materiales.

91-03.2 Los materiales que se mencionan en los párrafos A), B) y C) del inciso 91-02.1, cuando se empleen para sub-base en pavimento flexible de carreteras o aeropistas, deberán llenar los requisitos siguientes:

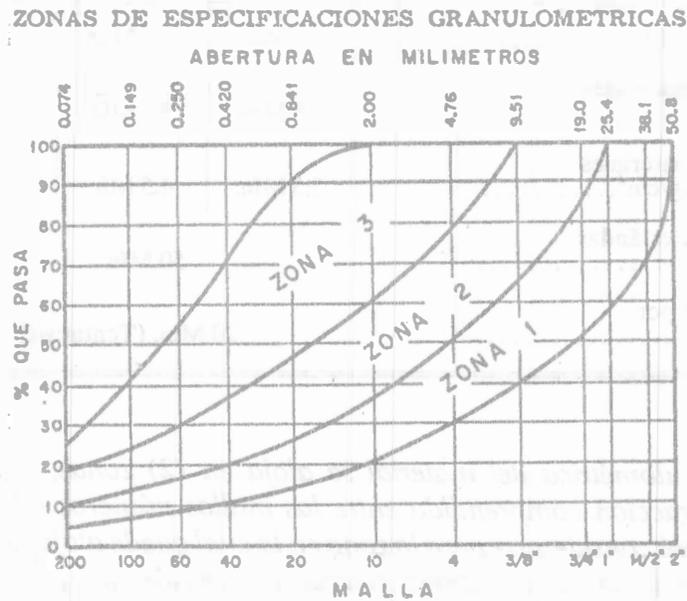


FIGURA NÚM. 2

A) De la granulometría de acuerdo con los métodos de prueba citados en el capítulo CIX de la parte novena:

1) La curva granulométrica del material deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona uno y el superior de la zona tres de la figura núm. 2 y deberá afectar una forma semejante a la de las curvas que limitan las zonas, sin presentar cambios bruscos de pendiente. La relación del porcentaje en peso que pase la malla número 200 al que pase la malla número 40, no deberá ser mayor de setenta y cinco centésimos (0.75).

2) El tamaño máximo de las partículas del material no deberá ser mayor de cincuenta y un (51) milímetros (2").

B) De contratación lineal, valor cementante, valor relativo de soporte y equivalente de arena, los valores fijos en el siguiente cuadro, determinados con los métodos de prueba citados en el capítulo CIX de la parte novena:

CARACTERISTICAS	ZONA EN QUE SE CLASIFICA EL MATERIAL DE ACUERDO CON SU GRANULOMETRIA		
	1	2	3
Contracción lineal, en por ciento. ....	6.0 Máx.	4.5 Máx.	3.0 Máx.
Valor cementante para materiales angulosos, en kg/cm <sup>2</sup> .....	3.5 Mín.	3.0 Mín.	2.5 Mín.
Valor cementante para materiales redondeados y lisos, en kg/cm <sup>2</sup> .....	5.5 Mín.	4.5 Mín.	3.5 Mín.
Valor relativo de soporte estándar saturado, en por ciento. ....	50 Mín		
Equivalente de arena, en por ciento. ....	20 Mín. (Tentativo)		

*Cuando la curva granulométrica del material se aloja en (2) zonas, en la parte correspondiente a la fracción comprendida entre las mallas números 40 y 200, la contracción lineal deberá considerarse para la zona en la cual quede alojada la mayor longitud de dicha parte de la curva, excepto cuando la fracción que pase la malla número 200 sea menor de quince por ciento (15%), en cuyo caso la zona considerada será aquella en la que se aloje la mayor longitud de la totalidad de la curva.*

*C) De grado de compactación en la carretera o aeropista. El material deberá compactarse a noventa y cinco por ciento (95%) mínimo de su peso volumétrico seco máximo, salvo que el proyecto fije un grado diferente de compactación. La compactación será determinada mediante uno (1) de los métodos de prueba citados en el capítulo CIX de la parte novena.*

*91-03.6 Los materiales que se mencionan en los párrafos A), B) y C) del inciso 91-02.1, cuando se empleen para bases en pavimentos flexibles en carreteras o aeropistas y para sub-bases en pavimentos rígidos para aeropistas, deberán llenar los requisitos siguientes:*

*A) De granulometría, de acuerdo con los métodos de prueba citados en el Capítulo CIX de la parte novena:*

*1) La curva granulométrica del material deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 3 de la Figura Núm. 2. Preferentemente, deberán emplearse materiales cuya curva granulométrica se localice en las zonas 1 ó 2.*

2) La curva granulométrica deberá afectar una forma semejante a las de las curvas que limitan las zonas, sin presentar cambios bruscos de pendiente y la relación del porcentaje en peso que pase la malla Núm. 200 al que pase la malla Núm. 40, no deberá ser mayor de sesenta y cinco centésimos (0.65).

3) El tamaño máximo de las partículas de material no deberá ser mayor de cincuenta (50) milímetros (2") para el material correspondiente al grupo A) o de treinta y ocho (38) milímetros (1 1/2") para el material correspondiente al grupo B), ambos del inciso 91-02.1.

B) De límite líquido, contracción lineal y valor cementante, los fijados en el cuadro siguiente, determinados de acuerdo con los métodos de prueba citados en el Capítulo CIX de la parte novena:

CARACTERÍSTICAS	ZONA EN QUE SE CLASIFICA EL MATERIAL DE ACUERDO CON SU GRANULOMETRIA		
	1	2	3
Límite líquido, en por ciento. . . . .	30 máx.	30 máx.	30 máx.
Contracción lineal, en por ciento. . .	4.5 mín.	3.5 mín	2.0 mín.
Valor cementante, para materiales angulosos, en kg/cm <sup>2</sup> . . . . .	3.5 mín.	3.0 mín.	2.5 mín.
Valor cementante, para materiales redondeados y lisos, en kg/cm <sup>2</sup> . . .	5.5 mín.	4.5 mín	3.5 mín.

Cuando la curva granulométrica del material se aloje en dos o más zonas, en la parte correspondiente a las fracciones comprendidas entre las mallas Núms. 40 y 200, la contracción lineal deberá considerarse para la zona en la cual quede alojada la mayor longitud de dicha parte de la curva, excepto cuando la fracción que pase la malla Núm. 200 sea menor de quince por ciento (15%), en cuyo caso la zona considerada será aquella en la que se aloje la mayor longitud de la totalidad de la curva.

C) De valor relativo de soporte estándar, equivalente de arena e índice de durabilidad, los fijados en los cuadros que figuran a continuación, determinados de acuerdo con los métodos de prueba citados en el Capítulo CIX de la Parte Novena.

1) En carreteras:

INTENSIDAD DE TRANSITO EN AMBOS SENTIDOS	Valor relativo de soporte estandar	Equivalente de arena ---- (Tentativo)	Indice de durabilidad ---- (Tentativo)
Hasta 1 000 vehículos pesados al día	30 máx.	30 máx.	30 máx.
Más de 1 000 vehículos pesados al día	4.5 min.	3.5 mfn	2.0 mfn.

*Los vehículos pesados incluyen los autobuses y los camiones en todos sus tipos.*

*2) En aeropistas:*

INTENSIDAD DE TRANSITO EN AMBOS SENTIDOS	Valor relativo de soporte estandar	Equivalente de arena ---- (Tentativo)	Indice de durabilidad ---- (Tentativo)
Hasta 20 toneladas .....	80 mfn.	35 mfn.	35 mfn.
Más de 20 toneladas .....	100 min.	50 mfn	40 mfn.

*D) De afinidad con el asfalto, de acuerdo con lo fijado en la tabla del inciso 92-03.5.*

*E) De grado de compactación en la carretera o aeropista. El material deberá compactarse al noventa y cinco por ciento (95%) mínimo de su peso volumétrico seco máximo, salvo que el proyecto fije un grado diferente de compactación. La compactación será determinada mediante uno (1) de los métodos de prueba citados en el Capítulo CIX de la parte novena.*

**EJEMPLO DE NORMA:**

" *En la elaboración de la presente Norma colaboraron las siguientes Instituciones.*

- CAMARA NACIONAL DEL CEMENTO.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS.  
(Dirección de Proyectos.- Departamento de Ingeniería Experimental).
- SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS  
(Dirección General de Servicios Técnicos).
- ASOCIACION NACIONAL DE PRODUCTORES DE CONCRETO  
PREMEZCLADO A.C.
- INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO A.C.

**NORMAS OFICIAL MEXICANA**

**C-1-1980**

**"INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.- CEMENTO PORTLAND"**

**1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION.**

*Esta Norma Oficial establece las especificaciones que debe cumplir el Cemento Portland, utilizado en la Construcción. El cemento Portland se emplea para la elaboración de: Concretos, morteros, lechadas, productos de asbesto-cemento y productos prefabricados de mortero y de concreto.*

**2 REFERENCIAS.**

*Para la correcta aplicación de ésta Norma es indispensable consultar las siguientes Normas Oficiales Mexicanas en vigor.*

*NOM-C-56 Industria de la Construcción.- Cementantes Hidráulicos.- Determinación de la Finura por el Método de Permeabilidad al Aire.*

*(Método de Prueba para Determinar la Finura de Cementantes Hidráulicos por el Método de Permeabilidad al Aire).*

*NOM-C-59 Industria de la Construcción.- Cementantes Hidráulicos.- Determinación del tiempo de fraguado (Método de Vicat). (Método de Prueba para Determinar el tiempo de fraguado de los Cementantes Hidráulicos (método de Vicat)).*

*NOM-C-61 Industria de la Construcción.- Cementantes Hidráulicos.- Determinación de la Resistencia a la Compresión. (Método de Prueba para Determinar la Resistencia a la Compresión de los Cementantes Hidráulicos).*

*NOM-C-62 Industria de la Construcción.- Cementantes Hidráulicos.- Determinación de la Sanidad. (Método de Prueba para Determinar la Sanidad de los Cementantes Hidráulicos).*

*NOM-C-130 Industria de la Construcción.- Cementantes Hidráulicos.- Muestreo. (Muestreo de Cementantes Hidráulicos).*

*NOM-C-131 Industria de la Construcción.- Cemento Hidráulico.- Determinación del Análisis Químico. (Determinación del Análisis Químico del Cemento Hidráulico).*

*NOM-C-132 Industria de la Construcción.- Cemento Portland.- Determinación del Fraguado Falso del Cemento Portland por el Método de Pasta. (Método de prueba para la determinación del fraguado falso del Cemento Portland por el método de pasta).*

*NOM-C-133 Industria de la Construcción.- Cemento.- Coadyuvantes de molienda empleados en la elaboración de cementos hidráulicos.*

*NOM-C-151 Industria de la construcción.- Cementantes Hidráulicos.- Determinación del Calor de Hidratación. (Método de Prueba para la Determinación del Calor de Hidratación de los Cementantes Hidráulicos).*

### **3 DEFINICION.**

*Para los efectos de esta Norma Oficial se establece la siguiente definición.*

#### **3.1 Cemento Portland**

*Es el conglomerado hidráulico que resulta de la pulverización del clinker frío, a un grado de finura determinado, al cual se le adicionan sulfato de calcio natural, o agua*

y sulfato de calcio natural. A criterio de productor pueden incorporarse además, como auxiliares a la molienda o para impartir determinadas propiedades al cemento, otros materiales en proporción tal que no sean nocivos para el comportamiento posterior del producto, de acuerdo con lo especificado en la NOM- C-133 en vigor.

### 3.1.2 Conglomerante Hidráulico

Es el material finamente pulverizado, que al agregarle agua, ya sea solo o mezclado con arena, grava, asbesto u otros materiales similares, tiene la propiedad de fraguar tanto en el aire como en el agua y formar una masa endurecida.

### 3.1.3 Clinker

Es el mineral sintético granular, resultante de la coacción a una temperatura del orden de 1673 K (1400°C), de materias primas de naturaleza calcarea y arcillo ferruginosa, previamente trituradas, proporcionadas, mezcladas, pulverizadas y homogeneizadas. Esencialmente el clinker está constituido por silicatos, aluminato y aluminoferrito cálcicos.

### 3.1.4 Sulfato de calcio natural

Es el sulfato cálcico dihidratado, hemihidratado o anhidro.

## 4 CLASIFICACION.

4.1 Para los efectos de esta Norma, el Cemento Portland se clasifica en los cinco tipos siguientes.

**TIPO I.- COMUN.-** Para uso general en construcciones de concreto cuando no se requieran las propiedades especiales de los tipos II, III, IV y V.

**TIPO II.- MODIFICADO.-** Destinado a construcciones de concreto expuestas a una acción moderada de los sulfatos o cuando requiera un calor de hidratación moderado.

**TIPO III.- DE RAPIDA RESISTENCIA ALTA.-** Para la elaboración de concreto en los que se requiera una alta resistencia a temprana edad.

**TIPO IV.- DE BAJO CALOR.-** Cuando se requiera un reducido calor de hidratación.

**TIPO V.- DE ALTA RESISTENCIA A LOS SULFATOS.-** Cuando se requiera una alta resistencia a la acción de los sulfatos.

4.1.1 El Cemento Portland Blanco puede ser clasificado como Tipo I ó Tipo III según satisfaga los requerimientos de esta Norma para los tipos mencionados. Dado su bajo o nulo contenido de óxido férrico se caracteriza únicamente por ser blanco y no gris.

## 5 ESPECIFICACIONES

### 5.1 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO.

5.1.1 Especificaciones Químicas.- El cemento a que se refiere esta Norma debe satisfacer los requisitos químicos que se anotan en la Tabla no. 1, de acuerdo con su tipo:

**TABLA 1 ESPECIFICACIONES QUIMICAS**

COMPUESTOS Y CARACTERISTICAS	T I P O				
	I	II	III	IV	V
Oxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> ). mfn. %	--	21.0	--	--	--
Oxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) máx. %	--	6.0	--	--	--
Oxido Férrico. (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) máx. %	--	6.0	--	6.5	--
Oxido de Magnesio (MgO) máx. %	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Anhidro sulfúrico (SO <sub>3</sub> ). máx % cuando (3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) es 8% o menor	3.0	3.0	3.5	2.3	2.3
Cuando (3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) es mayor de 8%	3.5	-	4.5	--	--
Pérdida de calcinación máx. %	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Residuo insoluble máx. %	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Silicato tricálcico (3CaO.SiO <sub>2</sub> ) máx. % (Ver inciso 5.1.1.1).	--	--	--	35	--
Silicato dicálcico (2CaO.SiO <sub>2</sub> ) máx. % (Ver inciso 5.1.1.1).	--	--	--	40	--
Aluminato tricálcico (3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) máx. % (Ver inciso 5.1.1.1).	--	8	15	7	5
Aluminoferrito tetracálcico más dos veces el aluminato tricálcico (4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 2(3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ).	--	--	--	--	--
ó solución sólida (4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 2CaO.Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) máx. % (Ver inciso 5.1.1.1).	--	--	--	--	20.0

5.1.1.1 El hecho de limitar los valores químicos expresados como compuestos potenciales calculados, no necesariamente implica que los óxidos estén presentes efectivamente o totalmente formando esos compuestos.

5.1.1.2 Para los cálculos de los compuestos el por ciento de CaO será el resultado de restar el por ciento de Oxido de Calcio libre al por ciento de Oxido de Calcio total, y el por ciento de Oxido de Silicio será el resultado de restar, al por ciento de Oxido de Silicio, el por ciento de residuo insoluble.

Cuando la relación de los porcentajes de óxido de aluminio a óxido férrico es de 0.64 o mayor, los porcentajes de silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y aluminoferrito tetracálcico, deben calcularse en la siguiente manera:

$$\text{Silicato Tricálcico (C}_3\text{S)} = (4.071 \times \% \text{CaO}) - (7.7 \times \% \text{SiO}_2) - (6.718 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (1.430 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3) - (2.852 \times \% \text{SO}_3).$$

$$\text{Silicato dicálcico (C}_2\text{S)} = (2.867 \times \% \text{SiO}_2) - (0.7544 \times \% \text{C}_3\text{S})$$

$$\text{Aluminato tricálcico (C}_3\text{A)} = (2.650 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (1.692 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3).$$

$$\text{Aluminoferrito tetracálcico (C}_4\text{AF)} = (3.043 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3).$$

Cuando la relación de los porcentajes de óxido de aluminio a óxido férrico es menor de 0.64, se forma una solución sólida de aluminoferrito cálcico, la cual se expresa en la siguiente forma:  $ss(\text{C}_4\text{AF} + \text{C}_2\text{F})$ . El porcentaje de esta solución sólida y el del silicato tricálcico deben calcularse de la forma siguiente:

$$ss(\text{C}_4\text{AF} + \text{C}_2\text{F}) = (2.100 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) + (1.702 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3).$$

$$\text{Silicato tricálcico (C}_3\text{S)} = (4.071 \times \% \text{CaO}) - (7.600 \times \% \text{SiO}_2) - (4.479 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (2.859 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3) - (2.852 \times \% \text{SO}_3).$$

En los cementos con esta composición no se encontrará presente el aluminato tricálcico.

El silicato dicálcico se calcula en la forma indicada anteriormente.

En el cálculo del  $C_3A$ , los valores de  $Al_2O_3$  y  $Fe_2O_3$  deben expresarse con aproximación de 0.01%. En el cálculo de los otros compuestos, los óxidos determinados se expresarán con aproximación de 0.1%.

Los valores de  $C_3A$  y de la suma de  $C_4AF$  deben expresarse con aproximación de 0.1%. Los valores de los otros compuestos deben expresarse con aproximación de 1.0 por ciento.

### 5.1.1.3 Especificaciones Químicas Opcionales

Los requisitos opcionales de la Tabla 2 serán aplicables solo en el caso de que el comprador así lo especifique, considerándose entonces el cemento como especial y sujeto a previo acuerdo entre comprador y fabricante.

**TABLA 2 ESPECIFICACIONES QUIMICAS OPCIONALES**

CARACTERISTICAS	T I P O					OBSERVACIONES
	I	II	III	IV	V	
Aluminato tricálcico ( $3CaO \cdot Al_2O_3$ ) máx. % (Ver inciso 5.1.1.1).	--	--	8	--	--	Para resistencia moderada a los sulfatos.
Aluminato tricálcico ( $3CaO \cdot Al_2O_3$ ) máx. % inciso 5.1.1.1).	--	--	5	--	--	Para alta resistencia a los sulfatos.
Suma de silicato tricálcico y auminato tricálcico. máx. % (Ver inciso 5.1.1.1).	--	58*	--	--	--	Para calor a hidratación moderado
Alcalis Totales ( $Na_2O + 0.658 K_2O$ ), máx. %.	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	Cemento de bajo contenido de alcalis.

\* (Ver inciso 5.1.1.3).

5.1.1.3.1 Este valor límite se aplica cuando se requiere calor de hidratación moderado y no se solicite la determinación del calor de hidratación.

### 5.1.2 Especificaciones Físicas

El cemento a que se refiere esta Norma debe satisfacer los requisitos que se anotan en la Tabla 3 de acuerdo con su tipo:

**TABLA 3 ESPECIFICACIONES FISICAS**

CARACTERISTICAS	T I P O				
	I	II	III	IV	V
Figura, superficie específica, cm <sup>2</sup> /g. Método de permeabilidad al aire, mínimo.	2800	2800	----	2800	2800
Sanidad (prueba de autoclave) expansión máxima en %.	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Tiempo de fraguado Método vicat: Fraguado inicial en minutos, no me- nos de ..... Fraguado final en horas; no más de ..	45 8	45 8	45 8	45 8	45 8
Resistencia a la compresión, kgf/cm <sup>2</sup> En cubos de mortero 1.2.75 en masa (arena graduada estándar) relación agua/cemento constante 0.485 Valores mínimos: a las 24 horas	----	----	130	----	----
A los 3 días	130	105	250	----	85
A los 7 días	200	175	----	70	155
A los 28 días	----	----	----	175	210

5.1.2.1 La resistencia a la compresión a cualquier edad debe ser mayor que la correspondiente a la edad inmediata precedente.

5.1.2.2 Especificaciones físicas Opcionales

Los requisitos opcionales de la Tabla 4 serán aplicables sólo en el caso de que el comprador así lo especifique; considerándose entonces el cemento como especial y sujeto a previo acuerdo entre comprador y fabricante.

**TABLA 4 ESPECIFICACIONES FISICAS OPCIONALES**

CARACTERISTICAS	T I P O S				
	I	II	III	IV	V
Fraguado falso, penetración final, mínimo %. (Ver inciso 5.1.2.2.1)	50	50	50	50	50
Calor de hidratación a los 7 días, en cal/g máximo	----	70*	----	60	----
A los 28 días, en cal/g máximo	----	80*	----	70	----

\* (Ver inciso 5.1.2.2.2).

*5.1.2.2.1 El método de prueba que debe seguirse para la determinación del fraguado falso es el de pasta de cemento.*

*5.1.2.2.2 Cuando se especifiquen calores de hidratación, no debe especificarse la suma de silicato tricálcico y aluminatotricálcico, y en caso de que se especifique cualquiera de estos límites, los valores de resistencia para este cemento deben reducirse al 80% de los valores indicados en el cuadro de especificaciones físicas.*

*5.2 Marcado etiquetado, envases y embalaje.*

*5.2.1 Marcado y etiquetado.*

*5.2.1.1 Cuando el cemento se entrega en sacos, se deben indicar claramente en éstos los siguientes datos: El nombre del producto, la marca registrada, el nombre o símbolo del fabricante, la ubicación de la planta, el tipo de cemento, el contenido neto en kilogramos, la leyenda "HECHO EN MEXICO" y, cuando la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial lo autorice, el "Sello Oficial de Garantía".*

*5.2.1.2 Cuando el cemento se entregue a granel, las notas de embarque deben contener los datos de identificación que se indican en el inciso anterior.*

*5.2.2 Envasado*

*Cuando el cemento se envasa en sacos, el contenido neto de cada saco de cemento debe ser de 50 kg, con una tolerancia de + 750 g.*

*Prevía autorización de la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, el cemento se podrá envasar en sacos de capacidad diferente a la indicada en el párrafo y la tolerancia en el peso, de acuerdo con la Ley, será fijada en dicha autorización.*

*5.2.3 Embalaje*

*Los depósitos que se utilicen para el almacenamiento del cemento Portland deben estar contruídos de tal forma que la calidad el producto en ellos almacenado no se deteriore por la acción de la intemperie y deben tener fácil acceso para la inspección y el muestreo.*

## **6 MUESTREO.**

*Cuando se requiere un muestreo para una inspección éste podrá ser establecido de común acuerdo entre productor y comprador, recomendándose el uso de la NOM-Z-*

12. Para efectos oficiales el muestreo estará sujeto a las disposiciones reglamentarias de la inspección que se efectúe.

### 6.1 INFORME.

El informe de los resultados obtenidos en las diferentes pruebas efectuadas al cemento se debe hacer dentro de los límites de tiempo siguientes:

<i>Para las pruebas de 24 horas</i>	<i>6 días</i>
<i>Para las pruebas de 3 días</i>	<i>6 días</i>
<i>Para las pruebas de 7 días</i>	<i>12 días</i>
<i>Para las pruebas de 28 días</i>	<i>33 días</i>

### 6.2 RECHAZO

6.2.1 El cemento puede ser rechazado si no cumple con todo lo especificado en esta Norma.

6.2.2 El cemento que no cumpla con la prueba de sanidad en autoclave, podrá aceptarse si en una repetición con una nueva muestra efectuada dentro de los 28 días siguientes a la prueba inicial, satisface dicho requisito. La prueba provisional del cemento en la fábrica, no priva al comprador del derecho a rechazarlo si al efectuar la repetición de la prueba, ésta no cumple la especificación a que se hace referencia.

## 7 METODOS DE PRUEBA

Para la verificación de las especificaciones establecidas en esta Norma, debe consultarse las Normas Oficiales Mexicanas de Métodos de Prueba que se indican en el Capítulo 2. "

FUENTE: NORMAS OFICIALES MEXICANAS.

---

CAPITULO IV

COSTO DE OBRA DE MANO

## IV. COSTO DE OBRA DE MANO

### *Generalidades*

En algunos campos de la construcción la obra de mano representa un alto porcentaje del costo total de una obra; esto hace importante el estudio detallado y metódico de los factores que integran dicho costo, es decir todas aquellas erogaciones que el constructor tiene que realizar para remunerar la fuerza de trabajo aportada por un obrero.

Dicha remuneración podría llevarse a cabo por diversos métodos, pero sólo mencionaremos aquellos comunmente usados en nuestro medio:

1.- Remuneración por día

2.- Remuneración por destajo

**1.- La Remuneración por día.-** consiste en pagar al trabajador una cantidad de dinero fija por cada día (Jornal) trabajado. Este método de pago implica, que se debe llevar un control sobre la actividad de los trabajadores, esto, evidentemente, sólo se puede lograr analizando de antemano el número máximo de personas que pueden ser controladas de manera óptima por un supervisor, sin embargo, esto redundaría en un gasto administrativo mayor.

**2.- La Remuneración por destajo.-** consiste en que al trabajador se le paga una cantidad de dinero, anteriormente pactada, por cada unidad de trabajo que ejecute, es decir, mientras más unidades de trabajo se realicen en determinado tiempo, mayor será la cantidad de dinero recibida, el problema que este método de pago mal manejado ocasiona salta a la vista, ya que los trabajadores tienen la inclinación de realizar su labor en el menor tiempo posible y esto provoca una disminución de calidad en su trabajo, pero por otra parte con una buena organización, los trabajadores generalmente obtienen un mayor beneficio económico derivado de una planeación adecuada de las obras.

Por otra parte, este sistema ofrece la ventaja de que si se lleva una supervisión constante sobre la calidad del trabajo se pueden lograr avances de obra importantes en corto tiempo.

→ 31  
Es importante recalcar que cualquiera que sea el método de remuneración que se use, el trabajador siempre deberá percibir cuando menos el salario mínimo legal establecido por la institución gubernamental correspondiente.

En nuestro medio, el personal que labora en la industria de la construcción, está organizado en diversos niveles jerárquicos cuyas principales categorías son las que se observan en la tabla de la siguiente página:

## ESPECIALIDADES EN LA CONSTRUCCION

Peón  
Peón concretero  
Albañil  
Albañil especializado  
Cantero  
Yesero  
Carpintero  
Fierrero  
Perforista  
Barretero  
Poblador  
Pintor  
Electricista  
Plomero  
Soldador  
Herrero  
Montador

Operador de excavadora  
Operador de tractor  
Operador de motoescrpa  
Operador de motoconformadora  
Operador de compactador  
Operador de planta trituradora  
Operador de planta mezcladora  
Operador de compresora  
Operador de petrolizadora  
Operador de malacate  
Operador de cablevía  
Operador de bomba de concreto  
Operador de grúa  
Operador de equipo pesado de acarreo

Sobrestante general  
Sobrestante de albañilería  
Sobrestante de carpintería  
Sobrestante de concretos  
Sobrestante de barrenación  
Sobrestante de terracerías  
Sobrestante de pavimentación  
Sobrestante de túneles  
Sobrestante de montajes

Jefe de campamento  
Jefe de veladores  
Velador  
Almacenista  
Bodeguero  
Gasolinero  
Checador de material  
Tomador de tiempo  
Jefe de mecánicos  
Mecánico diesel  
Mecánico gasolina  
Mecánico electricidad  
Engrasador  
Chofer

**NOTA:** Algunas de las especialidades mencionadas anteriormente se auxilian con ayudantes especificos para cada área.

Como sabemos el costo de obra de mano es una de las partes principales en la integración de el costo directo de una obra, dicho costo está estrechamente ligado con el rendimiento del trabajador, el cual se analizará en un capítulo posterior.

### *Salario.*

Estrictamente hablando, el salario es la remuneración que se entrega a un trabajador por el desempeño de su labor, sin embargo, es importante definir algunos conceptos referentes al salario que el Ingeniero Constructor debe manejar con soltura, ya que es muy importante que al contratar o ejecutar una obra, no pierda de vista a que tipo de salario se está refiriendo el convenio contractual o que tipo de salario está reportando en sus informes.

Por lo anterior se deberá tener muy clara la diferencia entre:

- a) Salario mínimo.
- b) Salario base o nominal.
- c) Salario real.

a).- Se deberá conocer como salario mínimo aquel salario estipulado por la institución gubernamental correspondiente, (en el caso de México, La Comisión Nacional de Salarios mínimos), dicho salario tiene un carácter de obligatoriedad avalado por nuestra legislación en materia laboral, es decir, ningún trabajador que mantenga una relación laboral con alguna Empresa o patrón podrá percibir un salario inferior al salario mínimo; este salario mínimo es el que se otorga a la menor categoría o capacidad del trabajador que es el denominado peón.

En nuestro país se ha optado por subdividir el territorio en zonas económicas que tienen diferentes salarios mínimos acordes al costo de la vida en cada una de ellas.

En los contratos colectivos de trabajo que se celebran en las organizaciones sindicales se establecen salarios mínimos para las distintas categorías de trabajadores que esten representados por dicha organización y es evidente que estos salarios son superiores a los salarios mínimos que para esa zona en particular establezca la Comisión de salarios mínimos, y se les denomina "salarios mínimos profesionales" que pueden derivarse también de dicha comisión. Puede suceder además que por condiciones de oferta y demanda de mano de obra, los salarios que tengan que pagarse sean superiores a los que establezca el contrato colectivo de trabajo.

De aquí surge el primer factor importante que el Ingeniero debe tener presente al contratar una obra ya que si pasa por alto este detalle su costo por mano de obra se va a incrementar de manera importante, y esto repercutirá directamente en un aumento en los precios unitarios.

b).- Salario base o nominal, es aquel por el cual se contrata al trabajador por cada día de trabajo transcurrido.

c).- Salario Real es aquel salario que reúne todos los conceptos que causen una erogación al patrón y que estén relacionados directa o indirectamente con el trabajador, es decir, el salario real es el costo total que un trabajador representa para la empresa, sea esta pública o privada.

Este salario real es superior al salario base en un porcentaje considerable (dependiendo de las prestaciones de cada empresa), por lo cual es muy importante saber calcularlo.

#### **Consideraciones para la integración del salario real.**

a).- *Días no laborales por fiesta de costumbre.*

Por tradiciones arraigadas en nuestro medio laboral, los días correspondientes a celebraciones religiosas más notables, como son: Viernes y Sábado Santos, 3 Mayo, 1o y 2 de Noviembre y 12 de Diciembre, el obrero no trabaja; es por eso que los constructores aceptan como no laborales, de acuerdo con su propia política, algunos de los días aquí mencionados.

b).- *Días no laborales por enfermedad no profesional.*

Cuando por enfermedad no profesional el obrero no trabaja, el patrón se ve obligado a cubrir su salario durante los 3 primeros días de ausencia, por lo que el Ingeniero deberá considerar a criterio, los días no laborales por esta causa.

c).- *Días no laborales por agentes físico- meteorológicos.*

Es indispensable que para la integración del salario del trabajador, en base al lugar donde se van a ejecutar las obras, el medio geográfico, la estación del año, la topografía local, etc., el Ingeniero analista de precios unitarios, realice una investigación estadística y la aplique en la definición de un número de días no laborales por causas fortuitas, como pudieran ser: lluvia, nieve, calor, frío, inundaciones y derrumbes.

*Normalmente 3 días*

d).- *Días no laborables por descanso obligatorio 7.17 días (Art. 74 L.F.T)*

De lo establecido en los incisos anteriores, podemos obtener ya conclusiones importantes aunque parciales, para la integración del salario real del trabajador.

**Primero:** Los trabajadores, de acuerdo con la ley, tienen derecho a recibir como compensación a su trabajo, los siguientes pagos mínimos anuales:

Por cuota diaria (Art. 83)	365 días
Por prima vacacional (Art. 76 y 80) 0.25 x 6 días de vacaciones mínimas	1.5
Por aguinaldo (Art. 87)	15
SUMA	<hr/> 381.5 días

**Segundo:** También de acuerdo con la ley, los trabajadores tienen derecho de descansar, con goce de salario, los siguientes días mínimos al año:

Por séptimo día (Art. 69)	52 días (domingos)
Por días festivos (Art. 74)	7.17
Por vacaciones (Art. 76)	6
SUMA	<hr/> 65.17 días.

**Tercero:** De acuerdo con la experiencia y la política de cada constructor, es necesario considerar también como inactivos algunos días del año, durante los cuales el trabajador goza de su salario íntegro, como pueden ser:

Por fiestas de costumbre	3 días
Por enfermedad no profesional.	1
Por mal tiempo y otros.	2
SUMA	<hr/> 6 días

En resumen, tenemos que los días pagados al trabajador por año, son: 381.5 días realmente trabajados son:  $365 - 65.17 - 6 = 293.83$  días. Podemos entonces determinar el valor de un coeficiente de incremento, debido exclusivamente a prestaciones de la Ley Federal del Trabajo, que es:

$$\frac{381.5 \text{ días pagados}}{293.83 \text{ días laborados}} = 1.2984$$

Lo cual significa que, al integrar el salario real del trabajador, deberá considerarse un incremento del 29.84% sobre su salario base, por concepto de prestaciones de la Ley Federal del Trabajo.

Eventualmente, se llegan a presentar casos en que por necesidad de las obras o por convenir a los intereses del contratante y aún del contratista de la obra, se laboran jornadas de más de 8 y hasta 12 horas diarias de trabajo, constituyéndose lo que llamamos "jornada extraordinaria de trabajo". Existen también circunstancias en que, por urgencia, o por gran volumen de obra por realizar, se hace necesario establecer dos o tres turnos de trabajo.

Es importante también, mencionar los casos de obras foráneas donde la utilización de obra de mano especializada es indispensable y en cuyas localidades se carece de la misma, presentándose entonces la necesidad de pagar viáticos (ayuda para hospedaje y/o alimentos) al personal llevado de otros lugares. Estos importes, se deberán considerar adicionalmente a los del salario real, para las categorías correspondientes.

### *INFONAVIT*

Con el fin de proporcionar a los trabajadores habitaciones cómodas, higiénicas y a un precio accesible; el 1o de Mayo de 1972, se creó el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT).

Dicho fondo está formado por las aportaciones que en efectivo hacen las empresas, de 5% sobre los salarios integrados de los trabajadores a su servicio, de acuerdo a lo mencionado por el artículo 136 de la Ley Federal del Trabajo. Para efectos de integración del Salario real del trabajador, el Ingeniero deberá incluir en él, las cuotas que se deben cubrir por este concepto.

El factor que por este concepto modifica la integración del salario real del trabajador, será:

$$\frac{0.05 \times 381.5 \text{ días de salario ordinario}}{293.83 \text{ días laborados}} = 0.0649$$

$$5\% \times 1.3210 = 0.0661$$

Lo cual significa que, al integrar el salario real del trabajador, deberá considerarse un incremento del 6.49% sobre su salario base, por concepto de cuotas patronales al INFONAVIT.

En los concursos de obras públicas se dispone que: "en los análisis de precios unitarios, no debe figurar el 5% del importe de las percepciones de los trabajadores, que en los términos del artículo 136 de la Ley Federal del Trabajo, las empresas en su calidad de patrones, están obligados a aportar al Fondo Nacional de la Vivienda". Lo anterior significa, en este caso, que el Ingeniero deberá considerar tales erogaciones dentro del importe de su utilidad bruta, sin embargo lo seguiremos tomando en cuenta para ver en cuanto importan todas las prestaciones sobre el salario.



#### *Seguro Social y Prestaciones.*

De acuerdo a las dos posiciones legales emanadas de los principios constitucionales que nos rigen, todos los empresarios tienen la obligación ineludible de inscribir a sus trabajadores en el Instituto Mexicano del Seguro Social, el cual a cambio del pago de las primas de seguro correspondientes, se encarga de velar por la seguridad de los trabajadores y de impartirles la asistencia, servicios sociales y prestaciones señaladas por la propia Ley del Seguro Social, reformada el 12 de Marzo de 1973.

El régimen obligatorio de la Ley, comprende los siguientes seguros:

I Riesgos de trabajo:

G-

610062

II Enfermedades y maternidad:

III Invalidez, vejez, cesantía en edad avanzada y muerte

IV Guardería para hijos de asegurados.

La misma Ley establece cuotas o primas que cubren cada uno de los seguros anteriores. El Ingeniero analista deberá saber valorar el importe de esas cuotas o primas, y considerarlos en la integración del salario real del trabajador.

!Tabla!

A continuación se presenta la tabla V.1 en la que se resúmen los importes de las cuotas vigentes que se deben pagar al Seguro Social, para distintos grupos de salario

diario, por concepto de seguro de enfermedades y maternidad ( Arts. 121 183 ), de acuerdo con la Ley del Seguro Social.

**PORCENTAJE DE APLICACION A LA PERCEPCION BASE DE COTIZACION,  
PARA EL CALCULO DE LAS CUOTAS BIMESTRALES.**

ENFERMEDADES Y MATERNIDAD			RAMAS DE SEGURO INVALIDEZ, VEJEZ, CESANTIA EN EDAD AVANZADA Y MUERTE			TOTAL		
Del patrón	Del asegurado	Cuota obrero patronal	Del patrón	Del asegurado	Cuota obrero patronal	Patrón	Asegurado	Suma
8.40%	3.00%	11.40%	4.200%	1.500%	5.700%	12.60%	4.50%	17.10%

**TABLA IV.1**

**NOTAS IMPORTANTES:**

A las cuotas señaladas deberán aumentarse:

A) La del seguro de riesgos de trabajo, que se calculará aplicando a la cuota bimestral del seguro de invalidez, vejez, cesantía en edad avanzada y muerte, la prima que corresponda a la clase y grado de riesgo que el Instituto haya asignado a la empresa.

B) La del Seguro de Guardería para hijos de asegurados, que se determinará aplicando la prima del 1% que establece el artículo 191 de la Ley del Seguro Social, a la cantidad que por salario en efectivo se pague a los trabajadores por concepto de cuota diaria (tomando en consideración los límites señalados en el artículo 33 del mismo ordenamiento).

Como complemento a la información indicada en la tabla No. 2 cabe mencionar que, de acuerdo al artículo 42 de la misma Ley, corresponde al patrón pagar integralmente la cuota señalada para los trabajadores que sólo perciban el salario mínimo, lo cual significa que para este caso, el patrón deberá pagar la totalidad de cuotas obrero- patronales.

Para efectos de la fijación de cuotas patronales del seguro de riesgos de trabajo, el artículo 78 de la Ley del Seguro Social establece que éstas se determinarán en relación a la cuota obrero- patronales del seguro de invalidez, vejez, cesantía y muerte, conforme a los términos del "Reglamento de Clasificación Empresas y Grados de Riesgo para el Seguro de Accidentes de trabajo y Enfermedades Profesionales ", que se expresan en forma condensada en la Tabla V.2.

Clase de empresa según el reglamento de clasificación de empresas en grado de riesgo.

GRADOS DE RIESGO

Primas correspondientes al grado medio de riesgo expresadas en --- por ciento del importe de las cuotas obrero-patronales del seguro de invalidéz, vejez, cesantía y muerte.

	Mínimo	Medio	Máximo	
I	1	3	5	5%
II	4	9	141	5%
III	11	12	43	740%
IV	30	45	69	75%
V	50	75	100	115.125 %

TABLA IV.2

El artículo 12 del reglamento mencionado, clasifica a las empresas relacionadas con la construcción de la Clase V, por lo que la prima por seguro de accidentes de trabajo es del 115.125% del importe de la cuota obrero-patronal del seguro de invalidéz, vejez, cesantía y muerte.

El mismo reglamento, preveé la posibilidad de modificar las primas por este seguro cuando las empresas adopten medidas de higiene y seguridad que disminuyan el riesgo. Las primas que procedan en tales casos nunca serán menores a las correspondientes al riesgo mínimo, ni mayores a las correspondientes al riesgo máximo para su clase.

La previsión de medidas de higiene y seguridad en una obra implica la generación de costos que el Ingeniero podrá considerar en la parte correspondiente a costos indirectos; sin embargo, esta práctica resulta siempre recomendable en cuanto a la salud y las vidas de los trabajadores que quedarán protegidas por estos medios. Ejemplo de estos conceptos son: el uso del casco, mascarillas, anteojos, botas, barandales en rampas, andamios de seguridad, redes e iluminación de áreas de circulación.

De acuerdo a lo mencionado en el presente inciso, y considerando además que la base de cotización para el pago de cuotas por concepto de seguro de riesgos de trabajo, seguro de enfermedad, maternidad y seguro de invalidéz, vejez, cesantía y muerte, es la totalidad de pagos al trabajador (Art. 32 de la Ley del Seguro Social); estamos en condiciones de determinar, por dichos conceptos, un coeficiente de incremento adicional para la integración del salario real, teniendo los siguientes casos:

a).- Para el trabajador de salario mínimo.

Enfermedades y maternidad (Tabla):	11.440 %.
Invalidez, vejez, etc (Tabla):	5.700 %.
Riesgo de trabajo 115.125 % de la cuota obrero-patronal de invalidez, vejez, cesantía y muerte.	6.5621 %
SUMA	<u>23.7021 %</u>
$\frac{.237021 \times 381.5 \text{ días pagados}}{293.83 \text{ días laborados}} = 0.3077$	

b).- Para los trabajadores de salarios mayores que el mínimo.

Enfermedades y maternidad (Tabla):	8.400 %
Invalidez, vejez, etc. (Tabla):	4.200 %
Riesgos de trabajo 115.125 % de la cuota obrero-patronal de invalidez, vejez, cesantía y muerte.	6.5621 %.
SUMA	<u>19.1621 %.</u>
$\frac{0.191621 \times 381.5 \text{ días pagados}}{293.83 \text{ días laborados}} = 0.2488$	

Lo cual significa que al integrar el salario real del trabajador, debemos considerar incrementos del 30.77% para el trabajador con salario mínimo, y de 24.88% para los trabajadores con salarios superiores, sobre sus respectivos salarios base, por concepto de cuotas patronales al Seguro Social correspondiente a los seguros antes mencionados.

Con el fin de que las trabajadoras dispusieran de lugares apropiados para el cuidado de sus hijos durante las horas de trabajo, el 1o de Abril de 1973, se creó el seguro de guarderías para hijos de aseguradas y de acuerdo a los artículos 190,191 de la

Ley del Seguro Social, los patrones cubrirán íntegramente el importe de la prima correspondiente, independientemente de que tengan o no trabajadoras a su servicio; además, el monto de dicha prima será del 1% sobre el salario integrado del trabajador.

El factor que por este concepto modifica la integración del salario real del trabajador, será:

$$\frac{0.01 \times 381.5 \text{ días pagados}}{293.83 \text{ días laborados}} = 0.0130$$

Lo que significa que debemos considerar un incremento del 1.30 % adicional al salario base del trabajador, debido a cuotas patronales al Seguro social por concepto de guarderías para hijos de aseguradas, en la integración del salario real.

Es importante hacer notar la responsabilidad que tiene un contratista ante el Seguro Social, del pago de las cuotas del personal de sus "subcontratistas", quienes se encargan de realizar los trabajos más especializados, como pueden ser: yeseros, pintores, instaladores, carpinteros, etc., lo anterior significa que el contratista deberá cubrir el importe de las primas; cuando los subcontratistas omiten los pagos correspondientes.

#### *Impuestos sobre remuneraciones pagadas.*

Por decreto presidencial, a, partir del 1o de Febrero de 1965 se creó el pago de un impuesto del 1% sobre diversas percepciones y erogaciones, que se dedica a la enseñanza media y superior, técnica y universitaria, actualmente integrado a la "Ley de Ingresos de la Federación". En la fracción I del artículo 2o. de dicho decreto se establece que son causantes del impuesto " quienes efectuan pagos por concepto de remuneraciones al trabajo personal".

El pago de dicho impuesto corresponde a una erogación real del patrón que repercute en el costo de la mano de obra, ya que deberá pagar el 1% del total de remuneraciones pagadas lo que modifica la integración del salario real del trabajador, en:

$$\frac{0.01 \times 381.5 \text{ días pagados}}{293.83 \text{ días laborados}} = 0.0130$$

Por tanto, deberá considerarse un incremento del 1.30% sobre el salario base del trabajador, por concepto del impuesto patronal sobre remuneraciones pagadas.

#### *El IVA en los costos de Obra de Mano.*

La remuneración de la mano de obra no incluye traslación de IVA (Impuesto al Valor Agregado) por los trabajadores al empleador; los pagos que éste hace por tal concepto no incluye, pues el porcentaje del IVA y en consecuencia éste no debe aparecer en los análisis ni formar parte de los precios unitarios.

Excepción de lo anterior, es el caso de un subcontrato por servicio de mano de obra, proporcionado por una persona moral, como es el ejemplo de un destajista formalmente constituido en Sociedad Anónima, que factura cumpliendo con todos los requisitos fiscales y debe trasladar el IVA a la empresa a quien prestó el servicio; sin embargo, de igual manera que lo mencionado para materiales, este IVA pagado por la empresa no debe incorporarse a los análisis de precios sino se manejará contablemente en cuentas especiales.

#### *Integración del salario real del trabajador.*

La determinación y valoración de los factores que intervienen en toda relación obrero-patronal, conducen a la integración del salario real del trabajador que, como se mencionó anteriormente, corresponde a la erogación total del patrón por cada día realmente laborado por el trabajador y que incluyen pagos directos, prestaciones en efectivo y en especie, pagos por impuestos y cuotas a instituciones de beneficio social.

En la práctica, dicha integración corresponde en realidad a la integración de un coeficiente, usualmente llamado "factor de salario real", que al ser multiplicado por el salario base del trabajador, dá por resultado el salario real por determinar. Este factor es variable para cada categoría pero, en general, se determinan: Uno para salario mínimo y otro para categorías de salarios mayores; así mismo es usual que tal factor se calcule en base a la erogación y los días trabajados durante un ciclo anual a efecto de considerar proporcionalmente todas las variaciones que se presenten durante ese ciclo.

La suma de los resultados de cada uno de los puntos anteriores nos ayudan a determinar el factor de salario real. Obtengamos pues el factor de salario real sumando los incrementos al salario base.

**Tenemos:**

Factor aplicable al salario base del trabajador por obligaciones y prestaciones marcadas por la Ley Federal del Trabajo	1.2984
Incremento al factor por cuotas al INFONAVIT.	0.0649
Incremento al factor por cuotas patronales al Seguro Social debidas a los Seguros de: riesgos profesionales, enfermedades y maternidad, e invalidez, vejez, cesantía y muerte.	
a).- Para categorías de salario mínimo.	0.3077
b).- Para categorías de salarios mayores al mínimo.	0.2488
Incremento al factor por cuotas patronales al Seguro Social debidas al Seguro de guarderías.	0.0130
Incremento al factor por impuestos sobre remuneraciones pagadas al trabajo.	0.0130
La suma de los incrementos anteriores nos determina el factor de salario real para:	
a).- Salario mínimo.	1.6970
b).- Salarios mayores al mínimo.	1.6381

**EJEMPLO DE CALCULO PARA LA OBTENCION DEL SALARIO REAL.**

A continuación presentamos un ejemplo numérico para la obtención del salario real del trabajador, basado en la aplicación del factor de salario real. También se muestra la forma de valorar el tiempo extraordinario y su integración al salario real del trabajador.

Ejemplo. Obtención del salario real para las categorías y salarios base enlistados.

I.- Considerando jornadas de trabajo normales, de 8 horas.

II.- Considerando jornadas de trabajo ordinarias de 10 horas diarias.

CATEGORIAS	SALARIO BASE
Peón (salario mínimo).	10,080.00 UM
Oficial de albañilería.	14,720.00 UM
Carpintero de obra negra.	13,695.00 UM
Fierrero.	14,170.00 UM
Operador de tractor.	15,470.00 UM
Chofer de camión.	15,060.00 UM
Operador de cargador, motoconformadora y compactador.	14,990.00 UM

*El salario mínimo*

En esta caso únicamente tenemos que multiplicar los salarios base por los factores de salario real correspondientes. Por lo que ahora tenemos:

*Factor salario Real*

CATEGORIAS	SALARIO BASE	F.S.R.	SALARIO REAL
Peón (salario mínimo)	10,080.00	1.6970	17,105.76
Oficial de albanilería.	14,720.00	1.6381	24,112.83
Carpintero de obra negra	13,695.00	1.6381	22,433.78
Fierrero	14,170.00	1.6381	23,211.88
Operador de tractor	15,470.00	1.6381	25,341.41
Chofer de camión	15,060.00	1.6381	24,669.79
Operador de cargador -- Motoconformadora y com pactador	14,990.00	1.6381	24,555.12

TABLA IV.3

## II.- Considerando jornadas de trabajo extraordinarias.

### A.- Determinación del tiempo extra semanal.

Horas trabajadas a la semana en jornada extraordinaria: 6 días x 10 H. = 60 horas

Horas trabajadas a la semana en jornada normal: 6 días x 8 H. = 48 horas

Horas extras a la semana, que deberán pagarse como lo establecen los artículos 66, 67 y 68 de la Ley Federal de Trabajo = 12 horas.

### B.- Equivalencia del tiempo extra en horas normales.

Horas extras dobles (Art. 67 LFT) 9 H. extras = 18 H. normales

Horas extras triples (Art. 68 LFT) 3 H. extras = 9 H. normales

S U M A                      12 H. extras                      = 27 H. normales

Lo anterior significa que las 60 horas trabajadas a la semana, le costarán al patrón, por pagos directos al trabajador, lo correspondiente a:

48 horas normales + 27 equivalentes = 75 horas normales.

Asimismo el patrón tendrá la obligación de pagar la cuota obrero-patronal, al Seguro Social y el impuesto educacional correspondiente al tiempo extraordinario, de acuerdo a cada categoría; entonces tendremos que para:

#### a).- Salario mínimo:

Por Seguro Social:  $0.237021 \times 27 \text{ H.}$  = 6.40 H. normales

Por impuesto educacional:  $0.01 \times 27 \text{ H.}$  = 0.27

6.67 H. normales

**b).- Salarios mayores:**

$$\text{Por Seguro Social: } 0.191621 \times 27 \text{ H.} = 5.17 \text{ H. normales}$$

$$\text{Por impuesto educacional: } 0.01 \times 27 \text{ H.} = 0.27$$

$$\underline{\hspace{10em}} \\ 5.44 \text{ H. normales}$$

**c).- Cálculo del sobrecosto.**

Ya que los pagos al trabajador por concepto de tiempo extra se obtiene a partir de su salario base, se podrá calcular el sobrecosto por este concepto, con base a un incremento de salario real, que será.

**a).- Para salario mínimo:**

$$\text{Incremento al F.S.R.} = \frac{(27 + 6.67) \text{ H. equivalentes}}{48 \text{ H. normales}} = 0.7015$$

**b).- Para salarios mayores:**

$$\text{Incremento al F.S.R.} = \frac{(27 + 5.44) \text{ H. equivalentes}}{48 \text{ H. normales}} = 0.6768$$

Con estos factores obtendremos los sobrecostos de salario real.

CATEGORIA	FACTORES DE SALARIO REAL			SALARIO GENERAL			
	S. BASE	T. NORMAL	T. EXTRA	TOTAL	T. NORMAL	T. EXTRA	TOTAL
Peón (salario mínimo)	10,080.00	1.6970	0.7015	2.3985	17,105.76	7,071.12	24,176.88
Oficial de albañilería	14,720.00	1.6381	0.6768	2.3149	24,112.83	9,947.78	34,075.33
Carpintero de obra negra	13,695.00	1.6381	0.6768	2.3149	22,433.78	9,335.08	31,702.55
Fierrero	14,170.00	1.6381	0.6768	2.3149	23,211.88	9,576.09	32,802.13
Operador de tractor	15,470.00	1.6381	0.6768	2.3149	25,341.41	10,454.65	35,811.50
Chofer de camión	15,060.00	1.6381	0.6768	2.3149	24,669.79	10,177.55	34,862.39
Operador de cargador motoconformadora y compac.	14,990.00	1.6517	0.6768	2.3275	25,555.12	10,130.24	34,700.35

Observando los resultados de la tabla podemos concluir que un incremento en la jornada de trabajo de 25% (10 horas en lugar de 8), que indudablemente abatiría el tiempo de ejecución de una obra, tendrá un sobre costo aproximado:

$$\frac{0.7015}{1.6970} = \frac{0.6758}{1.6381} = 41\%$$

TABLA IV.4

Hasta aquí se han considerado los diferentes conceptos que son comunes en cualquier parte de nuestro país para determinar el Salario Real en la Industria de la Construcción, sin embargo, existen conceptos que no lo son y que deben considerarse en cada caso particular que se presente, estos son entre otros:

a) Impuestos Estatales.- Cada Estado de la República tiene diferentes tasas de impuestos que gravan las remuneraciones pagadas por el patrón a sus trabajadores, ejemplo en el Estado de México la tasa es del 1.15 %, en el D.F. 2%.

b) Prestaciones Extras que obtienen los diferentes sindicatos con los que se tiene que firmar el Contrato de Trabajo, tales como, ayuda alimenticia, vacaciones, primas vacacionales y aguinaldos superiores a los de la Ley, días festivos especiales no comprendidos en la Ley, etc.

# CAPITULO V

## RENDIMIENTO DE LA OBRA DE MANO

## V. RENDIMIENTO DE LA OBRA DE MANO

Desde la aparición del hombre, este tiene que utilizar sus manos para satisfacer sus necesidades y las de los demás. Prueba de esto es que la mayor parte de las obras realizadas hasta antes de la revolución industrial, fueron hechas por la mano del hombre.

Hoy en día, a pesar del desarrollo tecnológico, existen aún muchos trabajos que sólo pueden ser ejecutados por la mano del hombre; y otros muchos que resultan más económicos con empleo de ella que con maquinaria.

Puede existir además una política oficial que promueva la ocupación de la obra de mano a través de la inversión en ciertos programas de obra pública.

De ahí surge la necesidad de conocer o investigar su rendimiento para poder establecer programas de construcción, programas de recursos humanos, programas financieros, organización de cuadros de mandos intermedios y cálculo de precios unitarios.

Quizá el mayor problema al cual se enfrenta un Ingeniero es el de determinar el rendimiento de la obra de mano, ya que se debe tener en cuenta que su rendimiento nunca será constante, puesto que el trabajador no puede ni debe ser comparado con una máquina, y su capacidad de producción puede ser afectada principalmente por los siguientes factores, ajenos a la voluntad humana.

**FACTORES FISICO-GEOGRAFICOS.**- La fatiga, el clima, las variaciones atmosféricas, los accesos a la obra y al lugar de trabajo, la iluminación y la ventilación adecuada.

**FACTORES SOCIO-ECONOMICOS.**- La educación, el tipo, abundancia y calidad de la alimentación, e incluso los orígenes étnicos, así como el salario, las prestaciones, los incentivos y la acción de los Sindicatos.

**FACTORES TECNICOS.**- La capacitación, la experiencia, la herramienta, el equipo, el procedimiento constructivo, y la dirección.

**FACTORES PSICOLOGICOS.**- La inseguridad, el peligro, la competencia y el bienestar mental, entre otros.

El trabajo que puede desarrollar un ser humano en condiciones normales, depende fundamentalmente de dos factores que varían de región a región geográfica.

- 1.- La dificultad o laboriosidad del trabajo a realizar (por condiciones propias de la obra o del trabajo).
- 2.- El grado de capacitación de hombre (habilidad innata o capacitación obtenida).

Uno de los errores en que con más frecuencia se incurre, reside en tomar rendimientos iguales de obra de mano, y aplicarlos indiscriminadamente a todas las regiones, zonas geográficas y obras del País. El criterio correcto, se fundamenta en establecer rendimientos índice promedio representativos de condiciones ideales, y afectarlos por una serie de coeficientes que conjugados vienen a formar el Factor de Rendimiento de Obra de Mano que es el equivalente al factor de rendimiento de trabajo usado en las máquinas.

El medir el rendimiento de un trabajador, de una cuadrilla de trabajadores, etc., es un proceso muy complejo dada la variedad de factores que mencionamos.

Dentro de la Edificación, dichos rendimientos son relativamente más fáciles de valorar, no así en la construcción pesada, donde a pesar de que el componente de obra de mano es reducida, comparada con el componente de maquinaria, es más difícil poder establecer rendimientos, es por ello que casi no es posible encontrar manuales donde se indique en este tipo de construcción, sus rendimientos promedio.

Desde luego, la experiencia del personal técnico directivo de una obra, es decisiva para el manejo de los rendimientos, ya que de esto dependerá en gran parte el éxito o el fracaso económico de la obra.

Existen sistemas modernos que utilizan la fotografía, la cinematografía o la televisión entre otros, para realizar con detalle estudios de "Tiempos y Movimientos", que están basados en las suposiciones de que para cualquier trabajo existe siempre, "una forma mejor" de realizarlo, y que un método científico es la forma más segura de determinar esta "forma mejor".

En operaciones muy repetitivas éstos estudios dan resultados altamente positivos. Se realizan para economizar segundos o fracciones de segundos en cada fase de operaciones y para que éstas sean realizadas con ritmo y coordinación, con lo que también se evita el cansancio de los operarios y, sobre todo, se logran mayores volúmenes de producción en el mismo tiempo.

El Estudio del Trabajo abarca técnicas de estudio de métodos y de la medida del trabajo para asegurar la mejor utilización posible de los recursos humanos y materiales con el fin de alcanzar un elevado nivel de productividad industrial.

El Estudio del Trabajo es específicamente:

- a) Un medio para aumentar la productividad con POCOS GASTOS.
- b) Un método sistemático de analizar las operaciones.
- c) Un buen medio para establecer normas de acción.
- d) Algo adaptable a todo tipo de industrias.
- e) Un instrumento por demás penetrante para el análisis y la investigación propias a la dirección.

El Estudio del Trabajo abarca dos técnicas fundamentales:

- Estudio de métodos.
- Medida del trabajo.

#### **1.- Estudio de métodos.**

- Los métodos surten grandes efectos en la productividad.
- El esfuerzo extra no aumenta la productividad en forma tan notable como lo hace un método mejorado.

El estudio de métodos sirve para crear y aplicar métodos más fáciles y efectivos para reducir costos. Es el registro, análisis y examen crítico, en forma sistemática, de los métodos existentes y propuestas para hacer el trabajo.

Los objetivos del estudio de métodos son los siguientes:

- 1.- Mejoramiento de procesos y procedimientos.

- 2.- Mejoramiento del lugar de trabajo.
- 3.- Mejoramiento del diseño del equipo de la obra.
- 4.- Economía en el uso de materiales, máquinas, mano de obra.
- 5.- Disminución de la fatiga y el esfuerzo.
- 6.- Mayor seguridad para el personal.
- 7.- Mejoramiento del medio ambiente material para el trabajo.

El estudio de métodos se ocupa de: los operarios, las máquinas, los materiales, las operaciones, los artículos acabados, el manejo y manipulación, disposición de locales, condiciones de trabajo, el tiempo del ciclo de fabricación, los requisitos de calidad, las herramientas, el papeleo, los sistemas.

El estudio de métodos sigue un procedimiento fundamental de seis pasos: Seleccionar, registrar, examinar, desarrollar, adoptar y mantener.

- 1.- Escoger la tarea a estudiar.
- 2.- Registrar todos los hechos pertinentes mediante observación directa.
- 3.- Examinar críticamente estos hechos y su orden de secuencia.
- 4.- Desarrollar el método más práctico y efectivo.
- 5.- Adoptar éste método como práctica uniforme.
- 6.- Mantener esta práctica uniforme por medio de comprobaciones rutinarias y periódicas.

## **2.- Medida del trabajo.**

Es la aplicación de las técnicas destinadas a establecer el contenido de trabajo de una tarea específica, mediante la determinación del tiempo que necesita para llevar a cabo un obrero calificado, con arreglo a una norma de rendimiento preestablecida.

Los objetivos son:

- 1.- Investigar, disminuir y eliminar el tiempo improductivo.
- 2.- Ayudar al estudio de métodos.
- 3.- Fijar normas de rendimiento congruentes y equitativas.
- 4.- Proporcionar datos fieles para utilizarlos en componer diagramas y fórmulas.
- 5.- Completar la normalización de una tarea dada.

Existen dos técnicas fundamentales de medidas del trabajo:

- Estudio de tiempos, o estudio cronometrado de tiempos.
- Estudio de producción.

### **1.- Estudio de Tiempos.**

Es la técnica empleada para determinar, con la mayor precisión posible y bastándose en un número limitado de observaciones, el tiempo que se necesita para llevar a cabo una actividad dada y al que se ha definido como norma de actuación.

### **2.- Estudio de Producción.**

Es un estudio de tiempo llevado a cabo durante un período determinado de tiempo (por lo general un turno), con el fin de saber la frecuencia y duración de las actividades y/o el tiempo improductivo que se dan irregularmente o con poca frecuencia. También sirve para comprobar las normas de tiempo existentes.

En las siguientes páginas se consigna una serie de tablas conteniendo rendimientos óptimos de diversos trabajos de ejecución manual; todos los valores que aparecen en las mismas, son promedios estadísticos, y el lector deberá emplearlos, ajustándolos a valores reales, con la aplicación de los diversos factores que para cada caso corresponda, que son los que se enunciaron con anterioridad.

En todas las tablas de referencia, los valores consignados implican que el personal encargado de los trabajos se encontrará suficiente y adecuadamente equipado con todas las herramientas, dispositivos e incluso equipo mecánico manual que sus labores requieran. Así mismo, dichos promedios implican que los diversos materiales que serán empleados en la ejecución de los trabajos, se encontrarán al alcance de los operarios, dentro de las zonas distanciadas no más de lo especificado, y en todo caso, cuando los acarreos sean de cierta importancia, cada cuadrilla deberá tener incorporado un número de operarios en cantidad necesaria y suficiente para que las operaciones se conduzcan en forma normal, armónica, balanceada y racional, evitándose los tiempos ociosos derivados de falta de materiales o equipo, así como los que una mala organización llegaría a crear en forma de interferencias mutuas y congestionamientos injustificados.

Los sobreacarros locales realizados por cuadrillas al efecto destinadas, deberán estimarse por separado, de los rendimientos correspondientes a los trabajos propiamente de ejecución de obra o partes de la obra.

**Nota: Los jornales considerados en las tablas que a continuación se presentan, son de 8 horas.**

CONCEPTO	UNIDAD	RENDIMIENTO EN JORNALES CATEGORIA (*)	CONCEPTO	UNIDAD	RENDIMIENTO EN JORNALES CATEGORIA (*)
Despalme de terreno a mano.	m <sup>2</sup>	0.2000 (1)	Acarreo en bote de 18L, tierra, arena, agua, escombro o concreto Primera estación. Incluye carga.	m <sup>3</sup>	0.1685 (1)
Limpieza de terreno incluye: Deshierbe y retiro de material producto de éste a 20 m.	m <sup>2</sup>	0.0209 (1)	Acarreo en carretilla de tierra, grava escombro o concreto sin fraguar. Primera estación. Incluye carga.	m <sup>3</sup>	0.9140 (1)
Trazo de ejes constructivos sin pasar nivel.	m <sup>2</sup>	0.0060 (1) 0.0030 (3)	Acarreo en carretilla material producto de excavación compactado con pison de mano en capas de 20 cm.	m <sup>3</sup>	0.1755 (1)
Excavación a mano en cepa, material tipo I de 0 a 2 m. de profundidad.	m <sup>3</sup>	0.2500 (1)	Traspaleo de 1 a 3 m.	m <sup>3</sup>	0.0950 (1)
Excavación a mano en cepa, material tipo I de 2 a 4 m. de profundidad.	m <sup>3</sup>	0.2860 (1)	Registro de tabique asentado con mortero, cemento-arena; con 12 cm. de espesor, 40 x 60.	pza	0.8333 (1) 0.8333 (3)
Excavación en cepa, material tipo II de 0 a 2 metros de profundidad.	m <sup>3</sup>	0.4000 (1)	Tendido de tubo de albañal de concreto de 20 cm., juntado con mortero, cemento arena.	ml	0.0500 (1) 0.0500 (3)
Excavación en cepa, material tipo II de 2 a 4 m. de profundidad.	m <sup>3</sup>	0.5000 (1)	Tendido de tubo de concreto de 10 cm. juntado con mortero, cemento, arena.	ml	0.0450 (1) 0.0450 (3)
Excavación a mano en cepa, material tipo III de 0 a 2 m. de profundidad.	m <sup>3</sup>	0.1000 (1)			
Acarreo en bote de 18L, material producto de excavación medido en banco; Primera estación incluye carga.	m <sup>3</sup>	0.2263 (1)			

CONCEPTO	UNIDAD	RENDIMIENTO EN JORNALES CATEGORIA (*)	CONCEPTO	UNIDAD	RENDIMIENTO EN JORNALES CATEGORIA (*)
Elaboración de concreto con revolvedora.	m <sup>3</sup>	0.4208 (1) 0.9526 (3)	Cimbra y descimbra en muros y perfiles con altura máxima de 3 metros	m <sup>2</sup>	0.1457 (2) 0.1457 (4)
Elaboración de concreto a mano.	m <sup>3</sup>	0.6665 (1)	Cimbra y descimbra en losa para altura de 3 metros sin nivel de apoyo.	m <sup>2</sup>	0.0928 (1) 0.0928 (4)
Fabricación y colocación de concreto ciclopeo.	m <sup>3</sup>	1.0499 (1) 0.3200 (3)	Cimbra y descimbra en trabes, altura máxima 3 metros sin nivel de apoyo.	m <sup>2</sup>	0.1226 (2) 0.1226 (4)
Colocación de concreto en cimentación; incluye acarreo, vaciado, vibrado, acabado y curado.	m <sup>3</sup>	0.6480 (1) 0.1620 (3)	Cimbra y descimbra en rampa de escalera.	m <sup>2</sup>	0.1481 (2) 0.1481 (4)
Colocación de concreto en columnas de muros; vaciado, vibrado, acabado y curado.	m <sup>3</sup>	0.9520 (1) 0.2380 (3)	Cimbra y descimbra en contra trabes con peralte máximo de 1.50 metros	m <sup>2</sup>	0.1111 (2) 0.1111 (4)
Colocación de concreto en trabes y losas; incluye acarreo, vaciado, vibrado, acabado y curado.	m <sup>3</sup>	0.9068 (1) 0.2267 (3)	Cadena de concreto sección 20 x 20 cm. reforzado c/4 varillas de 1/2" de pulgadas.	ml	0.1050 (1) 0.1050 (3)
Cimbra y descimbra columnas rectangulares o cuadradas con altura máxima de 3 metros.	m <sup>2</sup>	0.1329 (1) 0.1321 (4)	Cadena de concreto sección 15 x 15 c/3 varillas de 3/8" y estribos de 1/4" c/30 cm.	ml	0.0833 (1) 0.0833 (3)

CONCEPTO	UNIDAD	RENDIMIENTO EN JORNALES CATEGORIA (*)	CONCEPTO	UNIDAD	RENDIMIENTO EN JORNALES CATEGORIA (*)
Castillo de concreto ahogado en muro block armado c/2 varillas #2.5	ml	0.500 (1) 0.600 (3)	Habilitado y armado de acero con refuerzo del #8 en estructura.	ton	4.6459 (2) 4.6459 (5)
Castillo de concreto sección 15 x 15 cm. reforzado c/4 varillas de 3/8" y estribos de 1/4" c/25 cm.	ml	0.0910 (1) 0.0910 (3)	Mampostería de piedra brava, asentada con mortero - de 0 a 2 m. de profundidad	m <sup>3</sup>	0.5000 (1) 0.4000 (3)
Castillo de concreto sección 28 x 28 reforzados c/4 varillas de 1/2" y estribos de 1/4" c/25 cm.	ml	0.1330 (1) 0.1330 (3)	Mampostería de piedra brava, asentada con mortero - de 0 a 4 m. de profundidad	m <sup>3</sup>	0.6500 (1) 0.6500 (3)
Habilitado y armado de acero de refuerzo del #2 en cimentación <i>#3</i>	ton	7.9499 (2) — 7.9499 (5)	Aplanado en muros con mortero a plomo de regla, acabado con plana de madera.	m <sup>2</sup>	0.0910 (1) 0.0910 (3)
Habilitado y armado de acero de refuerzo del # 10 en cimentación.	ton	4.2968 (2) — 4.2968 (5)	Muro de tabique hueco de 6 x 12 x 24, 2 cm. de espesor, asentado con mortero	m <sup>2</sup>	0.1280 (1) 0.1280 (3)
Habilitado y armado de acero de refuerzo del #2.5 en estructura.	ton	6.0129 (2) 6.0129 (5)*	Muro de block hueco de cemento de 15 cm. de espesor, tipo intermedio.	m <sup>2</sup>	0.1000 (1) 0.1000 (3)
Habilitado y armado de acero de refuerzo #4 en estructura.	ton	5.2989 (2) 5.2989 (5)	Muro de tabique recocado de 15 cm. de espesor asentado con mortero, de 0 a 3 - metros.	m <sup>2</sup>	0.1250 (1) 0.1250 (3)

CONCEPTO	UNIDAD	RENDIMIENTO EN JORNALES CATEGORIA (*)	CONCEPTO	UNIDAD	RENDIMIENTO EN JORNALES CATEGORIA (*)
Colocación de tubería de asbesto-cemento de 4".	ml	0.0143 (10) 0.0451 (1) 0.0143 (2)	Colocación de herrería con mortero, incluye plomeado y anclaje.	m <sup>2</sup>	0.1131 (1) 0.1131 (3)
Colocación de tubería de asbesto-cemento de 6".	ml	0.0182 (10) 0.5860 (1) 0.0182 (2)	Colocación de marcos de lámina para puertas con mortero; incluye plomeado y rezanado.	ml	0.0660 (1) 0.0660 (3)
Colocación de poliducto de 1/2" para línea alimentadora de poste.	ml	0.0150 (14) 0.0150 (2)	Piso de concreto acabado, pulido o escobeteado, 5 cm. de espesor.	m <sup>2</sup>	0.0949 (1) 0.0949 (3)
Tendido de tubería de fierro galvanizado de 13 mm., incluye, conexiones.	ml	0.0160 (10) 0.0160 (2)	Piso de piedra bola asentada sobre firme de concreto, de 5 cm. de espesor.	m <sup>2</sup>	0.2000 (1) 0.2000 (3)
Tendido de tubería de fierro galvanizado de 51 mm. de diámetro incluye conexiones.	ml	0.0360 (10) 0.0360 (2)	Colocación de malla electro soldada, calibre 6 x 6 10/10 en pisos.	m <sup>2</sup>	0.0083 (2) 0.0083 (5)
Tendido de tubo sanitario PVC de 100 mm. de diámetro incluye conexiones.	ml	0.0360 (10) 0.0360 (2)	Piso de mosaico liso de 20 x 20 cm. asentado con mortero.	m <sup>2</sup>	0.0986 (2) 0.0986 (6)
Aplanado de yeso en muros, aplomo y regla, 1.5 cm. de espesor.	m <sup>2</sup>	0.0777 (11) 0.0777 (2)	Enladrillado asentado con mortero, acabado, escobillado con lechada de cemento gris.	m <sup>2</sup>	0.0500 (1) 0.0500 (3)

CONCEPTO	UNIDAD	RENDIMIENTO EN JORNALES CATEGORIA (*)	CONCEPTO	UNIDAD	RENDIMIENTO EN JORNALES CATEGORIA (*)
Aplanado fino a plomo y regla con mortero de 2.5 cm. de espesor	m <sup>2</sup>	0.0825 (1) 0.0825 (3)	Tirol en muros y plafones, acabados, fino y rústico.	m <sup>2</sup>	0.0313 (11) 0.0313 (2)
Azulejo en muros asentado con mortero y lechado con cemento blanco.	m <sup>2</sup>	0.2000 (1) 0.2000 (6)	Tirol planchado, muros y plafones.	m <sup>2</sup>	0.0585 (11) 0.0585 (2)
Martelinado en superficie de concreto.	m <sup>2</sup>	0.2360 (1)	Aplanado de yeso en plafones a nivel y regla para recibir tirol.	m <sup>2</sup>	0.0655 (11) 0.0655 (2)
Demolición de cimientos de piedra braza asentada con mortero.	m <sup>2</sup>	0.6660 (1)	Suministro y aplicación de pintura esmalte en muros de mezcla, en superficie nueva.	m <sup>2</sup>	0.0496 (7) 0.0496 (2)
Demolición de concreto armado con recuperación de acero.	m <sup>2</sup>	2.0393 (1)	Aplicación de pintura vinílica en muros y plafones aplanados con mezcla.	m <sup>2</sup>	0.0280 (7) 0.0280 (2)
Cimbra y descimbra en guardaciones de concreto en tramo curvo usando moldes metálicos.	m <sup>2</sup>	0.0230 (1) 0.0460 (2) 0.0460 (3) 0.0667 (5)	Aplicación de pintura vinílica en muros y plafones de yeso.	m <sup>2</sup>	0.0320 (7) 0.0320 (2)
Cimbra y descimbra en guardaciones de concreto en tramo recto, usando molde metálico.	m <sup>2</sup>	0.0200 (1) 0.0400 (2) 0.0400 (3) 0.0058 (5)	Voladura (barrenación primaria). Profundidad de barrenado 2.30 m; taco 0.50 m. Altura de explosivo 1.80 m. Diámetro de barrenado 32 mm.	m <sup>3</sup>	0.0111 (12) 0.0111 (2)

CONCEPTO	UNIDAD	RENDIMIENTO EN JORNALES CATEGORIA (*)
Barrenación por prefractura para una cepa de -- 1.50 x 2.00 m. de profundidad. Profundidad de barro no 2.0C + 0.30 m. de fogue, separación 0.75 m.	m <sup>3</sup>	0.0111 (12) 0.0111 (2)
Fabricación de estructuras de acero formadas con perfiles semipesados (de 12 a 60 Kg/m)	kg	0.0111 (13) 0.0055 (2)
Fabricación de estructuras de acero formada con perfiles pesados (de mas de 60 kg/m)	kg	0.0167 (13) 0.0083 (2)
Montaje de estructura de acero hasta 20 m. de altura formada en perfiles ligeros	kg	0.0087 (13) 0.0087 (2)
Montaje de estructura de acero hasta 20 m de altura formada en perfiles pesados.	kg	0.0119 (13) 0.0119 (2)
Elaboración y colado de -- concreto en pilotes con cemento tipo I.	m <sup>3</sup>	0.0078 (1)

CONCEPTO	UNIDAD	RENDIMIENTO EN JORNALES CATEGORIA (*)
Elaboración y colado de concreto hidráulico para pavimento de muelle.	m <sup>3</sup>	0.0832 (3) 0.1664 (2) 0.0624 (1)
Alineado y soldado a tope de tubería, procedimiento manual.	ml	0.9090 (2) 7.2727 (13)
Afine de taludes y fondo a mano.	m <sup>2</sup>	0.0240 (1)

**CATEGORIAS (\*)**

- 1.- Peón
- 2.- Ayudante
- 3.- Albañil
- 4.- Carpintero
- 5.- Fierro
- 6.- Azulejero
- 7.- Pintor
- 8.- Herrero
- 9.- Plomero
- 10.- Tubero
- 11.- Yesero
- 12.- Poblador
- 13.- Soldador
- 14.- Eléctricista

CAPITULO VI

COSTO DE MATERIALES

## VI. COSTO DE MATERIALES.

### *Generalidades.*

Es requisito indispensable del Ingeniero constructor el conocer ámpliamente los materiales en todos sus aspectos. Este conocimiento le será de enorme utilidad para seleccionar los materiales óptimos, adecuados a las condiciones de trabajo, y de acuerdo con sus especificaciones, composición, resistencia, calidad, etc., así como las limitaciones económicas.

### *Precio de adquisición.*

El precio del material que se toma como base para integrar el precio unitario de un concepto, es el "Costo del material en obra", en cual esta integrado por el precio de adquisición en fábrica (lugar de origen) más el costo de transporte incluyendo carga y descarga, más los desperdicios tanto en la transportación y maniobras como en su utilización.

Existen gran variedad de precios de adquisición de un mismo tipo de material: en base a la calidad (por ejemplo: Block de concreto con distintas calidades debido a su diferente composición o proceso de fabricación,) también depende de la cercanía del consumidor con respecto a la fuente de origen del material, ya que en determinados casos es más conveniente fabricar el material en obra que traerlo desde lugares lejanos; el precio también varía con el volumen del consumo ya que si es muy grande se obtendrán mejores precios y condiciones de pago, las cuales nos determinan que comprar y cuando comprar.

### *Abundancia y escasez.*

La abundancia y la escasez depende directamente de la demanda en el mercado.

Un material puede ser escaso porque la demanda sea muy elevada o muy ocasional (no conviene en general usar materiales "raros"), es muy conveniente siempre utilizar materiales de la región.

Un material puede ser abundante o escaso en determinado lugar dependiendo de la abundancia o escasez de la materia prima o ingredientes que lo compongan.

Aunque en las obras de construcción pesada se suelen fabricar u obtener los materiales en el sitio (Rocas, grava, arena, suelos, etc) deberán cuidarse la casi totalidad de los aspectos que aquí se tratan para los materiales que se adquieran.

### *FLUCTUACION.*

Es evidente que existe en el mercado la fluctuación, tanto del precio de adquisición, como de la disponibilidad misma de un material.

Puede suceder que la fluctuación de precio se deba a la propia existencia del material, ésta a su vez, puede fluctuar por diversas causas: Condiciones climáticas, problemas laborales que afectan la producción, escasez periódica de materia prima, etc.

El precio fluctúa generalmente con las variaciones de la oferta y la demanda.

Podemos citar como ejemplo de lo anterior, los siguientes casos:

a).- Debido a la época de lluvia, el mercado de tabique recocido presenta la siguiente secuela: Por dificultades de secado, se alarga el proceso productivo y se incrementa el costo unitario de producción. Al disminuir la oferta de tabique en el mercado, mientras continúa la demanda por los consumidores, se incrementa el precio de adquisición, tanto por el incremento en el costo de producción, como por el desequilibrio entre la oferta y la demanda. Esto, además origina pérdida de calidad aunada a la dificultad de conseguir buen material.

b).- Por el incremento en el volumen de construcciones en un periodo determinado, hay aumento en el consumo de cemento lo que origina su escasez en el mercado, incrementándose la demanda y el precio de adquisición.

c).- El precio de adquisición puede incrementarse por una escasez ficticia provocada por los fabricantes, lo cual incrementa la demanda del material.

d).- Los acaparadores de materiales aprovechan las épocas de escasez para vender los materiales que sólo ellos poseen a precios extraordinarios, estableciendo el llamado "Mercado negro".

### *Transporte, carga y descarga de material.*

El monto del costo de las operaciones de carga, descarga y transportación (flete), dependen primordialmente de la distancia de la fuente de suministro a la fuente de consumo del material, y de los procedimientos que siga para la carga y descarga del mismo.

El costo debe integrarse al precio de adquisición para obtener el costo de material en obra.

El costo del flete puede estar dentro del precio de venta del fabricante cuando este es "precio de material puesto en obra" o puede ser cargado al consumidor por separado mediante ciertas tarifas, que pueden estar basadas en volúmenes, peso o número de piezas por kilómetro o bien, por "flete cerrado", como es el caso de materiales de naturaleza delicada o de difícil transportación, tales como elementos de concreto presforzado, transformadores, etc.

Existe transportación externa (de la fuente de producción al sitio de la obra), y transportación interna o local. El suministro de materiales a la obra puede hacerse por medio de ferrocarril, camiones, etc., la transportación local o los comunmente llamados, "acarreos", pueden ser horizontales o verticales, los acarreos horizontales pueden llevarse a cabo con vagonetas, bandas transportadoras, bogues, carretillas, camiones y camionetas, en los verticales con malacates, grúas, torres elevadoras y cangilones.

Debe tenerse en cuenta para efectos de determinar el costo de material en obra, el efecto que en el mismo pueden tener los desperdicios en todas estas etapas de transportación. Estos desperdicios se expresan como un porcentaje del costo del material, se determinan por experiencias anteriores al análisis directo de las condiciones particulares de transportación, y dependen fundamentalmente del tipo de material, del tipo de transporte y de las condiciones en que deban realizarse las operaciones de carga, descarga y transportación.

### *Derechos y regalías.*

Ocasionalmente y por diversas circunstancias, el costo de un material se ve afectado del pago de ciertos derechos y regalías, como pueden ser: Derechos de importación, derecho de pago y regalías de explotación.

Así por ejemplo habrá que pagar los derechos de importación correspondientes por la utilización de materiales del extranjero, como en el caso de mármol de Carrera, aceros especiales, etc., en el caso de querer explotar y extraer cierto material localizado en una propiedad privada, habrá de pagar "regalías de explotación" al propietario de dicho predio.

Generalmente el monto de los derechos y regalías está regido por normas o lineamientos legales.

#### *Almacenamiento de materiales.*

El costo que origina el concepto "almacenamiento de materiales" debe aplicarse a los costos indirectos, y dentro de ellos, específicamente al aspecto "administración de obra" y no ser aplicado al costo del material ya que, el costo en sí, de almacenes o bodegas, tanto en el caso de que alberguen varios materiales o inclusive en el caso de almacenar uno solo, tendría que prorratearse entre todos éstos, o afectar a todos los conceptos en que éste o éstos materiales fuesen utilizados, lo cual además de muy laboriosos, sería impráctico o inexacto.

Sin embargo cabe mencionar, que podría darse el caso en que por circunstancias especiales, fuese conveniente considerar el costo de almacenamiento incluido dentro del costo del material. Ejemplo de lo anterior sería el almacenamiento transitorio e intermedio entre dos etapas de transportación de ferrocarril o de puerto, en la que el material deba ser almacenado, mientras es transportado en camión al sitio de la obra. Otro ejemplo es el de una fosa para almacenamiento de asfalto cuyo costo total debe afectar al costo directo del asfalto.

No debemos olvidar que hay ciertos materiales que requieren para su conservación y correcta utilización, condiciones especiales de almacenamiento, adquiriendo este aspecto importancia capital en estos casos. Ejemplo típico de estos materiales lo constituyen el cemento y la dinamita.

#### **RIESGOS.**

Los diversos materiales que se emplean en una obra, están sujetos a distintos riesgos durante las diferentes etapas, desde su transportación hasta su utilización. El riesgo generalmente se traduce en un mayor desperdicio que el normal, considerando las condiciones de empleo de un material

Los riesgos podemos clasificarlos en dos grupos; normales y extraordinarios.

Los riesgos normales se reflejan en un desperdicio del material considerado aceptable. Se expresa como un porcentaje del costo del material y de las condiciones de su utilización. Afectan directamente al costo del material.

Los riesgos extraordinarios se traducen en un desperdicio mayor que el considerado como normal, como puede ser la pérdida total o parcial, o el deterioro de un material. Son cubiertos generalmente por seguros específicos, cuyo costo debe ser cargado directamente al costo del material. Uno de los ejemplos más comunes de este tipo de seguro lo constituye el seguro de transportación.

*EL I. V. A. en los costos de materiales.*

En la integración del costo directo por concepto de materiales no se incluyen los importes acumulados por pago de IVA en las diferentes etapas de dicha integración (adquisición, fletes, manejos, almacenamientos, etc.).

Los importes de los IVA pagados por el constructor a sus prestadores de servicios, se maneja contablemente en cuentas especiales que registran: IVA pagado (por acreditar), IVA trasladado al cliente (adicional al precio unitario pero no integrado a él), e IVA enterado a S H y C P, que viene siendo la diferencia entre el IVA pagado y el IVA trasladado al cliente.

La Construcción de Casa Habitación de Interés Social se encuentra exenta de IVA (Art. 9-II de la Ley del IVA).

En los casos de construcción de obras de este tipo, el IVA sí se integra al costo.

Es importante tener siempre presente en la elaboración de precios unitarios que el costo de un material no es aquel que nos cotiza un determinado proveedor sino que involucra toda una serie de costos adicionales que si se olvidan se pueden traducir en grandes pérdidas dependiendo del tamaño de la obra.

A continuación se presenta un ejemplo para la integración del costo directo de un material.

**EJEMPLO:**

Determinar el costo por tonelada de cemento que deberá considerarse para la integración de costos para la remesa mensual en los siguientes frentes de una presa: Vertedor de excedencias, túneles de desvío y obra de toma, contando con los siguientes datos:

Demanda en el vertedor = 4000 ton/mes

Demanda en túneles = 3000 ton/mes

Demanda en obra de toma = 2500 ton/mes

Estas demandas se determinaron por las especificaciones propias de la obra que señalan que debe tenerse una provisión de material suficiente para un mes, para evitar cualquier problema de escasez o desabasto del material.

La Compañía cuenta con un almacén destinado exclusivamente para el cemento cuyo costo de operación es de 5000 UM/día y está ubicado a una distancia de 10 km de la presa y a 25 km de la estación de ferrocarril más próxima.

Debido a que en las cercanías no se encontró a ningún proveedor disponible, se recurrió a una fábrica que suministra el cemento a un precio de 20,000 UM/ton, el cual incluye la transportación hasta la estación del ferrocarril anteriormente mencionada, donde se recibe el material en un almacén cuya renta es de 800 UM/ton.día

Para el transporte local del cemento se cuenta con 4 camiones con capacidad de 30 ton y 3 más con capacidad de 8 ton, cuyos costos horarios son de 9000 UM/hr y 4000 UM/hr respectivamente.

Las operaciones de carga y descarga serán realizadas directamente desde las tolvas de almacenamiento por lo cual, solo se considera por mano de obra un operador de las tolvas, cuyo salario esta incluido en el costo de almacenamiento.

### SOLUCION:

$$\text{Demanda bruta} = 4000 + 3000 + 2500 = 9500 \text{ ton/mes}$$

Considerando desperdicios por carga y descarga de 1% por cada movimiento, tenemos:

$$\begin{aligned} \text{Desperdicio en almacén de la estación} &= 2\% \\ \text{Desperdicio en almacén General} &= 2\% \\ \text{Desperdicio de 1\% en cada obra} &= 3\% \\ \text{Desperdicio total} &= \underline{7\%} \end{aligned}$$

$$\text{Por lo tanto el pedido de cemento total} = 9500 \times 1.07 = 10165 \text{ ton/mes}$$

$$\text{Costo bruto del cemento} = 10,165 \times 20,000 = 203'300,000. \text{ UM}$$

Para reducir el costo por almacenamiento en la estación se debe transportar todo el material al almacén propiedad de la compañía; utilizando la flotilla de camiones a toda su capacidad, para lo cual se obtienen sus rendimientos de la manera más aproximada posible. Una vez que se han calculado los rendimientos se deben considerar los tiempos muertos y la eficiencia con que trabajará el equipo, para fines del ejemplo éstos serán los datos:

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento para camión de 30 ton} &= 40 \text{ ton/hr} \\ \text{Rendimiento para camión de 8 ton} &= 16 \text{ ton/hr} \end{aligned}$$

Rendimiento de la flotilla  $4 \times 40 + 3 \times 16 = 208$  ton/hr. Trabajando 18 hrs/día (por tiempos muertos) el rendimiento es  $208 \times 18 = 3744$  ton/día.

Para determinar el número de días que necesita trabajar la flotilla se realiza la siguiente operación:

$$\frac{10165}{3744} = 2.71 \text{ días, es decir, } 2.71 \times 18 = 48.78 = 49 \text{ hrs.}$$

Ahora ya podemos considerar en cuanto se incrementa el costo por el almacenamiento en la estación,

El primer día:  $10165 \text{ ton} \times 1 \text{ día} \times 800 \text{ UM/ton día} = 8'132,000 \text{ UM.}$

El segundo día:  $(10165 - 3744) \times 1 \text{ día} \times 800 \text{ UM/ton. día} = 5'136,800 \text{ UM}$

El tercer día:  $(6421 - 3744) \times 1 \text{ día} \times 800 \text{ UM/ ton. día} = 2'141,600 \text{ UM}$

Por lo tanto el costo por almacenamiento en estación es:

$$8'132,000 + 5'136,800 + 2'141,600 = 15'410,400 \text{ UM}$$

El costo de transporte al almacén general

$$(49 \text{ hr} \times 9000 \text{ UM/hr} \times 4) + (49 \text{ hr} \times 4000 \text{ UM/hr} \times 3) = 2'352.000 \text{ UM}$$

Ahora se debe determinar el costo del transporte del almacén general a la obra, y el costo de almacenamiento. Considerando que la demanda de cemento en las obras es proporcional, se obtiene la demanda diaria como sigue:

$$\text{Demanda en el vertedor} \frac{4000 \text{ ton/mes}}{25 \text{ días/mes}} = 160 \text{ ton/día}$$

$$\text{Demanda en túneles} \frac{3000 \text{ ton/mes}}{25 \text{ días/mes}} = 120 \text{ ton/día}$$

$$\text{Demanda en obra de toma} \frac{2500 \text{ ton/mes}}{25 \text{ días/mes}} = 100 \text{ ton/día}$$

$$\text{DEMANDA DIARIA TOTAL} = 380 \text{ ton/día}$$

Es decir se tienen que transportar a los diferentes frentes 380 ton/día en un lapso máximo de 2 hrs, con el fin de que las plantas cuenten con el cemento para la fabricación del concreto antes de iniciar las labores del día.

Debido a que la distancia y las condiciones del camino cambian, se deben volver a obtener los rendimientos de los camiones disponibles:

Rendimiento para camión de 30 ton = 60 ton/hr  
Rendimiento para camión de 8 ton = 20 ton/hr

Si consideramos una flotilla compuesta por 2 camiones del 1er grupo y 4 camiones del 2º grupo se tiene:

$2 \times 2 \text{ hr} \times 60 \text{ ton/hr} + 4 \times 2 \text{ hr} \times 20 \text{ ton/hr} = 400 \text{ ton.}$  que cubren el requerimiento diario en el tiempo especificado.

Una vez conocido lo anterior podemos determinar el costo de éste transporte al día  $2 \times 2 \text{ hr} \times 9000 \text{ UM/hr} + 4 \times 2 \text{ hr} \times 4000 \text{ UM/hr} = 68,000 \text{ UM}$  y el costo por mes es  $68,000 \text{ UM/día} \times 25 \text{ días/mes} = 1'700,000 \text{ UM.}$

El costo del almacenaje es  $50,000 \text{ UM/día} \times 30 \text{ días/mes} = 1'500,000 \text{ UM.}$

En este último concepto se manejan 30 días/mes debido a que el almacenamiento también se realiza en domingos.

Así el costo del cemento puesto en planta es de:

Costo bruto	203'300,000 UM
Costo del 1er. almacenaje	15'410,400 UM
Costo por 1er transporte	2'352,000 UM
Costo del 2o. almacenaje	1'500,000 UM
Costo del 2o. transporte	1'700,000 UM
<b>TOTAL</b>	<b>224'262,400 UM</b>

Por lo tanto el costo por tonelada que deberá considerarse en ese mes para el cemento es:

$$224'262,400/9500 = 23606.57 \text{ UM/Ton}$$

## CAPITULO VII

### COSTO DE MAQUINARIA

## VII. COSTO DE MAQUINARIA

Antes de entrar a la teoría de costos del equipo es necesario definir algunos conceptos.

### *VALOR DE ADQUISICION.*

Se ha llamado valor de adquisición de una máquina a su precio promedio actual en el mercado.

Cuando el valor de adquisición de la máquina incluye el valor de las llantas y/u otros accesorios de desgaste rápido, estos valores deberán ser descontados del valor de adquisición original, ya que el desgaste y costo de reposición de dichos accesorios se considera en un inciso del análisis del costo horario de la máquina.

### *VALOR DE RESCATE.*

Se entiende por valor de rescate de una máquina el valor comercial que tiene la misma al final de su vida económica.

Toda máquina usada, aún en el caso de que sólo amerite considerársele como chatarra, siempre tiene un cierto valor de rescate. Se acostumbra considerar el valor de rescate, como un porcentaje del valor de adquisición de la máquina, que puede variar entre 5% y 20%. Como regla general se usa un 10%.

### *VIDA ECONOMICA.*

La vida económica de una máquina es el tiempo durante el cual ésta se mantiene operando y produciendo trabajo y con un mantenimiento de acuerdo a lo previsto por el fabricante.

Cabe mencionar que existen numerosos criterios para la determinación de la vida económica de una máquina. El criterio de determinación más empleado es el estadístico, siendo en nuestro medio las estadísticas norteamericanas las más comunmente aceptadas, debido fundamentalmente a que la mayoría de la maquinaria disponible proviene de dicho mercado; más no olvidemos que en América Latina se presentan factores de orden económico, social y cultural que influyen en la eficiencia, y economía de los trabajos de construcción en general, y que difieren en mucho a los factores determinantes de la vida económica de los equipos en el medio norteamericano tales factores hacen que en constructores tengan que seguir prácticas tendientes a crear estadísticas más fieles de nuestra realidad y a unificar la diversidad de criterios de vidas económicas existentes en nuestro medio.

A continuación presentamos una tabla que muestra la variación de periodos de vida económica en años y horas de algunos de los equipos más usuales de la industria de la construcción y aplicables en nuestro medio.

MAQUINA	SRIA. DE HDA. Y CRED. PUB.	ASOC. DE PALAS Y DRAGAS	LIBRO AMARILLO	SRIA. DE AGRI. Y RECURSOS HIDR.	PEURIFOY	CAM. NAL IND. CONST.	SCT
Camiones 5 ton. motor gasolina	5 AÑOS	----	5 AÑOS 7040 Hrs.	5 AÑOS 10 000 Hrs	5 AÑOS 10 000Hr.	5 AÑOS 8000 Hrs.	8000 Hrs.
Cargador frontal oruga de mas de 8 hp.	5 AÑOS	----	5 AÑOS 5280Hrs.	5 AÑOS 10 000 Hrs.	5 AÑOS 7000 Hrs.	5 AÑOS 6000 Hrs.	10 000 Hrs.
Compactadores vibratorios autopropulsados	5 AÑOS	----	4 AÑOS 5632 Hrs	----	----	4 AÑOS 6400 Hrs	10 000 Hrs,
Compresores portatiles 210-1200 p.c.m.	5 AÑOS	----	5 AÑOS 6000 Hrs	5 AÑOS 6000 Hrs	5 AÑOS 6000 Hrs	5 AÑOS 6000 Hrs	8600 Hrs.
Dragas orugas 2v2 - 3 yd <sup>3</sup>	5 AÑOS ----	16 AÑOS 28,800 Hrs	625 AÑOS 7700 Hrs	8 AÑOS 16 000 Hrs	588 AÑOS 9408 Hrs	625 AÑOS 8750 Hrs	13 400 Hrs.
Motoconformadoras	5 AÑOS	----	5 AÑOS 7040 Hrs	5 AÑOS 10 000 Hrs	5 AÑOS 10 000 Hrs	5 AÑOS 8000 Hrs	10 000 Hrs.
Motoescrepas	5 AÑOS	----	5 AÑOS 7040 Hrs	5 AÑOS 10 000 Hrs	5 AÑOS 10 000 Hrs	5 AÑOS 8000 Hrs	12 000 Hrs.
Tractor oruga con power shift	5 AÑOS	----	5 AÑOS 6160 Hrs	5 AÑOS 10 000 Hrs	5 AÑOS 10 000 Hrs	5 AÑOS 7000 Hrs	12 000 Hrs.

TABLA VII.1

## **COSTO HORARIO DE OPERACION DE MAQUINARIA:**

La práctica de muchos años ha enseñado la conveniencia de estructurar todos los análisis de costos sobre la base del costo de operación por hora de las máquinas, ya que a su vez los rendimientos de las mismas se ha acostumbrado expresarlos en función de cada hora de trabajo.

El costo horario por equipo es el que se deriva del uso correcto de las máquinas adecuadas y necesarias para la ejecución de los conceptos de trabajo conforme a lo estipulado en las especificaciones y en el contrato y se integra mediante los siguientes cargos:

Cargos fijos

Cargos de consumo

Cargos por operación

calculados por hora efectiva de trabajo.

### **CARGOS FIJOS:**

Son los que se derivan de los correspondientes al:

Cargo por depreciación

Cargo por inversión

Cargo por seguros

Cargo por mantenimiento mayor

**CARGO POR DEPRECIACION.** - Este cargo que podría llamarse también "cargo para reposición de equipo". Es el que resulta por la disminución en el valor original de la maquinaria, como consecuencia de su uso durante el tiempo de su vida económica. Existen muchas formas para valorar este concepto, pero las más comúnmente empleadas son:

### *A) METODO DE DEPRECIACION LINEAL.*

Este método considera que la disminución del valor original de la maquinaria como consecuencia de su uso sigue una depreciación lineal, es decir que la maquinaria se deprecia una misma cantidad por unidad de Tiempo.

Se representa por la siguiente ecuación.

$$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$$

en donde:

D = Depreciación por hora efectiva de trabajo

Va = Representa el valor inicial de la máquina considerándose como tal el precio comercial de adquisición de la máquina nueva en el mercado nacional, descontándose el valor de las llantas en su caso, y de algunos aditamentos adicionales.

Vr = Representa el rescate de la máquina

Ve = Representa la vida económica de la máquina expresada en horas de trabajo

En la actualidad, en el medio de la construcción la legislación fiscal en México considera que la depreciación total del equipo de construcción se completa en un periodo de 4 años, lo cual significa una depreciación anual del 25% del costo de adquisición de la máquina, esto es, siguiendo el criterio de depreciación lineal, y no considera valor alguno de rescate.

### *B) METODO DE CARGOS DECRECIENTES O DEL RESTO DECLINANTE*

En este método se asume que la pérdida de valor del equipo durante un año dado, equivale a un porcentaje fijo del valor al principio de ese año. El valor calculado al principio de ese año es igual al costo total inicial menos la depreciación total durante los años anteriores.

Así por ejemplo, para un tractor D8 con un valor de 1'200,000.00 UM y suponiéndole una vida útil de 5 años y que se despreja cualquier valor de rescate que se pueda tener al cabo de ese tiempo, la depreciación promedio será del 20% por año. Multipliquemos esta cantidad por 2 y el 40% que así obtenemos será el porcentaje

por el que hay que multiplicar el valor del equipo al principio de ese año, para obtener la depreciación al año en consideración. En la tabla siguiente se pueden ver los resultados obtenidos.

FIN DE AÑO	%DE DEPRECIACION	DEPRECIACION EN EL AÑO	VALOR DE LISTA
0	0	0	1 200,000
1	40	480,000	720,000
2	40	288,000	432,000
3	40	172,800	259,200
4	40	103,680	155,520
5	40	62,208	93,312

TABLA VII.2

Con este método y suponiendo que se deseará calcular el cargo correspondiente de depreciación para un trabajo que se vaya a ejecutar durante el 2° año de la vida útil y haciendo éste en la consideración de que la vida útil de la máquina es de 2000 horas por año, se tendría:

$$D = \frac{432\,000 - 93\,312}{2000} = 169.34 \text{ UM/hr}$$

Si el cargo por depreciación se desea calcular para el 4° año de vida útil, sería:

$$D = \frac{155\,520 - 93\,312}{2000} = 31.10 \text{ UM/hr}$$

Con este ejemplo se ve que no es fácil dar una aplicación práctica a este método para fines de integración de costos horarios de las diversas máquinas que participan en la ejecución de una obra, ya que cada uno de ellos tendría seguramente fechas distintas de adquisición.

### C) METODO DE LA SUMA DE LOS DIGITOS

Consiste en ir sumando los dígitos correspondientes a todos los años de vida que se estima para la maquinaria. En el ejemplo del tractor esta suma sería igual a  $1+2+3+4+5 = 15$ . Entonces se deduce del costo total del equipo el valor de

rescate estimado. Durante el primer año, el costo de la depreciación será igual a 5/15 menos el valor de rescate. Durante el segundo año será 4/15 menos el valor de rescate y así sucesivamente hasta llegar al 5° año. Veamos los resultados en la siguiente tabla considerando un valor de rescate igual a 62,000.00 UM.

FIN DEL AÑO	PROPORCION DE LA DEPRECIACION	COSTO MENOS VALOR RECUPERACION	DEPRECIACION EN EL AÑO	VALOR DE LISTA
0	0	1'138,000.00	0	1 200,000.00
1	5/15	1'138,000.00	379,333.00	820,667.00
2	4/15	1'138,000.00	303,466.00	517,201.00
3	3/15	1'138,000.00	227,600.00	280,601.00
4	2/15	1'138,000.00	151,733.00	137,860.00
5	1/15	1'138,000.00	75,866.00	62,000.00

TABLA VII.3

Para calcular por este método la depreciación que debería considerarse para el final del 2° año de vida útil se tendría:

$$D = \frac{517\,201 - 62\,000}{2000} = 277.60 \text{ UM/hr}$$

Y para el final del 4° año sería:

$$D = \frac{137\,868 - 62\,000}{2000} = 37.93 \text{ UM/hr}$$

Como se observa, este método presenta las mismas dificultades que el anterior, pero queda a criterio del Ingeniero determinar el procedimiento que más se apegue a la realidad aunque sea para fines internos de control ya que fiscalmente solo se acepta la depreciación líneal.

**CARGO POR INVERSION.-** Cualquier organización, para comprar una máquina, adquiere los fondos necesarios en los bancos o mercados de capitales, pagando por ellos los intereses correspondientes; o bien, si el empresario dispone de fondos suficientes de capital propio, hace la inversión directamente esperando que la máquina le reditúe en cualquier momento cuando menos los intereses de su capital invertido en valores de renta fija. En síntesis podemos decir, que el "cargo por inversión", es el cargo equivalente a los intereses correspondientes al capital invertido en maquinaria.

Esta representado por la ecuación:

$$I = \frac{V_a + V_r}{2 H_a} i$$

en donde:

I = Cargo por inversión por hora efectiva de trabajo.

V<sub>a</sub> = Valor inicial de la máquina

V<sub>r</sub> = Valor de rescate de la máquina

$\frac{V_a + V_r}{2}$  = Valor medio de la máquina durante su vida económica

H<sub>a</sub> = Número de horas efectivas que el equipo trabaja durante el año

i = Tasa promedio mínima de interés anual en vigor en valores de renta fija.

**CARGO POR SEGUROS.-** Se entiende como "Cargo por seguros" el necesario para cubrir los riesgos a que está sujeta la maquinaria de construcción durante su vida y por los accidentes que sufra. Este cargo existe tanto en el caso de que la maquinaria se asegure con una compañía de seguros, como en el caso de que la empresa constructora decida hacer frente a sus propios recursos, a los posibles riesgos de la maquinaria (autoaseguramiento).

Este cargo está representado por:

$$S = \frac{V_a + V_r}{2 H_A} s$$

S = Cargo por seguros por hora efectiva de trabajo

V<sub>a</sub> = Valor inicial de la máquina

V<sub>r</sub> = Valor de rescate de la máquina

$$\frac{V_a + V_r}{2} = \text{Valor medio de la máquina durante su vida económica}$$

Ha = Número de horas efectivas que el equipo trabaja durante el año.

s = Prima anual promedio, expresada en por ciento del valor de la máquina.

**CARGOS POR MANTENIMIENTO.-** Son los originados por todas las erogaciones necesarias para conservar la maquinaria en buenas condiciones, a efecto de que trabaje con rendimiento normal durante su vida económica. En el mantenimiento se consideran todas las erogaciones necesarias para efectuar reparaciones a la maquinaria en talleres especializados, o aquellas que puedan realizarse en el campo, empleando personal especialista y que requieran retirar la maquinaria de los frentes de trabajo por un tiempo considerable. Incluye: obra de mano, repuestos y renovaciones de partes de la maquinaria, así como otros materiales necesarios.

Esta representada por:

$$M = QD$$

En la presente ecuación:

M = Cargo por mantenimiento mayor por hora efectiva de trabajo

Q = Representa un coeficiente de mantenimiento. Se calcula con base en experiencias estadísticas; varía para cada tipo de máquina y las distintas características del trabajo.

D = Representa la depreciación de la máquina calculada en el inciso de cargo por depreciación.

En la tabla siguiente se presenta una relación de valores del coeficiente "Q" para diferentes tipos de maquinaria y equipo, considerando depreciación lineal de los mismos.

**"COSTO DE LAS REPARACIONES DE DIFERENTES TIPOS DE MAQUINARIA Y EQUIPO, EXPRESADOS EN PORCIENTO POR LOS COSTOS DE DEPRECIACION LINEAL DE LOS MISMOS"**

**100 %**

**Q = 1.0**

Aplanadoras, desgarradores, bombas de alta presión, de pistón o de sumidero, botes para concreto, equipo marino, escarificadores, motoescrapas, grúas de patas - fijas, moldes de acero, motores de combustión interna y eléctricos, palas mecánicas, retroexcavadoras, rodillos "pata de cabra", soldadores de acetileno, tolvas para concreto, tractores con o sin cuchilla, transportadores portátiles.

**80 %**

**Q = 0.8**

Agitadores para concreto, bombas para concreto, bombas centrífugas, botes de - almeja, camiones de volteo, normales y fuera de carretera, compresores, dosifi-- cadoras, dragas de arrastre, equipo bituminoso (exceptuando estufas), gatos hi-- dráulicos, malacates eléctricos, martinets para clavar pilotes, mezcladoras de - concreto de 1.5 m<sup>3</sup> o mayores, mezcladoras montadas en camión, mezcladoras - de mortero, motoconformadoras, pavimentadora, plantas trituradoras y clasi-- ficadoras, soldadoras con motor de gasolina, tolvas para agregados, transportado-- res estacionarios, vagonetas de volteo, vibradores de concreto, zanjadoras.

**60 %**

**Q = 0.6**

Aguzadoras, camiones (exceptuando los de volteo), cañones neumáticos para con-- creto; cargadoras de canchales, elevadores de canchales, grúas móviles, malaca-- tes de gasolina, mezcladoras pequeñas, perforadoras neumáticas, plantas de con-- creto, quebradoras, remolques, compactadores de rodillos, excepto "pata de ca-- bra".

**40 %**

**Q = 0.4**

Herramienta eléctrica de mano, herramienta neumática, mezcladoras pequeñas de concreto.

**TABLA VII.4**

## CARGOS POR CONSUMOS:

Las máquinas empleadas en la construcción son accionadas generalmente por motores de combustión interna, bien sean de gasolina o diesel.

El consumo de combustible de una máquina de combustión interna es proporcional a la potencia desarrollada por la misma. Toda máquina, al operar en condiciones normales, solamente necesita de un porcentaje de su potencia nominal total, lo cual se expresa aplicando a la potencia nominal máxima un coeficiente llamado "factor de operación", el cual varía entre 50% y 90% con respecto a la potencia nominal máxima.

La altura con respecto al nivel del mar, las variaciones de temperatura y las diversas condiciones climáticas, ejercen influencias adversas sobre el consumo de combustibles en las máquinas de combustión interna, ya que disminuyen la potencia del motor, pero esta disminución se considera involucrada, para efecto de cálculo, en el factor de operación.

Los cargos por consumos son los que se derivan de las erogaciones que resulten por el uso de:

Combustible

Otras fuentes de energía

Lubricantes, filtros, grasa

Llantas

Tren de rodaje

Elementos especiales de desgaste

**CARGO POR CONSUMO DE COMBUSTIBLES.-** Es el derivado de todas las erogaciones originadas por los consumos de gasolina o diesel para que los motores produzcan la energía que utilizan para desarrollar trabajo.

Esta representado por:

$$E = e P_c$$

En la presente ecuación:

$E$  = Cargo por consumo de combustibles, por hora efectiva de trabajo.

$e$  = Representa la cantidad de combustible necesaria, por hora efectiva de trabajo, para alimentar los motores de las máquinas a fin de que desarrollen su trabajo dentro de las condiciones medias de operación de las mismas. Se determina en función de la potencia del motor, del factor de operación de la máquina y de un coeficiente determinado por la experiencia, que variará de acuerdo con el combustible que se utilice.

$P_c$  = Representa el precio de combustible que consume la máquina.

Para maquinaria de construcción dotada de motores de combustión interna, por procedimientos estadísticos, se ha determinado que tienen los siguientes consumos promedios de combustible, por cada hora de operación y referidos al nivel del mar:

Motores de gasolina = 0.24 litros por H. P. op/hora

Motores diesel = 0.20 litros por H. P. op/hora

Refiriéndose tales consumos a la potencia efectivamente desarrollada como promedio horario por los motores, lo que significa que para calcular los consumos reales de los mismos, deberá multiplicarse el factor de consumo correspondiente arriba señalado, por la "potencia de operación" (H.P.o.p.). Así por ejemplo, una máquina de motor diesel de 100 H.P., cuyo factor de operación es 0.70 (promedio), tendrá un consumo combustible de:

$$0.20 \text{ litros} \times 100 \text{ H.P.} \times 0.70 = 14.0 \text{ litros/hora}$$

**CARGOS DE CONSUMO DE OTRAS FUENTES DE ENERGIA.-** Es el derivado de las erogaciones originadas por los consumos de energía eléctrica o de energéticos diferentes de los combustibles señalados anteriormente y representa el costo que tengan la energía consumida en la unidad de tiempo considerada.

El consumo de energía de un motor eléctrico depende fundamentalmente de su eficiencia para convertir la energía eléctrica que recibe en la energía mecánica que proporciona para ser utilizada. La ecuación fundamental que determina el costo de estos consumos es:

$$E_c = N \times E_m \times P_e$$

donde

$E_c$  = Es el cargo por la energía consumida

$N$  = Es la eficiencia del motor eléctrico

$E_m$  = Es la energía mecánica utilizable

$P_e$  = Es el precio de la unidad de energía eléctrica suministrada.

Los factores que determinan la eficiencia de un motor eléctrico son muy variados, pero en forma general podemos citar los siguientes:

- 1 - El por ciento de potencia utilizada respecto a la potencia nominal.
- 2.- El diseño mecánico
- 3.- El diseño electromagnético
- 4.- La altitud del lugar de operación
- 5.- El tipo de motor
- 6.- Las características del par de arranque, y
- 7.- La edad de la máquina

En la práctica los fabricantes de motores eléctricos proporcionan la potencia nominal en caballos de potencia (H.P.), y la eléctrica se vende en kilowatt- hora (KWH). Para obtener el consumo horario de energía de un motor eléctrico en una hora de operación, considerando la disminución de eficiencia por la edad de la máquina, y también el factor de transformación de potencia nominal (HP) a unidades comerciales de energía eléctrica (KWH); se utiliza la fórmula.

$$E_c = 0.653 \text{ H.P.} \times P_e$$

donde:

$E_c$  = Es la energía eléctrica consumida en KWH,

H.P. = Potencia nominal en H.P.,

$P_e$  = Representa el precio de Kilowatt-hora puesto en la máquina.

**CARGO POR CONSUMO DE LUBRICANTES.-** Es el derivado de las erogaciones originadas por los consumos y cambios periódicos de aceites al cárter, la transmisión, los mandos finales, controles hidráulicos, filtros y grasa; y debe incluir todas las erogaciones necesarias para suministrarlos al pie de la máquina.

Este cargo se calcula de la siguiente manera:

### LUBRICANTES, FILTROS, GRASA

	PRECIO UNITARIO	X	CONSUMO/HORA	=	COSTO/HORA
CARTER	_____	X	_____	=	_____
TRANSMISION	_____	X	_____	=	_____
MANDOS FINALES	_____	X	_____	=	_____
FUNCIONES HIDRAULICAS	_____	X	_____	=	_____
GRASA	_____	X	_____	=	_____
			TOTAL		_____

Los costos horarios de aceites lubricantes y grasas se pueden estimar con gran exactitud tomando los consumos indicados en las tablas proporcionadas por los fabricantes como la que se muestra a continuación.

**CONSUMO HORARIO APROXIMADO DE LUBRICANTES PARA TRACTORES CATERPILLAR**

	POTENCIA	CARTER	TRANSMISION	MANDOS FINALES	CONTROLES HIDRAULICOS	GRASA
	HP	Litros	Litros	Litros	Litros	Kg.
0-10						
D3B	65	.08	.04	.04	.04	.02
D4E	75	.08	.04	.04	.04	.02
D5B	105	.11	.04	.04	.08	.02
D6D	140	.15	.08	.04	.08	.02
D7G	200	.15	.08	.04	.08	.02
D8K	300	.27	.11	.08	.11	.02
D9H	410	.34	.11	.08	.15	.02
DD9H	820	.68	.23	.15	.15	.05
D10	700	.87	.23	.01	.19.	.01

(Cuando se trabaja mucho polvo, barro profundo o agua, aumente las cantidades en un 25%)  
Para otros equipos deberán consultarse las tablas de los fabricantes

**TABLA VII.5**

**GUIA PARA LA ESTIMACION DE LOS COSTOS POR HORA  
LOCALES DE LOS FILTROS**

**INSTRUCCIONES.-** Complete esta tabla utilizando los precios locales y después aplique los factores multiplicadores (mostrados en la tabla de factores multiplicadores), para el costo horario local aproximado de los filtros.

TIPO DE FILTRO No. DE PIEZAS	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD DE PIEZAS	COSTO TOTAL	FACTOR	PERIODO HORA	COSTO HORA
1P229 2 (Descartable)	_____	x _____	= _____	x _____	2000	= _____
8S5820 3 (Descartable)	_____	x _____	= _____	x _____	1000	= _____
1S9150 2 (Descartable)	_____	x _____	= _____	x _____	1000	= _____
1P8483 1	_____	x _____	= _____	x _____	1000	= _____
1P8482 1	_____	x _____	= _____	x _____	2000	= _____
9J750 1 (Descartable)	_____	x _____	= _____	x _____	500	= _____
5S485 2 (Descartable)	_____	x _____	= _____	x _____	250	= _____
4J6064 2 (Descartable)	_____	x _____	= _____	x _____	250	= _____
<b>TOTAL</b>						

**TIPO DE FILTRO:** Se refiere a los filtros usados por las máquinas, conviene aclarar que no siempre se usan todos en cada máquina.

**FACTOR MULTIPLICADOR:** Estos valores están determinados por el fabricante para cada tipo de máquina, para esto se tendrán que consultar las tablas que estos editan.

**TABLA VII.6**

**TABLA DE FACTORES MULTIPLICADORES PARA TRACTORES CATER-  
PILLAR**

D3B	.28
D4E	.29
D5B	.32
D6D	.36
D7G	.39
D8K	.65
D9H	1.00
DD9H	2.00
D10	1.05

NOTA: Los periodos de cambio se basan en las instrucciones de operación y conservación excepto para los elementos del filtro de aire y filtro de combustible en donde se utilizó un promedio.

**TABLA VII.7**

**CARGO POR CONSUMO DE LLANTAS.-** Las llantas del equipo de construcción, al igual que el propio equipo, sufren demérito derivado del uso de las mismas, por lo que es necesario, a más de repararlas y renovarlas periódicamente, reemplazarlas cuando han llegado al fin del período de vida económica.

La vida económica de las llantas varía en función de las condiciones de uso a que sean sometidas, de el cuidado y mantenimiento que se les imparta, de las cargas a que operen y de las superficies de rodamiento de los caminos en que trabajen.

Para llantas de equipo de construcción, que generalmente trabajan en caminos que presentan condiciones muy severas y adversas, resulta práctico expresar su vida económica en horas de trabajo.

Se considerará este cargo solo para aquella maquinaria en la cual, al calcular su depreciación, se haya reducido al valor de las llantas del valor inicial de la misma.

Este cargo está representado por:

$$Ll = \frac{VII}{Hv}$$

donde:

Ll = Representa el cargo por consumo de llantas, por hora efectiva de trabajo.

VII = Representa el valor de adquisición de las llantas, considerando el precio para llantas nuevas de las características indicadas por el fabricante de la máquina.

Hv = Representa las horas de vida económica de las llantas tomando en cuenta las condiciones de trabajo impuestas a las mismas. Se determina de acuerdo con la experiencia, considerando los factores siguientes: velocidades máximas de trabajo, condiciones relativas al camino en que transiten, tales como pendientes, curvaturas, rodamiento; posición en la máquina, cargas que soporten y climas en que se operen.

Estudios estadísticos sobre la observación del equipo de construcción pesada en presas, carreteras, canteras y minas, han establecido que la vida económica aproximada de una llanta es del orden de 80,000 Kilómetros o 5,000 horas de operación normal. Pero solamente en condiciones de obra excepcionales se presentan los factores más favorables a la vida óptima de las llantas, razón por la que, para determinar la vida económica real, es necesario introducir los factores indicados en la "Tabla para determinar la vida económica de las llantas" (tabla VIII.8), los que está en función de las condiciones que priven en las obras.

En la práctica se presentan múltiples condiciones adversas como por ejemplo: que en ciertos tramos de los caminos abunden piedras sobre las superficies de rodamiento, que por condiciones meteorológicas los caminos sufran notorio demérito sin que ello amerite la suspensión de los trabajos, etc. Para cada caso específico se deberán estudiar cuidadosamente las condiciones de las obras, para poder aplicar en forma justa y racional los factores consignados en la tabla de factores para determinar la vida económica de las llantas.

En base a todo lo antes expuesto, se adjunta la tabla de factores de conservación de las llantas del equipo de construcción y vida económica de las mismas (Tabla VIII.9), en la que se consignan los valores de los diversos factores para determinar la vida económica de las llantas, aplicados a cada tipo de maquinaria de construcción, así como la vida económica calculada para las llantas de la misma. En el subrenglón superior se suponen condiciones normales medias, en tanto que el subrenglón inferior, se consignan los valores correspondientes a condiciones adversas. Las vidas económicas se obtuvieron multiplicando la vida óptima de las llantas, considerada del orden de 5,000 horas, por el factor total resultante de multiplicar entre sí, todos y cada uno de los factores individuales correspondientes a cada una de las condiciones. Así por ejemplo: las horas de vida económica de las llantas de un camión pesado de acarreo de terracerías, para las condiciones normales, es el producto de:

$$Hv = 1.0 \times 0.90 \times 0.80 \times 0.95 \times 1.0 \times 0.85 \times 1.0 \times 5,000 = 0.5814 \times 5,000 \text{ horas.}$$

Hv = 2,900 horas, valor que está consignado en la última columna de la tabla de factores de conservación...

## FACTORES PARA DETERMINAR LA VIDA ECONOMICA DE LAS LLANTAS

<i>CONDICIONES</i>	<i>FACTOR</i>
<b>1.- DE MANTENIMIENTO</b>	
Excelente	1.00
Medias	0.90
Deficientes	0.70
<b>2.- VELOCIDAD DE TRANSITO (Máximas)</b>	
16 Km. por hora	1.00
32 Km. por hora	0.80
48 Km. por hora	0.60
<b>3.- CONDICIONES DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO</b>	
Tierra suave sin roca	1.00
Tierra suave incluyendo roca	0.90
Camiones bien conservados con superficie de grava compactada	0.80
Caminos mal conservados con superficies de grava compactada	0.70
<b>4.- POSICION DE LAS LLANTAS</b>	
En los ejes traseros	1.00
En los ejes delanteros	0.90
En el eje de tracción:	
Vehículos de descarga trasera	0.80
Vehículos de descarga de fondo	0.70
Motoescrapas y similares	0.60
<b>5.- CARGAS DE OPERACION</b>	
Dentro del límite especificado por los fabricantes	1.00
Con 20% de sobrecarga	0.80
Con 40% de sobrecarga	0.50
<b>6.- DENSIDAD Y GRADO DE CURVAS EN EL CAMINO</b>	
No existen	1.00
Condiciones Medias	0.90
Condiciones Severas	0.80
<b>7.- PENDIENTES DE LOS CAMINOS (aplicable a las llantas del eje tractor)</b>	
A nivel	1.00
5% como máximo	0.90
10% como máximo	0.80
15% como máximo	0.70
<b>8.- OTRAS CONDICIONES DIVERSAS</b>	
Inexistentes	1.00
Medias	0.90
Adversas	0.80

TABLA VII.8

**FACTORES DE CONSERVACION DE LAS LLANTAS DEL EQUIPO DE CONSTRUCCION Y  
VIDA ECONOMICA DE LAS MISMAS**

CONDICION:	1	2	3	4	5	6-7	8	Factor Total	Vida Económica
Camiones de carretera	1.0 0.9	0.90 0.90	0.90 0.80	0.95 0.95	1.0 1.0	0.90 0.70	1.0 0.9	69.26 438.783	3463 1940
Caiones pesados de terracerías	1.0 0.9	0.90 0.90	0.80 0.70	0.95 0.95	1.0 1.0	0.85 0.70	1.0 0.9	58.14 33.94	2900 1697
Escrepas y motoescrepas	1.0 0.9	1.00 1.00	0.80 0.70	0.75 0.75	1.0 1.0	0.85 0.70	1.0 1.0	51.0 33.07	2550 1650
Motoconformadoras	1.0 0.9	1.00 1.00	0.80 0.80	0.90 0.90	1.0 1.0	0.85 0.70	1.0 1.0	61.20 45.36	3060 2270
Palas cargadoras	1.0 0.9	1.00 1.00	0.80 0.80	0.90 0.90	1.0 1.0	0.85 0.85	1.0 0.9	61.20 49.57	3060 2480
Tractores	1.0 0.9	1.00 1.00	0.80 0.80	0.80 0.80	1.00 1.0	0.85 0.70	1.0 0.9	54.40 36.288	2720 1815
Apisonadoras	1.0 0.9	1.00 1.00	0.80 0.80	1.00 1.00	1.0 1.0	0.85 0.85	1.0 1.0	68.0 61.2	3400 3060

**TABLA VII.9**

**TREN DE RODAJE.**- Los costos del tren de rodaje constituyen una parte importante de los costos de operación de las máquinas de cadenas. Dichos costos pueden variar independientemente de los costos básicos de la máquina. En otras palabras, se puede emplear el tren de rodaje en un medio extremadamente abrasivo, ideal para el desgaste, mientras que para el resto de la máquina las condiciones son benignas y viceversa. Por esta razón, se recomienda que el costo por hora del tren de rodaje se considere como un artículo de desgaste rápido y que no se incluya en los cargos por mantenimiento, que no incluyen ningún fondo para reemplazar el tren de rodaje.

Hay tres condiciones primarias que influyen en la duración potencial del tren de rodaje de cadenas.

**CARGAS DE CHOQUE.**- El efecto más fácil de evaluar es estructural: doblamiento, descantilladuras, rajaduras, aplastamiento de las pestañas de los rodillos, rotura de aristas y desgaste de la tornillería y de los pasadores y bujes.

*Evaluación de las cargas de choque:*

Altas.- Superficies duras e impenetrables con protuberancias de 150 mm. (6 pulg.) o aún más altas.

Moderadas.- Superficies parcialmente penetrables con protuberancias de 75 a 150 mm. (3-6 Pulg.) de alto.

Bajas.- Superficies totalmente penetrables (proporcionan pleno soporte a las planchas de las zapatas) y de pocas protuberancias.

**ABRACION.**- La propiedad de las materias del suelo para desgastar las superficies sometidas a fricción en los componentes de las cadenas.

*Evaluación de la abrasión:*

Intensa.- Suelos muy húmedos que contengan gran proporción de arena o partículas de rocas duras, angulares o cortantes.

Moderada.- Suelos ligeramente mojados o de un modo intermitente, que tengan baja proporción de partículas duras, angulares o cortantes.

Baja.- Suelos secos o rocas con una proporción baja de arena angular o cortante, o esquirlas de roca.

Las cargas de choque y la abrasión combinadas pueden intensificar el grado de desgaste con mayor intensidad que los efectos considerados separadamente, lo cual reduce aún más la duración de los componentes. Esto se debe tomar en cuenta al

estimar la evaluación de las cargas de choque y abrasión o se pueden incluir para elegir el factor "Z".

**FACTOR "Z".**- Representa los efectos combinados de muchas condiciones relativas al ambiente, así como a las operaciones y conservación con respecto a la duración de los componentes en un trabajo determinado.

**ESTIMACION DEL COSTO DE RODAJE.**- La guía siguiente da un factor básico para varios tipos de máquinas de cadenas y una serie de multiplicadores de condiciones para modificar el costo básico de acuerdo al impacto anticipado, abrasión y condiciones varias ("Z") en las que la unidad va a trabajar.

**Paso 1.** Elija la máquina y su correspondiente factor básico.

**Paso 2.** Determine la escala para cargas de choque, abrasión y condiciones "Z".

**Paso 3.** Añada multiplicadores de las condiciones elegidas y aplique la suma al factor básico para obtener la estimación por hora del tren de rodaje.

El resultado será un costo horario estimado para el tren de rodaje en tal aplicación.

FACTORES BASICOS DEL TREN DE RODAJE PARA TRACTORES CATERPILLAR	
MODELO	FACTOR BASICO
D10	14.5
D9,	11.0
D8,,	8.2
D7,	7.2
D6,	5.5
D5,	4.5
D4,	3.2
D3,	2.2

TABLA VII.10

MULTIPLICADORES DE CONDICIONES			
	IMPACTO	ABRACION	"Z"
Alto	0.3	0.4	1.0
Moderado	0.2	0.2	0.5
Bajo	0.1	0.1	0.2

TABLA VII.11

Ejemplo: Un D9 trabaja con material de alta carga de choque y sin abrasión en un factor moderado "Z".

Factor básico del D9 = 11.0  
Multiplicador I = 0.3  
A = 0.1  
Z = 0.5

Costo horario del tren de rodaje =  $(0.3 + 0.1 + 0.5) \times 11.0 = 9.90$  Dólares por hora.

#### NOTAS

1.- Se pueden elegir los multiplicadores de condiciones en cualquier combinación. Por lo tanto, un multiplicador de 0.4 (todos los multiplicadores de bajo alcance) representa lo óptimo, mientras que 1.7 (todos los multiplicadores de gran alcance) representan condiciones pésimas.

2.- El costo por hora del tren de rodaje estimado que se obtenga con este método, constituirá aproximadamente un 60% del costo de las piezas y un 40% de mano de obra. El costo de los componentes del tren de rodaje se basa en las Listas de Precios del Consumidor publicadas en E.U.A. y se pueden ajustar según sea necesario de acuerdo a los derechos de importación, tasas de cambio, etc., fuera de los Estados Unidos.

CONSUMO O POR ELEMENTOS ESPECIALES DE DESGASTE.- Finalmente, el último cargo por consumos es el relativo a piezas sujetas a continuas fuerzas abrasivas, a variaciones súbitas de presión, etc., y cuya vida económica es menor al resto del equipo. Y se calcula mediante la expresión.

$$Pe = \frac{Vp}{Hr}$$

donde:

Pe = Costo por piezas de desgaste rápido, por hora de operación del equipo.

Vp = Valor de adquisición de piezas especiales de desgaste rápido (costo).

Hr = Horas de vida económica de las piezas especiales de desgaste rápido (duración).

Para tener en cuenta este cargo se debe considerar las piezas de desgaste rápido que no estén sujetas a condiciones severas de trabajo que producen un deterioro superior al normal, como pudiera ser, por ejemplo: cuchillas y gavilanes de la hoja de un tractor que continuamente estuviera trabajando en roca o casquillos de un desgarrador en condiciones semejantes. Otros elementos de desgaste rápido, pudieran ser mangueras, brocas, acero de barrenación para equipos de perforación, bandas de hule, etc., siempre que estos elementos no hayan sido considerados en el precio unitario como consumo de materiales, o mantenimiento del propio equipo.

### **CARGOS POR OPERACION:**

Es el que se deriva de las erogaciones que se hacen por concepto del pago de salarios de personal encargado de la operación de la máquina, por hora efectiva de la misma.

Este cargo está representado por:

$$O = \frac{St}{H}$$

En la presente ecuación:

**O** = Cargo por operación del equipo por hora efectiva de trabajo.

**St** = Representa los salarios por turno del personal necesario para operar la máquina. Los salarios deberán comprender: salario base, cuotas patronales por seguro social, impuesto sobre remuneraciones pagadas, días festivos, vacaciones y aguinaldo, o sea, el salario real de este personal.

**H =** Representa las horas efectivas de trabajo que se consideren para la máquina, dentro del turno.

El salario base a que se refiere el factor "St", es aquel señalado en el tabulador vigente para operadores de maquinaria, atendiendo a la clase de máquina, capacidad y responsabilidad delegada al operador, condiciones generales del trabajo, etc., sin olvidar que dicho salario base estará indudablemente afectado por la Ley de "oferta y demanda". En la práctica puede darse el caso de que se fije al operador un salario base reducido, pero incrementándosele por medio de bonificaciones por hora efectiva de trabajo de la máquina, con lo que se logrará además que el operador tenga interés en mantener constantemente su máquina en condiciones de trabajo.

Lo anterior está basado en que la función y responsabilidad de los operadores de maquinaria de construcción, comprende tanto la operación de las máquinas, como todos los cuidados que razonablemente se requieran para la conservación y mantenimiento de las mismas; incluso, es práctica comúnmente establecida por todas las empresas constructoras que, cuando las actividades directas de construcción decrecen, o que la maquinaria es retirada del servicio para concentrarla en los talleres de reparaciones mayores, sus operadores son los mejor avocados para vigilar que las reparaciones del equipo sean correctamente ejecutadas, puesto que ellos conocen íntimamente las deficiencias de la máquina a su cargo.

En la ejecución de cualquier trabajo, es prácticamente imposible que un operador labore en forma continua e ininterrumpida durante toda la jornada de trabajo. Es lógico que existan interrupciones, unas veces debidas a factores humanos, y otras debido a pequeñas reparaciones, ajuste y lubricación de las máquinas.

Debe tenerse en cuenta, así mismo, que especialmente en obras que presentan condiciones muy adversas, las pérdidas de tiempo o interrupciones en las actividades de la maquinaria, se incrementan en forma notable, bien sea por condiciones topográficas desfavorables, por fenómenos meteorológicos adversos, o porque la maquinaria de que se disponga no sea precisamente la más adecuada para las condiciones imperantes en la obra.

Así pues, por cada hora cronológica, solamente se trabaja efectivamente un porcentaje de la misma, el que está profundamente influido por las condiciones de la obra y por la calidad de la administración o gestión de la empresa constructora. Por lo antes dicho, para obtener los tiempos reales o efectivos de trabajo, es necesario

introducir en los cálculos los factores correspondientes, que se señalan en la sig. tabla.

FACTORES DE RENDIMIENTO DE TRABAJO EN FUNCION DE LAS CONDICIONES DE OBRA Y DE LA CALIDAD DE ADMINISTRACION				
CONDICIONES DE LA OBRA	COEFICIENTE DE ADMINISTRACION O GESTION			
	EXCELENTE	BUENA	REGULAR	MALA
EXCELENTES	0.84	0.81	0.76	0.70
BUENAS	0.78	0.75	0.71	0.65
REGULARES	0.72	0.69	0.65	0.60
MALAS	0.63	0.61	0.57	0.52

**TABLA VII.12**

A continuación podemos ver un formato para el análisis del costo directo: Hora-Máquina.

**FORMATO PARA EL ANALISIS DEL COSTO DIRECTO: HORA - MAQUINA .**

<b>CONSTRUCTORA:</b> _____ _____ <b>OBRA:</b> _____	Máquina: _____ Modelo: _____ Datos adic: _____	Hoja No. _____ Calculó: _____ Revisó: _____ Fecha: _____
--	--	---

**DATOS GENERALES:**

Precio de adquisición: \$ _____ Equipo adicional: _____ Valor Inicial (Va): \$ _____ Valor de rescate (Vr): _____ % = \$ _____ Tasa de interés (i): _____ % Prima seguros (s) _____ %	Fecha de cotización: _____ Vida económica (Ve): _____ años Horas por año (Ha): _____ hr/año Motor: _____ de _____ HP Factor de operación: _____ Potencia de operación: _____ HP op. Coeficiente de almacenaje (K): _____ Factor mantenimiento (Q): _____
--	---

**I- CARGOS FIJOS.**

a) Depreciación:	$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$ = _____ = \$ _____	
b) Inversión:	$I = \frac{Va + Vr}{2Ha}$ = _____ = \$ _____	
c) Seguros:	$S = \frac{Va + Vr}{2Ha}$ = _____ = \$ _____	
d) Almacenaje:	$A = KD$ = _____ = _____	
e) *	$M = QD$ = _____ = _____	
<b>SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA</b>		<b>\$ _____</b>

\*. Reservas para reparaciones (Multiplicador de uso prolongado por factor de reparación básicos.)

**II- COSTOS DE OPERACION. CONSUMO.**

a) Combustible:	E = e Pc																													
Diesel:	$E = 0.20 \times$ _____ HP. op. x \$ _____ /lt. = _____																													
Gasolina:	$E = 0.24 \times$ _____ HP. op. x \$ _____ /lt. = _____																													
b) Lubricantes, filtros, grasa:	<table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:30%;">Precio unitario</td> <td style="width:10%;">x</td> <td style="width:30%;">Consumo</td> <td style="width:30%;">= Costo/hora.</td> </tr> <tr> <td>    Carter</td> <td>x</td> <td>_____</td> <td>= _____</td> </tr> <tr> <td>    Transmisión</td> <td>x</td> <td>_____</td> <td>= _____</td> </tr> <tr> <td>    Mandos finales</td> <td>x</td> <td>_____</td> <td>= _____</td> </tr> <tr> <td>    Funciones hidráulicas</td> <td>x</td> <td>_____</td> <td>= _____</td> </tr> <tr> <td>    Grasa</td> <td>x</td> <td>_____</td> <td>= _____</td> </tr> <tr> <td align="right" colspan="3"><b>SUBTOTAL (aceites y grasa)</b></td> <td><b>= _____</b></td> </tr> </table>	Precio unitario	x	Consumo	= Costo/hora.	Carter	x	_____	= _____	Transmisión	x	_____	= _____	Mandos finales	x	_____	= _____	Funciones hidráulicas	x	_____	= _____	Grasa	x	_____	= _____	<b>SUBTOTAL (aceites y grasa)</b>			<b>= _____</b>	
Precio unitario	x	Consumo	= Costo/hora.																											
Carter	x	_____	= _____																											
Transmisión	x	_____	= _____																											
Mandos finales	x	_____	= _____																											
Funciones hidráulicas	x	_____	= _____																											
Grasa	x	_____	= _____																											
<b>SUBTOTAL (aceites y grasa)</b>			<b>= _____</b>																											
	Filtros (analizar cada máquina de acuerdo al instructivo de operación)	= _____																												
c) Neumáticos:	Costo de reemplazo entre horas de uso.	= _____																												
	Costo / Duración = _____																													
d) Tren de rodaje:	$(F. Impacto + F. abrasividad + Factor Z) \times$ Factor básico	= _____																												
e) Elementos de desgaste especial:	Costo / Duración	= _____																												
	Concepto	Costo entre duración = Costo/hora																												
	1- _____	= _____																												
	2- _____	= _____																												
	3- _____	= _____																												
	<b>Total:</b>	<b>= _____</b>																												
<b>SUMA CONSUMOS POR HORA</b>		<b>_____</b>																												

**III- OPERACION.**

Salario: \$ _____ Operador: \$ _____ _____ Sal. / Turno - prom.: \$ _____ Horas / Turno - prom.: (H) _____ H = 8 horas x _____ (factor de rendimiento) = _____ horas. ∴ Operación = O = S / H = \$ _____	SUMA OPERACION POR HORA \$ _____
--	----------------------------------

**COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD) \$ \_\_\_\_\_**

## VIII. COSTOS INDIRECTOS.

Tal y como se mencionó en la introducción, los costos indirectos aplicables a una obra o a los diversos conceptos de trabajo que forman parte de la misma, son todos aquellos gastos generales que por su naturaleza intrínseca, son de aplicación a todos y cada uno de los conceptos de trabajo que forman parte de una obra determinada, es decir, los gastos generales que ejerce la empresa constructora para hacer posible la ejecución de todas sus operaciones en las obras a su cargo.

Los indirectos propios de cada obra en particular, son perfectamente previsibles y se pueden analizar y estimar previamente por lo menos dentro del mismo orden de aproximación de los costos directos. Se pueden, por otra parte controlar durante la ejecución de la obra, para mantenerlos dentro de los límites prefijados.

Por no ser posible una determinación concreta en tiempo, cantidades o importes de los Trabajos que los producen, los cargos indirectos se expresan como un porcentaje del costo directo de cada concepto de trabajo.

A grandes rasgos, podemos clasificar los aspectos que dan lugar a los costos indirectos, dentro de los cinco grupos siguientes.

- a) Administración central
- b) Administración y gastos generales de obra
- c) Financiamiento
- d) Fianzas y Seguros
- e) Imprevistos

De una manera enunciativa y no limitativa, en las siguientes páginas se consignan los principales renglones, que por concepto de costos indirectos, integran los cinco grupos mencionados anteriormente.

### *a) ADMINISTRACION CENTRAL*

Se refiere a los gastos generales inherentes a toda empresa permitiendo su normal desenvolvimiento.

Toda empresa constructora racionalmente organizada, deberá estar dotada de cuerpos administrativos que estén encargados de conducir, controlar y vigilar todas las operaciones de la propia empresa, así como de servir de enlace entre las diversas dependencias que forman parte de la misma.

Dentro de la administración central, algunos de los renglones de gastos más importantes son:

- Honorarios de directivos y ejecutivos.
- Honorarios y sueldos de personal técnico.
- Honorarios y sueldo de personal administrativo.
- Salario de personal de servicio.
- Seguro Social e impuestos sobre remuneraciones pagadas.
- Prestaciones que obliga la Ley Federal del Trabajo.
- Pasajes y viáticos del personal de administración central.
- Gastos de representación.
- Consultorías y asesorías.
- Estudio e investigación.
- Iguala en asuntos jurídicos y fiscales.
- Depreciación, rentas y mantenimiento de edificios, talleres, bodegas, etc.
- Depreciación de muebles y enseres.
- Amortización de gastos de organización.
- Previsión para cuentas de cobro dudoso.
- Previsión para periodos de inactividad.
- Depreciación, renta y operación de vehículos.
- Servicios médicos de emergencia.
- Indemnizaciones.

Gastos de oficina: Papelería y útiles de escritorios, correos, Telégrafos, teléfonos, luz, gas, radio, situación de fondos, copias y duplicados otros consumos, suscripciones y cuotas conservación.

Preparación de concursos.

Publicidad y promoción.

Donativos.

El monto de los gastos correspondientes a la administración central es muy variable dependiendo de la magnitud de la empresa y debe ser calculado en base al costo directo total de cada obra.

#### *b) ADMINISTRACION Y GASTOS GENERALES DE OBRA*

Los conceptos que constituyen este grupo, los podemos desglosar en los siguientes aspectos:

- a).- Honorarios, sueldos y prestaciones
- b).- Instalaciones y obras provisionales
- c).- Transporte, fletes y acarreos
- d).- Gastos de oficina
- e).- Varios

#### **HORARIOS, SUELDOS Y PRESTACIONES**

Este concepto cubre todas las erogaciones originadas por el personal técnico-administrativo que en el campo, dirige y supervisa la ejecución de los trabajos. En dicha organización de dirección y superintendencia se incluye desde la máxima autoridad de la obra, que suele ser un Ingeniero Superintendente General, hasta sobrestante, cabos y todo el personal de campo que esté cumpliendo funciones administrativas.

Dentro de este concepto queda involucrados los siguientes renglones.

Honorarios de superintendentes e Ingenieros Auxiliares.

Honorarios de sueldos de personal administrativo y de servicios.  
(Jefe de Oficina, Secretarias, pagador, oficinistas, almacenistas, laboratoristas).

Sueldos y salarios de personal auxiliar (Bodegueros, mecánicos, soldadores, choferes, veladores).

Seguro Social e impuestos sobre remuneraciones pagadas del personal técnico y administrativo en obra.

Pasajes y viáticos.

Sueldos de tránsito.

Compensaciones y gratificaciones.

## **INSTALACIONES Y OBRAS PROVISIONALES**

Incluimos dentro de este aspecto, todas las erogaciones relativas a la construcción de obras e instalaciones auxiliares, necesarias para el desarrollo de la obra, tales como:

Campamento: Oficinas de obra, talleres, bodegas, almacenes, comedores, dormitorios, laboratorios de campo y patios de almacenamiento.

Conservación y mantenimiento de las estructuras anteriores.

Instalaciones eléctricas, hidráulicas, sanitarias, de gas, y su conservación.

Tapiales y cercas.

Muelles.

Señalamientos.

Casetas de vigilancia.

Instalaciones deportivas y recreativas.

Escuelas.

Iglesias.

Instalaciones para servicio médico.

## **TRANSPORTES, FLETES Y ACARREOS**

Se agrupan los gastos originados por:

Consumos y amortización de vehículos del servicio general de la obra.

Fletes de materiales y equipo, etc. no incluidos en el costo directo.

## **GASTOS DE OFICINA**

Papelería y útiles de escritorio.

Correo, telégrafos, teléfono, y otros medios de comunicación.

Gastos por movimientos bancarios.

Copias y duplicados de planos y documentos.

Consumo de luz, gas, etc.

Relaciones públicas, donativos, atenciones.

Suscripciones y cuotas.

Envíos.

Pasajes y transportes locales.

Amortización de equipo de ingeniería.

## **VARIOS**

Aquí se involucran otras erogaciones, como pueden ser:

Amortización y consumo de equipo y herramienta de taller.

Control de calidad.

Riesgo de obras terminadas (reclamaciones posteriores).

Conservación de la obra hasta la entrega.

Derechos de pasos.

Letreros en general.

Servicios médicos de emergencia.

Intercomunicación.

Limpieza de obra en proceso y para entrega.

Desmantelamientos.

Ruptura y reposición (ductos, pavimentos, cables, etc.).

#### *c) FINANCIAMIENTO .*

Este es un factor de costo de vital importancia, cuya imprevisión puede tener graves consecuencias en los resultados finales de una obra, y aún ocasionar serias pérdidas.

El monto de los financiamientos dependerá en cada caso particular, de la relación que exista entre el programa previsto de erogaciones y el programa esperado de ingresos, dependiendo el primero del programa general de obra y el segundo de la forma de pago establecida en el contrato.

#### *d) FLANZAS Y SEGUROS.*

Involucra dentro de este grupo a todas las erogaciones motivadas por los aspectos de fianzas, seguros, multas, recargos, regalías por el uso de patentes, etc.

#### *e) IMPREVISTOS .*

Existen divergencias entre si se debe o nó, incluir dentro de los costos indirectos, el concepto de "imprevistos". Categóricamente hay que reconocer que existen en todo trabajo de construcción, causas o elementos de costo que no pueden ser evaluados.

No se puede suprimir totalmente los errores, tanto en estimación como en el proceso de ejecución. No se puede predecir la magnitud de un posible accidente; no se puede cubrir con seguros todas las posibles eventualidades, ni se puede prever las demoras que causarán en las operaciones. Elementos de este tipo constituyen el riesgo natural de la construcción, riesgo del mismo género que es inherente a cualquier otra orden de actividad económica.

El criterio correcto de estimación de imprevistos, consistirá pues, en tratar de presuponer con alguna base razonable, los cargos de previsión para el mayor número posible de contingencias reduciendo a un mínimo aceptable el factor marginal que se supone servirá para cubrir en alguna proporción los riesgos verdaderamente imprevisibles.

Las principales causas de los costos imprevistos son ciertas demoras y suspensiones de trabajo por conflictos obrero- patronales, atraso en suministro de materiales, obra de mano y equipo, o escasez de dichos elementos, accidentes, modificaciones al proyecto, erogaciones extras por extravíos, robos y pérdidas, errores y omisiones en presupuestos y programas, etc.

En resumen podemos concluir que el porcentaje con que se exprese en efecto de los imprevistos dentro de los costos indirectos, dependerá del grado de certidumbre que se tenga respecto a todos y cada uno de los factores de costo de una obra.

CAPITULO IX

PRECIO UNITARIO

## IX. PRECIO UNITARIO.

Se define como la suma de los costos directos más los costos indirectos de un concepto de trabajo, incluyendo la utilidad del constructor.

El costo directo es la suma de los costos parciales de la mano de obra, la maquinaria y los materiales.

Los costos indirectos son tratados en otro capítulo.

La utilidad del contratista es la percepción a que tienen derecho por los trabajos ejecutados y riesgo de la inversión, generalmente es entre un 10% y un 15%.

Para poder analizar correctamente un costo directo es necesario:

- Conocer y/o diseñar cuidadosamente todos los pasos que deben realizarse para ejecutar un concepto de trabajo (Ejemplo: Si construimos un terraplén debemos saber si es un préstamo lateral ó de banco, que tipo de material vamos a colocar, si lleva o no compactación y desde luego con que tipo de maquinaria se va a realizar.
- Conocer los rendimientos de la obra de mano y su costo real.
- Establecer los costos horarios de la maquinaria y estudiar sus rendimientos.
- Cuantificar los materiales que lleve el concepto, conocer sus costos, sus fletes, su desperdicio y los costos de almacenamiento.

En las páginas siguientes se observan algunos análisis de costos tanto de edificación como de construcción pesada. En edificación, ya es costumbre usar el formato llamado "MATRIZ" porque regularmente son conceptos muy conocidos y repetitivos. En construcción pesada pueden manejarse matrices, pero en problemas importantes es preferible hacer todo el desarrollo del análisis del precio unitario.

# EJEMPLOS DE PRECIOS UNITARIOS USANDO MATRICES

**PRECIO UNITARIO:**

*Colado de concreto en losas, rampas de escaleras, incluye: Acarreo, vaciado a bote, vibrado, curado con agua, perfilado, artesa y desperdicio.*

**UNIDAD: m<sup>3</sup>**

Descripción del Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	Totales	%/cu
<b>MATERIALES</b>						
Agua	m <sup>3</sup>	0.22600	197.80	44.70		1.236 %
Madera de pino 3a.	pt	1.00000	250.50	250.50		6.925 %
		Subtotal		<u>295.20</u>	295.20	8.161 %
<b>MANO DE OBRA</b>						
Peón	jo	0.03500	2,662.88	93.20		2.576 %
Peón	jo	0.55500	2,662.88	1,477.90		40.855 %
Of. albañil	jo	0.11110	3,878.16	430.86		11.911 %
		Subtotal		<u>2,001.96</u>	2,001.96	55.343 %
<b>HERRAMIENTA Y EQUIPO</b>						
Mando intermedio	% m.o.	8.00000	2,001.96	160.16		4.427 %
Herramienta menor	% m.o.	2.00000	2,001.96	40.04		1.107 %
Costo horario vibrador elba Mod. V.G.A.	hr	0.66670	629.79	419.88		11.607 %
		Subtotal		<u>620.08</u>	620.08	17.142 %
		Total costo directo			<u>2,917.24</u>	
		24% INDIRECTOS			<u>700.14</u>	
		Total precio unitario/m <sup>3</sup>			<u>3,617.38 UM</u>	

**PRECIO UNITARIO:**

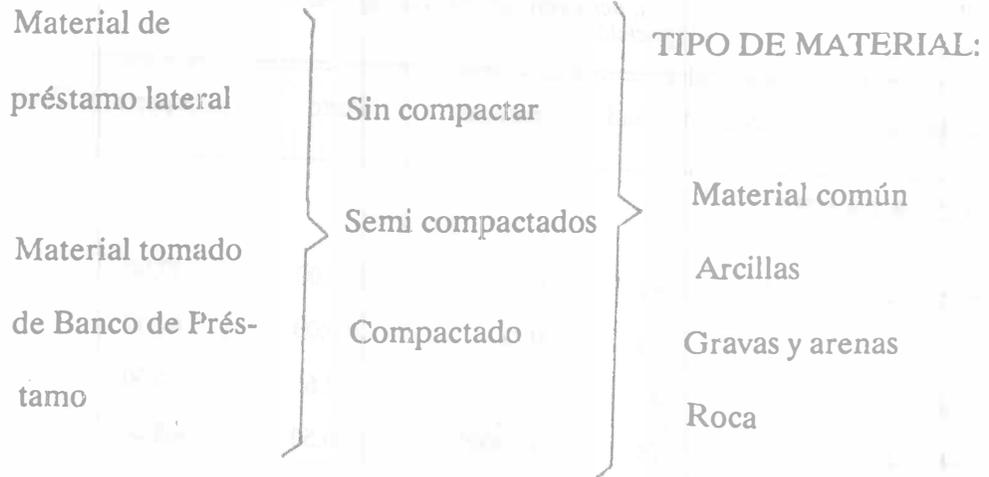
*Cimbra y descimbra en columnas con duela para acabado común, medido por superficie de contacto incluye: -- materiales, habilitado, nivelado, resanes, perfilado cambio a la siguiente -- posición.*

UNIDAD: m<sup>2</sup>

Descripción del Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	Totales	%/cu
<b>MATERIALES</b>						
Alambre recocido # 18	kg	0.1	270.00	27.00		1.307 %
Clavo	kg	0.22	300.00	67.50		3.268 %
Diesel	lt	0.5	72.6	36.30		1.757 %
Duela de pino 3a	pt	1.47000	250.50	368.24		17.825 %
Madera de pino 3a	pt	3.22000	250.50	806.61		39.046 %
		Subtotal		<u>1,305.65</u>	1,305.65	63.203 %
<b>MANO DE OBRA</b>						
Peón	jo	0.04000	2,662.88	106.52		5.156 %
Ayudante	jo	0.08330	2,770.11	230.75		11.170 %
Carpintero de obra negra	jo	0.08330	4,247.05	353.78		17.126 %
		Subtotal		<u>691.04</u>	691.04	33.452 %
<b>HERRAMIENTA Y EQUIPO</b>						
Mando intermedio	% m.o.	8.00000	691.05	55.28		2.676 %
Herramienta menor	% m.o.	2.00000	691.05	13.82		0.669 %
		Subtotal		<u>69.11</u>	69.11	3.345 %
		Total costo directo			<u>1,065.79</u>	
		24% INDIRECTOS			<u>495.79</u>	
		Total precio unitario/m <sup>2</sup>			<u>2,561.59 UM</u>	

**TERRAPLENES**

**1. Variantes.**



2. Algunos conceptos de trabajo aplicables a diferentes tipos de obra y cuyos análisis de costo son similares y pueden agruparse bajo la denominación de "terraplenes"

*2.1 Vías de comunicación.*

Excavación en bancos de préstamo para la obtención de material común que se utilice en la formación de terraplenes.

Formación y compactación de terraplenes contiguos a los estribos de puentes.

Formación y compactación de terraplenes en la ampliación de la corona adicionada con sus cuñas de sobreancho.

Sub-bases o bases compactadas con material obtenido de banco de préstamo.

*2.2 Presas.*

Obtención, acarreo y colocación de material impermeable para el corazón de la cortina ó diques.

Obtención, acarreo y colocación de material permeable para zonas de filtros ó zonas de transición.

### *2.3 Urbanización.*

Plataforma de tepetate compactado para desplante de edificios.

### *2.4 Obras Marítimas.*

Explotación en banco, acarreo y colocación de piedra natural para la capa secundaria de escolleras.

## **3. Especificación Prototipo**

Formación de Terraplenes compactados al 95% de la prueba proctor con rodillo "pata de cabra" vibratorio autopropulsado, con material producto del banco de préstamo ubicado a 450 m. a la izquierda de la estación 3 + 450, transportado con motoescrepa.

El precio unitario para este concepto que se pagará en metros cúbicos medidos en el terraplén comprende todas las operaciones siguientes: Excavación del material en el banco de préstamo con empleo de motoescrepas y tendido de material con la misma maquinaria y motoconformadora, adaptación del espesor a las necesidades del proceso de compactación; aplicación de la humedad en el grado que se requiera, escarificación del material si es necesario para lograr este grado de humedad y compactación a base de pasadas de rodillo de especificaciones apropiadas.

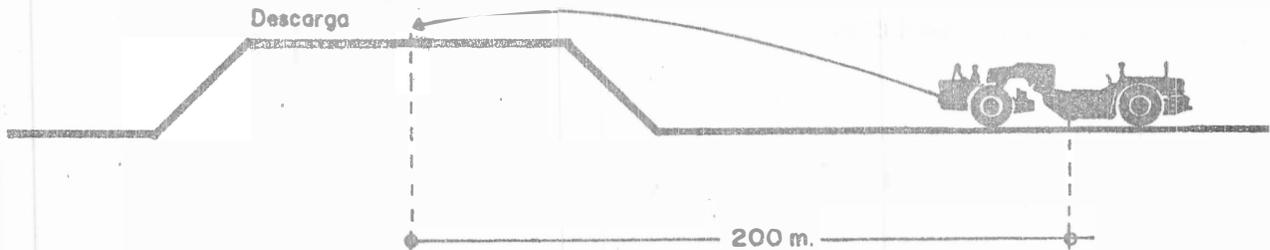
## **4. Proceso Constructivo.**

### *4.1 Obtención del material y su acarreo.*

Material obtenido de préstamo lateral. El equipo utilizado puede variar según la distancia de recorrido y necesidades del proyecto. En distancias cortas, usualmente no mayores de 60 mts. puede utilizarse un tractor empujador.

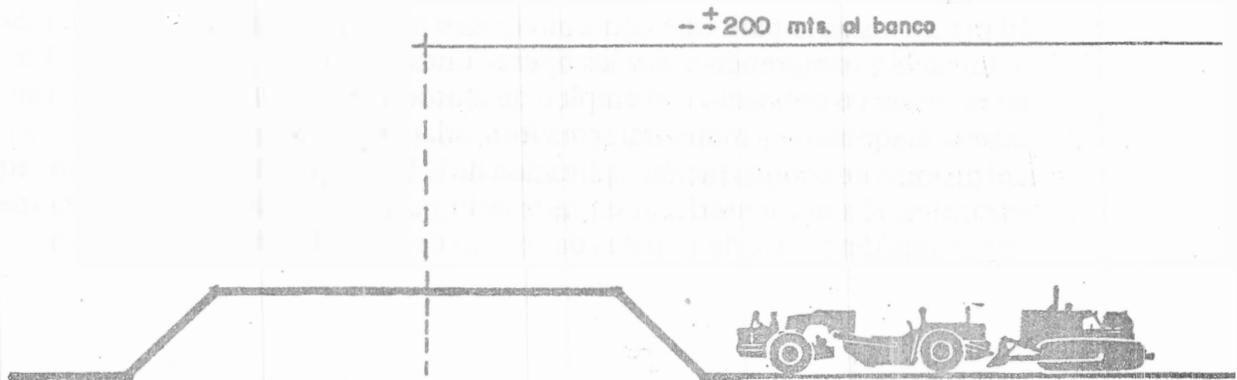


Para distancias mayores (hasta 200 m. se considera préstamo lateral) suele usarse la motoescrepa.



Material producto de banco de préstamo.

La excavación y carga puede hacerse con tractor y cargador frontal ó pala mecánica ó con motoescrepas empujadas.



Se tiene la opción de utilizar para el acarreo camiones de volteo, camiones fuera de carretera, motoescrepa o vagonetas, dependiendo de las distancias, de las características del terraplén, del costo y de la disponibilidad del equipo.

Cuando el terraplén está formado por roca, el equipo de extracción esta compuesto por compresores y equipo de barrenación y el manejo de explosivos. Este proceso se analiza en el inciso de excavaciones a cielo abierto.

Un precio unitario puede analizarse considerando la longitud de los acarreo si se conocen y se tiene la seguridad de que no sufran modificaciones o en su defecto incluir solamente lo que se le conoce como acarreo libre (2 estaciones, 5 hectómetros, un kilómetro) y la diferencia analizada por separado en un concepto que se llama sobreacarreos (estaciones subsecuentes, hectómetros subsecuentes, kilómetros subsecuentes). esto último es lo mas usual motivado por los cambios de bancos o proyectos y por lo tanto las modificaciones en las distancias de acarreo.

#### *4.2 Formación de terraplén.*

Puede realizarse con tractores empujadores, motoconformadoras o las motoescrapas que esparcen el material cuando lo vacían.

#### *4.3 Compactación.*

Dependiendo de las especificaciones de compactación puede bastar con el simple paso del equipo o ser necesario utilizar equipos compactadores como rodillos simples o vibratorios lisos o pata de cabra.

**EJEMPLO:** Sub-bases compactadas al 100% de la prueba proctor con material obtenido de banco de préstamo con una distancia de acarreo al centro de gravedad del tramo de 10 kms.

**ESPECIFICACIONES:** Las sub-bases son capas sucesivas de materiales seleccionados que se construyen sobre la subrasante de caminos y aeropuertos y cuya función es soportar las cargas rodantes y transmitir las a la terracería.

El concepto incluye la extracción del material, trituración si es necesaria, acarreo al tramo y acamellonamiento, incorporación del agua necesaria, mezclado tendido y compactación a los niveles y con las tolerancias que indique el proyecto.

**MEDICION Y PAGO:** La Construcción de bases y sub-bases se pagará de acuerdo a las secciones de proyecto con las tolerancias marcadas en las especificaciones.

Tractor D-8 o similar	150,000.00 UM/h.e.
Cargador frontal 2 1/2 yd <sup>3</sup>	75,000.00 UM/h.e.
Planta de trituración con trituradora primaria, secundaria y cribas.	135,000.00 UM/h.e.
Motoconformadora operando	55,000.00 UM/h.e.
Motoconformadora en reserva	46,000.00 UM/h.e.
Compactador autopropulsado liso operando	30,000.00 UM/h.e.
Compactador autopropulsado en reserva	24,000.00 UM/h.e.
Camión volteo operando	28,000.00 UM/h.e.
Camión volteo en reserva	16,000.00 UM/h.e.
Camión pipa 5000 lts. operando	20,000.00 UM/h.e.
Camión pipa 5000 lts. en reserva	15,000.00 UM/h.e.
Bomba centrífuga 2"	2,000.00 UM/h.e.

### ANALISIS DEL CONCEPTO.

#### a) Extracción del material.

Utilizamos un tractor tipo D-8 con un rendimiento de 122 m<sup>3</sup>/hora medido en banco.

$$\frac{150,000 \text{ UM/h.e.}}{122 \text{ m}^3/\text{h.}} = 1229.50 \text{ UM/m}^3$$

Si mediante pruebas de laboratorio se ha medido que un metro cúbico en banco se convierte en 0.87 m<sup>3</sup> compactado en el terraplén, el cargo será.

$$\frac{1229.50}{0.87} = 1413.22 \text{ UM/m}^3$$

#### b) Cargo del material.

Utilizamos un cargador frontal de 2 1/2 yd<sup>3</sup> con producción de 93 m<sup>3</sup>/hora medidos sueltos.

Mediante pruebas de laboratorio se ha determinado que el material de banco se abunda 22%. Debemos calcular la producción medida en el terraplén que será:

$$\frac{93\text{m}^3/\text{h}}{1.22\text{ m}^3/\text{h}} = 76.22\text{ m}^3/\text{h. (banco)}$$

$$76.22 \times 0.87 = 66.31\text{ m}^3/\text{h (terraplén)}$$

Luego entonces el cargo por la carga del material medido en el terraplén será:

$$\frac{75,000\text{ UM/h.e.}}{66.31\text{ m}^3/\text{h.e.}} = 1,131.05\text{ UM/m}^3$$

c) Acarreo local a la planta de trituración localizada a 500 mts. del banco de préstamo.

Cálculo del ciclo:

Se ha determinado que el cargador frontal tarda en la carga 2.96 min. Tiempo de recorrido del camión en la ida a 30 km/hora:

$$\frac{60\text{ min/h} \times 0.5\text{ km.}}{30\text{ km/h} \times 0.67\text{ (eficiencia)}} = 1.49\text{ min.}$$

Tiempo de recorrido del camión en el regreso a 50 km/hora.

$$\frac{60\text{ min/h} \times 0.5\text{ km.}}{50\text{ km/h} \times 0.67} = 0.89\text{ min.}$$

Tiempo de viraje, descarga y acomodados = 2.00 min.

$$\text{Tiempo total del ciclo} \quad \underline{\quad\quad\quad} \quad 7.34\text{ min.}$$

No. de camiones para abastecer eficientemente al cargador frontal.

$$N = \frac{7.34}{2.96} = 2.47 = 3\text{ camiones}$$

análisis de precios unitarios suele considerarse un 25 ó 30% de camiones en reserva especialmente cuando se analizan trabajos en que el abastecimiento de material es la actividad crítica. Si hacemos esta consideración el cargo por este acarreo será:

$$\begin{array}{rcl}
 3 \text{ camiones volteo operando} & = & 3 \times 21,000 \text{ UM/h.e.} & = & 63,000 \text{ UM/h.e.} \\
 1 \text{ camión volteo reserva} & = & 1 \times 16,000 \text{ UM/h.e.} & = & 16,000 \text{ UM/h.e.} \\
 & & & & \hline
 & & & & 79,000 \text{ UM/h.e.}
 \end{array}$$

$$\text{Cargo} \quad \frac{79,000 \text{ UM/h.e.}}{66.31 \text{ m}^3/\text{h.e.}} = 1,191.37 \text{ UM/m}^3$$

d) Trituración y cribado.

$$\frac{135,000 \text{ UM/h.e.}}{66.31 \text{ m}^3/\text{h.e.}} = 2,035.89 \text{ UM/m}^3$$

e) Carga y acarreo a 10 km.

Análisis del ciclo

$$\text{Carga} = 2.96 \text{ min.}$$

Tiempo de recorrido en la ida

$$\frac{60 \text{ min/hora} \times 10 \text{ km.}}{30 \text{ km/h} \times 0.67} = 29.85 \text{ min.}$$

Tiempo de recorrido en el regreso.

$$\frac{60 \text{ min/h} \times 10 \text{ km}}{50 \text{ km/h} \times 0.67} = 17.91 \text{ min.}$$

Viraje, descarga y acomodo.

$$= 2.00 \text{ min.}$$

Tiempo total del ciclo.

$$= 52.72 \text{ min.}$$

$$\text{No de camiones} = \frac{52.72}{2.96} = 17.8 = 18$$

Costo de la carga y acarreo.

$$\begin{array}{l} \text{Cargador} \quad \times 75,000.00 \text{ UM/h.e.} = 75,000.00 \text{ UM/h.e.} \\ 18 \text{ camiones operando} \times 21,000.00 \text{ UM/h.e.} = 378,000.00 \text{ UM/h.e.} \\ 5 \text{ camiones en reserva} \times 16,000.00 \text{ UM/h.e.} = 80,000.00 \text{ UM/h.e.} \\ \hline 533,000.00 \text{ UM/h.e.} \end{array}$$

$$\frac{533,000 \text{ UM/h.e.}}{66.31 \text{ m}^3/\text{h}} = 8,038.00 \text{ UM/m}^3$$

f) Incorporación del agua. Supongamos que la fuente de abastecimiento se encuentra a 15 km del centro de gravedad del tramo que se está construyendo y que se utilizan 150 lts de agua por metro cúbico de material compacto.

Gasto medio de una bomba de 2" ----- 600 lts/min.  
Eficiencia 0.67 Gasto real ----- 402 lts/min.

$$\text{Tiempo de llenado de una pipa: } \frac{5000}{402} = 12.43 \text{ min.}$$

Cálculo del ciclo:

Recorrido de la pipa en el viaje de ida.

$$\frac{60 \text{ min/h.} \times 15 \text{ km}}{30 \text{ km/h.} \times 0.67} = 44.77 \text{ min.}$$

Recorrido de la pipa en el viaje de regreso.

$$\frac{60 \text{ min/h.} \times 15 \text{ km}}{50 \text{ km/h.} \times 0.67} = 26.86 \text{ min.}$$

Descarga de la pipa en el tramo (500 lts/min)

$$\frac{5000 \text{ lts.}}{500 \text{ lts/min.}} = 10.00 \text{ min.}$$

$$\text{TIEMPO TOTAL} = 81.63 \text{ min.}$$

Costo del inciso "metro cúbico de agua"

$$\text{Cargo por bomba} \quad \frac{2,500 \text{ UM/h.e.} \times 12.43 \text{ min.}}{60 \text{ min/h.} \times 5 \text{ m}^3} = 103.58 \text{ UM/m}^3$$

$$\text{Cargo por pipa parada} \quad \frac{15,000 \text{ UM/h.e.} \times 12.43 \text{ min.}}{60 \text{ min/h.} \times 5 \text{ m}^3} = 621.50 \text{ UM/m}^3$$

$$\text{Cargo por pipa trabajando} \quad \frac{20,000 \text{ UM/h.e.} \times 81.63 \text{ min.}}{60 \text{ min/h.} \times 5 \text{ m}^3} = 5,442.00 \text{ UM/m}^3$$

$$6,167.08 \text{ UM/m}^3$$

$$\text{Cargo al concepto: } 6167.08 \text{ UM/m}^3_{\text{agua}} \times 0.15 \text{ m}^3_{\text{agua/m}^3} = 925.06 \text{ UM/m}^3$$

g) Mezclado y tendido de materiales.

Se utilizará una motoconformadora con un rendimiento de 93 m<sup>3</sup>/hora medidos en el terraplén.

Aquí se observa que: La producción necesaria para el tramo no es compatible o múltiplo de la producción que obtenemos en el equipo de extracción, carga, acarreo

y trituración; la motoconformadora está desbalanceada, entonces el análisis correcto sería considerarla una parte del equipo operando y otra en reserva.

$$\frac{66.31 \text{ m}^3/\text{h.}}{93 \text{ m}^3/\text{h.}} = 0.71 = 71\%$$

Cargo por el inciso

Costo horario promedio de la motoconformadora

$$\begin{array}{rcl} & 55,000 \text{ UM/h.e.} \times 0.71 & = 39,050.00 \text{ UM/h.e.} \\ + & & \\ & 46,000 \text{ UM/h.e.} \times 0.29 & = 13,340.00 \text{ UM/h.e.} \\ & & \hline & & 52,390.00 \text{ UM/h.e.} \end{array}$$

$$\text{Cargo: } \frac{52,390 \text{ UM/h.e.}}{66.31 \text{ m}^3/\text{h.}} = 790.07 \text{ UM/m}^3$$

Para comparar obtengamos el costo sin tomar en cuenta el equipo balanceado.

$$\frac{55,000 \text{ UM/h.e.}}{93 \text{ m}^3/\text{h.}} = 591.39 \text{ UM/m}^3$$

Esta diferencia (entre 790.07 UM y 591.39 UM ) no está considerando el tiempo que necesariamente están costando las máquinas ociosas o en reserva.

h) Compactación.

El compactador autopropulsado que se utiliza tiene un rendimiento de 164 m<sup>3</sup>/hora, luego entonces.

$$\frac{66.31 \text{ m}^3/\text{h.}}{164 \text{ m}^3/\text{h.}} = 0.40 = 40\%$$

Costo horario promedio del compactador.

$$\begin{aligned} & 30,000 \text{ UM/h.e.} \times 0.4 \\ & 24,000 \text{ UM/h.e.} \times 0.6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & = 12,000.00 \text{ UM/h.e.} \\ & = \underline{14,400.00 \text{ UM/h.e.}} \\ & 26,400.00 \text{ UM/h.e.} \end{aligned}$$

$$\text{Cargo: } \frac{26,400 \text{ UM/h.e.}}{66.31 \text{ m}^3/\text{h.e.}}$$

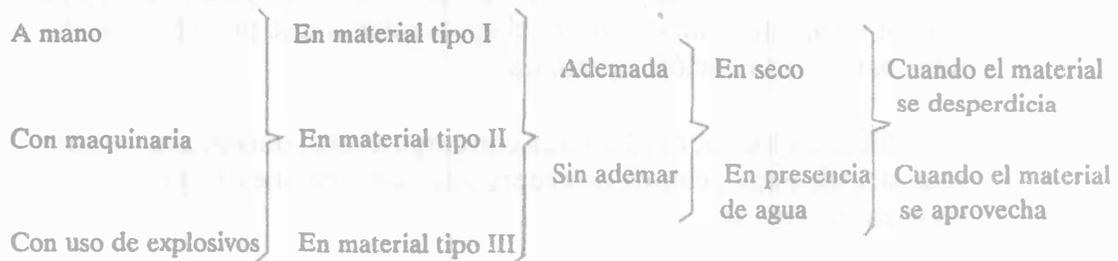
$$= 398.13 \text{ UM/m}^3$$

**RESUMEN DE CARGOS:**

a) Extracción del material	1413.22 UM/m <sup>3</sup>
b) Carga de material	1131.05 UM/m <sup>3</sup>
c) Acarreo local a la planta	1191.37 UM/m <sup>3</sup>
d) Trituración y Cribado	2,035.89 UM/m <sup>3</sup>
e) Carga y acarreo a 10 kms.	8,038.00 UM/m <sup>3</sup>
f) Incorporación de agua	925.06 UM/m <sup>3</sup>
g) Mezclado y tendido del material	790.07 UM/m <sup>3</sup>
h) Compactación.	398.13 UM/m <sup>3</sup>
<b>COSTO DIRECTO</b>	<u>15,922.99 UM/m<sup>3</sup></u>
<b>INDIRECTOS (45%)</b>	7,165.26 UM/m <sup>3</sup>
<b>PRECIO UNITARIO</b>	<u>23,158.05 UM/m<sup>3</sup></u>

## EXCAVACIONES

### 1.- Variantes



2.- Algunos conceptos de trabajo aplicables a diferentes tipos de obra y cuyos análisis de Costo son similares y pueden agruparse bajo la denominación de "Excavaciones".

#### 2.1 Vías de comunicación.

- Excavación en cortes.
- Despalmes en áreas de construcción.

#### 2.2 Presas.

- Excavación en el cauce del río, en presencia de agua, para la cimentación de ataguías.
- Excavación para limpia de áreas de cimentación de la cortina o diques.
- Excavación para el vertedor.

#### 2.3 Zonas de riego.

- Excavación en tajos.
- Excavación para formar la cubeta del canal.

#### 2.4 Centrales Hidroeléctricas.

- Excavación subterránea de la bóveda y cuerpo principal de la casa de máquinas.
- Excavación subterránea en galerías de oscilación.

### 3.- Especificación prototipo

Excavación en material común en excavación de zanjas, con acarreo libre de un Kilómetro.

El concepto incluye todas las operaciones y materiales necesarios para realizar las excavaciones, incluyendo las operaciones de ademe y/o amacice y afine, las operaciones necesarias para la carga del material producto de la excavación en las unidades de Transporte, el acarreo de este material dentro de un Kilómetro de acarreo libre y su descarga, pudiendo ser esta descarga en bancos de desperdicio, bancos de almacenamiento para el aprovechamiento posterior del material, o en la obra para su utilización inmediata.

Los volúmenes de obra ejecutada con cargo a este concepto se medirá directamente en el sitio de excavaciones, de acuerdo con las secciones del proyecto y se expresarán en metros cúbicos.

#### 4.- Proceso Constructivo.

Para iniciar la excavación se debe tener en el terreno el trazo topográfico definitivo de los ejes y secciones de la excavación y definir las tolerancias máximas que se permitirán. La excavación se podrá realizar a máquina, con retroexcavadora; y a mano. Cuando la excavación se realice con máquina en material tipo III se deben hacer pruebas para determinar la velocidad sísmica si la roca es desgarrable o se tendrán que usar explosivos.

Se diseñará la voladura que incluye la plantilla de barrenación y tronado y el consumo de explosivos de acuerdo con los métodos usuales (Ej. Método sueco) y en donde se requiere se deberá diseñar y construir el ademe necesario para evitar derrumbes.

**EJEMPLO:** Excavación para limpia de las áreas de cimentación de la cortina o diques, en roca fija en presas.

#### *ESPECIFICACIONES.*

Excavación de las área de cimentación de la cortina, especialmente en los taludes de la boquilla, para retirar el material fracturado, intemperizado, etc., hasta descubrir la roca sana, dejando una superficie adecuada para servir de desplante a la cortina o diques de una presa.

Acarreo de material producto de la excavación, hasta una distancia no mayor de 1.0 (uno) kilómetro, para depositarlo en los tiraderos del banco de desperdicio.

## **EQUIPO:**

Pala de 2-1/2 yd <sup>3</sup> de capacidad	190,000.00 UM/h.e.
Tractor D-8 o similar	150,000.00 UM/h.e.
Perforadora neumática de mano RH656-4W	5,000.00 UM/h.e.
Compresora de 600 p.c.m.	35,000.00 UM/h.e.
Camión Euclid R - 35	95,000.00 UM/h.e.

## **ANALISIS DEL CONCEPTO.**

1.- Aflojado de la roca.- Previamente a su excavación, la roca deberá ser aflojada por medio de barrenación y empleo de explosivos.

a).- Barrenación.- La barrenación, será realizada empleando perforadoras neumáticas de mano Mod. RH655-4W, que tienen un pistón de 2-1/2" de diámetro y las cuales, tienen un consumo de aire, barrenando en seco, del 99 p.c.m.

El consumo real será de (estimamos 7 pistolas alimentadas por un compresor).

$$99 \text{ p.c.m.} \times 1.05 \text{ (USOS)} \times 0.72 \text{ (diversidad)} \times 1.05 \text{ (fugas)} = 78 \text{ p.c.m.}$$

$$\text{Considerando 7 pistolas} \quad 7 \times 78 \text{ p.c.m.} = 546 \text{ p.c.m.}$$

Consecuentemente, una compresora de 600 p.c.m., podrá alimentar a 7 pistolas.

b).- Rendimiento de barrenación.- El trabajo se realizará en riolitas compactadas y homogéneas, pero que superficialmente se encontrarán alteradas y fracturadas por intemperismo adoptamos un rendimiento de barrenación de 4.5 m. por hora, perforando a 1-1/4" de diámetro.

c).- Rendimiento por metro lineal de barrenación. Consideramos que la excavación se realizará disparando los explosivos con detonadores eléctricos con intervalos de milisegundos, para obtener un resultado óptimo, de acuerdo con los propósitos buscados.

Ahora bien, en la zona de limpia, el espesor variará ampliamente de un sitio a otro, por lo que tentativamente consideramos un trabajo de banqueo que en promedio tendrá 2.0 metros de profundidad.

Perforación de 1 - 1/4 de diámetro.

Profundidad media de los barrenos: 2.40 m.

Separación frontal: 1.20 m. (normal).

Espaciamiento entre barrenos:  $1.20 \times 1.25 = 1.50$  m.

Carga específica de explosivos a  $0.300 \text{ kg/m}^3$ .

Por tanto:

$$\frac{\text{Volumen tronado por barreno}}{\text{m. barrenados/barreno.}} = \frac{2.00 \times 1.20 \times 1.50}{2.40 \text{ m.}} = 1.5 \text{ m}^3/\text{ml}$$

Es decir  $2.00 \text{ m}^3$  por barreno.

d).- Consumo de acero integral de barrenación.- Puesto que se trata de riolita, obtenemos una vida índice del orden de 1000 metros, por considerar el material fracturado.

Empleando acero integral de barrenación  $7/8''$  con cincel de  $1-1/4''$  los cambios serán a incrementos de 0.80 m.; por consiguiente se tendrán los siguientes cambios de acero de barrenación:

$$2.40/0.80 = 3$$

$$K = \frac{3 + 1}{2} = 2$$

Por consiguiente, la vida efectiva del acero sería del orden de:

$$\frac{1000 \text{ m}}{2} = 500 \text{ metros.}$$

Esto último puede explicarse también con la siguiente figura:

PRIMERA PARTE  
DEL BARRENO  
(0.80 M.)



SEGUNDA PARTE  
DEL BARRENO  
(1.60 M.)



TERCERA PARTE  
DEL BARRENO  
(2.40 M.)



Longitud de acero por usar  $(0.80 + 1.60 + 2.40) = 4.80$   
 Longitud del barreno ..... 2.40

Si para perforar un barreno se necesita usar el doble de longitud de acero, la vida útil efectiva de barrenación, será la mitad. Es decir, en este caso aunque el acero dure 1000 mts. sólo dura 500 m.l. de barrenación.

e).- Consumo de brocas.- Queda incluido en el acero seccional, así como la afilación.

2.- Costo directo por barrenación.

Por compresora:  $\frac{35,000.00 \text{ UM/hora}}{7 \times 4.5 \text{ m/h.} \times 1.5 \text{ m}^3/\text{m.}} = 740.74 \text{ UM/m}^3$

Por pistola:  $\frac{5,000.00 \text{ UM/hora}}{4.5 \text{ m/h.} \times 1.5 \text{ m}^3/\text{m.}} = 740.74 \text{ UM/m}^3$

Por acero de barrenación:

$\frac{600,000.00/\text{juego de barras hasta 2.40}}{500 \text{ m.} \times 1.50 \text{ m}^3/\text{metro de barrenación.}} = 800.00 \text{ UM/m}^3$

Afilación y mantenimiento del acero:

30% del cargo por acero  $800.00 \text{ UM m}^3 \times 0.30 = 240.00 \text{ UM/m}^3$

**COSTO DIRECTO POR BARRENACION**  $2,521.48 \text{ UM/m}^3$

3.- Costo directo por explosivos, artificios y accesorios.

Consideramos una mezcla de 30% de tovox 100-45% y 70% de supermexamón "G" con un consumo de  $0.300 \text{ kg/m}^3$ .

Cargo por dinamita: Tovex.

$$3,500.00 \text{ UM/kg} \times 0.300 \text{ kg/m}^3 \times 0.3 = 315.00 \text{ UM/m}^3$$

Cargo por Supermexamón "G"

$$700.00 \text{ UM/kg} \times 0.300 \text{ kg/m}^3 \times 0.7 = 147.00 \text{ UM/m}^3$$

Consideramos un estopin eléctrico por barreno,

$$\frac{3,000.00 \text{ UM/pza}}{3.00 \text{ m}^3/\text{barreno.}} = 1,000.00 \text{ UM/m}^3$$

Accesorios.- Estimamos 3.0 metros de alambre de conexión:

$$\frac{3 \times 7,380.00 \text{ UM}}{100 \text{ m.} \times 3.00 \text{ m}^3/\text{barreno.}} = 73.80 \text{ UM/m}^3$$

Alambre de conducción.

$$\frac{3 \times 17,490.00 \text{ UM}}{100 \text{ m.} \times 3.0 \text{ m}^3/\text{barreno.}} = 174.90 \text{ UM/m}^3$$

COSTO DIRECTO POR EXPLOSIVOS ARTIFICIOS, ETC. 1,710.70 UM/m<sup>3</sup>

4.- Cargo unitario por carga, poblado y tronado. Una cuadrilla integrada como sigue, rinde 60 m<sup>3</sup>/hora de trabajo.

1 Poblador	19,000.00 UM/día
1 Cargador	17,000.00 UM/día
1 Ayudante cargador	14,000.00 UM/día
<b>S U M A</b>	<b>50,000.00 UM/día</b>

$$\text{Cargo unitario: } \frac{50,000.00 \text{ UM/día.}}{8 \times 60 \text{ m}^3/\text{hora}} = 104.17 \text{ UM/m}^3$$

#### 5.- Cargo unitario por excavación:

La pala mecánica, sólo tiene acceso por las banquetas y los caminos de construcción que cruzan la zona de limpia, y es por ello que una vez tronado el material, un tractor lo empuja para amontonarlo en el sitio más próximo de la banqueta o camino en que se ubica la pala.

El rendimiento de una pala mecánica de 212 yd<sup>3</sup>, si trabaja con una carrera óptima, es del orden de 235.8 m<sup>3</sup>/h. de material abundado, o sea 235.8 m<sup>3</sup>/1.65 = 143 m<sup>3</sup> (roca) medidos en la excavación con una eficiencia del 70% serán: 143 x 0.7 = 100.10 m<sup>3</sup>/h.

Consecuentemente, el tractor deberá hacer los recorridos que resulten necesarios para amontonar el material en sitios adecuados para que la pala trabaje en condiciones favorables.

Cargo por pala:

$$\frac{190,000.00 \text{ UM/h.e.}}{100.10 \text{ m}^3/\text{h.}} = 1,898.10 \text{ UM/m}^3$$

Suponemos que se ha determinado de acuerdo a la distancia de acarreo que se requieren 4 camiones Euclid R-35.

Cargo por camiones:

$$\frac{4 \times 95,000.00 \text{ UM}}{100.10/\text{m}^3/\text{h.}} = 3,796.20 \text{ UM/m}^3$$

Considerando que el tractor que empujará el material hará movimientos o recorridos con longitud media de 30 m., de las gráficas en los apuntes de rendimiento obtenemos un rendimiento teórico igual a 600 m<sup>3</sup>/hora y los siguientes factores de corrección:

Operador bueno	0.75
Material (roca)	0.70
Eficiencia 50 min/h	0.84
Cuchilla angulable	0.60

Rendimiento real =

$$600 \text{ m}^3/\text{h} \times 0.75 \times 0.7 \times 0.84 \times 0.6 = 159 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Observamos que el tractor puede abastecer a la pala que requiere de 143 m<sup>3</sup>/hora. Para el cálculo del cargo correspondiente (del tractor), es importante anotar que cuando existen operaciones de trabajo simultáneas, se debe considerar el rendimiento menor que en este caso es el de la Pala Mecánica, luego:

$$\text{Cargo por tractor excavador : } \frac{150,000.00 \text{ UM}}{100.10 \text{ m}^3/\text{h}} = 1,498.50 \text{ UM/m}^3.$$

**COSTO DIRECTO:**

Barrenación	2,521.48 UM/m <sup>3</sup>
Explosivos	1,710.70 UM/m <sup>3</sup>
Tronado	104.16 UM/m <sup>3</sup>
Carga con pala	1,898.10 UM/m <sup>3</sup>
Acarreo	3,796.20 UM/m <sup>3</sup>
Tractor apoyo	1,498.50 UM/m <sup>3</sup>

SUMA	11,529.14 UM/m <sup>3</sup>
INDIRECTO (45%)	5,188.11 UM/m <sup>3</sup>

**PRECIO UNITARIO. 16,717.25 UM/m<sup>3</sup>**

## CONCRETOS HIDRAULICOS

1.- Algunos conceptos de trabajo aplicables a diferentes tipos de obra y algunos conceptos de trabajo cuyos análisis de costos son similares y pueden agruparse bajo la denominación "Concretos Hidráulicos".

### 1.1 Vías de Comunicación.

- Carpetas de concreto hidráulico  $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$  Reforzado con acero  $f'y = 4000 \text{ kg/cm}^2$ .
- Fabricación y colocación de concreto ciclopeo simple en cajones de cimentación del puente.

### 1.2 Presas.

- Fabricación y colocación de concreto en el cimacio y plantilla del vertedor.
- Fabricación y colocación de concreto en la estructura de entrada y estructura de rejillas de la obra de toma.
- Fabricación y colocación de concreto en el revestimiento de túneles de desvío.

### 1.3 Zonas de riego

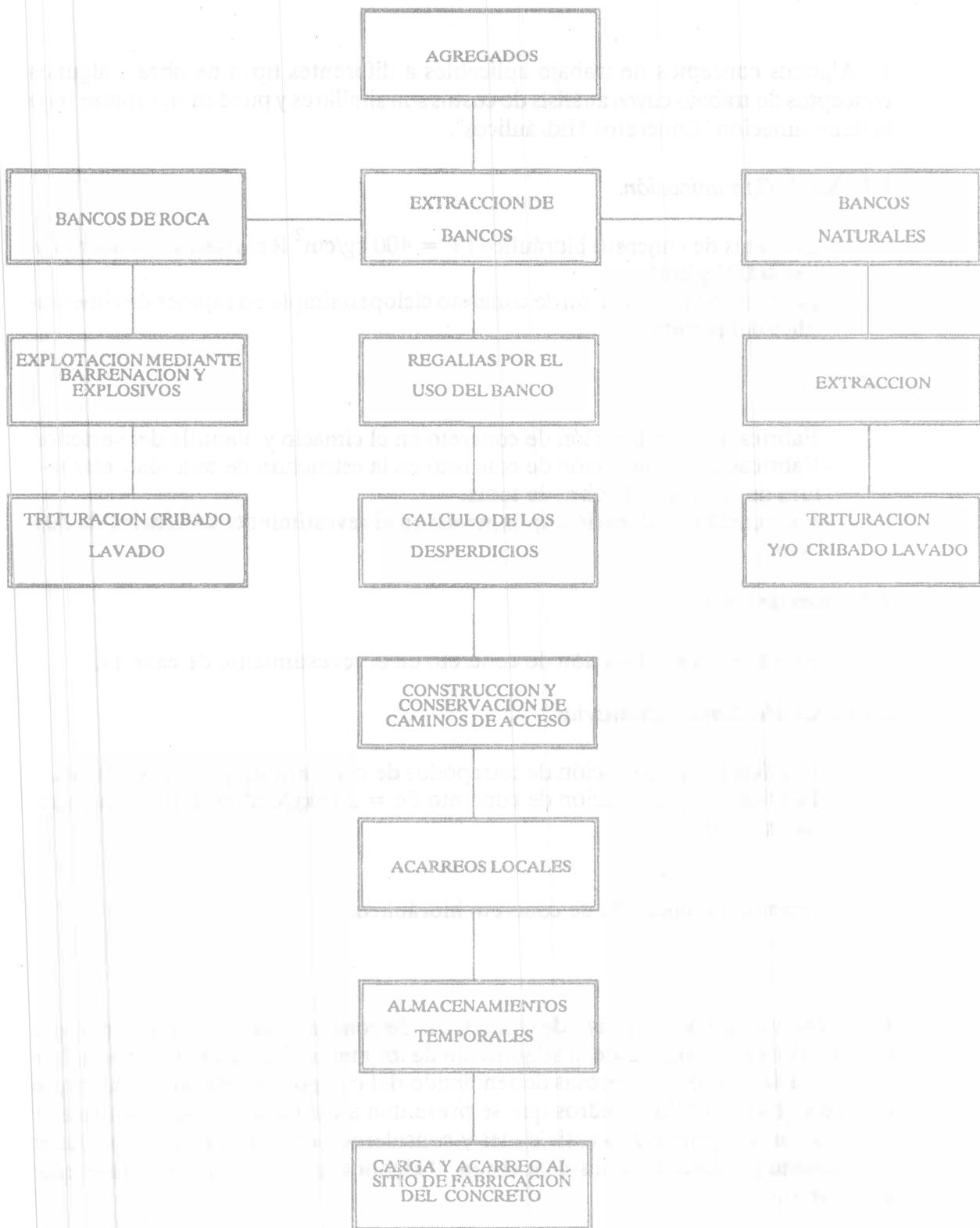
- Fabricación y colocación de concreto en el revestimiento de canales.

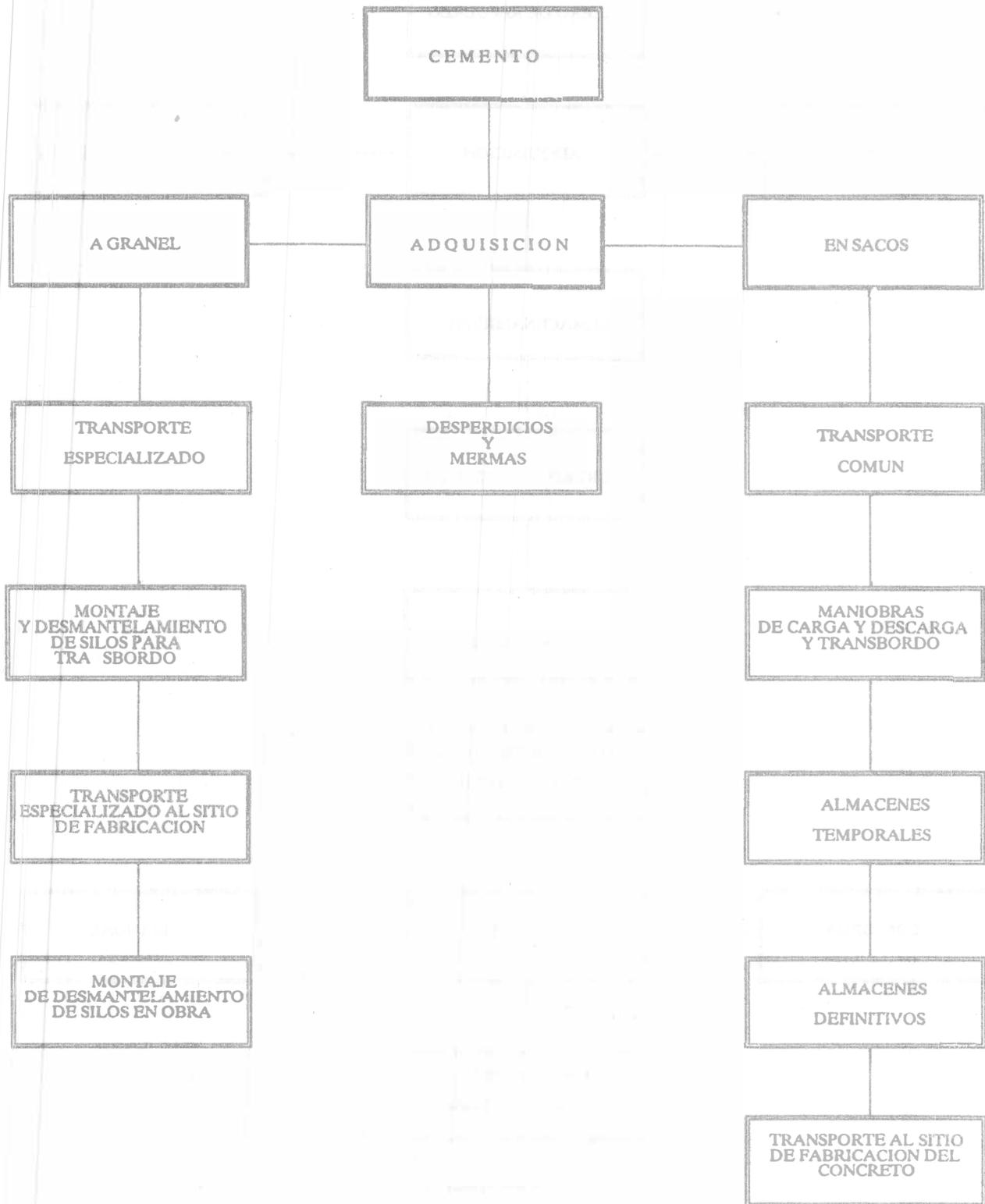
### 1.4 Obras Marítimas y portuarias.

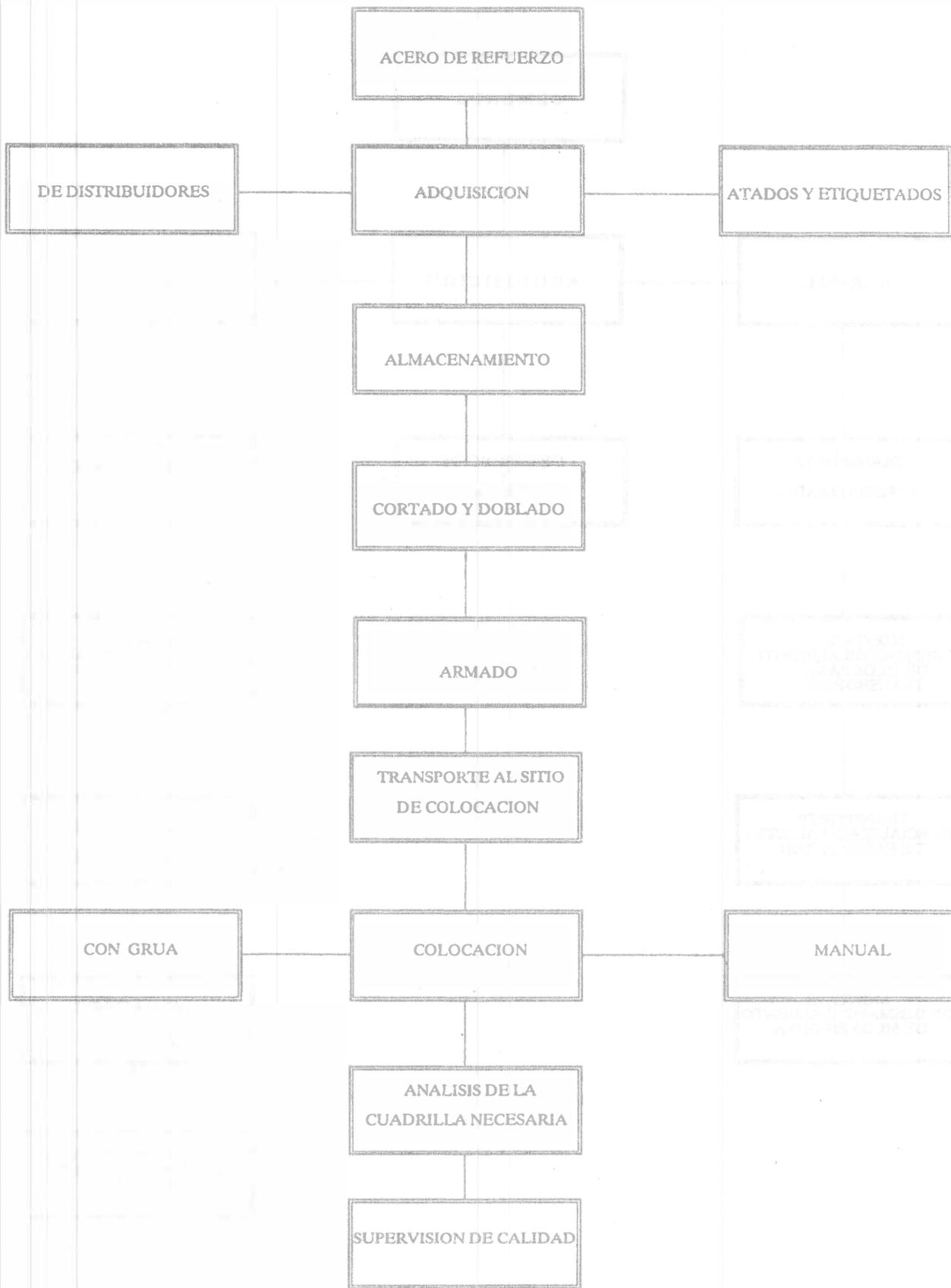
- Fabricación y colocación de tetrapodos de concreto simple en escolleras.
- Fabricación y colocación de concreto  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  en superestructura del muelle.

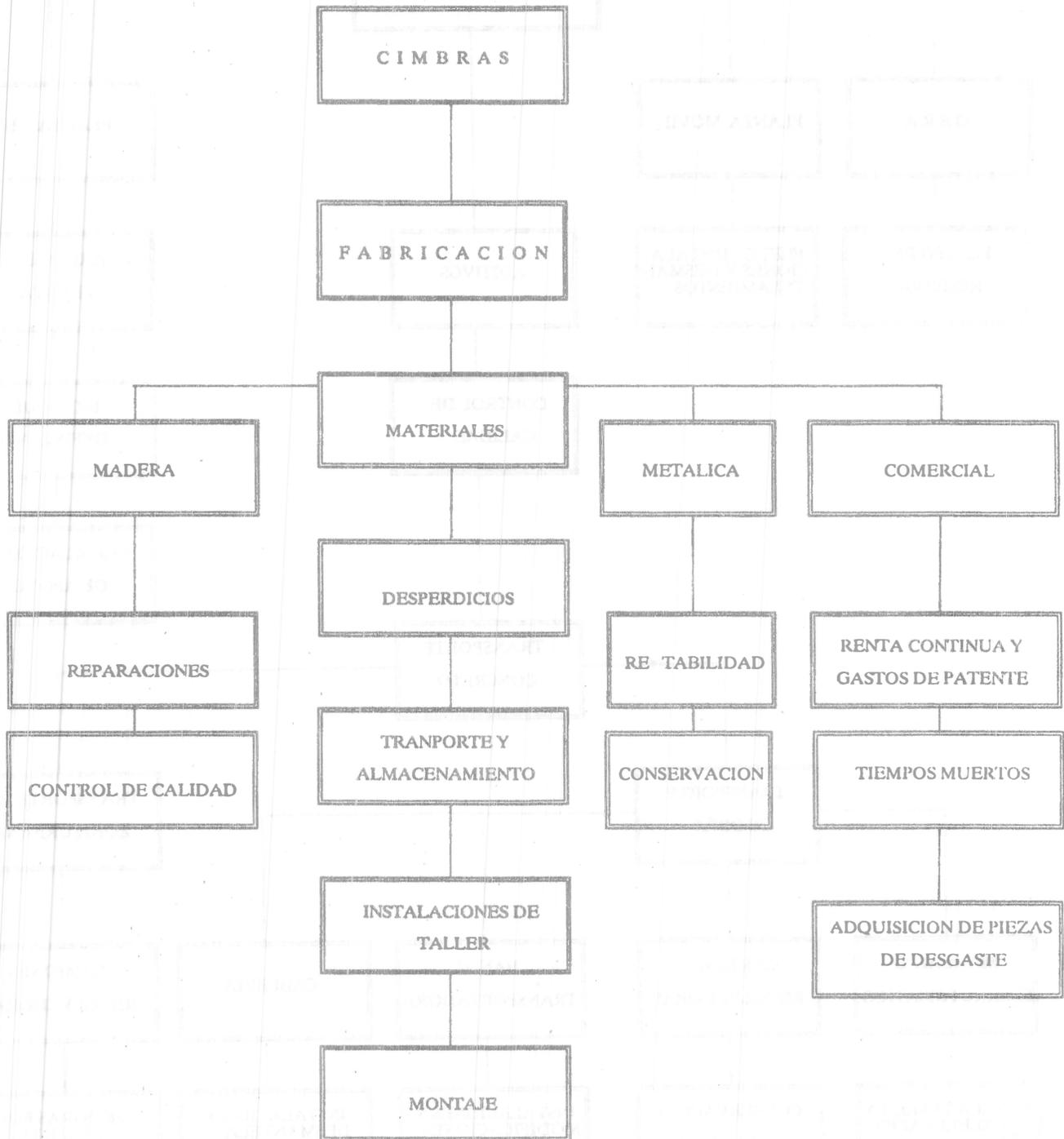
2.- Fabricación y colocación de concreto hidráulico.

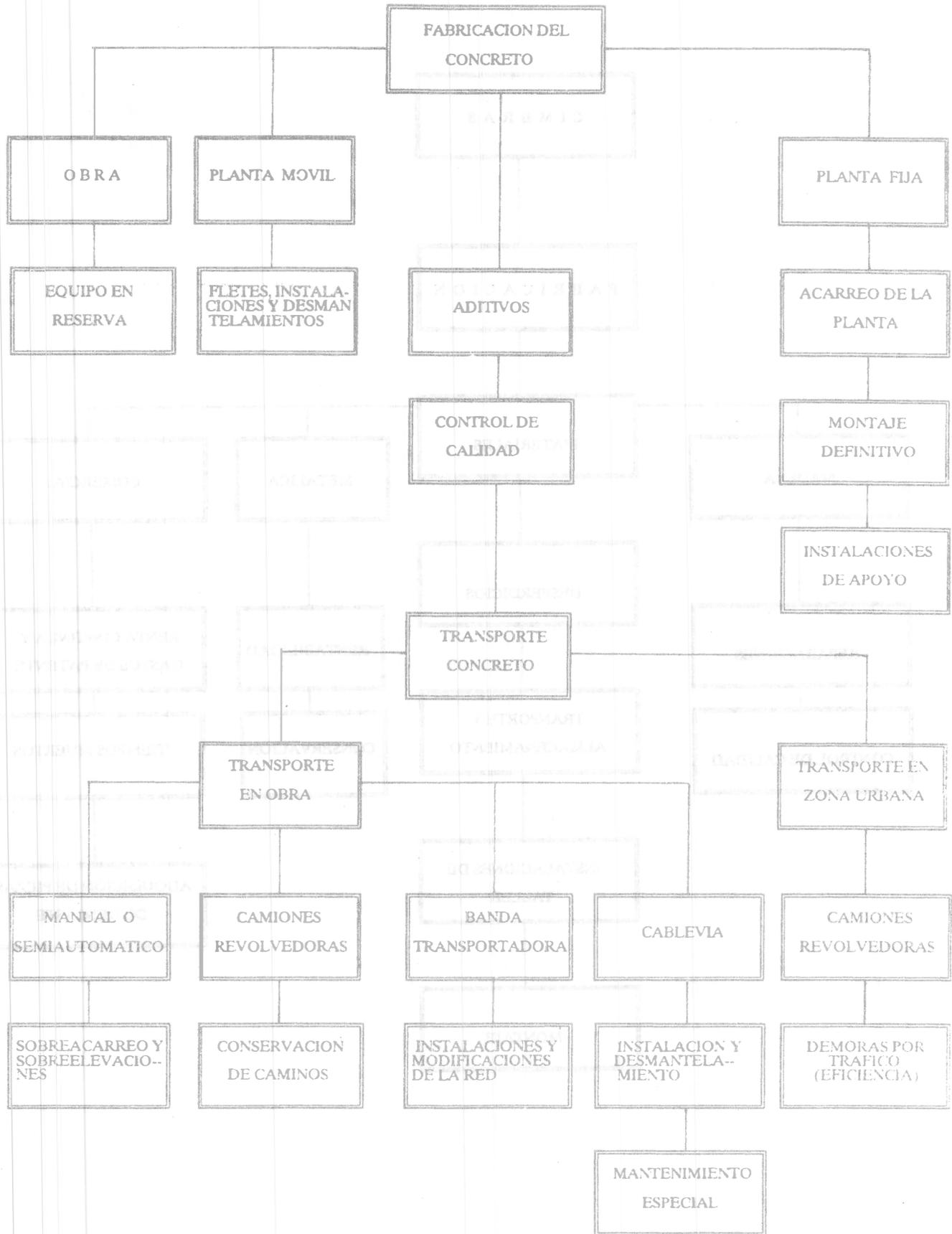
El procedimiento constructivo de estructuras de concreto involucra un sinnúmero de actividades que van desde la adquisición de los materiales hasta el acabado final y cuyas variantes son numerosas dependiendo del campo, tipo de obra y concepto de que se trate. En los cuadros que se presentan a continuación se muestra este proceso con sus principales actividades y consideraciones las cuales deberá tener plenamente presente el analista de costos al elaborar un precio unitario referente a concreto.

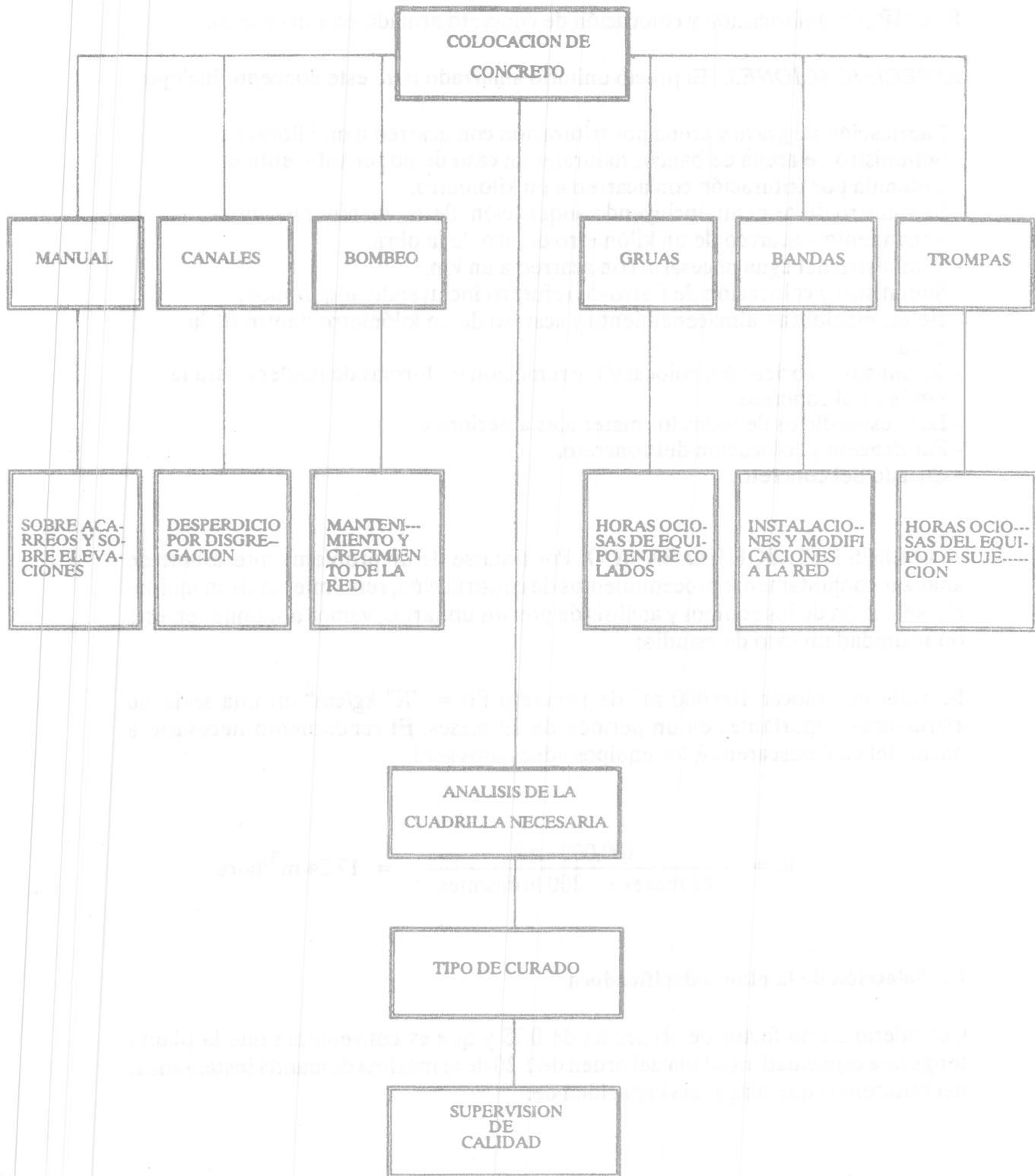












**EJEMPLO:** Fabricación y colocación de concreto armado en estructuras.

**ESPECIFICACIONES:** El precio unitario analizado para este concepto incluye:

- Fabricación de grava y arena por trituración con acarreo a un kilómetro.
- Suministro de arena de bancos naturales en caso de no ser suficiente la obtenida por trituración con acarreo a un kilómetro.
- Suministro de cemento incluyendo adquisición, fletes, maniobras, almacenamiento y acarreo de un kilómetro dentro de la obra.
- Suministro del agua necesaria con acarreo a un km.
- Suministro y colocación de fierro de refuerzo incluyendo adquisición, fletes, maniobras, almacenamiento y acarreo de un kilómetro dentro de la obra.
- Suministro, fabricación, colocación y remoción de formas de madera para la cimbra del concreto.
- Los desperdicios de todos los materiales anteriores.
- Fabricación y colocación del concreto.
- Curado del concreto.

**ANALISIS DEL EQUIPO BASICO:** Por tratarse de un problema interesante de analizar conjuntamente procedimientos de construcción, rendimiento de maquinaria, selección de los equipos y análisis de precios unitarios, vamos a suponer en esta oportunidad un caso de estudio:

Se trata de colocar 100,000 m<sup>3</sup> de concreto f'c = "X" kg/cm<sup>2</sup> en una serie de estructuras importantes en un periodo de 29 meses. El rendimiento necesario a partir del cual buscaremos los equipos adecuados será:

$$R = \frac{100,000 \text{ m}^3}{29 \text{ meses} \times 200 \text{ horas/mes}} = 17.24 \text{ m}^3/\text{hora}$$

**I).- Selección de la planta dosificadora:**

Considerando un factor de eficiencia de 0.75 y que es conveniente que la planta tenga una capacidad instalada del orden de 1.20 de la máxima demanda instantánea, necesitaremos que tenga una capacidad de:

$$\frac{17.25 \text{ m}^3/\text{hora} \times 1.20}{0.75} = 27.58 = 28 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Una planta dosificadora con especificaciones de 40-60 yd<sup>3</sup>/hora es la que necesitamos ya que:

$$40 \text{ yd}^3/\text{hora} \times 0.765 \text{ m}^3/\text{yd}^3 = 30.60 \text{ m}^3/\text{hora}$$

El personal requerido para operarla es:

En silo de cemento y su dosificador.  
1 Operador y 1 ayudante.

En las tolvas de agregados y su dosificador.  
1 Operador y 2 ayudantes.

El costo horario de este equipo se calculó en: 218,000.00 UM/h.e.

## 2).- Selección de la planta de trituración.

Puesto que tenemos considerada una producción necesaria de concreto de 28 m<sup>3</sup>/hora y se requiere aproximadamente 2 tons. de agregados por m<sup>3</sup>., la producción de la planta de trituración deberá ser igual a:

$$28 \text{ m}^3/\text{hora} \times 2 \text{ tons./m}^3 = 56 \text{ tons./hora.}$$

Para un concreto de f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup> se pide la siguiente granulometría:

MALLA DE	AGREGADOS NATURALES % RETENIDO	MATERIALES TRITURADOS % RETENIDO
3"	1	210
2"	2	218
1-1/2"	3	526
1"	44	34
3/4"	58	44
3/8"	64	54
No. 4	6	963
No. 30	9	590
No. 100	10	0100

El material en greña del río de donde se va a obtener tiene la siguiente granulometría:

MATERIAL COMPREN DIDO ENTRE:	PORCENTAJE INDIVIDUAL	PORCENTAJE ACUMULADO
8" y 3"	9.3	9.3
3" y 1-1/2"	17.4	26.7
1-1/2" y 3/4"	21.6	48.3
3/4" y 3/8"	13.6	61.9
Arena menos de 3/8"	38.1	100.0

De un estudio entre ambas condiciones se obtuvo una planta que está compuesta básicamente por una trituradora primaria de quijadas 15x24 misma que es manejada por un operador, un ayudante y 5 peones y tiene un costo horario de 135,000.00 UM/h.e.

### EQUIPO CONSIDERADO:

Draga de arrastre de 2-1/2 yd <sup>3</sup> .	190,000.00 UM/h.e.
Cargador frontal de 1.34 m <sup>3</sup> .	40,000.00 UM/h.e.
Planta de trituración equipada con cribas y lavado.	135,000.00 UM/h.e.
Camión volteo 6m <sup>3</sup> operando.	21,000.00 UM/h.e.
Camión volteo en reserva.	16,000.00 UM/h.e.
Planta dosificadora (940-60 yd <sup>3</sup> /hora).	218,000.00 UM/h.e.
Bomba de concreto (incluye tubería).	36,000.00 UM/h.e.
Vibrador de gasolina.	1,500.00 UM/h.e.
Camión de redilas de 10 tons.	
Operando.	25,000.00 UM/h.e.
En reserva.	20,000.00 UM/h.e.
Camión de pipa de 5000 lts.	
Operando.	20,000.00 UM/h.e.
En reserva.	15,000.00 UM/h.e.
Bomba centrífuga de 2".	2,000.00 UM/h.e.

### ANALISIS DEL CONCEPTO.

#### I).- AGREGADOS

La extracción del material en greña del lecho del río se hará con una draga de 2-1/2 yd<sup>3</sup> de capacidad, cuyo rendimiento óptimo con giro de 90°, 100% de corte óptimo excavando material constituido por arena y grava mezcladas que dan un factor de llenado de cucharón de 0.9 es de:

$$295 \text{ yd}^3/\text{h} \times 0.90 \times 0.765 = 203 \text{ m}^3/\text{hora (medido en banco)}$$

Como el material se encuentra saturado de agua, el rendimiento se reduce en proporción inversa a los pesos volumétricos del material seco y húmedo y suponiendo además una eficiencia de 75%, el rendimiento real será:

$$0.75 \times 203 \text{ m}^3/\text{hora} \times \frac{1540 \text{ kg/m}^3}{1900 \text{ kg/m}^3} = 124 \text{ m}^3/\text{hora (medido en banco)}$$

Cargo por extracción con draga:

$$\frac{190,000.00 \text{ UM/h.e.}}{123.46 \text{ m}^3/\text{hora}} = 1,538.90 \text{ UM/m}^3$$

Acarreo a un kilómetro de descarga:

Capacidad de los camiones:

$$6 \text{ m}^3 \times 1.9 = 11.4 \text{ tons.}$$

$$\text{Capacidad por peso} = 10 \text{ tons.} = 10/1.9 = 5.26 \text{ m}^3 \text{ (limitación por peso)}$$

Ciclo de camiones:

$$\text{Carga} \frac{5.26 \text{ m}^3 \times 60 \text{ min./hora.}}{124 \text{ m}^3/\text{hora.}} = 2.56 \text{ min.}$$

Ida a 15 Km/h, ya considerada como velocidad media con coeficiente de eficiencia.

$$\frac{1 \text{ Km} \times 60 \text{ min./h.}}{15 \text{ Km/h.}} = 4.00 \text{ min}$$

Regreso a 30 Km/h (Idem)

$$\frac{1 \text{ Km} \times 60 \text{ min./h.}}{30 \text{ Km/h.}} = 2.00 \text{ min}$$

$$\text{Viraje y descarga} = 1.00 \text{ min.}$$

$$\text{Acomodo en la carga} = 0.50 \text{ min.}$$

$$\text{SUMA:} = 10.04 \text{ min.}$$

No. de camiones para balancear:

$$\frac{10.04}{2.54} = 3.95 = 4 \text{ camiones.}$$

Costo de los camiones.

$$\begin{aligned} 4 \text{ camiones operando} & \times 21,000.00 \text{ UM} & = & 84,000.00 \text{ UM/h.e.} \\ 1 \text{ camiones en reserva} & \times 16,000.00 \text{ UM} & = & 16,000.00 \text{ UM/h.e.} \end{aligned}$$

$$\text{SUMA} \quad \underline{100,000.00 \text{ UM/h.e.}}$$

Cargo por acarreo a un kilómetro y descarga:

$$\frac{100,000.00 \text{ UM/h.e.}}{123.46 \text{ m}^3/\text{hora}} = 809.97 \text{ UM/m}^3$$

Cargo unitario por extracción, carga y acarreo a un kilómetro

$$1,532.00 + 809.97 = 2,341.97 \text{ UM/m}^3$$

Como un metro cúbico de material seco tiene un peso volumétrico de  $1.54 \text{ ton/m}^3$ , y un metro cúbico de concreto, requiere de 2 toneladas, el cargo por este concepto por metro cúbico de concreto será igual a:

$$\frac{2,341.97 \text{ UM/m}^3 \times 2 \text{ ton/m}^3}{1.54 \text{ ton/m}^3} = 3,041.52 \text{ UM/m}^3 \text{ concreto}$$

Trituración, lavado y clasificación:

El rendimiento de la planta es de 56 tons/hora, por lo tanto con las mismas consideraciones anteriores:

$$\frac{135,000.00 \text{ UM/h.e.} \times 2 \text{ tons/m}^3}{56 \text{ ton/hora}} = 4821.43 \text{ UM/m}^3 \text{ concreto}$$

$$\text{Desperdicio en la trituración (5\%)} = 241.07 \text{ UM/m}^3 \text{ concreto}$$

Se debe tener un cargador de 1.34 m<sup>3</sup> permanentemente para cargarla:

$$\frac{40,000.00 \text{ UM/h.e.} \times 2 \text{ ton/m}^3}{56 \text{ ton/hora}} = 1,428.56 \text{ UM/m}^3 \text{ concreto}$$

Acarreo de la trituradora a la planta dosificadora (para no repetir, utilizamos el análisis anterior). = 3,036.00 UM/m<sup>3</sup> concreto

Cargo unitario del concepto (I) agregados = 12,568.58 UM/m<sup>3</sup> concreto

## II).- SUMINISTRO DE CEMENTO:

Precio de adquisición puesto LAB en la estimación de ferrocarril distante 1 km. de la obra = 100,000.00 UM/ton.

1a. Maniobra.- Descarga del furgón y carga al camión.

Una cuadrilla de 6 peones y un cabo pueden mover 6 ton/hora por lo que:

$$\begin{array}{rcl} 6 \text{ peones} & \times & 12,000.00 \text{ UM} \\ 1 \text{ cabo} & \times & 18,000.00 \text{ UM} \\ \hline & & = 72,000.00 \text{ UM} \\ & & = 18,000.00 \text{ UM} \\ & & \hline & & 90,000.00 \text{ UM} \end{array}$$

$$\frac{90,000.00 \text{ UM/día}}{8 \text{ horas/día} \times 6 \text{ ton/hora}} = 1,875.00 \text{ UM/ton.}$$

El costo del camión parado será:

$$\frac{20,000.00 \text{ UM/h.e.}}{6 \text{ ton/hora}} = 3,333.00 \text{ UM/ton.}$$

Acarreo a 1 km

$$\begin{array}{rcl} \text{Ida a } 20 \text{ km/h.} & & 3.0 \text{ min.} \\ \text{Regreso a } 30 \text{ km/h.} & & 2.0 \text{ min.} \\ & & \hline & & 5.0 \text{ min.} \end{array}$$

Por lo que:

$$\frac{25,000.00 \text{ UM/h.e.} \times 5,0 \text{ min.}}{10 \text{ ton} \times 60 \text{ min.}} = 208.33 \text{ UM/ton.}$$

$$\text{Sub total 1a maniobra} = 5,416.33 \text{ UM/ton.}$$

2a Maniobra: Almacén de la obra:

$$\text{Descarga del camión (igual a la carga)} = 1,875.00 \text{ UM/ton.}$$

$$\text{Camión parado en la descarga} = 3,333.00 \text{ UM/ton.}$$

Almacenamiento.- Supongamos un consumo de  $0.3 \text{ ton/m}^3$  de concreto y la necesidad de tener guardado por seguridad el consumo de una semana.

$$\frac{100,000 \text{ m}^3 \times 0.3 \text{ ton/m}^3}{29 \text{ meses} \times 4 \text{ semanas}} = 258.6 \text{ ton/semana.}$$

Suponiendo un área de bodega necesaria de  $4 \text{ m}^2/\text{ton}$  que debe amortizarse en toda la obra y cuyo costo por  $\text{m}^2$  es de  $= 25,000.00 \text{ UM/m}^2$

$$\frac{258 \text{ ton} \times 4 \text{ m}^2/\text{ton} \times 25,000.00 \text{ UM/m}^2}{100,000 \text{ m}^3 \times 0.3 \text{ ton/m}^3} = 862.00 \text{ UM/ton.}$$

$$\text{Sub total 2a maniobra} = 6,070.00 \text{ UM/ton.}$$

### RESUMEN

Adquisición	100,000.00 UM/ton.
1a maniobra	5,416.00 UM/ton.
2a maniobra	6,070.00 UM/ton.
	<hr/>
	111,486.00 UM/ton.
3% Desperdicio	3,344.50 UM/ton.
SUMA	<hr/>
	114.830.00 UM/ton.

Cargo unitario por el concepto (II) suministro de cemento.

$$114,830.00 \text{ UM/ton.} \times 0.3 \text{ ton/m}^3 = 34,448.22 \text{ UM/m}^3 \text{ concreto.}$$

### III).- SUMINISTRO DE AGUA.

Se ha visto la forma de analizar el concepto de suministro de agua en el concepto TERRAPLENES cuyo costo resultó de 6,167 UM/m<sup>3</sup> de agua. Supongámoslo igual para este caso, suponiendo un consumo de 175 lts. de agua por m<sup>3</sup> de concreto.

Cargo unitario por el concepto (III) suministro de agua.

$$6,167 \times 0.175 = 1,079.22 \text{ UM/m}^3 \text{ concreto.}$$

### IV).- SUMINISTRO Y COLOCACION DE FIERRO DE REFUERZO.

Se supone para nuestro caso de estudio un consumo de 0.2 ton/m<sup>3</sup> de concreto.

precio de adquisición puesto (como el cemento) LAB. en la estación de ferrocarril  
= 650,000.00 UM/ton.

Como para efectos de conocer la forma de análisis ya se manejaron las diferentes maniobras en el concepto suministro de cemento, aquí suponemos que se analizó y su costo es de:  
= 18,000.00 UM/ton.

$$\text{Suma:} = \underline{668,000.00 \text{ UM/ton.}}$$

$$\text{Desperdicio (3\%)} = 20,040.00 \text{ UM/ton.}$$

$$\text{SUMA} = \underline{688,040.00 \text{ UM/ton.}}$$

Colocación:

Corte y doblado de varillas.- 1 Fierrero y 7 peones rinden 1 tonelada por día.

$$\begin{array}{rcl} 1 \text{ Fierrero} & \times & 16,000 \text{ UM/día} & = & 16,000.00 \text{ UM/día} \\ 7 \text{ Peones} & \times & 12,000 \text{ UM/día} & = & 84,000.00 \text{ UM/día} \end{array}$$

$$\underline{100,000.00 \text{ UM/día}}$$

$$\frac{100,000.00 \text{ UM/día}}{1 \text{ ton/día}} = 100,000.00 \text{ UM/ton.}$$

Colocación y amarre.- Un fierrero y 7 peones pueden colocar y amarrar 1.5 ton/día, por lo tanto:

$$\frac{100,000.00 \text{ UM/día}}{1.5 \text{ ton/día}} = 66,666.67 \text{ UM/ton.}$$

Alambre de amarre.- Se requiere aproximadamente 25 kg/ton. con un precio de 800,000.00 UM/ton por lo tanto

$$800,000.00 \text{ UM/ton.} \times 0.025 \text{ ton/ton} = 20,000.00 \text{ UM/ton.}$$

$$\text{SUMA} = \underline{874,706.67 \text{ UM/ton.}}$$

Cargo unitario por el concepto (IV) Suministro y colocación de fierro de refuerzo.

$$874,706.67 \text{ UM/ton.} \times 0.25 \text{ ton/m}^3 \text{ concreto} = 218,676.67 \text{ UM/m}^3 \text{ concreto.}$$

#### V).- CIMBRA DE MADERA

Consideraciones:

- Se requieren 30 pies tablón de madera entre tableros pies derechos, madrinas, etc., para cubrir un metro cuadrado de contacto con el concreto.

- En este proyecto se requiere en un gran promedio cimbrar 2.5 m<sup>2</sup> por cada metro cúbico de concreto.

#### ANALISIS.-

Materiales: Supongamos el millar de pies tablón puestos en obra, incluyendo fletes, maniobras, almacenamiento y pérdidas en 700,000.00 UM

Consideramos 4 usos para la madera y un 40% la cantidad por reponer para reparaciones.

$$\frac{30 \text{ P. T. /m}^2 \times 700.00 \text{ UM/P.T.}}{4 \text{ usos}} = 5,250.00 \text{ UM/m}^2$$

$$40\% \times 5,250.00 \text{ UM/m}^2 = 2,100.00 \text{ UM/m}^2$$

Se requieren 0.25 kg. de herrajes por metro cuadrado.

$$0.25 \text{ kg/m}^2 \times 1500 \text{ UM/kg} = 375.00 \text{ UM/m}^2$$

Se requieren 0.10 Lts. de aceite quemado por m<sup>2</sup>

$$0.10 \text{ Lt/m}^2 \times 120.00 \text{ UM/lit.} = 12.00 \text{ UM/m}^2$$

SUMA DE MATERIALES

$$= 7,737.00 \text{ UM/m}^2$$

Mano de obra:

La cuadrilla de carpintería, estará compuesta por:

1 Oficial de carpintería	x	19,000.00 UM/día	=	19,000.00 UM/día
3 Carpinteros	x	16,000.00 UM/día	=	48,000.00 UM/día
3 Ayudantes.	x	14,000.00 UM/día	=	42,000.00 UM/día
1 Peón	x	12,000.00 UM/día	=	12,000.00 UM/día

SUMA

$$\underline{121,000.00 \text{ UM/día}}$$

Fabricación y ensamble.- Rendimiento teórico de la cuadrilla 30 m<sup>2</sup>/día. Suponiendo una eficiencia de 0.75

$$\frac{121,000.00 \text{ UM/día}}{0.75 \times 30 \text{ m}^2/\text{día} \times 4 \text{ usos}} = 1,344.44 \text{ UM/m}^2$$

Cimbrado.- rendimiento teórico: 55 m<sup>2</sup>/día.

$$\frac{121,000.00 \text{ UM/día}}{0.75 \times 55 \text{ m}^2/\text{día}} = 2933.33 \text{ UM/m}^2$$

Descimbrado y limpieza.- Rendimiento teórico de la cuadrilla 65 m<sup>2</sup>/día.

$$\frac{121,000.00 \text{ UM/día}}{0.75 \times 65 \text{ m}^2/\text{día}} = 2,482.00 \text{ UM/m}^2$$

Reparaciones.- Rendimiento teórico de la cuadrilla 48 m<sup>2</sup>/día

$$\frac{121,000.00 \text{ UM/día}}{0.75 \times 48 \text{ m}^2/\text{día}} = 3,361.00 \text{ UM/m}^2$$

$$\text{SUMA DE MANO DE OBRA:} = 7,187.00 \text{ UM/m}^2$$

$$+ 3\% \text{ herramienta.} = 216.00 \text{ UM/m}^2$$

$$\text{SUMA} = 15,140.00 \text{ UM/m}^2$$

SUMA DE MATERIALES Y MANO DE OBRA:

Cargo unitario por el concepto (V) Cimbra Madera.

$$15,140.00 \text{ UM/m}^2 \times 2.5 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ Concreto} = 37,850.00 \text{ UM/m}^2 \text{ concreto.}$$

#### VI) FABRICACION Y COLOCACION DEL CONCRETO.

- Fabricación.- Esta será hecha en la planta dosificadora con una producción de 17.25 m<sup>3</sup>/hora por lo tanto:

$$\text{Cargo por dosificadora} \frac{218,000.00 \text{ UM/h.e.}}{17.25 \text{ m}^3/\text{h}} = 12,637.68 \text{ UM/m}^3$$

- Transporte.

Tiempo de carga

$$\frac{4 \text{ yd}^3 \times 0.765 \text{ m}^3/\text{yd}^3 \times 60 \text{ min/h}}{17.25 \text{ m}^3/\text{h}} = 10.64 \text{ min.}$$

Ida a 15 km

$$\frac{1.0 \text{ km} \times 60 \text{ min/h.}}{15 \text{ km/h}} = 4.00 \text{ min.}$$

Regreso a 30 km/h.

$$\frac{1.0 \text{ km} \times 60 \text{ min/h.}}{30 \text{ km/h}} = 2.00 \text{ min.}$$

Tiempo de descarga = tiempo de carga = 10.64 min.

Maniobras de vuelta, acomodo y lavado de la revoladora = 3.00 min.

SUMA 30.28 min.

No. de camiones para balancear.

$$\frac{30.28}{10.64} = 2.84 = 3 \text{ camiones}$$

Cargo por acarreo en camiones revoladora:

$$\frac{3 \times 30,811.00 \text{ UM/h.e.}}{17.25 \text{ m}^3/\text{h}} = 5,358.00 \text{ UM/m}^3$$

- Colocación del concreto.

$$\text{Cargo por bomba } \frac{36,000.00 \text{ UM/h.e.}}{17.25 \text{ m}^3/\text{h}} = 2,087.00 \text{ UM/m}^3$$

Se necesita además la siguiente cuadrilla

15 peones	x	12,000.00 UM/día	=	180,000.00 UM/día
2 cabos conc.	x	14,000.00 UM/día	=	28,000.00 UM/día
2 carpinteros	x	16,000.00 UM/día	=	32,000.00 UM/día
			=	<u>240,000.00 UM/día</u>
		Suma	=	<u>7,200.00 UM/día</u>
		+ 3% herramienta	=	<u>247,200.00 UM/día</u>
		SUMA		

$$\text{Carga por cuadrilla} \quad \frac{247,200.00 \text{ UM/día}}{8 \text{ hrs/día} \times 17.25 \text{ m}^3/\text{h}} = 1,791.03 \text{ UM/día}$$

- Vibrado: Spongamos que necesitaremos dos vibradores permanentes en los colocados.

$$\text{Carga por vibrado} \quad \frac{1,500.00 \text{ UM/h.e.} \times 2}{17.25 \text{ m}^3/\text{h.}} = 173.09 \text{ UM/m}^3$$

- Acabados de superficies: Se supone una cuadrilla de 3 albañiles y 3 peones.

3 albañiles	x	14,000.00 UM/día	=	42,000.00 UM/día
3 peones	x	12,000.00 UM/día	=	36,000.00 UM/día
		Suma	=	<u>78,000.00 UM/día</u>
		+ 3% herramienta	=	2,340.00 UM/día
		SUMA	=	<u>80,340.00 UM/día</u>

$$\text{Carga por acabados} \quad \frac{80,340.00 \text{ UM/día}}{8 \text{ hrs/día} \times 17.25 \text{ m}^3/\text{h}} = 582.00 \text{ UM/m}^3$$

- Curado del concreto:

El curado del concreto se hará con curacreto cuyo precio es de 1,200.00 UM/litro y se colocará a mano con bomba aspersora mediante un peón que rinde 300 m<sup>2</sup>, por cada día. El curacreto se pone a razón de 1 litro por 3.5 m<sup>2</sup> de concreto.

Si suponemos un espesor promedio del concreto de 0.25 m, el cargo por material será:

$$\frac{1,200.00 \text{ UM/litro}}{3.5 \text{ m}^2/\text{litro} \times 0.25 \text{ m}} = 1,371.43 \text{ UM/m}^3$$

El cargo por colocación será:

$$\frac{12,000.00 \text{ UM/día}}{300 \text{ m}^2/\text{día} \times 0.25} = 160.00 \text{ UM/m}^3$$

$$\text{Cargo por curado} = 1,531.43 \text{ UM/m}^3$$

$$\text{Cargo unitario del concepto (VI) fabricación y colocación del concreto.} = 24,164.00 \text{ UM/m}^3 \text{ concreto.}$$

**RESUMEN**

- I).- Obtención, trituración, lavado y clasificación de agregados. 12,568.58 UM/m<sup>3</sup> concreto.
- II).- Suministro de cemento. 34,449.00 UM/m<sup>3</sup> concreto.
- III).- Suministro de agua. 1,079.00 UM/m<sup>3</sup> concreto.
- # IV).- Suministro y colocación de fierro de refuerzo 218,676.67 UM/m<sup>3</sup> concreto.
- # V).- Cimbra de madera 37,850.00 UM/m<sup>3</sup> concreto.
- VI).- Fabricación y colocación de concreto 24,164.00 UM/m<sup>3</sup> concreto.

**COSTO DIRECTO**

$$328,787.25 \text{ UM/m}^3 \text{ concreto.}$$

**INDIRECTOS 38%**

$$124,939.15 \text{ UM/m}^3 \text{ concreto.}$$

**TOTAL**

$$453,726.40 \text{ UM/m}^3 \text{ concreto.}$$

(#) NOTA: Estos conceptos por ser variables en cada colado suelen analizarse por separado, pero aquí se trató de integrar todos los que intervienen en la fabricación y colocación de concreto.

EJEMPLO: Elaboración y colocación de pilotes de concreto de 45 cm. x 45 cm x 5 m.

### ESPECIFICACION.

El precio estipulado para este concepto comprende el suministro de materiales, mano de obra y equipo necesario para la fabricación y colocación de pilotes de concreto incluyendo el acero de refuerzo. El concreto deberá ser de  $f'c = "X"$  kg/cm<sup>2</sup>.

### EQUIPO.

Máquina soldadora 300 Amp.	=	3,000.00 UM/h.e.
Grúa 30 ton.	=	110,000.00 UM/h.e.
Martinete.	=	36,000.00 UM/h.e.

### ANALISIS DEL CONCRETO.

D).- Fabricación y colocación de concreto. En vista de la sección ( $0.45 \times 0.45 = 0.20$  m<sup>2</sup>), un metro cúbico de concreto se logrará con 5 ml. de pilote.

### MATERIALES.

Acero Estructural (placa)	1.80 Kg.	x	1,400.00 UM/kg	=	2,520.00 UM
tubo de 2" diámetros	5.00 m.	x	4,800.00 UM/m	=	24,000.00 UM
Madera	3.00 P.T.	x	700.00 UM/pt.	=	2,100.00 UM
Clavo	0.15 kg	x	3,000.00 UM/kg	=	450.00 UM
Soldadura	0.90 kg	x	6,500.00 UM/kg	=	5,850.00 UM
Viga acero H. de 6"	1.20 kg	x	1,400.00 UM/kg	=	1,680.00 UM
Sub-total materiales.					= <u>36,600.00 UM/pza.</u>

### MANO DE OBRA

Una cuadrilla formada por:

0.1 Cabo	x	18,000.00 UM	=	1,800.00 UM
1 Soldador	x	16,000.00 UM	=	16,000.00 UM
1 Ayudante	x	14,000.00 UM	=	14,000.00 UM
SUMA				= <u>31,800.00 UM/día</u>

Tiene un rendimiento diario de 4.5 piezas.

$$\text{Costo de la mano de obra} = \frac{31,800.00 \text{ UM/jor}}{4.5 \text{ pza/jorn.}} = 7,066.66 \text{ UM/pza}$$

$$\text{Costo de la soldadora: } \frac{3,000.00 \text{ UM/h.e.} \times 8 \text{ horas/jorn}}{4.5 \text{ pzas/jorn}} = 5,333.33 \text{ UM/pza}$$

### Herramienta.-

$$\text{Se considera un 2\% de la mano de obra } 7,066.66 \times 0.02 = 141.33 \text{ UM/pza.}$$

Para presentación de la secuela de análisis suponemos que se han analizado por separado cada uno de los siguientes conceptos.

### CONCRETO:

Cimbra en pilotes	4.50 m <sup>2</sup> /pza. x 7,200.00 UM/m <sup>2</sup>	=	32,400.00 UM/pza
Concreto f'c = 250 kg/cm <sup>2</sup>	1.05 m <sup>3</sup> /pza. x 99,000.00 UM/m <sup>3</sup>	=	103,950.00 UM/pza
Colocación del concreto	1.05 m <sup>3</sup> /pza. x 25,000.00 UM/m <sup>3</sup>	=	26,250.00 UM/pza
		=	<u>162,600.00 UM/pza</u>

$$\text{Importe del Concreto} = 162,600.00 \text{ UM/pza}$$

### RESUMEN DEL COSTO DEL CONCRETO :

Materiales	36,600.00 UM/pza
Mano de obra	7,066.66 UM/pza
Soldadora	5,333.33 UM/pza
Herramienta	141.33 UM/pza
Concreto	<u>162,600.00 UM/pza</u>
Sub-Total (1)	211,741.32 UM/pza

II).- Suministro, habilitado y colocación de acero de refuerzo grado duro en pilotes.

Cada pilote lleva aproximadamente 2.10 m<sup>3</sup>. de concreto y 840 kg. de fierro.

### MATERIALES.

Compra, transporte y mermas de:

Varilla G. D. ....	0.84 Ton. x 938,400.00 UM/ton	= 788,256.00 UM/pza
Alambre recocido.....	0.03 kg/kg varilla x 840 kg varilla/pza x 1200.00 UM/kg	= 30,240.00 UM/pza
	<b>Materiales</b>	<b>= 818,496.00 UM/pza</b>

**MANO DE OBRA.**

Personal:			
Cabo	0.1 x	18,000.00 UM/día	1,800.00 UM
Fierrero	1 x	16,000.00 UM/día	16,000.00 UM
Ayudante	1 x	14,000.00 UM/día	14,000.00 UM
		<b>Total por día</b>	<b>31,800.00 UM</b>
		<b>Herramienta 2%</b>	<b>636.00 UM</b>
		<b>S U M A</b>	<b>32,436.00 UM</b>

Rendimiento diario = 500 kg  
Carga por mano de obra:

$$\frac{32,436.00 \text{ UM} \times 840 \text{ kg/pza.}}{500 \text{ kg/día}} = 54,492.48 \text{ UM/pza}$$

**RESUMEN.**

MATERIALES	818,496.00 UM/pza
MANO DE OBRA	54,492.48 UM/pza
<b>SUB-TOTAL (II)</b>	<b>872,988.48 UM/pza</b>

**III).- Manejo de hincado de pilotes.**

**Mano de obra:**

1 Cabo	x	18,000.00 UM	18,000.00 UM
1 Piloteador	x	17,000.00 UM	17,000.00 UM
4 Ayudantes.	x	14,000.00 UM	56,000.00 UM
			<b>91,000.00 UM</b>
		<b>Herramienta (2%)</b>	<b>1,820.00 UM</b>
		<b>S U M A</b>	<b>92,820.00 UM</b>

Rendimiento diario = 27 mts.

Cargo por pilote.

$$\frac{92,820.00 \text{ UM} \times 10 \text{ ml/pza.}}{27 \text{ m}}$$

$$= 34,377.77 \text{ UM/pza}$$

**EQUIPO:**

Grúa 110,000.00 UM/h.e. x 8 horas  
Martinete 36,000.00 UM/h.e. x 8 horas  
SUMA

$$= 880,000.00 \text{ UM}$$
$$= 288,000.00 \text{ UM}$$

---

$$1'168,000.00 \text{ UM}$$

RENDIMIENTO DIARIO - 27 mts.

$$\text{Cargo por pilote} = \frac{1'168,000.00 \text{ UM} \times 10 \text{ ml/pza.}}{27 \text{ m}} = 432,592.59 \text{ UM/pza}$$

SUB-TOTAL (III)

---

$$466,970.36 \text{ UM/pza}$$

**RESUMEN.**

- I).- Fabricacion y colocacion de concreto.
- II).- Fierro de refuerzo.
- III).- Manejo e hincado de pilotes

$$211,741.32 \text{ UM/pza}$$
$$872,988.48 \text{ UM/pza}$$
$$466,970.36 \text{ UM/pza}$$

COSTO DIRECTO  
INDIRECTOS (45%)

---

$$1'551,700.16 \text{ UM/pza}$$
$$698,265.07 \text{ UM/pza}$$

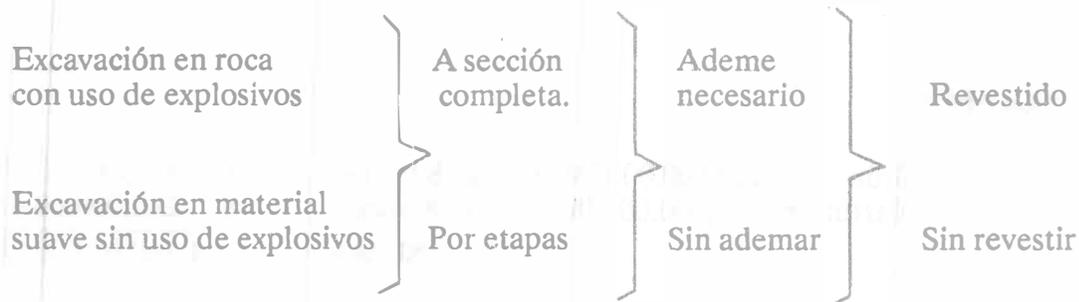
PRECIO UNITARIO.

---

$$2'249,965.23 \text{ UM/pza}$$

## TUNELES

### 1. Variantes



2. Algunos conceptos de trabajo aplicables a diferentes tipos de obra y cuyos análisis de costos son similares y pueden agruparse bajo la denominación "tuneles".

#### 2.1 Vías de comunicación.

Excavación en cualquier clase de material en el túnel piloto del túnel carretero izquierdo del tramo La Venta-La Marquesa.

#### 2.2 Presas.

Excavación Subterránea en cualquier clase de material del cuerpo principal de la casa de máquinas, incluyendo trincheras, ductos y tubos de aspiración.

#### 2.3 Urbanización.

Excavación en roca en el cuerpo principal de la lumbrera No. 4 desde el nivel de inicio hasta la profundidad de conexión en el tunel emisor.

### 3. Especificación Prototipo.

Excavación de túneles, galerías y lumbreras.

Se entenderá por excavación de túneles, galerías y lumbreras, las que se realicen para alojar esas estructuras, o que formen parte de ellas, incluyendo las operaciones de amacise y limpia, la remoción del material producto de las excavaciones a los

bancos de desperdicio o almacenamiento, disponiéndolo en tal forma, que no interfiera con el desarrollo normal de los trabajos y la conservación de dichas excavaciones durante todo el período de construcción de la obra de que se trate o bien hasta que sea colocado el revestimiento, cuando lo hubiere.

#### 4. Proceso Constructivo.

##### 4.1 Estabilidad.

De una manera muy general, podemos decir que existen dos grandes grupos de métodos constructivos:

a) **ESTABLES:** Aquellos en los que el frente y las paredes del terreno no tienen problemas de estabilidad.

Dentro de este grupo se encuentran casi todos los túneles de roca sana y poco fracturada. El procedimiento constructivo más común es el método llamado convencional, en el cual se excava, ya sea la sección completa o la media sección superior.

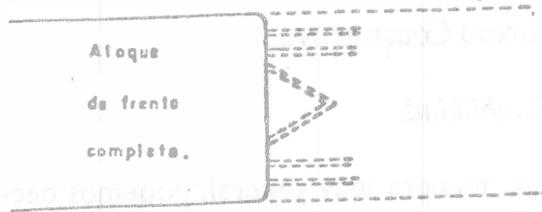
b) **INESTABLE:** Aquellos cuyos terrenos presentan problemas de estabilidad en el frente, empuje en las paredes o simplemente son inestables. Este grupo corresponde a los túneles excavados en rocas fracturadas. Estos túneles normalmente tienen filtraciones importantes y con mucha frecuencia se presentan frentes mixtos. Este grupo de túneles son los más difíciles de excavar, requieren de una explotación geológica más precisa, de amplia experiencia y de mayor inversión de mano de obra, equipo y materiales.

##### 4.2 Método de Excavación.

La forma y longitud del túnel pueden ser definitivos para la selección del procedimiento constructivo, entre más corto sea, es mas conveniente emplear métodos constructivos que no requieran grandes inversiones del equipo.

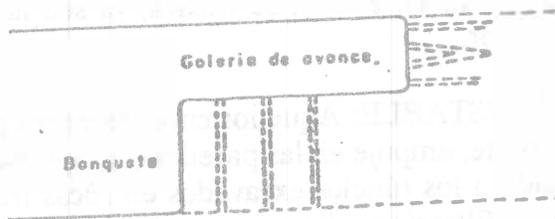
a) CON EXPLOSIVOS.

1. ATAQUE A SECCION COMPLETA:



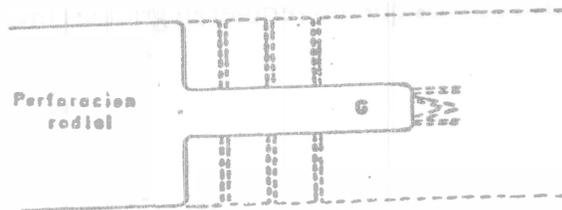
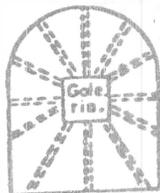
El ataque a sección completa se lleva a cabo cuando la roca es de buena calidad y además que el soporte que se necesita sea mínimo.

2. ATAQUE CON GALERIA Y BANQUETO:



Es el método más frecuente usado actualmente, es el que consiste en la excavación de una galería superior y posteriormente dos o más excavaciones de banco hacia abajo.

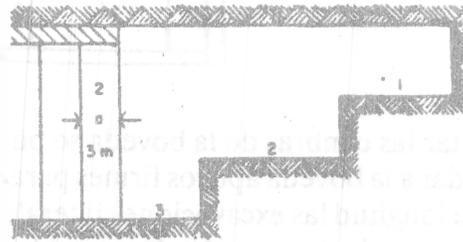
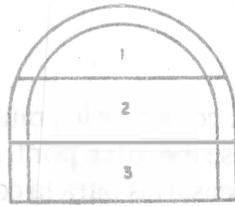
3. METODO DEL TUNEL PILOTO:



Se utiliza mucho en la perforación de túneles grandes. Se perfora una pequeña socavación o túnel piloto por la línea de centros del túnel propuesto, mediante métodos convencionales. Los barrenos para el resto del túnel generalmente se perforan en anillos a partir de columnas y barras a medida que avanza el túnel piloto.

**b) SIN EXPLOSIVOS.**

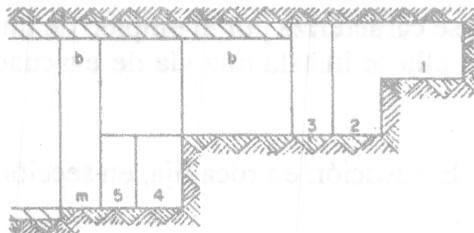
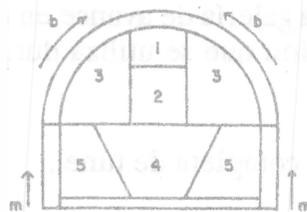
**1. ATAQUE A PLENA SECCION O METODO INGLES:**



Consiste en efectuar la excavación por franjas horizontales en toda la anchura del túnel, comenzado por la parte superior. Los números 1, 2, 3, ... indican la secuencia en que se ataca la sección.

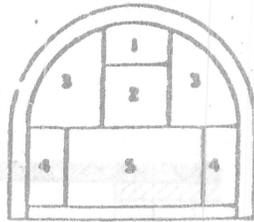
**2. METODO DE LA GALERIA CLAVE O METODO BELGA:**

**A) EN BUEN TERRENO:**



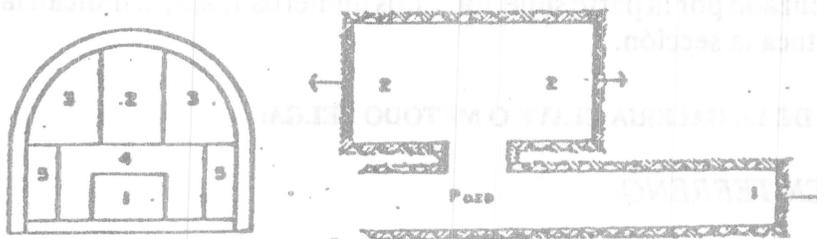
Este método es adecuado para terrenos resistentes y es seguro con tal de que la resistencia del terreno sea suficiente para que la bóveda no sufra asentamientos antes de que la hayan construido bajo los muros, y no exige más que un ademado muy sencillo.

**B) EN MAL TERRENO:**



Antes de quitar las cimbras de la bóveda se pueden construir los muros de revestimiento para dar a la bóveda apoyos firmes para ello se ejecutan por trozos sucesivos de 2 a 3 m. de longitud las excavaciones laterales necesarias para la construcción de los muros. Esta variante aumenta la seguridad ya que durante la construcción de los muros no sólo está sostenida la bóveda en el sitio de los arranques sino que sigue descansando en sus cimbras apoyada en la berma.

**3. METODO DE LAS DOS GALERIAS O METODO AUSTRIACO:**



Este método se caracteriza por el empleo de una galería de avance en el eje y base del túnel. En ella se instala una vía de evacuación que se utiliza durante toda la obra.

**EJEMPLO:** Excavación en roca fija, en sección completa de túnel.

**ESPECIFICACIONES:** El concepto incluye la excavación de los túneles a sección completa, empleando equipo mecanizado y usando explosivos, el amacice y afine de la excavación, haciendo el "peinado" que se requiera dentro de las líneas "A" y "B", el acarreo del material producto de la excavación hasta los bancos de almace-

namiento con acarreo libre de un km. y todos los trabajos e instalaciones necesarios señalados en las especificaciones, para garantizar la seguridad del equipo y personal encargado de los trabajos.

**MEDICION Y PAGO:** La excavación de túneles se medirá en metros cúbicos con aproximación de un decimal. El volumen excavado se determinará en la forma siguiente:

Como en este caso particular el proyecto determina líneas "A" y "B" se considerará como sección de pago la limitada por ésta última.

Se entenderá por línea "B", aquella que según el proyecto servirá para estimar los volúmenes de excavaciones, cualquiera que sea la sección de ésta, siempre y cuando se cumpla con el requisito de que el terreno no penetre dentro de la línea "A", siendo la línea "A" aquella que limitará la sección dentro de la cual no se permitirá por ningún motivo que penetren salientes del terreno.

Todas aquellas excavaciones efectuadas en exceso de la línea "B", serán consideradas como sobreexcavaciones.

#### **EQUIPO:**

Pistola neumática Atlas Copco Mod. RH-656-4W . con alimentador telescópico de pierna.	5,000.00 UM/h.e
Compresora de 900 p.c.m.	60,000.00 UM/h.e.
Compresora de 600 p.c.m.	35,000.00 UM/h.e.
Rezagadora "Emico" de 1 1/2 yd <sup>3</sup>	23,000.00 UM/h.e.
Camión "Duptor" Mod. 100, operando.	42,000.00 UM/h.e
Camión "Duptor" Mod. 100, reserva.	35,000.00 UM/h.e.
Tractor D-6, o similar.	82,000.00 UM/h.e.
Bomba de 2".	2,000.00 UM/h.e.

#### **ANALISIS DEL CONCEPTO.**

Generalidades: Supongamos que el túnel a estudiar tiene un diámetro interior de 5.00 metros de diámetro, y será revestido de concreto con espesor de 0.60 m; por otra parte, el proyecto estipula que entre las líneas "A" y "B" se dejará un espacio de tolerancia con valor de 0.25 m. por consiguiente, el diámetro total de la sección máxima de pago limitada por la línea "B", será de:

$$5.00 \text{ m} + 2 \times 0.60 + 2 \times 0.25 = 6.70 \text{ m.}$$

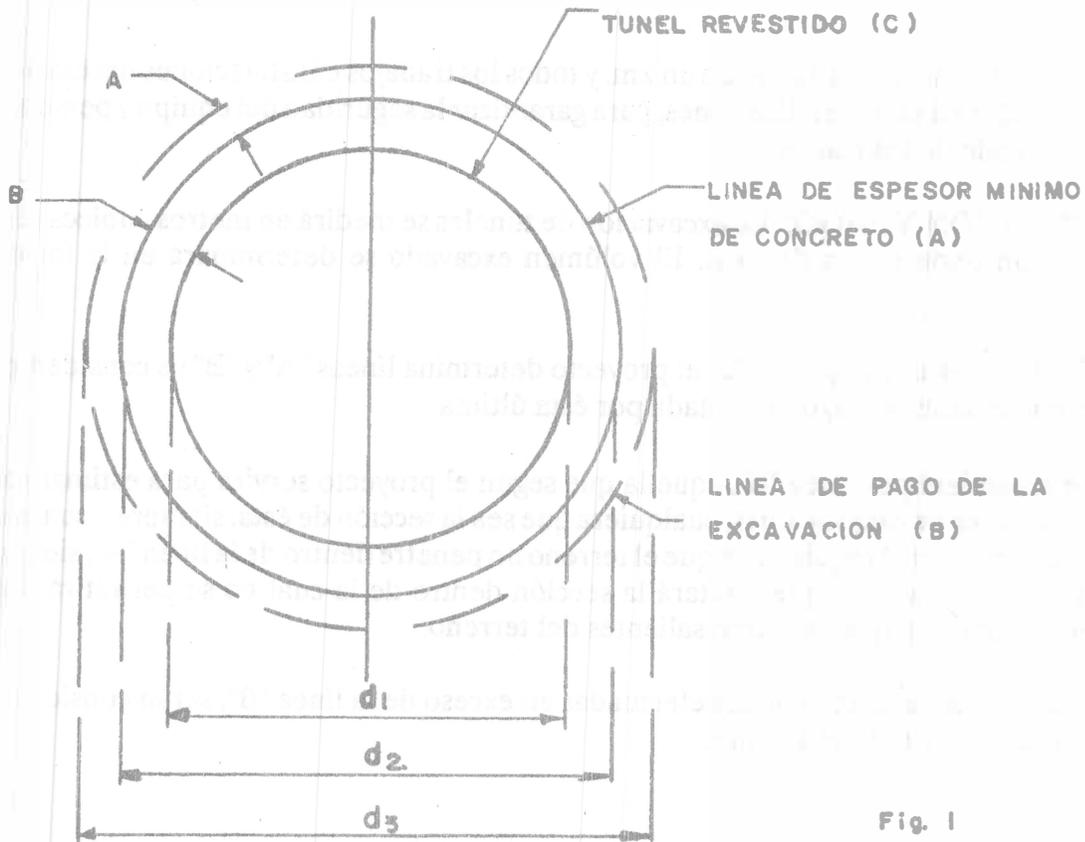


Fig. 1

Del esquema de la figura 1, apreciamos que el túnel será excavado con una sección de 35.26 m<sup>2</sup>.

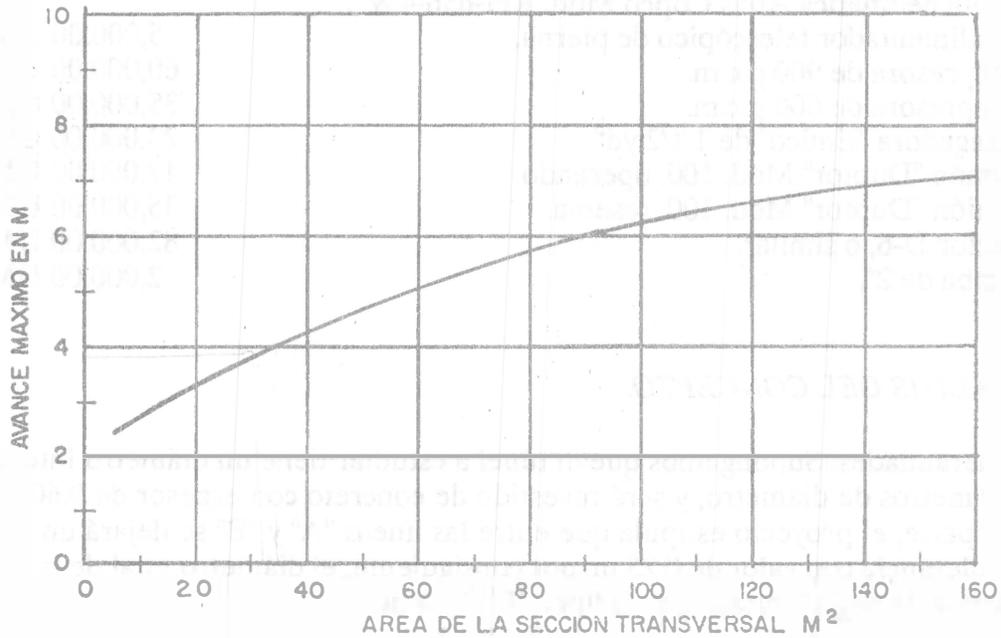


Figura 2 Avance o cuele por tronada en función del área transversal.

Cuele por tronada: De la figura 2, se obtiene que el avance máximo o cuele práctico por tronada para la sección de proyecto resulta de 4.10 mts.

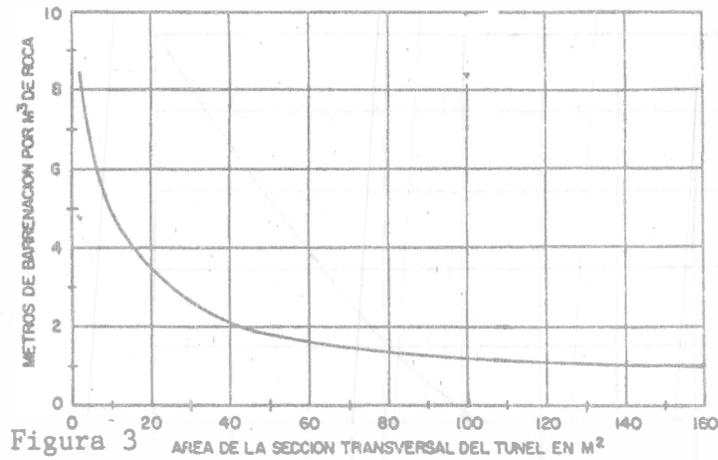


Figura 3

Rendimiento de barrenación: De la gráfica correspondiente a la figura 3, se observa que para excavar ese túnel a sección completa se requieren 2.25 m.l. de barrenación por cada metro cúbico de roca tronada , por lo que será igual a:

$$35.26 \text{ m}^2 \times 4.10 \text{ m cuele/tronada} = 144.57 \text{ m}^3/\text{tronada}$$

Para cada tronada se requerirán:

$$G = 144.57 \text{ m}^3 \times 2.25 \text{ m/m}^3 = 325.28 \text{ m de barrenación.}$$

Número de barrenos: De la gráfica de la figura 4, se determinó también que para avanzar a sección completa en este túnel se requerirán aproximadamente 70 barrenos por flete.

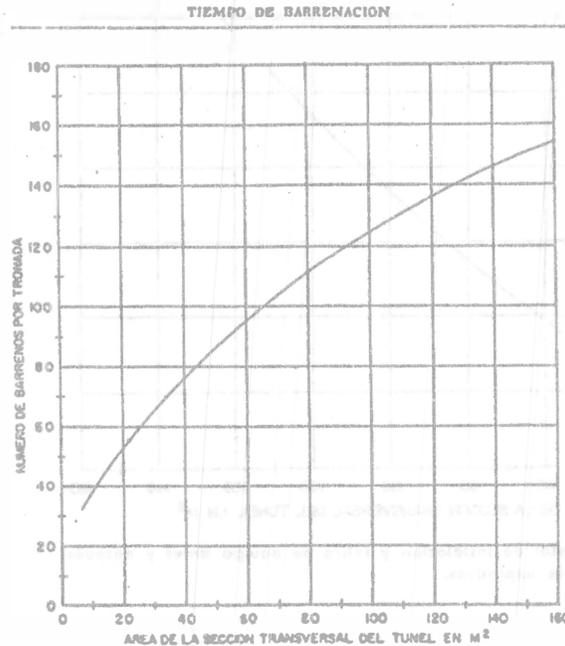


Figura 4 Correlación entre el número de barrenos necesarios y el área del túnel.

TIEMPO DE BARRENACION

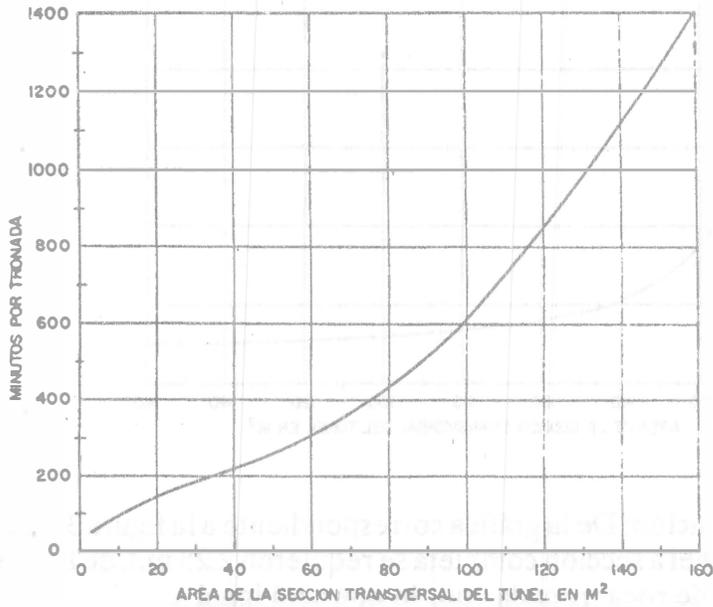


Figura 5 Tiempo total en la instalación y retiro del equipo de perforación en función del área de la sección transversal del túnel.

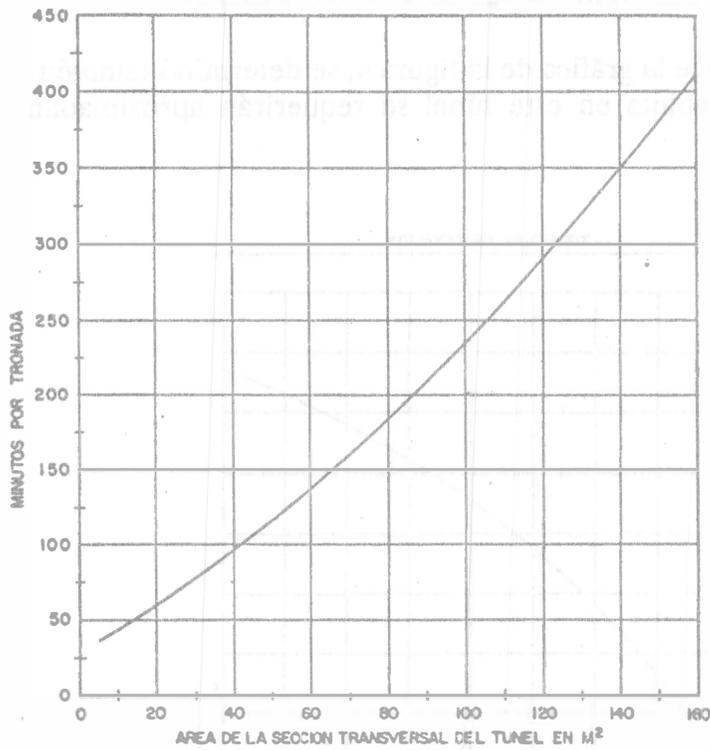


Figura 6 Tiempo total de instalación y retiro de equipo antes y después del poblado de explosivos.

Ahora bien, con los datos obtenidos anteriormente, tendremos que:

$$N = 325.28 \frac{\text{m. de barrenación/tonelada}}{410 \text{ m. cuela} \times 1.10} = 72 \text{ barrenos/tonelada}$$

Coincidiendo así ambos criterios, ya que considerando la sub- barrenación cada barreno será de  $4.10 \times 1.10 = 4.51$  m. de profundidad.

Rendimiento de la perforación.- será realizada empleando acero integral de 7/8" de diámetro con insertos del tipo cincel de 1/4" a 1/2, se podrá tener un rendimiento del orden de 16.00 metros por hora, puesto que se trata de una roca medianamente dura, perforada con máquina y empujador mecánico.

Puesto que la perforadora elegida tiene un avance opcional hasta de 1.60 m. el primero, y cambios incrementados (K) en 1.60 m. por lo que tendremos una relación  $G/K = 325.28/1.60 = 203.3$ .

Rendimiento instantáneo de perforación. (Eficiencia 75%).

$$B = 16.0 \text{ m} \times 0.75 = 12.0 \text{ m/h} = 0.20 \text{ m/min.} = 20 \text{ cm/min.}$$

Podemos calcular el tiempo total con la siguiente ecuación: (o)

Tiempo total por ciclo de barrenación, poblado y tronado:

$$T = 1.25 \frac{G}{b} (0.16 + 0.08 \frac{G}{N}) + G (0.69 + 0.01 \frac{G}{N}) + 20 + 4.01 N +$$

$$\frac{G \times 100}{B} + t_2 + t_3 \frac{\text{minutos}}{\text{tronada}}$$

Los valores de  $t_2$  y  $t_3$  los tomamos de las figuras 5 y 6.

Por factor de rendimiento:  $3,185/0.75 = 4,250$  minutos/tronada

Ahora bien, el tiempo bruto de barrenación incluyendo maniobras de aproximación, y retiro del equipo, lo obtenemos restando el tiempo total del ciclo o tanda, el correspondiente a carga, poblado y tronado, que asciende a:

$$T_o = t_3 + G \left( 0.44 + 0.01 \frac{G}{N} \right) + 24 + 1.55N \text{ (en minutos)} \quad (o)$$

$$T_o = 362/0.75 = 482.67 \text{ min/tronada}$$

Tiempo bruto de barrenación:  $4,250 \text{ min} - 490 \text{ min} = 3767.33 \text{ min/ciclo}$ .

Empleando 12 perforadoras en cada frente, cada una de ellas tendrá un espacio de trabajo con valor de:

$$35.26 \text{ m}^2/12 \text{ perforadoras} = 2.94 \text{ m}^2/\text{perforadora} = 3.0 \text{ m}^2.$$

La barrenación, incluyendo todas las maniobras de aproximación y retiro del equipo, transporte de personal y de herramienta, etc., se realizará en:

$$\frac{3,767 \text{ min}/12 \text{ perforadoras}}{60 \text{ min/hora}} = 5.23 \text{ horas}$$

Considerando que el equipo de carga y tronado realizará sus operaciones, como suele hacerse en la práctica, aprovechando el mismo "jumbo" de perforación, disponiéndolo de 3 cuadrillas, estas operaciones se realizarán en:

$$\frac{482.67 \text{ min}/3 \text{ cuadrillas}}{60 \text{ min/hora}} = 2.68 = 3 \text{ horas}$$

Con que cada tanda de perforación, carga, poblado y tronado es decir cada tronada se realizará en  $5.25 + 2.68 = 7.93 = 8 \text{ horas}$ .

Ventilación: Una vez realizada la tronada de cada tanda, se dispondrán de 30 minutos para ventilar.

(o) MANUAL SOBRE EL CALCULO DE PRECIOS UNITARIOS. S.R.H. 1964.

Rezagado: Una rezagadora "Emico" con cucharón de  $1\ 1/2\ yd^3$  realiza su ciclo de carga de 0.44 minutos, por lo que estimamos que la roca tendrá un abundamiento de 1.65, el rendimiento de la misma medido en banco considerando una capacidad del cucharón semicopeteado de  $1.75\ yd^3$ , con un factor de llenado igual a 0.90 y un factor de rendimiento de trabajo de 0.75 será de:

Requerimiento:

$$\frac{1.75\ yd^3 \times 0.76\ m^3/yd^3 \times 0.90 \times 0.75 \times 60\ min./h}{1.65 \times 0.44\ min/ciclo\ (en\ banco)} = 74.19\ m^3/hora$$

Tiempo de rezaga:

$$\frac{144.57\ m^3/tronada}{74.19\ m^3/hora} = 1.95\ horas$$

Acarreo a los bancos: El material se transportará en camiones Duptor, los que tienen una anchura del orden de 3.0 m. por lo que no cabrán dos cruzándose dentro del túnel, por lo que para evitar largos tiempos de esperas en los portales, será más económico que dentro del túnel se localicen sitios adecuados en los que sobreexcaven secciones de dimensiones tales que permitan el cruce de dos camiones, lo que significará esperas mucho más cortas.

Los camiones de referencia tienen las capacidades siguientes por peso:

$$\frac{30,000\ libras \times 0.454\ kg/libras}{2,840\ kg/m^3} = 4.79\ m^3\ (banco)$$

Por volumen:

$$\text{Copeteado} \quad \frac{10\ yd^3 \times 0.765\ m^3/yd^3}{1.65} = 4.64\ m^3$$

Consiguientemente: la capacidad por volumen es limitativa.

Ciclo de viaje: Supongamos que la longitud del túnel es de 370 mts. puesto que cada túnel se atacará a dos frentes, los recorridos máximos probables de los caminos dentro del túnel serán aproximadamente de 370 metros, y el recorrido medio de tan solo 185 metros, por lo que fuera del túnel el acarreo libre será de 815 mts.

Velocidades:

Dentro del túnel: 10 km/h

Cargado fuera del túnel: 15 km/h

Vacío de regreso fuera del túnel: 30 km/h

Tiempo de carga:

$$\frac{4.64 \text{ m}^3 \times 60 \text{ min/h}}{75 \text{ m}^3/\text{h}} = 3.71 \text{ min.}$$

Recorrido de dentro del túnel:

$$\frac{0.37 \text{ km} \times 60 \text{ min/h}}{10 \text{ km/h} \times 0.75 \text{ eficiencia}} = 2.96 \text{ min.}$$

Cargado fuera del túnel:

$$\text{Ida: } \frac{0.815 \text{ km} \times 60 \text{ min/h}}{15 \text{ km/h} \times 0.75} = 4.34 \text{ min.}$$

$$\text{Regreso: } \frac{0.815 \text{ km} \times 60 \text{ min/h}}{30 \text{ km/h} \times 0.75} = 2.17 \text{ min.}$$

Maniobras de descarga, viraje y acomodo, incluyendo esperas = 2.00 min.

$$\text{S U M A} = \underline{\underline{15.18 \text{ min.}}}$$

No. de camiones para balancear:  $\frac{15.18}{3.71} = 4.10$

Se considerarán cinco camiones.

Tiempo del ciclo total:

Barrenación.	5.25 h
Carga y tronado.	2.72 h
Ventilación.	0.50 h
Rezagado.	1.93 h
	<hr/>
	10.40 h

Para efectos prácticos deberán suponerse 12 horas para dar tiempos de cambios de turno, mantenimiento de equipo, verificación de trazos, avances, etc.

#### *ANALISIS DEL CONCEPTO.*

1.- Barrenación: Supongamos de acuerdo con el programa de obra, los túneles serán abastecidos por baterías de compresores que simultáneamente abastecerán a otras excavaciones en el tajo de desviación. Las baterías estarán integradas por 4 compresores de 900 p.c.m. y dos compresoras de 600 p.c.m., c/u (4,800 pies cúbicos por minuto)

El consumo de aire correspondiente a las doce perforadoras trabajando, será de:

Consumo de catálogo a 80 psi 98 p.c.m.  
(en húmedo)

$98 \text{ p.c.m.} \times 1.0 \times 1.05 \text{ (uso)} \times .80 \text{ (diversidad)} \times 1.10 \text{ (fugas)} = 90.55 \text{ p.c.m. por pistola.}$

Las doce pistolas consumirán:  $90.55 \times 12 = 10,086.6 \text{ p.c.m.}$ : si consideramos un 5% adicional para diversos servicios, el consumo total será de:  $10,086.6 \times 1.05 = 1,140.95 \text{ p.c.m.}$

Cargo por compresoras: (sólo para volúmenes de aire utilizado).

$$\frac{(4 \times 60,000.00 \text{ UM} + 2 \times 35,000.00 \text{ UM}) \times 1,140.9 \text{ p.c.m.} \times 5.25 \text{ h}}{4,800 \text{ p.c.m.} \times 144.57 \text{ m /tronada}} = 2,675.91 \text{ UM/m}^3$$

Cargo por perforadora:

$$\frac{12 \times 5,000.00 \text{ UM/h} \times 5.25 \text{ h/tronada}}{144.57 \text{ m /tronada}} = 2,178.88 \text{ UM/m}^3$$

3 ayudantes de perforista a 14,000.00 UM/jorn = 42,000.00 UM/día

$$\frac{42,000.00 \text{ UM/jorn}}{8 \text{ horas /jorn}} = 5,250.00 \text{ UM/hr}$$

Cargo =  $\frac{5,250.00 \text{ UM/h} \times 5.25 \text{ h/t}}{144.57 \text{ m /t}} = 190.66 \text{ UM/m}^3$

**Consumo de agua:** El agua de perforación será abastecida por una bomba centrífuga de 2" de diámetro, cuya hora- máquina importa 2,000.00 UM

$$\frac{2,000.00 \text{ UM/h} \times 5.25 \text{ h/tronada}}{144.57 \text{ m /tronada}} = 72.63 \text{ UM/m}^3$$

**Por acero de barrenación:** Puesto que la profundidad total de los barrenos, considerando la natural sub-barrenación será de 4.51 m., y las perforadoras consideradas pueden manejar aproximadamente cambios de acero de 1.60 m. tendremos:

Vida índice del acero integral 2,000 m. en roca sana.

Número de cambios:  $\frac{4.51 \text{ m}}{1.60} = 2.82$

$$K = \frac{2.82}{2} = 1.41$$

Vida económica:  $2,000/1.41 = 1,418.4 \text{ m.}$

Ahora bien, para abatir  $144.57 \text{ m}^3$  de roca por tanda, se necesitarán 325.28 m. de barrenación, y por consiguiente:

$$\frac{1'100,000.00 \text{ UM/juego hasta barra de } 4.80 \text{ m.} \times 325.28 \text{ m}}{1,047 \text{ m de vida} \times 144.57 \text{ m}^3/\text{tronada}} = 1744.90 \text{ UM/m}^3$$

Afilación y mantenimiento de acero: Es el 30% del cargo anterior

$$1,744.98 \text{ UM/m}^3 \times 0.30 = 523.47 \text{ UM/m}^3$$

Tuberías de conducción de aire y agua: Estas tuberías serán de fierro negro, y entre trabajos de túneles y lumbreras se usarán aproximadamente un año.

Para el aire comprimido: 4" diámetro, con costo de = 35,000.00 UM/m  
 Para conducción de agua: 2" diámetro, con costo de = 17,000.00 UM/m

S U M A 52,000.00 UM/m

Transportes y almacenajes 5% = 2,600.00 UM/m

S U M A 54,600.00 UM/m

Supongamos una depreciación anual del orden de 41.25% del precio de adquisición, tendremos:

Cargo por tuberías:

$$\frac{54,600.00 \text{ UM/m} \times 0.4125 \times 4.10 \text{ m}}{144.57 \text{ m}^3/\text{tronada}} = 638.74 \text{ UM/m}^3$$

Consideramos un tubero con su ayudante, encargados de la instalación y mantenimiento de las líneas:

1 Tubero: = 16,000.00 UM/día

1 Ayudante de tubero: = 12,000.00 UM/día

S U M A 28,000.00 UM/día

$$\text{Cargo por tuberos: } \frac{28,000}{8} = 3,500/\text{hr.}$$

$$\frac{3,500.00 \text{ UM/h} \times 8 \text{ hrs.}}{144.57 \text{ m /tronada}} = 193.68 \text{ UM/m}^3$$

#### MANGUERAS:

Valor de adquisición de 208,000.00 UM vida útil (2,000 horas)

$$\frac{208,000.00 \text{ UM} \times 12}{2,000 \text{ h}} = 1,250.00 \text{ UM/h}$$

#### 2.- Cargos por explosivos, artificios y accesorios:

De la figura 6, obtenemos una carga específica de 1.350 kg. de explosivos/m<sup>3</sup> tronado.

Considerando tronadas empleando dinamita = gelatina al 60%, combinada con supermexamón en una mezcla 40% - 60%

Dinamita	3,500.00 UM/kg	x 0.40	= 1,400 UM/kg	
Supermexamón	700.00 UM/kg	x 0.60	= 420 UM/kg	
			1,820 UM/kg.	

$$1.350 \text{ kg/m}^3 \times 1,820 \text{ UM/kg} = 2,457.00 \text{ UM/m}^3$$

La tronada se realizará empleando detonadores eléctricos de retardo "MS", con alambres de 4.88 m de longitud; las conexiones se harán empleando 2 metros de alambre No. 20, por barreno, y 2 m de alambre No. 14 para conducción por barreno.

Carga por detonadores:

$$\frac{72 \text{ detonadores} \times 3,500 \text{ UM/pza}}{144.57 \text{ m /tronada}} = 1,743.10 \text{ UM/m}^3$$

Cargo por alambre de conexiones

$$\frac{72 \text{ detonadores} \times 2 \text{ m/detonador} \times 25,000.00 \text{ UM/rollo}}{100 \text{ m/rollo} \times 144.57 \text{ m , tronada}} = 249.02 \text{ UM/m}^3$$

Cargo por alambre de conducción:

$$\frac{72 \text{ detonadores} \times 2 \text{ m/detonador} \times 33,000.00 \text{ UM/rollo}}{100 \text{ m} \times 144.57 \text{ m}^3/\text{tronada}} = 328.70 \text{ UM/m}^3$$

$$\text{CARGO UNITARIO POR EXPLOSIVOS, ARTIFICIOS, ETC.:} = 4,777.82 \text{ UM/m}^3$$

### 3.- Cargos unitarios por carga, poblado y tronado:

En la determinación de los tiempos dejamos calculado que 3 cuadrillas integradas como sigue: Realizarán las operaciones de carga, poblado y tronado de cada tanda en 2.78 horas.

1 Poblador:	19,000.00 UM
1 Cargador:	17,000.00 UM
1 Ayudante de cargador:	14,000.00 UM
S U M A	<u>50,000.00 UM/día</u>

$$50,000.00 \text{ UM/día} = 6,250.00 \text{ UM/h.}$$

Cargo unitario:

$$\frac{6,250 \text{ UM/h} \times 2.78 \text{ hrs/tronada} \times 3 \text{ cuadrillas}}{144.57 \text{ m}^3/\text{tronada}} = 360.56 \text{ UM/m}^3$$

### 4.- Rezagado y acarreo de la roca:

Dejamos establecido que el rezagado lo realizará una pala cargadora marca "Emico", con rendimiento de 70 m<sup>3</sup>/hora, haciendo el acarreo hasta una distancia de 1 km. por medio de una flota de 4 camiones "Dumpton" Mod. M-100, con su correspondiente reserva; por tanto:

Cargo por rezagadora:

$$\frac{23,000.00 \text{ UM/hora}}{70 \text{ m}^3/\text{hora}} = 328.58 \text{ UM/m}^3$$

Importe camiones:

$$\begin{array}{l} \text{Operando: } 4 \times 42,000.00 \text{ UM/h} = 168,000.00 \text{ UM/h.} \\ \text{Reserva: } 1 \times 35,000.00 \text{ UM/h} = 35,000.00 \text{ UM/h.} \\ \hline 203,000.00 \text{ UM/h.} \end{array}$$

Cargo por camiones:

$$\frac{203,000.00 \text{ UM/hora}}{70 \text{ m}^3/\text{h}} = 2,900.00 \text{ UM/m}^3 (*)$$

$$\text{CARGO UNITARIO POR REZAGADO Y ACARREO A 1 KM.} = 3,228.58 \text{ UM/m}^3$$

5.- Cargo por carro de perforación (Jumbo):

$$\text{El cargo horario sería de:} = 48,000.00 \text{ UM/h.e.}$$

$$\text{Cargo unitario:} = \frac{48,000.00 \text{ UM/h} \times 8 \text{ horas}}{144.57 \text{ m}^3/\text{tronada} (8 \text{ horas})} = 2,656.16 \text{ UM/m}^3$$

6.- Amacice y afine de la excavación:

$$\text{Este cargo se suele estimar en un 10\% (diez por ciento) de la suma de todos los} \\ \text{cargos anteriores; por lo tanto:} = 1,809.00 \text{ UM/m}^3$$

7.- Ventilación:

Suponemos un costo horario del equipo completo de 17,000.00 UM/h.e.

$$\frac{17,000.00 \text{ UM/h} \times 8 \text{ horas}}{144.57 \text{ m}^3/\text{tronada} (8 \text{ horas})} = 940.72 \text{ UM/m}^3$$

## 8.- Iluminación:

Suponemos un costo horario de toda la instalación de 18,000.00 UM/h.e.

$$\frac{18,000.00 \text{ UM/hx } 8 \text{ horas}}{144.57 \text{ m}^3/\text{tronada (8 horas)}} = 996.06 \text{ UM/m}^3$$

### RESUMEN

Barrenación	9,082.75 UM/m <sup>3</sup>
Explosivos, artificios y accesorios	4,777.82 UM/m <sup>3</sup>
Carga poblado y tronado	360.56 UM/m <sup>3</sup>
Rezagado y acarreo de la boca a un km	3,228.58 UM/m <sup>3</sup>
Carro de perforación (Jumbo)	2,656.16 UM/m <sup>3</sup>
Amacice y afine	1,809.00 UM/m <sup>3</sup>
Ventilación	940.72 UM/m <sup>3</sup>
Iluminación	996.06 UM/m <sup>3</sup>

COSTO DIRECTO	23,851.65 UM/m <sup>3</sup>
INDIRECTOS (45%)	10,733.24 UM/m <sup>3</sup>
PRECIO UNITARIO	34,584.90 UM/m <sup>3</sup>

**EJEMPLO:** Suministro, fabricación, colocación y remoción de formas metálicas para el revestimiento de túneles.

### *ESPECIFICACIONES.*

Suministro de todos los materiales para la construcción de las formas.

Fabricación de las formas sujetándose al diseño aprobado previamente.

Colocación y presentación de las formas en los sitios de los colados con los ajustes y precisión estipulados en el proyecto.

Las formas permanecerán en su sitio hasta que se haya logrado la resistencia máxima del concreto. Retiro y limpieza de las formas.

### *ANALISIS DEL CONCEPTO.*

En la primera etapa se cuela la cubeta del túnel para que posteriormente sobre ella alojar las formas para la segunda etapa.

Se estima que una forma será utilizada cada cuatro días (96 horas) lo cual significa que tomando en cuenta los tiempos de descimbrado, traslado y presentación para un nuevo colado la forma podrá permanecer en su sitio de colado hasta 72 horas.

La superficie de contacto de la forma es de 127 metros cuadrados.

Cada forma completa de 10 m. de longitud tiene un peso de 12.7 Ton. de las cuales 7.7 Ton. corresponden a la infraestructura, 5.0 ton. a las formas y 1.5 Ton. a los trucks.

El costo de fabricación de la forma se estimó en 2,000.00 UM/kg o sea un valor de 25'400,000.00 UM y su vida útil se calcula en 4 años de 1600 horas.

La longitud del túnel es de 375 metros.

### *ANALISIS DEL COSTO:*

#### **a) Acarreo de las formas al sitio de la obra y regreso:**

Suponemos que el costo de transporte por carretera se ha analizado y resulta de 25,400.00 UM/Ton. en cada sentido.

$$\text{Cargo: } \frac{12.7 \text{ Ton/forma} \times 25,400.00 \text{ UM/ton.} \times 2 \text{ viajes}}{127 \text{ m /forma}} = 5080 \text{ UM/m}^2$$

**b) Armado de las formas:**

Para el armado de la obra falsa tubular se tiene un rendimiento de 400 Kg/hombre-turno de 8 horas.

En los p neles metálicos se estima un rendimiento de 16 m<sup>2</sup>/turno-hombre.

Se aplicará una cuadrilla integrada por:

1 Cabo fierrero	x	18,000.00/día	UM	=	18,000.00 UM
2 Fierreros	x	16,000.00/día	UM	=	32,000.00 UM
6 Peones	x	12,000.00/día	UM	=	72,000.00 UM
SUMA POR DÍA				=	<u>122,000.00 UM</u>

**Análisis de tiempos:**

**Armado infraestructura:**

$$\frac{7,700 \text{ kg/forma}}{8 \text{ hombres} \times 400 \text{ kg/turno}} = 2.41 \text{ turnos/forma}$$

**Armando formas:**

$$\frac{127 \text{ m}^2/\text{forma}}{8 \text{ hombres} \times 16 \text{ m}^2/\text{turno}} = 1.00 \text{ turnos/forma}$$

**Ajustes e imprevistos:**

$$= 0.59 \text{ turnos/forma}$$

$$\frac{4.00 \text{ turnos/forma}}{4.00 \text{ turnos/forma}}$$

$$\text{Cargo: } \frac{4 \text{ turnos/forma} \times 122,000.00 \text{ UM/turno}}{127 \text{ m}^2/\text{turno}} = 3842.52 \text{ UM/m}^2$$

c) Cargo de las formas y accesorios.

Formas: Valor de adquisición = 25'400,000.00 UM

Depreciación	25%/año
Intereses, seguros	20%/año
Reparaciones	5%/año
<b>TOTAL</b>	<b>50%/año</b>

Cargo directo horario.

$$\frac{25'400,000.00 \text{ UM} \times 0.50/\text{años}}{1,600 \text{ hrs./año}} = 7,937.50 \text{ UM /h}$$

$$\text{Cargo: } \frac{7,937.50 \text{ UM/hora} \times 96 \text{ horas/colado}}{127 \text{ m}^2/\text{colado}} = 6,000.00 \text{ UM/m}^2$$

Accesorios:

Rieles.- Es conveniente tener 30 metros de línea formada por rieles de 20 lbs/yd o sea 9.92 kg/m en longitudes normales de 9.15 m (10 yd)

$$\text{No. rieles} = \frac{30 \text{ m. longitud} \times 2 \text{ lados}}{9.15 \text{ m/tramo}} = 6.55 = 8 \text{ rieles}$$

Para ello se requieren 12 planchuelas con 4 tornillos de 1/2" x 1 3/4" cada una.

Peso de los materiales:

8 rieles x 9.15 m/riel x 9.92 kg/m	726.14 kg
12 planchuelas x 0.77 kg cada una	9.24 kg
Tornillería y clavos	34 kg
Herraje de reserva	65 kg
<b>PESO TOTAL</b>	<b>834.38 kg</b>

Costo del material 0.83438 ton x 900,000.00 UM/ton = 750,942.00 UM

$$\text{Flete } 0.83438 \text{ ton} \times 25,400/\text{Ton} \times 2 \text{ viajes} = 42,386.5$$

$$\text{S U M A} = \underline{793,328.5 \text{ UM/forma}}$$

Durmientes.- Consideramos piezas de 8" x 8" x 8' espaciados a 0.61 m. de centro a centro.

$$\text{No. durmientes} = \frac{4 \text{ rieles} \times 9.15 \text{ m/riel}}{0.61 \text{ m./durmiente}} = 60 \text{ durmientes}$$

$$\text{Cubicación: } 60 \text{ Pzas.} \times 8' \times \frac{8" \times 8"}{12} = 2560 \text{ P.T.}$$

Costo del material puesto en obra

$$2,560.00 \text{ P.T.} \times 700.00 \text{ UM/P.T.} = 1'792,000.00 \text{ UM/forma}$$

Cargo por rieles y durmientes suponiendo una recuperación de su costo del 50%:

$$\frac{(792,967 + 1'792,000) \times 0.50}{127 \text{ m /forma}} = 10'177.04 \text{ UM/m}^2$$

Alambrón.- En cada tramo de colocado de 10 m. se requieren 24 anclas de alambrón que quedan ahogadas en el concreto.

$$\text{Cargo: } \frac{24 \text{ Pzas/tramo} \times 2 \text{ kg/pza} \times 900.00 \text{ UM/kg}}{127 \text{ m /tramo.}} = 340.16 \text{ UM/m}^2$$

$$\text{Cargo Total} = 6,611.55 \text{ UM/m}^2$$

$$\text{Cargo total por formas y accesorios} = 16,517.20 \text{ UM/m}^2$$

**d) Tendido y movimiento de la vía.**

Una cuadrilla formada por un cabo y 6 peones podrá mover 10m/hora.

Costo de la cuadrilla.

$$\begin{array}{rcl}
 1 \text{ Cabo} & \times & 18,000.00 \text{ UM} & = & 18,000.00 \text{ UM} \\
 6 \text{ Peones} & \times & 12,000.00 \text{ UM} & = & 72,000.00 \text{ UM}
 \end{array}$$

$$\text{SUMA} \quad \underline{\underline{90,000.00 \text{ UM}}}$$

$$\text{Costo horario} \quad \frac{90\,000.00 \text{ UM/jorn}}{8 \text{ hr/jorn}} = 11,250.00 \text{ UM/hora}$$

$$\text{Cargo:} \quad \frac{11,250.00 \text{ UM/hora}}{10 \text{ m/hora} \times 12.7 \text{ m /m.}} = 88.595 \text{ UM/m}^2$$

e) Colocación de las formas para colado: La misma cuadrilla anterior maneja los siguientes tiempos.

Gateo de toda la forma con comprobación de niveles.	20 min.
Colocación de las anclas.	60 min.
Acuñamiento de la forma	10 min.
Total	<u>90 min. = 1.5 horas.</u>

$$\text{Cargo:} \quad \frac{11,250.00 \text{ UM/hora} \times 1.5 \text{ hora/forma}}{127 \text{ m /forma}} = 132.88 \text{ UM/m}^2$$

f) Retiro y traslado de las formas al nuevo sitio de colocado.

Con la misma cuadrilla anterior:

Colocación de los gatos.	20 min.
Retiro de las anclas	40 min.
Descimbrado y retracción de los gajos laterales.	30 min.
Traslado de la forma a su nueva posición de colado con ayuda de malacate.	30 min.
	<u>120 min. = 2 horas.</u>

$$\text{Cargo:} \quad \frac{11,250.00 \text{ UM/hora} \times 2 \text{ horas/forma}}{127 \text{ m /forma.}} = 177.17 \text{ UM/m}^2$$

**g) Limpieza de las formas**

La cuadrilla anterior lo hace en una hora.

$$\text{Cargo: } \frac{11,250.00 \text{ UM/hora} \times 1 \text{ hora/forma}}{127 \text{ m /forma}} = 88.59 \text{ UM/m}^2$$

**h) Lubricación de las formas.**

Para la lubricación se utilizará fester.

$$\text{Adquisición en México en tambores de 200 Lts.} = 89,000.00 \text{ UM/tam.}$$

$$\begin{aligned} \text{Flete de la obra:} \\ 0.190 \text{ ton/tambor} \times 25,400.00 \text{ UM/ton.} &= 4,826.00 \text{ UM/tam.} \end{aligned}$$

$$\text{Total} = \underline{93,826.00 \text{ UM/tam.}}$$

Rendimiento considerado =  $8 \text{ m}^2/\text{litro}$

$$\text{Cargo por el lubricante} \frac{93,826.00 \text{ UM/tambor}}{200 \text{ lts/tambor} \times 8 \text{ m}^2/\text{litros.}} = 58.65 \text{ UM/m}^2$$

Como mano de obra se considera la misma cuadrilla con costo de 214/hora, suponiendo que requieran de 30 minutos para la lubricación de la superficie.

$$\text{Cargo por mano de obra} \frac{11,250.00 \text{ UM/hora} \times 0.5 \text{ hora/forma}}{127 \text{ m}^2/\text{forma}} = 44.30 \text{ UM/m}^2$$

$$\text{CARGO TOTAL} = 102.95 \text{ UM/m}^2$$

**i) Desarmado de las formas.**

Con un trabajo cuidadoso se estima que la misma cuadrilla que hace que el armado en cuatro turnos, hará el desarmado en la mitad del tiempo por lo que:

$$\text{Cargo: } = 0.5 (\text{cargo b}) = 0.5 \times 3842.52 = 1921.26 \text{ UM/m}^2$$

**j) Movimiento de las formas fuera del túnel.** Como la forma es armada fuera del túnel, se requieren dos movimientos: el de una vía para trasladarla y el propio

movimiento de la forma. Suponiendo que la distancia por recorrer sea de 150 metros hasta ponerla en posición para el primer colado y 80 metros para retirarla por el otro portal del túnel, nos resulta una distancia de 230 metros.

Movimiento de la vía: Con la misma cuadrilla considerada.

$$\frac{11,250.00 \text{ UM/hora} \times 230 \text{ m./traslado}}{10 \text{ m/hora} \times 127 \text{ m}^2/\text{traslado}} = 2037.40 \text{ UM/m}^2$$

Movimiento de la forma (al mismo ritmo de 10 m/hora)

Se obtiene el mismo cargo = 2037.40 UM/m<sup>2</sup>

CARGO TOTAL = 4074.80 UM/m<sup>2</sup>

### RESUMEN

a) Acarreo de las formas al sitio de la obra y regreso.	5,080.00 UM/m <sup>2</sup>
b) Armado de las formas.	3,842.52 UM/m <sup>2</sup>
c) Cargo de las formas y accesorios.	16,517.20 UM/m <sup>2</sup>
d) Tendido y movimiento de la vía.	11,250.00 UM/m <sup>2</sup>
e) Colocación de las formas para colado.	132.88 UM/m <sup>2</sup>
f) Retiro y traslado de las formas a su nuevo sitio de colocado.	177.17 UM/m <sup>2</sup>
g) Limpieza de las formas.	89.59 UM/m <sup>2</sup>
h) Lubricación de las formas.	44.30 UM/m <sup>2</sup>
i) Desarmado de las formas.	1,921.26 UM/m <sup>2</sup>
j) Movimiento de las formas fuera del túnel.	4,074.80 UM/m <sup>2</sup>

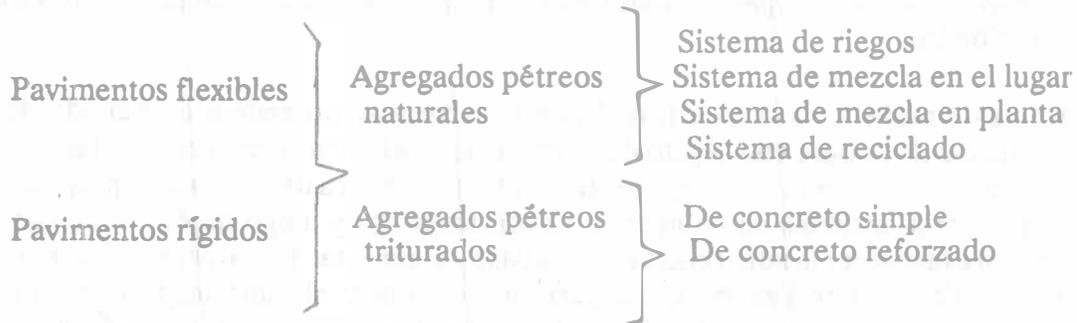
COSTO DIRECTO 43,129.72 UM/m<sup>2</sup>

INDIRECTOS (45%) 19,408.37 UM/m<sup>2</sup>

PRECIO UNITARIO 62,538.09 UM/m<sup>2</sup>

## CARPETAS DE CONCRETO

### 1. Variantes.



2. Algunos conceptos de trabajo aplicables a diferentes tipos de obra y cuyos análisis de costos son similares y pueden agruparse bajo la denominación "Carpetas de Concreto".

#### 2.1 Vías de comunicación.

- Construcción de carpetas asfálticas para caminos ó aeropuertos.

#### 2.2 Urbanización.

- Construcción de pavimentos con concreto hidráulico para calles y avenidas.

### 3. Especificación Prototipo

Construcción de carpeta asfáltica por el sistema de 2 riegos con material pétreo del número 2 del banco ubicado a 1050 m de la estación 4 + 450 y material pétreo del número 3b del banco ubicado a 430 m. de la estación 3 + 250.

El concepto incluye el barrido de la base, las operaciones de tendido, planchado, rastreo y remoción de material excedente así como el desmonte y despalle de los bancos, la extracción del material petreo aprovechable y sus desperdicios, instalación y desmantelamiento de la planta de trituración y su operación, incluyendo el cribado y/o lavado y/o eliminación de polvo superficial; carga y descarga de los materiales y acarreos locales así como los materiales asfálticos utilizados incluyendo almacenamiento, desperdicios y las operaciones de riego con petrolizadoras:

La construcción de la carpeta se medirá en  $m^3$  colocados.

#### 4. Procedimiento Constructivo.

##### 4.1 *Carpetas asfálticas por el sistema de riegos.*

Se construyen mediante uno, dos o tres riegos de materiales asfálticos, cubiertos sucesivamente con capas de materiales pétreos de diferentes tamaños triturados y/o cribados.

Antes de proceder a la construcción de la carpeta se procede a un barrido de la superficie de la base con objeto de eliminar todo el polvo y materias extrañas que se encuentren en la superficie; y posteriormente se aplica un riego de impregnación con material asfáltico con objeto de impermeabilizar y luego de éste un riego de liga para favorecer la adherencia entre la base y la carpeta. Esta operación se realiza por medio de petrolizadoras que permiten distribuir el material asfáltico en la cantidad y proporciones indicadas uniformemente y a la temperatura adecuada.

Las carpetas se pueden construir desde un riego asfáltico cubierto con arena, hasta tres riegos de material asfáltico, cubierto cada riego con un producto pétreo que puede variar desde 1 1/2" hasta 3/8". El número de los riegos cubiertos respectivamente con material pétreo determina la denominación de la carpeta. Cualquiera que sea el caso, después de aplicar el material asfáltico con una petrolizadora se tiende el material pétreo especificado y se rastrea y plancha antes de colocar la siguiente capa.

##### 4.2 *Carpetas asfálticas por el sistema de mezcla en el lugar.*

Se construyen en la carretera, aeropista o plataforma de trabajo mediante el mezclado, tendido y compactación de materiales pétreos y un material asfáltico.

Las operaciones que se siguen para su construcción son:

- Impregnación de la base con material asfáltico.
- Barrido de la base impregnada.
- Aplicación de un riego de liga con material asfáltico
- Tendido del material pétreo por medio de motoconformadoras
- Secado, si el material pétreo se encuentra demasiado húmedo.
- Mezclado del material pétreo y el material asfáltico con motoconformadora.
- Esparcido de la mezcla con motoconformadoras.
- Compactación de la mezcla con rodillos neumáticos y lisos.

##### 4.3 *Carpetas asfálticas por el sistema de planta estacionaria.*

Son las que se construyen mediante el tendido y compactación de mezclas elaboradas en caliente, en una planta estacionaria, utilizando cementos asfálticos.

Las operaciones que se siguen para su construcción son:

- Impregnación de la base con material asfáltico.
- Barrido de la base impregnada.
- Aplicación del riego de liga de material asfáltico.
- Acarreo de la mezcla desde la planta central.
- Esparcido de la mezcla por medio de máquinas pavimentadoras.
- Compactación con rodillos neumáticos y lisos.

En algunos casos posterior a la compactación es necesario aplicar un riego de sello el cual consiste en la aplicación de un material asfáltico, cubierto con una capa de material pétreo, para impermeabilizar la carpeta, protegerla del desgaste y proporcionar una superficie antiderrapante.

#### *4.4 Carpetas de pavimentos rígidos.*

Se construyen a base de losas de concreto hidráulico por lo que su tratamiento para análisis de costos es similar a los mencionados en el inciso referente a "Concretos hidráulicos".

**EJEMPLO:** Riego de impregnación.

#### *ESPECIFICACIONES.*

Aplicación de un asfalto rebajado sobre una superficie o base terminada con objeto de impermeabilizarla y/o estabilizarla para favorecer la adherencia entre ella y la carpeta asfáltica.

El concepto incluye el barrido de la base así como el suministro y regado del asfalto.

#### **EQUIPO:**

Petrolizadora SEAMAN con capacidad de 4300 lts. y barra de riego de 3,66 m. operando.	41,000.00 UM/h.e.
En reserva	34,000.00 UM/h.e.

#### *ANALISIS DEL CONCEPTO.*

##### **a).- Barrido de la superficie.**

Una cuadrilla formada por un cabo y 10 peones pueden barrer 2,000 m<sup>2</sup> por turno

1 cabo	x 18,000.00 UM		= 18,000.00 UM
10 Peones	x 12,000.00 UM		= 120,000.00 UM
		Costo del turno	= 138,000.00 UM

Cargo:  $\frac{138,000.00 \text{ UM/turno}}{2000 \text{ m}^2/\text{turno}} = 69.00 \text{ UM/m}^2$

**b).- Costo del material.**

Se utiliza asfalto rebajado FM-1 cuyo costo puesto en obra puede suponerse de 150,000.00 UM/litro y se utilizan 1.5 litros por metro cuadrado. Consideremos además un desperdicio de 5%.

Cargo:  $150.00 \text{ UM/litro} \times 1.5 \text{ lts./m}^2 \times 1.05 = 236.25 \text{ UM/m}^2$

**c).- Aplicación.**

El rendimiento teórico de una petrolizadora puede suponerse transitando a una velocidad de 10 km/hora. Esto quiere decir que con un ancho de barra de 3.66 m. puede hacer 36,600 m<sup>2</sup>. por hora o sea 292.800 m<sup>2</sup> por turno de 8 horas. Suponiendo una eficiencia del 50% por los tiempos de carga y limpia del equipo serían 146,400 m<sup>2</sup>. por turno o sea aproximadamente 18 kilómetros de camino. Como esto no acontece en la realidad puesto que se tienen que impregnar los tramos terminados durante el turno, la maquinaria permanece ociosa una parte importante del mismo.

Vamos a suponer que el tramo por impregnar sea de 18,000 m<sup>2</sup>., esto quiere decir que la máquina trabajará 1 hora y permanecerá ociosa 7 horas, luego entonces el cargo sería:

1 hora operando	x 41,000.00 UM/hora	41,000.00 UM
7 horas ociosa	x 34,000.00 UM/hora	238,000.00 UM
	S U M A:	279,000.00 UM

Cargo:  $\frac{279,000.00 \text{ UM/turno}}{18,000 \text{ m}^2} = 15.50 \text{ UM/m}^2$

## RESUMEN.

a).- Barrido de la base.	69.00 UM/m <sup>2</sup>
b).- Material asfáltico.	236.25 UM/m <sup>2</sup>
c).- Aplicación.	15.50 UM/m <sup>2</sup>
<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>320.75 UM/m<sup>2</sup></b>
<b>INDIRECTOS (45%)</b>	<b>144.34 UM/m<sup>2</sup></b>
<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>465.09 UM/m<sup>2</sup></b>

**EJEMPLO:** Carpetas de concreto asfáltico compactadas al 95%

### ESPECIFICACION.

Se construyen mediante el tendido y compactación de mezclas elaboradas en caliente en una planta estacionaria utilizando materiales pétreos y cementos asfálticos.

El concepto incluye un barrido, la aplicación de un riego de liga sobre la superficie previamente impregnada, utilizando para ello cementos asfálticos, asfaltos rebajados ó emulsiones de rompimiento rápido; la extracción carga y acarreo del material a la planta de trituración y/o cribado, sus desperdicios, lavado, secado de los materiales pétreos, clasificación y dosificación, calentamientos, suministro del cemento asfáltico y su mezclado con los materiales, acarreo de la mezcla al tramo, tendido y compactación y la aplicación de un riego de sello con material 3A o 3E y cemento asfáltico, asfalto rebajado de fraguado rápido o emulsión de rompimiento rápido.

### EQUIPO:

Tractor CAT D-8 o similar.	150,000.00 UM/h.e.
Cargador frontal 2-1/2 yd <sup>3</sup> .	75,000.00 UM/h.e.
Cargador frontal 1 1/2 yd <sup>3</sup> .	50,000.00 UM/h.e.
Planta de trituración con primaria 15 x 36 secundaria y cribas.	135,000.00 UM/h.e.
Camión F-600 operando.	21,000.00 UM/h.e.
Camión F-600 en reserva.	16,000.00 UM/h.e.
Planta de asfalto de 3000 lbs.	195,000.00 UM/h.e.
Finisher SB-111.	85,000.00 UM/h.e.
Aplanadora 8 tons.	24,000.00 UM/h.e.
Rodillo neumático autopropulsado.	30,000.00 UM/h.e.
Espaciador de arena.	12,000.00 UM/h.e.
Aplanadora tandem 4-6 ton.	16,000.00 UM/h.e.

## ANALISIS DEL CONCEPTO

a).- Barrido y riego de liga (igual a riego de impregnación). =  $465.09 \text{ UM/m}^2$

Como la carpeta asfáltica es de 5 cm. de espesor, tenemos  $0.05 \text{ m}^3/\text{m}^2$  por lo tanto el cargo por metro cúbico de carpeta será:

$$\frac{465.09 \text{ UM/m}^2}{0.05 \text{ m}^3/\text{m}^2} = 9,301.08 \text{ UM/m}^3$$

b).- Extracción y carga del material.

Se considera igual al concepto de Sub-Bases y bases solo que para este caso existe un 30% del desperdicio.

$$\text{Cargo: } \frac{(2,000.00 \text{ UM/m}^3 + 3,010.00 \text{ UM/m}^3)}{0.7 \text{ (volumen real)}} = 7,157.14 \text{ UM/m}^3$$

c).- Acarreo local a la planta de trituración. =  $2,750.00 \text{ UM/m}^3$

d).- Trituración y cribado.

Se utiliza la misma planta pero como el material es menor, disminuye su producción a 40 ton. cortas/hora.

$$P = \frac{40 \text{ ton. cortas/h.} \times 0.907 \text{ ton/ton. corta}}{1.6 \text{ ton/m}^3} = 22.67 \text{ m}^3/\text{h.}$$

El volumen medido en terraplén será:

$$22.67 \text{ m}^3/\text{hora} \times 0.9 = 20.40 \text{ m}^3/\text{h}$$

Cargo por trituración y cribado.

$$\frac{135,000.00 \text{ UM/h.e.}}{20.40 \text{ m}^3/\text{h.e.}} = 6,617.65 \text{ UM/m}^3$$

e).- Acarreo local a la planta de asfalto.

$$= 620.00 \text{ UM/m}^3$$

f).- Elaboración de la mezcla en la planta  
Producción de la planta  $20 \text{ m}^3/\text{hora}$ .

Cargo horario.

Planta  
Cargador  $1-1/2 \text{ yd}^3$ .

$$195,000.00 \text{ UM/h.e.}$$
$$50,000.00 \text{ UM/h.e.}$$

$$\underline{245,000.00 \text{ UM/h.e.}}$$

Cargo por equipo:

$$\frac{245,000.00 \text{ UM/h.e.}}{20 \text{ m}^3/\text{hora}}$$

$$= 12,250.00 \text{ UM/m}^3$$

Cemento asfáltico

$$100 \text{ lts/m}^3 \times 160.00 \text{ UM/lt.}$$

$$= 16,000.00 \text{ UM/m}^3$$

S U M A

$$= 28,250.00 \text{ UM/m}^3$$

Como el material se reduce al 90% del volumen, el cargo real será:

$$\frac{28,250.00 \text{ UM/m}^2}{0.9}$$

$$= 31,388.89 \text{ UM/m}^3$$

g).- Acarreo al centro de gravedad del tramo suponiendo que se encuentre a 10 km.

Por facilidad y no repetir cálculos hechos varias veces, tomemos el valor obtenido en el concepto sub-bases y bases.

$$= 8,038.00 \text{ UM/m}^3$$

h).- Extendido de la mezcla

Se emplea un finisher SB-111 que tendrá un rendimiento igual al de la planta ( $20 \text{ m}^3/\text{hora}$ )

Cargo:

$$\frac{85,000.00 \text{ UM/h.e.} \times 0.9}{20 \text{ m}^3/\text{hora.}}$$

$$= 3,825.00 \text{ UM/m}^3$$

Cuadrilla auxiliar.

$$\begin{array}{r} 1 \text{ cabo} \times 18,000.00 \text{ UM} = 18,000.00 \text{ UM} \\ 6 \text{ peones} \times 12,000.00 \text{ UM} = 72,000.00 \text{ UM} \\ \hline 90,000.00 \text{ UM/turno} \end{array}$$

Rendimiento  $160 \text{ m}^3/\text{turno}$ .

$$\text{Cargo: } \frac{90,000.00 \text{ UM/turno} \times 0.9}{160 \text{ m}^3/\text{turno}} = 506.25 \text{ UM/m}^3$$

i).- Compactación.

Se emplea una aplanadora de 8 ton. con un rendimiento igual a  $20 \text{ m}^3/\text{hora}$ .

$$\text{Cargo: } \frac{24,000.00 \text{ UM/h.e.} \times 0.9 \text{ m}}{20 \text{ m}^3/\text{hora}} = 1,080.00 \text{ UM/m}^3$$

j).- Riego de sello

Barrido y riego de sello (igual a impregnación) =  $465.09 \text{ UM/m}^3$

Obtención de material 3A ó 3E

Extracción y carga.

$$7,157.14 \text{ UM/m}^3$$

Acarreo local a la planta.

$$2,750.00 \text{ UM/m}^3$$

Trituración.

El rendimiento baja a 20 ton. cortas/hora.

$$P = \frac{20 \text{ ton. cortas/h.} \times 0.907 \text{ ton/ton. corta} \times 0.9}{1.6 \text{ ton/m}^3} = 10.20 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Cargo por trituración y cribado.

$$\frac{135,000.00 \text{ UM/h.e.}}{10.20 \text{ m}^3/\text{hora.}} = 13,235.29 \text{ UM/m}^3$$

$$\text{SUMA} = 23,142.43 \text{ UM/m}^3$$

$$\text{Como se utilizan } 10 \text{ lts/m}^2 = 231.42 \text{ UM/m}^2$$

$$\text{SUMA} = 696.51 \text{ UM/m}$$

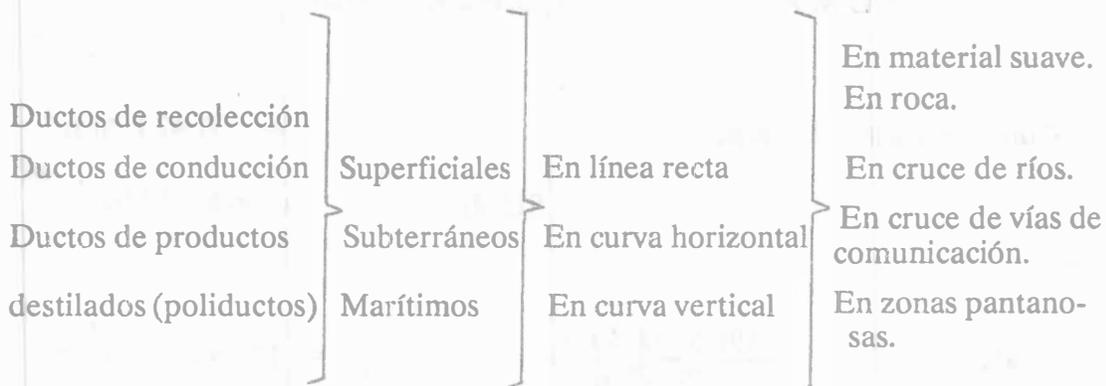
$$\text{Cargo} \quad \frac{696.51 \text{ UM/m}^2}{0.05 \text{ m}^3/\text{m}^2} = 13,930.22 \text{ UM/m}^3$$

### RESUMEN.

a).- Barrido y riego de liga.	9,301.08 UM/m <sup>3</sup>
b).- Extracción y carga del material.	7,157.14 UM/m <sup>3</sup>
c).- Acarreos locales.	2,750.00 UM/m <sup>3</sup>
d).- Trituración y cribado.	6,617.65 UM/m <sup>3</sup>
e).- Acarreo a planta de asfalto.	620.00 UM/m <sup>3</sup>
f).- Elaboración de mezcla en planta.	31,388.89 UM/m <sup>3</sup>
g).- Acarreo al tramo.	8,038.00 UM/m <sup>3</sup>
h).- Extendido de la mezcla.	4,331.25 UM/m <sup>3</sup>
i).- Compactación.	1,080.00 UM/m <sup>3</sup>
j).- Riego de sello.	13,930.22 UM/m <sup>3</sup>
	<hr/>
COSTO DIRECTO	85,214.23 UM/m <sup>3</sup>
INDIRECTO (45%)	38,346.40 UM/m <sup>3</sup>
	<hr/>
PRECIO UNITARIO	123,560.63 UM/m <sup>3</sup>

## DUCTOS DE ACERO

### 1. Variantes.



2. Algunos Conceptos de Trabajo aplicables a diferentes tipos de obra y cuyos análisis de costo son similares y pueden agruparse bajo la denominación "DUCTOS DE ACERO".

#### 2.1 *Poliductos.*

- Construcción de línea de conducción del sistema de Transporte de petróleo crudo.

#### 2.2 *Centrales hidroeléctricas.*

- Construcción de ductos de acero para la conducción a presión de la obra de toma a casa de máquinas.

#### 2.3 *Urbanización.*

- Suministro y colocación de tubería de acero para la línea de conducción del sistema de abastecimiento de agua potable.

### 3. Especificación prototipo.

Instalación de tubería de acero de 710 mm(28")

El trabajo comprende el acarreo de la tubería y sus accesorios desde el sitio de almacén hasta el sitio y taller de preparación de la misma para darle protección anticorrosiva; el tratamiento interior y exterior de las tuberías para protección anticorrosiva, acarreo hasta el sitio de utilización de la tubería; doblado de los tramos de tubo que lo requieran; soldado de las juntas en campo; revestimiento de filtro de asbesto, fibra de vidrio y papel Kraft; bajado de las tuberías a las zanjas y su anclado; relleno de zanjas y las operaciones destinadas a la protección catódica de la tubería.

Los trabajos que ejecuten serán medidos para fines de pago en metros.

#### 4. Proceso Constructivo.

##### *4.1 Movimiento de carga y descarga.*

La carga y descarga generalmente se realiza con grúas o tractores equipados con plumas laterales, el acarreo se realiza a través de camiones especiales y al descargar se va distribuyendo la tubería a lo largo del derecho de vía.

##### *4.2 Apertura del derecho de vía y caminos de acceso.*

La conformación del derecho de vía consiste en abrir una brecha de anchura especificada, cuyo eje longitudinal corresponde al de la línea de conducción. Se realiza con el empleo de Tractores empujadores y Motoconformadoras. Si el material a remover es roca se utiliza el equipo de excavación en roca.

##### *4.3 Excavación de la zanja.*

Consiste en la extracción del material producto de excavación en el sitio indicado por el proyecto. Generalmente al lado opuesto al que se distribuye la tubería para su posterior utilización como relleno. Esta operación se puede realizar con retroexcavadoras o dragas y con uso de explosivos si es necesario.

##### *4.4 Doblado de Tubería.*

Para esta operación se utiliza una máquina dobladora, equipada con gatos hidráulicos. Los dobleces se limitan a los que son estrictamente indispensables por los cambios bruscos o inevitables del alineamiento.

#### *4.5 Alineamiento.*

Cada tubo se alinea con el tubo ya instalado al cual se va a soldar por medio de un alineador-expansor hidráulico interno, el cual tiene potencia suficiente para volver el extremo del tubo a su forma circular en caso de que este ovalado.

#### *4.6 Limpieza interior.*

Antes de soldar la tubería cada pieza de tubo recta o curva es sometida a una limpieza interior. Cada sección de tubería es sellada en sus extremos por medio de tapas de lámina apropiadas para el caso.

#### *4.7 Soldadura.*

Con el alineador colocado y el tractor de pluma lateral manteniendo el tubo perfectamente alineado a una altura de 0.40 metros aproximadamente sobre el terreno se aplica la soldadura ya sea por procedimiento manual, semiautomático o automático de arco eléctrico.

Antes de comenzar a soldar deben hacerse los biseles quitandoles todo el material extraño que pueda interferir en la soldadura.

Posterior a la soldadura se realiza una inspección por rayos equis o materiales radioactivos (radiografías) para detectar cualquier posible falla en esta operación.

#### *4.8 Reparación de defectos.*

Si existen defectos en la soldadura se corta el tubo mediante una máquina biseladora y la junta se efectúa de nuevo.

#### *4.9 Limpieza y Pintura.*

Toda la tubería se limpia con una máquina rasqueteadora. La pintura se aplica sobre la tubería limpia y seca. Generalmente es necesario aplicar una primera capa a máquina y después corregir los defectos a mano.

#### *4.10 Esmaltado y Envoltura.*

El esmaltado consiste en aplicar una capa de esmalte sobre la pintura anterior con una máquina esmaltadora. Se utilizan además calderas para fundir el esmalte y mantenerlo a su temperatura correcta de aplicación. Simultáneamente a la aplicación del esmalte, la tubería se forra en espiral con material de tela de fibra de vidrio,

como recubrimiento anticorrosivo exterior, operación que puede realizar la misma máquina esmaltadora.

Se efectuará una prueba eléctrica del recubrimiento antes de bajar la tubería, debiendo parcharse todos aquellos lugares o puntos en los cuales el detector indique fallas.

#### *4.11 Tendido y Tapado de Tubería.*

Antes de bajar la tubería se prepara el terreno quitando los obstáculos. En algunos casos es necesario colocar una capa de material suave para apoyar la tubería. El equipo que se utiliza, son los tractores con pluma lateral (tiendetubos).

Para el tapado de la tubería se utilizan tractores empujadores o angledozers con el fin de aprovechar el material excavado de la zanja como relleno, y se realiza la compactación con rodillos lisos generalmente.

#### *4.12 Prueba hidrostática.*

Después de la operación de bajado y tapado deberá probarse la tubería a presión interior utilizando como fluido el agua dulce y limpia.

#### *4.13 Restauración y limpieza final del derecho de vía.*

Incluye todos los procesos de restauración de los terrenos atravesados por la tubería, los cuales deben dejar hasta donde sea posible, las condiciones de forma anterior a la ejecución de la obra.

**EJEMPLO:** Alineado, doblado y soldado de tubería de acero de 762 mm (30") de diámetro, de 7.14 mm (2.81") espesor de pared, con procedimiento semi-automático de soldadura.

#### **SUB-CONCEPTOS:**

- 1.- Doblado de tubería recta en adaptación a la topografía del terreno.

2.- Limpieza interior de tubería, limpieza de bisel y rebiselado de tubería, preparatorios a la unión.

3.- Alineado y soldado a tope de tubería, por procedimiento semi- automático de soldadura.

4.- Reparación de uniones soldadas de tubería.

**SUB-CONCEPTO 1. DOBLADO DE TUBERIA RECTA EN ADAPTACION A LA TOPOGRAFIA DEL TERRENO.**

MAQUINARIA	CANT.	UNIDAD	RENTA	IMPORTE
1 Tractor pluma Mod. 572 para el manejo del tubo.	8	hr	60,000.00 UM	480,000.00 UM
1 Dobladora hidráulica con troquel para doblado de tubería de 30" diámetro.	8	hr	21,000.00 UM	168,000.00 UM
1 Mandril neumático para doblado de tubería de 30" diámetro.	8	hr	6,000.00 UM	48,000.00 UM
1 Compresor 160 p.c.m. para operar el mandril.	8	hr	15,000.00 UM	120,000.00 UM
1 Camioneta de redilas de 3 Tons. para el transporte del personal.	8	hr	25,000.00 UM	200,000.00 UM
<b>IMPORTE POR MAQUINARIA POR JORNADA</b>				<b>1 016,000.00 UM</b>

MANO DE OBRA:	CANT.	UNIDAD	SALARIO	IMPORTE
1 Operador especialista (tractor pluma).	1	J	25,000.00 UM	25,000.00 UM
1 Ayudante de operador especialista (Tractor pluma).	1	J	14,000.00 UM	14,000.00 UM
1 Operador especialista (dobladora hidráulica).	1	J	25,000.00 UM	25,000.00 UM
1 Ayudante de operador especialista (dobladora hidráulica).	1	J	16,000.00 UM	16,000.00 UM
1 Operador especialista (mandril).	1	J	25,000.00 UM	25,000.00 UM
1 Ayudante de operador especialista (mandril).	1	J	16,000.00 UM	16,000.00 UM
1 Operador 2a (chofer).	1	J	20,000.00 UM	20,000.00 UM

1 Operador especialista (doblador).	1	J	26,000.00 UM	26,000.00 UM
1 Ayudante de operario especialista (ayudante de doblador).	1	J	18,000.00 UM	18,000.00 UM
2 Obreros generales (ayudantes de doblador).	2	J	16,000.00 UM	32,000.00 UM
3 Obreros generales (ayudantes de operador mandril).	3	J	16,000.00 UM	48,000.00 UM
IMPORTE POR MANO DE OBRA POR JORNADA				265,000.00 UM
IMPORTE POR MAQUINARIA MAS MANO DE OBRA POR JORNADA				1'281,000.00 UM

**CALCULO DE RENDIMIENTO:**

Topografía: Terreno con pendientes de 25 a 40%	40%
Terreno con pendiente hasta 25%	60%
	<u>100%</u>

*Por datos estadísticos obtenidos con observaciones de campo:*

En terreno con pendientes de 25 a 40%, se requiere doblar un promedio de 20 tubos/km.

En terreno con pendientes hasta 25%, se requiere doblar un promedio de 8 tubos/km

El rendimiento sin considerar tiempos perdidos es de 8 tubos doblados por jornada.

$$(0.4) (20 \text{ tubos/km}) + (0.6) (8 \text{ tubos/km}) = 12.8 \text{ tubos a doblar/km.}$$

$$\text{Tubos por doblar } 12.8 \times 80 \text{ km.} = 1024 \text{ tubos.}$$

Rendimiento observado: 6 tubos por jornada.

$$\text{No. de jornadas: } \frac{1024}{6} = 170.58 \text{ Jornadas.}$$

$$\text{Longitud de la obra} = 80 \text{ kms.}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{80 \text{ kms}}{170.58 \text{ J.}} = 0.469 \text{ km/jornada.}$$

Ajuste por tiempos perdidos:

a).- Por concepto de lluvias: Duración aproximada de la obra 7 meses 210 días se estima por antecedentes de la zona, 5 meses con lluvia (3 días/mes) = 15 jornadas ó sea aproximadamente 9% por lo que (0.09) (170.59 Jornadas) = 15.35 Jornadas.

b).- Por obstáculos que obligan a cambios de frentes:

$$\begin{array}{l} 3 \text{ ríos} \\ 1 \text{ pantano} \\ \hline 8 \text{ cruces de carretera} \\ 12 \times 1 \text{ Jornada / cambio} \end{array} = 12 \text{ jornadas}$$

$$+ 20 \text{ arroyos} \times 0.5 \text{ jornada/cambio} = 10 \text{ jornadas}$$

$$\text{Rendimiento modificado} = \frac{80 \text{ kms.}}{207.95 \text{ J.}} = 0.385 \text{ km/j}$$

$$\text{Importe por sub-concepto 1} = \frac{1'281,000.00 \text{ UM/J.}}{0.385 \text{ km/J.}} = 3'327,272.73 \text{ UM/km}$$

**SUB-CONCEPTO 2 LIMPIEZA INTERIOR DE BISELES Y REBISELADO DE TUBERIA, PREPARATORIOS A LA UNION.**

MATERIALES:	CANT.	UNIDAD	COSTO	IMPORTE
Oxígeno por Km (20% de biseles).	6	m3	22,500.00 UM	135,000.00 UM
Acetileno por Km (20% de biseles).	2	Kg	3,000.00 UM	6,000.00 UM
				141,000.00 UM
25% por transporte, mermas y almacenaje de materiales.				35,250.00 UM
			Importe por Materiales por Km	176,250.00 UM

MAQUINARIA:	CANT.	UNIDAD	COSTO	IMPORTE
1 Planta eléctrica de 10 Kws. para operar los esmeriles.	8	hr	10,000.00 UM	80,000.00 UM
1 Biseladora para 30" con equipo de corte, para rebiselado por biseles en mal estado.	8	hr	5,000.00 UM	40,000.00 UM
5 Esmeriles eléctricos para limpieza de biseles.	40	hr	2,000.00 UM	80,000.00 UM
1 Camioneta de redilas de 3 tons. para transporte de personal, de la planta eléctrica, biseladora y otros.	8	hr	8,000.00 UM	64,000.00 UM
IMPORTE POR MAQUINARIA POR JORNADA.				264,000.00UM

MANO DE OBRA:	CANT.	UNIDAD	SALARIO	IMPORTE
1 Operario 1a (biselador).	1	J	23,000.00 UM	23,000.00 UM
1 Ayudante de operario (ayudante de biselador).	1	J	18,000.00 UM	18,000.00 UM
5 Operarios 2a. (esmeriladores).	5	J	21,000.00 UM	105,000.00UM
2 Obreros general (auxiliares generales).	2	J	16,000.00 UM	32,000.00 UM
1 Operario 3a (limpieza interior de la tubería).	1	J	20,000.00 UM	20,000.00 UM
1 Ayudante operario (limpieza interior de la tubería).	1	J	18,000.00 UM	18,000.00 UM
1 Operador 2a (chofer y con planta eléctrica).	1	J	21,000.00 UM	21,000.00 UM
IMPORTE POR MANO DE OBRA POR JORNADA				237,000.00UM
IMPORTE POR MAQUINARIA MAS MANO DE OBRA POR JORNADA				501,000.00UM

**CALCULO DEL RENDIMIENTO:** Tanto el rendimiento de este sub- concepto como el del sub-concepto 4 están regidos por el rendimiento del sub-concepto 3, por razones del procedimiento constructivo.

Rendimiento modificado - 0.407 Km/j (del sub-concepto 3)

Materiales = 176,250.00 UM/km

Maquinaria más mano de obra =  $\frac{501,000.00 \text{ UM/j}}{0.407 \text{ km/j}}$  = 1'230,958.23 UM/km

Importe del Sub-Concepto 2 = 1'407,208.23 UM/km

**SUB-CONCEPTO 3.- ALINEADO Y SOLDADO A TOPE, DE TUBERIA, --  
POR PROCEDIMIENTO SEMI-AUTOMATICO DE --  
SOLDAURA.**

MATERIALES:	CANT.	UNIDAD	COSTO	IMPORTE
Soldadura micro-alam bre de 0.035" de diáme tro (2 kg/junta x 87 jun tas/km.	174	kg	6,500.00 UM	1'131,000.00 UM
Gas inerte COR (1.4 kg/junta x 87 juntas/km).	121.8	kg	3,000.00 UM	365,400.00 UM
Polines de 8" x 8" x 4" - (para apoyo de la tube ría) de madera (2 pza) (87 tubos) = 174 pzas. (8 usos).	464	P.T.	700.00 UM	324,800.00 UM
				1'821,200.00 UM
25% por transporte, mermas y almacenaje de materiales				455,300.00 UM
				2'276,500.00 UM/km
<b>IMPORTE POR MATERIALES POR KILOMETRO</b>				

MAQUINARIA:	CANT.	UNIDAD	COSTO	IMPORTE.
1 Tractor pluma Mod. 572 para el manejo del tubo y su alineación.	8	hr	60,000.00 UM	480,000.00 UM
1 Tractor de arrastre - D-8 sin cuchilla para - montar 4 máquinas de- soldar, 1 alineador con compresor y tanques de gas inerte.	8	hr	150,000.00 UM	1'200,000.00 UM

8 Máquinas de soldar semi-automáticas.	64	hr	12,000.00 UM	768,000.00 UM
1 Alineador interior neumático para 30" diámetro.	8	hr	10,000.00 UM	80,000.00 UM
1 Compresor 160 p.c.m. para operar el alineador interior.	8	hr	15,000.00 UM	120,000.00 UM
2 Camiones redilas de 6.8 Ton. (para 4 máquinas de soldar semi-automáticas).	16	hr	25,000.00 UM	400,000.00 UM
1 Camión redilas de 6.8 Ton. para los polines.	8	hr	25,000.00 UM	200,000.00 UM
1 Camioneta de redilas de 3 Tons. para el cabo de -	8	hr	25,000.00 UM	200,000.00 UM
oficios (Sobrestante general del concepto de trabajo).	8	hr	25,000.00 UM	200,000.00 UM
0.4 Tractor de arrastre -- D-6 (para jalar camiones de redilas en zonas con pendientes de 25% a 40%).	3.2	hr	82,000.00 UM	262,400.00 UM

IMPORTE POR MAQUINARIA POR JORNADA. 8'710,400.00 UM

MANO DE OBRA:	CANT.	UNIDAD	COSTO	IMPORTE
1 Cabo de oficios (sobrestante general del concepto de trabajo).	1	J	18,000.00 UM	18,000.00 UM
2 Soldador especialista (Fondeo).	2	J	25,000.00 UM	50,000.00 UM
2 Soldador especialista (Paso caliente).	2	J	25,000.00 UM	50,000.00 UM
4 Soldador especialista (Relleno).	4	J	25,000.00 UM	100,000.00 UM
4 Ayudante operario especialista (ayudantes de soldadores fondeo).	4	J	20,000.00 UM	80,000.00 UM
4 Ayudante operario especialista (Ayudantes de soldadores paso caliente).	4	J	20,000.00 UM	80,000.00 UM
4 Ayudante operario especialista (Ayudantes de soldadores relleno).	4	J	20,000.00 UM	80,000.00 UM
1 Operador especialista (tractor pluma).	1	J	25,000.00 UM	25,000.00 UM
1 Ayudante operador especialista (tractor pluma).	1	J	16,000.00 UM	16,000.00 UM

1 Operador especialista (Tractor D-8).	1	J	25,000.00 UM	25,000.00 UM
1 Ayudante operador especialista (Tractor D-8).	1	J	16,000.00 UM	16,000.00 UM
0.4 Operador especialista (tractor D-6).	0.4	J	25,000.00 UM	10,000.00 UM
0.4 Ayudante operador especialista (Tractor D-6).	0.4	J	16,000.00 UM	6,400.00 UM
1 Operario 1a. (alineador).	1	J	22,000.00 UM	22,000.00 UM
3 Ayudantes operarios (ayudantes alineador).	3	J	18,000.00 UM	54,000.00 UM
8 Obrero general (mamparas para proteger la junta en proceso de soldar, del viento).	8	J	14,000.00 UM	112,000.00 UM
6 Obrero general (polineros).	6	J	14,000.00 UM	84,000.00 UM

IMPORTE POR MAQUINARIA POR JORNADA 828,400.00 UM

IMPORTE POR MAQUINARIA MAS MANO DE OBRA POR JORNADA. 4'538,800.00 UM

#### CALCULO DEL RENDIMIENTO:

TOPOGRAFIA: Terreno con pendiente del 25 hasta 40% 40%  
Terreno con pendientes hasta 25% 60%

#### POR DATOS ESTADISTICOS CON OBSERVACIONES DE CAMPO:

En terreno con pendientes hasta 25% rendimiento por Soldador por Jornada = 6 juntas/jornada.

Longitud promedio del tubo = 11.5m.

Para la cuadrilla de 8 soldadores el rendimiento en terreno con pendientes hasta 25% sin considerar tiempos perdidos es:

$$R = (8 \text{ soldadores}) (6 \text{ juntas/jornada}) (11.5 \text{ m}) = 552 \text{ m/j} = 0.552 \text{ km/j}$$

Longitud de obra = 80 kms

$$\text{No. de Jornadas} = \frac{80 \text{ kms}}{0.552 \text{ km/j}} = 144.93 \text{ jornadas.}$$

**POR TIEMPOS PERDIDOS.**

- a) Prueba de soldadores, contrataciones y organización del frente. = 5.00 jornadas.
- b) Por concepto de lluvias 9% (0.09) (144.93 Jornadas) = 13.04 Jornadas.
- c) Por obstáculos que obligan a cambios de frentes.
  - 3 ríos
  - 1 pantano
  - 12 x 1 jornada/cambio = 12.00 Jornadas.
  - + 20 arroyos x 0.5 jornada/cambio = 10.00 jornadas.
- d) Por terreno con pendientes de 25 a 40% 20% más del tiempo que en terreno con pendientes hasta 25% por grado de dificultad. (0.4) (144.93 J x 1.2 - 144.93 J) = 11.59 jornadas.  
= 196.56 jornadas.

$$\text{Rendimiento modificado} = \frac{80 \text{ kms}}{196.56 \text{ J}} = 0.40 \text{ km/j}$$

Maquinaria más mano de obra por km.

$$\frac{4'538,800.00}{0.407 \text{ km/j}} = 11'151,842.75 \text{ UM/km}$$

Materiales

$$= 2'276,500.00 \text{ UM/km}$$

$$\text{Importe del sub-concepto 3:} = 13'428,342.75 \text{ UM/km}$$

**SUB-CONCEPTO 4 .-REPARACION DE UNIONES SOLDADAS DE TUBERIA.**

MATERIALES.	CANT.	UNIDAD	COSTO	IMPORTE.
Soldadura (electrodo recubierto) (5 juntas x 2.8 kgs/junta.	14	kg	6,500.00 UM	91,000.00 UM
Polines de 8" x 8" x 4' 8 usos.	21.3	P.T.	700.00 UM	14,910.00 UM

Disco abrasivo.	3	Pza	7,000.00 UM	21,000.00 UM
				126,910.00 UM
25% por transporte, mermas y almacenaje de materiales.				31,727.50 UM
Importe por materiales por kilómetro.				158,637.50 UM/km

MAQUINARIA.	CANT	UNIDAD	RENTA	IMPORTE
1 Tractor pluma Mod. 572 para el manejo del tubo en caso de reparación de junta total.	8	hr	60,000.00 UM	480,000.00 UM
1 Máquina soldar portaelectrodo.	8	hr	10,000.00 UM	80,000.00 UM
1 Biselador con equipo de corte.	8	hr	8,000.00 UM	64,000.00 UM
1 Camioneta de redilas de 3 Tons (para la máquina de soldar, biseladora y materiales).	8	hr	25,000.00 UM	200,000.00 UM
IMPORTE POR MAQUINARIA POR JORNADA				824,000.00 UM

MANO DE OBRA	CANT.	UNIDAD	SALARIO	IMPORTE
1 Soldador especialista (reparaciones).	1	J	25,000.00 UM	25,000.00 UM
2 Ayudante operario especialista (ayudantes del soldador).	2	J	20,000.00 UM	40,000.00 UM
1 Operador especialista (tractor pluma).	1	J	25,000.00 UM	25,000.00 UM
1 Ayudante operador especialista (tractor pluma).	1	J	18,000.00 UM	18,000.00 UM
4 Obrero general (ayudantes generales).	4	J	16,000.00 UM	64,000.00 UM
1 Operador 2a. (chofer).	1	J	21,000.00 UM2	1,000.00 UM
IMPORTE POR MANO DE OBRA POR JORNADA				193,000.00 UM
IMPORTE POR MAQUINARIA MAS MANO DE OBRA POR JORNADA				1'017,000.00 UM

RENDIMIENTO: El mismo que sub-conceptos 2 y 3 = 0.407 km/j.

**MATERIALES:**

Maquinaria mas mano de obra por km  $\frac{1'017,000.00}{0.407} = 2'498,771.50 \text{UM/km}$

= 158,637.50 UM/km

**IMPORTE DEL SUB-CONCEPTO 4**

= 2'657,409.00 UM/km

**RESUMEN**

**SUB-CONCEPTO 1.-** Doblado de tubería recta en -- adaptación a la Topografía del terreno.

3'327,272.73 UM/km

**SUB-CONCEPTO 2.-** Limpieza interior de tubería - limpieza de bisel y rebiselado de tubería, preparatorios a la - unión.

1'407,208.73 UM/km

**SUB-CONCEPTO 3.-** Alineado y soldado a tope, de tubería por procedimiento Se mi-automático de soldadura.

13'428,342.75 UM/km

**SUB-CONCEPTO 4.-** Reparación de uniones soldadas de tubería.

2'657,409.00 UM/km

**COSTO DIRECTO**

20'820,232.71 UM/km

**INDIRECTO (45%)**

9'369,104.72 UM/km

**PRECIO UNITARIO**

30'189,337.43 UM/km

EJEMPLO: Limpieza y recubrimiento anticorrosivo exterior en la línea para tubería de 30"

**MATERIALES**

Pintura	2500 lts/km	x	1,200.00 UM/lt	=	3'000,000.00 UM/km
Esmalte	23 ton/km	x	180,000.00 UM/ton	=	4'140,000.00 UM/km
Vidromat	7500 m/km	x	40.00 UM/m.	=	300,000.00 UM/km
Vidrioflex	7500 m/km	x	20.00 UM/m	=	<u>150,000.00 UM/km</u>
					7'590,000.00 UM/km

**MANO DE OBRA**

Sobrestante de tramo	1.0 J	x	21,000.00 UM	=	21,000.00 UM
Cabos	2.0 J	x	18,000.00 UM	=	36,000.00 UM
Chofer	2.0 J	x	16,000.00 UM	=	32,000.00 UM
Ayudantes	2.0 J	x	14,000.00 UM	=	28,000.00 UM
Obrero especializados (2 caldera 5 máquina esmalte 1 Detectorista)	8.0 J	x	17,000.00 UM	=	136,000.00 UM
Peones	10.0 J	x	14,000.00 UM	=	140,000.00 UM

**S U M A**                      393,000.00 UM/jornada

**MAQUINARIA**

Caldera de 10 barriles.	8 hrs	x	25,000.00 UM/h.e.	=	200,000.00 UM
Rasqueteadora esmal- tadora.	8 hrs	x	30,000.00 UM/h.e.	=	240,000.00 UM
Tractor pluma.	8 hrs	x	60,000.00 UM/h.e.	=	480,000.00 UM
Camioneta redilas 3 5on.	8 hrs	x	25,000.00 UM/h.e.	=	200,000.00 UM
Camión con malacate	8 hrs	x	20,000.00 UM/h.e.	=	160,000.00 UM
Detector de fallas.	8 hrs	x	1,100.00 UM/h.e.	=	8,800.00 UM

1 288,800.00 UM/jor

Suma parcial de mano de obra y equipo      1 681,800.00 UM/jor

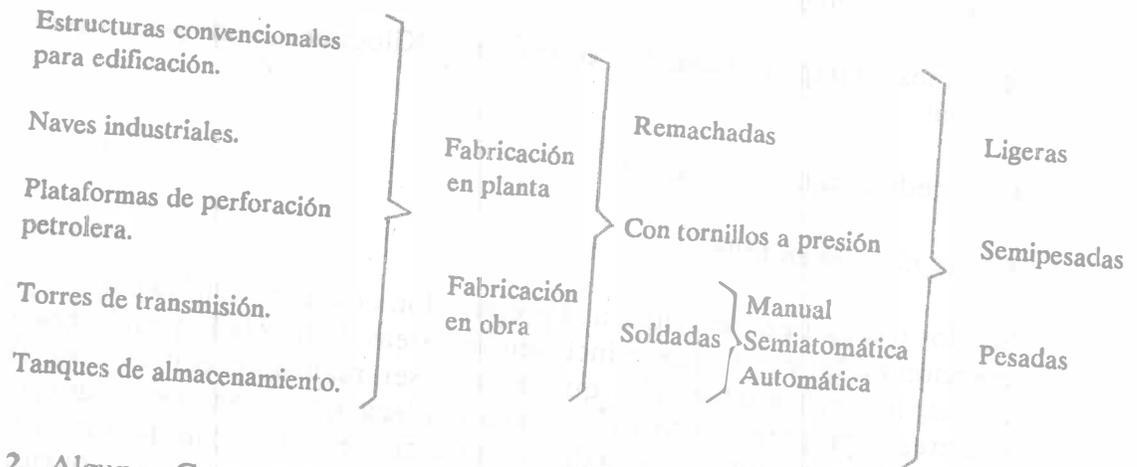
Costo directo por mano de obra y equipo:

$$\frac{1'681,800.00 \text{ UM/jorn}}{0.5 \text{ km/jorn}} = 3'363,600.00 \text{ UM/km}$$

Costo directo por materiales.	=	7'590,000.00 UM/km
<b>COSTO DIRECTO INDIRECTO (45%)</b>	=	10'953,600.00 UM/km
	=	4'929,120.00 UM/km
<b>PRECIO UNITARIO</b>	=	15'882,720.00 UM/km

## ESTRUCTURAS METALICAS

### 1. Variantes



2. Algunos Conceptos de Trabajo aplicables a diferentes tipos de obra y cuyos análisis de costo son similares y pueden agruparse bajo la denominación: "MONTAJES DE ESTRUCTURAS METALICAS"

#### 2.1 Vías de comunicación.

- Fabricación y montaje de estructuras de acero soldadas en diversas partes de la estructura de puente.

#### 2.2 Presas.

- Acero estructural en rejillas, escaleras y puentes de maniobras.

#### 2.3 Zonas de riego.

- Compuertas radiales y deslizantes.

## *2.4 Obras Industriales.*

- Construcción de tanques de almacenamiento.
- Construcción de naves industriales.

## **3. Especificación Prototipo.**

Colocación de acero estructural en estructuras.

El concepto comprende el conjunto de operaciones necesarias para el corte, doblado, soldado, perforado, remachado, pintura y colocación de acero estructural que señale el proyecto.

Para fines de pago se medirá el concepto de Kilogramos con aproximación de un decimal.

## **4. Procedimiento constructivo.**

### *4.1 Fabricación en taller.*

Son los trabajos encaminados a la preparación de los materiales para su posterior erección en las estructuras e incluyen las tareas de limpiado y enderezado de las piezas; los cortes necesarios que pueden ser realizados con cizallas, sierras o sopletes; la preparación de los cantos de las piezas que vayan a ser unidas por medio de soldadura; los rolados para darle las formas requeridas; las perforaciones para remaches y tornillos; el ensamblado de piezas ya sean remachadas o soldadas según indiquen las especificaciones de construcción; el montaje provisional de la estructura o partes de la estructura para la verificación de las juntas y la aplicación de pintura anticorrosiva ya sea con brocha y/o con pistola automática.

### *4.2 Transporte al lugar de la Obra.*

Para transportar una estructura ya sea por carreteras, vías ferreas, marítimas, etc., es importante considerar diversos aspectos entre los cuales destacan los legales y que marcan las limitaciones en cuanto a longitud del flete, cargas y alturas máximas permisibles. Así para transporte terrestre se puede efectuar con tractores con remolques de uno, dos, tres o más ejes, etc.

### *4.3 Montaje de las Estructuras.*

Se efectuará de tal forma que cada una de las piezas constituyentes de la estructura queden en la posición y a las líneas y niveles señalados por el proyecto, y en caso de ser necesario con el empleo de obra falsa para sostener provisionalmente los

diversos miembros antes de proceder a su sujeción definitiva por medio del remachado o soldado de las juntas correspondientes.

**La ejecución del montaje puede ser:**

- a) Montaje con grúa.- Donde el sitio de la obra permita el tránsito y movimiento de las grúas.
- b) Montaje con pluma de tirantes, o grúa torre fija o levadiza.- En obras que requieren mayor alcance que el de una grúa móvil.
- c) Montaje con pluma viajera o de patas rígidas.- Que tiene mayor capacidad a distancias grandes que las plumas con tirantes.
- d) Montaje con poste-grúa.- Cuyo uso se restringe a las piezas ligeras en estructuras de poca altura.
- e) Combinaciones de diversos equipos.

**EJEMPLO:** Construcción de línea de transmisión eléctrica.- Tendido y tensado de cable conductor, incluyendo amortiguadores, separadores y puentes.

**MANO DE OBRA.**

**Especialidad.**

Cabo	9	J x	18,000.00 UM =	162,000.00 UM
Montador de 1a	32	J x	17,000.00 UM =	544,000.00 UM
Montador de 2a	8	J x	16,000.00 UM =	128,000.00 UM
Ayudantes	16	J x	14,000.00 UM =	224,000.00 UM
Topógrafo	2	J x	25,000.00 UM =	50,000.00 UM
Peones y velador	3	J x	12,000.00 UM =	36,000.00 UM
			<b>Suma mano de obra.</b>	<b>1'144,00.00 UM</b>

$$\text{Cargo por mano de obra} = \frac{1'144,000.00 \text{ UM/jorn}}{3.75 \text{ hilo-km/jorn}} = 305,066.00 \text{ UM/Hilo-km.}$$

**MAQUINARIA.**

(para el mismo rendimiento)

Camión redilas 10 ton	48 horas	x	25,000.00 UM	=	1'200,000.00 UM
Camioneta 3 tons	64 horas	x	25,000.00 UM	=	1'600,000.00 UM
Camioneta Pick-up	32 horas	x	12,000.00 UM	=	384,000.00 UM
Tractor D-8	8 horas	x	150,000.00 UM	=	1'200,000.00 UM
Reembobinadora	8 horas	x	70,000.00 UM	=	560,000.00 UM
Tensionadora	8 horas	x	40,000.00 UM	=	320,000.00 UM
Estirador	8 horas	x	75,000.00 UM	=	600,000.00 UM
Portacarretes	32 horas	x	3,000.00 UM	=	96,000.00 UM
Malacates	48 horas	x	7,000.00 UM	=	6'296,000.00 UM

$$\text{Cargo por maquinaria} = \frac{6'296,000.00 \text{ UM}}{3.75} = 1'678,933.33 \text{ UM/hilo-km}$$

**RESUMEN.**

Mano de obra:	305,066.00 UM/hilo-km
Maquinaria	1'678,933.33 UM/hilo-km
<b>COSTO DIRECTO</b>	<u>1'983,999.33 UM/hilo-km</u>
INDIRECTOS (45%)	892,799.70 UM/hilo-km
<b>PRECIO UNITARIO</b>	<u>2'876,799.03 UM/hilo-km</u>

## EJEMPLO: Montaje de estructuras metálicas.

El precio del montaje incluye: la descarga, recepción y clasificación de los elementos estructurales con sus conexiones, almacenamiento temporal, adecuado manejo, acarreo en la obra, erección, atornillado de las estructuras, soldadura de campo, cortes, enderezado de los elementos, corrección de taladros, plomeo, alineamiento, nivelación y en general todos los ajustes que se requieren para en correcto montaje de las estructuras. Son proporcionados los elementos de fijación: anclas, tuercas, tornillos, pernos, etc. L.A.B. sitio de la obra.

**Marcos principales:** Columnas, Trabes, Conexiones en nudos y bases de columnas, incluyendo pernos de anclaje.

### A.- MATERIALES (Cantidades por ton.)

Soldadura E-6010	35	kg	x	6,500.00 UM	=	227,500.00 UM
Oxígeno	2	m <sup>3</sup>	x	22,500.00 UM	=	45,000.00 UM
Acetileno	1.6	kg	x	3,000.00 UM	=	4,800.00 UM
Madera	0.5	pt	x	700.00 UM	=	350.00 UM
						<u>277,650.00 UM</u>

### B.- MANO DE OBRA

#### 1.- Mano de obra en descarga y estiba.

Cabo de maniobra	1.0	x	18,000.00 UM	=	18,000.00 UM
Maniobrista	3.0	x	16,000.00 UM	=	48,000.00 UM
Ayud. maniobrista	3.0	x	14,000.00 UM	=	42,000.00 UM
					<u>108,000.00 UM</u>

Rendimiento 100 ton/jornada.

Cargo por mano de obra en descarga y estiba.

$$\frac{108,000.00 \text{ UM/jorn}}{100 \text{ ton. /jorn}} = 1,080.00 \text{ UM/Ton}$$

#### 2.- Mano de obra para acarreo local.

Cuadrilla anterior 108,000.00 UM/jorn

$$\frac{108,000.00 \text{ UM/jorn}}{50 \text{ ton./jorn}} = 2,160.00 \text{ UM/ton}$$

### 3.- Mano de obra para armado y montaje.

Cabo de maniobras	1.0 x	18,000.00 UM	=	18,000.00 UM
Maniobrista	8.0 x	16,000.00 UM	=	128,000.00 UM
Soldador	2.0 x	21,000.00 UM	=	42,000.00 UM
Ayudantes.	10.0 x	14,000.00 UM	=	<u>140,000.00 UM</u>
				328,000.00 UM

Rendimiento 5 ton./jornada.

$$\frac{328,000.00 \text{ UM/jorn}}{5 \text{ ton./jorn}} = 65,600.00 \text{ UM/ton.}$$

TOTAL MANO DE OBRA = 68,840.00 UM/ton

### C.- MAQUINARIA

#### 1.- Para descarga y estiva.

$$\text{Grúa Drott} \quad \frac{40,000.00 \text{ UM/h.} \times 6 \text{ hrs./jorn}}{100 \text{ ton./jorn}} = 2,400.00 \text{ UM/ton}$$

#### 2.- Para acarreos locales.

$$\text{Grúa Drott} \quad \frac{40,000.00 \text{ UM/h.} \times 6 \text{ hrs./jorn}}{50 \text{ ton./jorn}} = 4,800.00 \text{ UM/ton}$$

$$\text{Camión} \quad \frac{25,000.00 \text{ UM/h.} \times 8 \text{ hrs./jorn}}{50 \text{ ton./jorn}} = 4,000.00 \text{ UM/ton}$$

#### 3.- Para montaje.

$$\text{Grúa 50 tons.} \quad \frac{145,000.00 \text{ UM/h.} \times 1 \text{ hora/jorn}}{5 \text{ ton./jorn}} = 29,000.00 \text{ UM/ton}$$

Soldadora Eléctrica.

$$\frac{3,000.00 \text{ UM/h.} \times 2 \times 8\text{h/jorn}}{5 \text{ ton. /jorn}} = 9,600.00 \text{ UM/ton}$$

$$\text{TOTAL DE MAQUINARIA.} = 49,800.00 \text{ UM/ton}$$

**D.- HERRAMIENTA.**

Se considera el 10% de la mano de obra.

$$10\% \text{ de } 68,840.00 \text{ UM} = 6,884.00 \text{ UM/Ton}$$

**RESUMEN.**

A.- Materiales.	=	277,650.00 UM/ton
B.- Mano de Obra.	=	68,840.00 UM/ton
C.- Maquinaria.	=	49,800.00 UM/ton
D.- Herramienta.	=	6,884.00 UM/ton

COSTO DIRECTO	<u>403,174.00 UM/ton</u>
INDIRECTOS (45%)	181,428,30 UM/ton

PRECIO UNITARIO	<u>584,602.30 UM/ton</u>
-----------------	--------------------------

EJEMPLO: Montaje de subestaciones unitarias de 4.46/0/48 Kv. y centros para control de motores incluyendo cableado para 2 unidades de ampliación de una planta termoeléctrica.

<u>Mano de Obra.</u>	M E S E S						
	1	2	3	4	5	6	7
CATEGORIA							
Sobrestante.	1	1	1	1	1	1	1
Electricista Esp.	1	2	2	1	1	1	1
Electricista 1a.	2	6	8	14	14	10	10
Electricista 2a.	2	6	8	14	10	10	10
Instrumentista Esp.	2	2	2	4	4	3	8
Instrumentista 1a.	2	2	2	8	8	8	6
Instrumentista 2a.	2	2	2	8	8	8	6
Maniobrista 1a.	2	2	2				
Maniobrista 2a.	4	4	2				
Ayudante oficio.	2	6	8	14	14	12	10
Ayudante gral.	2	6	8	14	14	14	14
Peón	6	6	6	6	6	6	6

HORAS HOMBRE	IMPORTE H/HOMBRE	T O T A L
1750	577.64 UM	1'010,870.00 UM
2250	317.10 UM	713,475.00 UM
16000	264.25 UM	4'228,000.00 UM
15000	246.61 UM	3'699,150.00 UM
6250	432.60 UM	2'703,750.00 UM
9000	299.46 UM	2'695,140.00 UM
9000	281.82 UM	2'536,380.00 UM
1500	264.25 UM	396,375.00 UM
2500	246.61 UM	616,525.00 UM
16500	173.25 UM	2'858,625.00 UM
18000	173.25 UM	3'118,500.00 UM
10500	94.01 UM	987,105.00 UM
		<b>SUMAS'563,895.00 UM</b>

MATERIALES

Perfiles estructurales para soportes	7000 Kg x	85.80 UM/kg	600,600.00 UM
Soldadura	200 Kg x	171.60 UM/kg	34,320.00 UM
Taquetes, barrenadoras, pernos	Lote		181,500.00 UM
Marcadores para cable tipo brady	Lote		60,500.00 UM
Cinta aislante de hule	Lote		21,000.00 UM
	SUMA		<u>997'920.00 UM</u>

EQUIPO Y HERRAMIENTA

Grúa de 15 Tons.	200 hrs x	6,175.00 UM/h.e.	1'235,000.00 UM
Camión con grúa lateral 3 Ton.	300 hrs x	4,225.00 UM/h.e.	1'267,500.00 UM
Caioneta 3 Ton	800 hrs x	1,021.12 UM/h.e.	816,896.00 UM
Herramienta y equipo menor	(2% de la mano de obra)		511,277.90 UM

COSTO DIRECTO  
INDIRECTOS (38%)

30'392,488.90 UM/Lote  
11'549,145.78 UM/Lote

PRECIO UNITARIO

41'941,634.68 UM/Lote

## CAPITULO X

EL ANALISIS DE LOS  
COSTOS PARA SELECCIONAR  
LA MEJOR ALTERNATIVA EN EL  
PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION

## X. EL ANALISIS DE COSTOS PARA SELECCIONAR LA MEJOR ALTERNATIVA EN EL PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION.

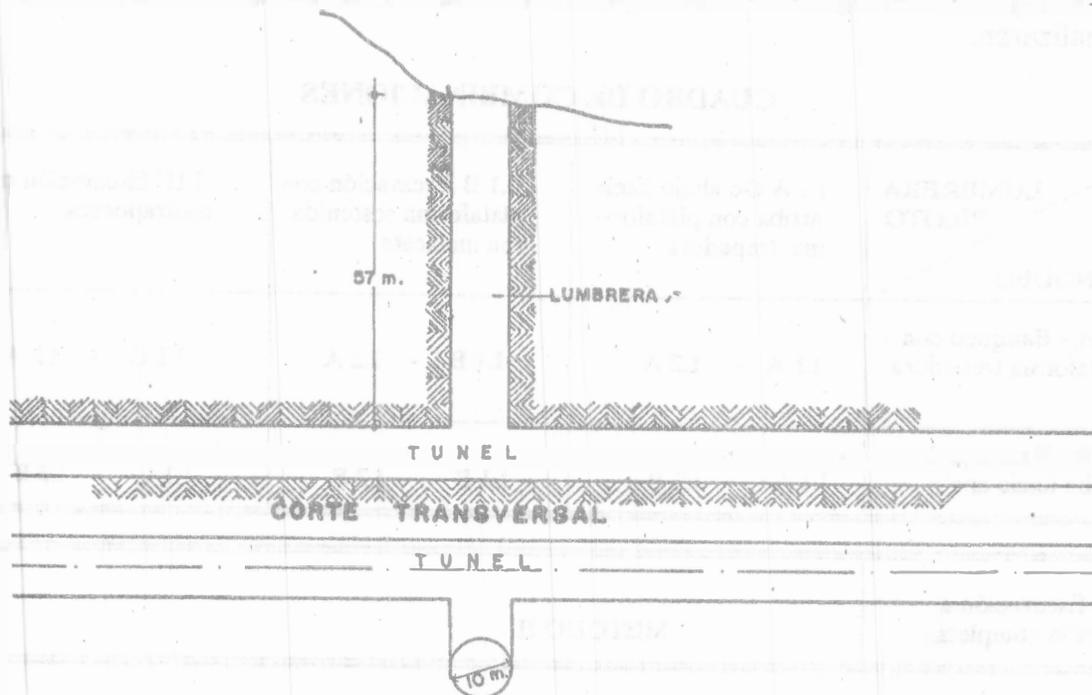
En el manejo de las obras de Construcción Pesada, existen múltiples trabajos que pueden realizarse mediante diversos procedimientos de construcción o mediante un determinado procedimiento con diferentes tipos de máquinas.

Independientemente de consideraciones particulares como sería la facilidad o dificultad de conseguir determinado equipo ó bien la conveniencia de su adquisición en función del tiempo que vá a ser utilizado, los análisis de precios unitarios de diferentes alternativas, son una herramienta indispensable para poder tomar decisiones relativas al mejor procedimiento de construcción.

Para ilustrar lo anterior, en éste capítulo se hace una comparación económica para la excavación de una Lumbrera.

Consideremos las siguientes características de la lumbrera:

Material:	Roca
Diámetro:	10.00 m
Altura:	57.00 m
Area:	78.53 m <sup>2</sup> .



Se analizarán los siguientes procedimientos constructivos:

I Excavación de la Lumbrera auxiliándose de una lumbrera piloto

II Excavación de la Lumbrera en sección completa.

*Dentro del primer método tendremos las siguientes opciones:*

I.1 Para la excavación de la lumbrera piloto.

I.1.A. Excavación de abajo hacia arriba con plataforma trepadora y perforadora de cielo.

I.1.B. Excavación con plataforma sostenida con malacate.

I.1.C Excavación con Contrapocera.

I.2 Para la etapa de banqueo.

I.2.A. Banqueo con plataforma trepadora de abajo hacia arriba.

I.2.B. Banqueo de arriba hacia abajo.

Para el segundo método solamente se analizará una alternativa que es la excavación de la lumbrera en sección completa de arriba hacia abajo y rezaga con grúa.

Una vez analizada cada una de las opciones que tenemos buscaremos la mejor combinación de ellas la cual, bajo el criterio de costo, será la que tenga el costo más bajo. En el siguiente cuadro podemos observar las combinaciones que se analizarán.

**CUADRO DE COMBINACIONES**

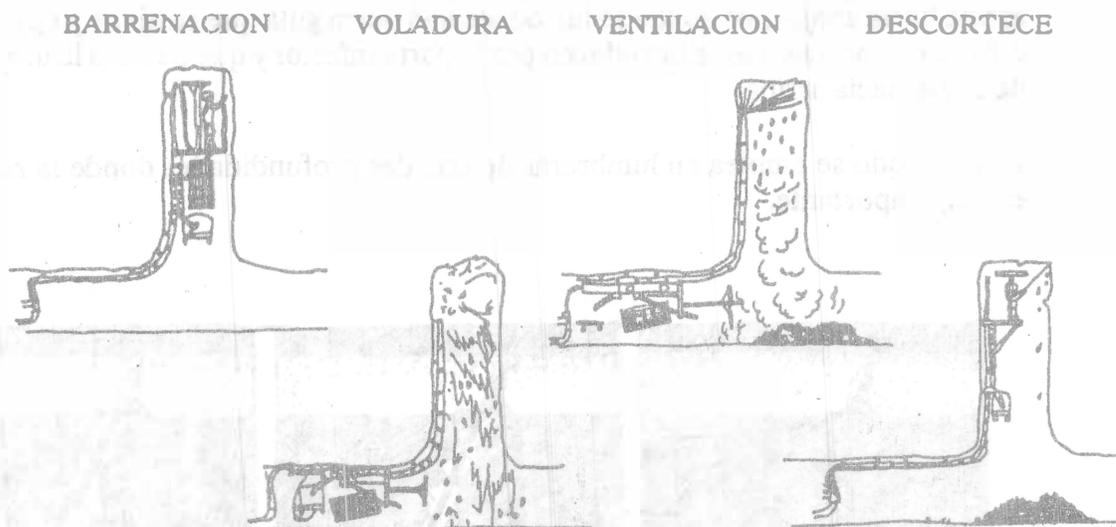
LUMBRERA PILOTO \ BANQUEO	I.1 A De abajo hacia arriba con plataforma trepadora	I.1 B Excavación con plataforma sostenida con malacate	I.1C Excavación con contrapocera.
I.2A - Banqueo con - plataforma trepadora	I.1 A - I.2 A	I.1 B - I.2 A	I.1 C - I.2 A
I.2B - Banqueo de arriba hacia abajo	I.1 A - I.2 B	I.1 B - I.2 B	I.1 C - I.2 B
II.- Excavación a sección completa.	METODO II		

## DESCRIPCION DE LAS ALTERNATIVAS.

### 1.- EXCAVACION DE LUMBRERA PILOTO.

Cuando la sección de la lumbrera es muy grande y no se puede atacar en una sola etapa debido a que las plataformas de trabajo serían muy grandes y estorbosas se procede a hacer una lumbrera de dimensiones más pequeñas, generalmente de un área de 4 a 6 m<sup>2</sup>. A dicha lumbrera se acostumbra llamarla lumbrera piloto, la cual para nuestro caso será hecha de abajo hacia arriba. Para nuestro estudio consideramos los siguientes métodos de construcción.

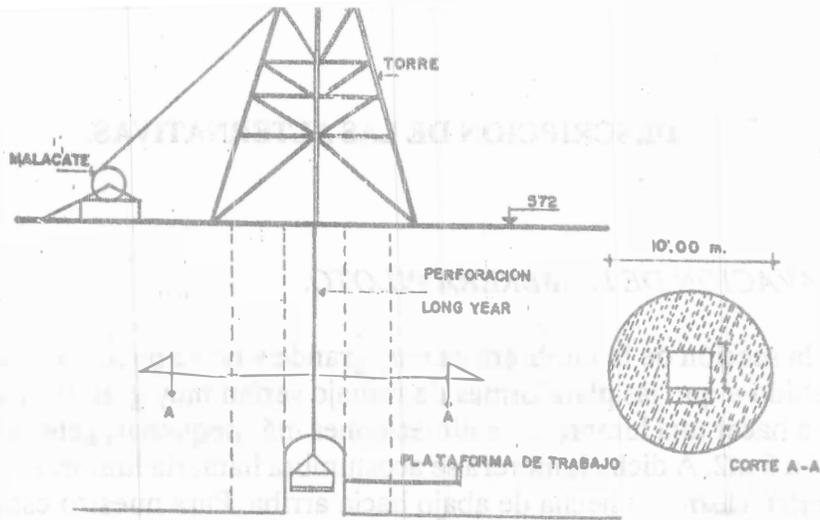
#### I.1A.- EXCAVACION DE ABAJO HACIA ARRIBA MEDIANTE EL EMPLEO DE UNA PLATAFORMA TREPADORA TIPO ALIMAK Y PERFORADORA DE CIELO.



#### I.1B.- PLATAFORMA SOSTENIDA CON MALACATE.

Se efectúa un barreno guía 4" a 6" de arriba hacia abajo, hecho con una perforadora Long Year para pasar un cable de malacate que sostiene una plataforma de trabajo.

La perforación desde la plataforma se hace con pistolas de cielo.



### 1.1C.- CONTRAPOCERA.

Consiste en la excavación de un agujero de 8" a 12" de diámetro  $\emptyset$  efectuado de arriba hacia abajo, por donde se introduce una barra guía que sostiene y opera una cabeza con brocas que se introducen por la parte inferior y que perfora la lumbrera de abajo hacia arriba.

Este método se emplea en lumbreras de grandes profundidades donde la rapidéz es muy importante.



### 1.2.- BANQUEO.

Una vez construida la lumbrera piloto, se procede a ampliarla a su sección definitiva, operación llamada banqueo. Analizaremos los siguientes métodos:

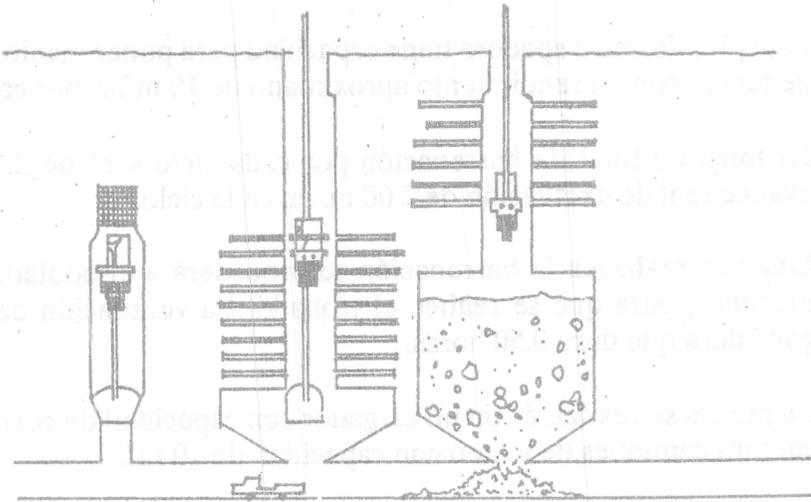
## I.2A.- CON PLATAFORMA TREPADORA.

De abajo hacia arriba empleando la misma plataforma trepadora tipo alimak y perforadora de pierna para hacer perforación horizontal, la rezaga se hará por abajo.

I. Excavación del piloto

II. Barrenación Horizontal

III. Carga. Desmonte de los carriles guía, voladura.



## I.2B.- BANQUEO DE ARRIBA HACIA ABAJO.

Se utiliza perforadora sobre orugas para hacer las perforaciones verticales, una vez efectuada la carga con explosivos y la tronada, la rezaga se empuja a la lumbrera piloto con un tractor de oruga y en los túneles de carga y se rezaga el material.

### II.- EXCAVACION DE LA LUMBRERA EN SECCION COMPLETA

#### II.1.- EXCAVACIÓN DE ARRIBA HACIA ABAJO Y REZAGA CON GRUA.

Este método consiste en hacer la perforación de arriba hacia abajo con Track Drill o perforadoras de piso. La rezaga se saca cargando un bote lo cual se puede hacer manualmente o mediante un cargador sobre orugas de la dimensión y presión adecuado para que la grúa que saca el bote pueda subirlo a la hora de efectuarse la tronada.

**I.1A. EXCAVACION DE ABAJO HACIA ARRIBA CON PLATAFORMA TREPADORA Y PERFORADORA DE CIELO.**

La excavación de la lumbrera piloto se realiza de abajo hacia arriba, utilizando para la perforación una plataforma trepadora (Alimak) STH-5E que según especificaciones puede atacar un área de  $7.00 \text{ m}^2$  y una longitud máxima de 900 ml. y consta de una unidad propulsora.

Esta plataforma trepadora tiene capacidad para poder maniobrar dos perforadoras de techo, con un rendimiento aproximado de 10 m/hr. por cada perforadora.

La longitud total de barrenación por cada ciclo será de 2.20 m., teniéndose un avance real de excavación de 2.00 m. en cada ciclo.

Una vez realizada la barrenación se procederá a el poblado de cada uno de los barrenos, para que se realice el tronado. La ventilación después de tronado se considera que dura 0.50 horas.

La rezaga se realizará con un cargador con capacidad de cucharón de  $1.14 \text{ m}^3$ . que cargará camiones de volteo con capacidad de  $10 \text{ m}^3$ .

La sección de la lumbrera piloto será cuadrada de 2.00 m. x 2.00 m.

Operaciones básicas ó ciclo del trabajo.

- 1.- Colocación del riel de la máquina.
- 2.- Verificación del trazo y marcado de barrenos.
- 3.- Barrenación.
- 4.- Poblado y tronado.
- 5.- Ventilación.
- 6.- Rezagado del material tronado.

**EQUIPO:**

Plataforma trepadora Alimak STH-5E	90,000.00 UM/h.e.
Plataforma trepadora Alimak STH-5E (ociosa)	85,000.00 UM/h.e.
Perforadora de cielo Atlas Copco RH-656-4W	5,000.00 UM/h.e.
Perforadora de cielo Atlas Copco (ociosa)	4,000.00 UM/h.e.
Compresor de 600 pcm.	35,000.00 UM/h.e.
Compresor de 600 pcm. (ocioso)	30,000.00 UM/h.e.
Equipo de ventilación.	47,000.00 UM/h.e.
Equipo de alumbrado.	60,000.00 UM/h.e.
Cargador frontal ( $1 \frac{1}{2} \text{ yd}^3$ )	50,000.00 UM/h.e.
Cargador frontal (ocioso)	40,000.00 UM/h.e.
Camión volteo $10 \text{ m}^3$ .	25,000.00 UM/h.e.
Camión volteo $10 \text{ m}^3$ . (ocioso)	20,000.00 UM/h.e.

## ANALISIS DEL CICLO.

- 1.- En la colocación del riel se emplean. 2.50 hr.  
2.- El trazo y marcado. 0.50 hr.  
3.- Barrenación.

El número de barrenos necesarios será:

$$N = A \times 12$$

Obtenemos  $N = 4 \times 12 = 24$  barrenos.

$$\text{Tiempo} = \frac{24 \text{ barrenos} \times 2.20 \text{ m/barreno}}{10 \text{ ml/hora} \times 2 \text{ perforadoras}} = 2.64 \text{ hr.}$$

- 4.- Poblado y Tronado.

Podemos suponer un rendimiento de 3 minutos por barreno por poblador y su ayudante.

$$\text{Tiempo} = \frac{3 \text{ min/barreno} \times 24 \text{ barrenos}}{2 \text{ pobladores} \times 50 \text{ min. efectivos}} = 0.72 \text{ hr.}$$

- 5.- Ventilación.

Aunque se esté ventilando permanentemente, debe esperarse el personal para volver al frente un tiempo estimado en:

$$0.50 \text{ hr.}$$

- 6.- Rezaga. Utilizando un cargador de 1-1/2 yd<sup>3</sup>. (1.14 m<sup>3</sup>) se obtiene:

$$\begin{aligned} \text{Volumen por tronada} \\ = 2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 1.65 \text{ (abundamiento)} &= 13.20 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Cálculo del ciclo - (cargador sobre ruedas)

Ciclo básico.	0.40 min.
Material irregular.	+ 0.04
Almacenamiento.	+ 0.02
Operación no constante	+ 0.04
Descarga frágil.	+ 0.05
Acarreo local.	+ 0.11

TOTAL 0.66 min.

Eficiencia 70%

Factor de llenado del cucharón. 0.8

Cálculo del rendimiento:

$$R = \frac{1.14 \text{ m}^3 \times 0.70 \times 0.80 \times 60 \text{ min/hora}}{0.66 \text{ min.}} = 58.03 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\text{Tiempo de rezaga} = \frac{13.20 \text{ m}^3}{58.03 \text{ m}^3/\text{hora}} = 0.23 \text{ hora}$$

Resumen de Tiempos.

1.- Colocación de riel de la trepadora.	2.50 hora
2.- Trazo y marcado	0.50 hora
3.- Barrenación.	2.64 hora
4.- Poblado y tronado.	0.72 hora
5.- Ventilación.	0.50 hora
6.- Rezaga.	<u>0.23 hora</u>
S u m a .	7.09 hora

Duración del trabajo:

$$D = \frac{57.00 \text{ m (altura)} \times 7.09 \text{ horas/ciclo}}{2.00 \text{ m/ciclo.}} = 202 \text{ horas}$$

*ANALISIS DEL CONCEPTO.*

I).- Costo de la mano de obra.

a).- Perforación.

PERSONAL	NO.	HORAS	COSTO/HORA	IMPORTE
Cabo	1	202	18,000.00 UM	3'636,000.00 UM
Operador malacate	1	202	25,000.00 UM	5'050,000.00 UM
Poblador	2	404	19,000.00 UM	7'676,000.00 UM
Afilador brocas	1	202	15,000.00 UM	3'030,000.00 UM
Maniobrista	1	202	17,000.00 UM	3'434,000.00 UM
Ayudantes	4	808	14,000.00 UM	11'312,000.00 UM
				<u>34'138,000.00 UM</u>

b).- Instalación y desmantelamiento de la trepadora ALIMAK 10 días = 160 horas con el siguiente costo:

PERSONAL	NO.	HORAS	COSTO/HORA	IMPORTE
Cabo	1	160	18,000.00 UM	2'880,000.00 UM
Perforista	2	320	17,000.00 UM	5'440,000.00 UM
Compresorista	1	160	20,000.00 UM	3'200,000.00 UM
Ayudantes.	4	640	14,000.00 UM	8'960,000.00 UM
				<u>20'480,000.00 UM</u>
Costo mano de obra			34'138,000.00 UM 20'480,000.00 UM	54'618,000.00 UM

II).- Costo de los materiales.

a).- Acero de barrenación.

$$\text{Longitud total de barrenación} = \frac{24 \text{ barrenos} \times 2.20 \text{ m} \times 57 \text{ m}}{2.00 \text{ m/ciclo}} = 1505 \text{ m}$$

Profundidades del barreno que ocupan las barras de multiples de 80 cm.

$$\text{Barra } 0.80 \text{ m} \quad \frac{0.80}{2.20} = 0.36 = 36\%$$

$$\text{Barra 1.60} \quad \frac{0.80}{2.20} = 0.36 = 36\%$$

$$\text{Barra 2.40} \quad \frac{0.60}{2.20} = 0.28 = \frac{28\%}{100\%}$$

Duración del acero = 300 ml. de barrenación.

No. de barras necesarias:

$$\text{Barra 0.80} - \frac{0.36 \times 1505 \text{ ml}}{300 \text{ ml/pza.}} = 1.80 = 2 \text{ pzas.}$$

$$\text{Barra 2.40} - \frac{0.28 \times 1505 \text{ ml.}}{300 \text{ ml/pza.}} = 1.40 = 2 \text{ pzas.}$$

Costo:

$$\begin{aligned} 2 \text{ barras (0.80 m)} &\times 350,000.00 \text{ UM} = 700,000.00 \text{ UM} \\ 2 \text{ barras (1.60 m)} &\times 450,000.00 \text{ UM} = 900,000.00 \text{ UM} \\ 2 \text{ barras (2.40 m)} &\times 450,000.00 \text{ UM} = 900,000.00 \text{ UM} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} \text{Suma Tota} \\ + \text{ Afilado (30\%)} \\ \text{S U M A .} \end{array} \quad \begin{array}{r} \hline 2'500,000.00 \text{ UM} \\ 750,000.00 \text{ UM} \\ \hline 3'250,000.00 \text{ UM} \end{array}$$

b).- Explosivos - Carga  $3.5 \text{ kg/m}^3$ .

$$3.5 \text{ kg/m}^3 \times 2,500.00 \text{ UM kg} \times 228 \text{ m}^3 \text{ (Volumen total)} = 2'793,000.00 \text{ UM}$$

c).- Estopines.

$$\frac{24 \text{ barrenos} \times 57.00 \text{ m} \times 3,000.00 \text{ UM/Pza}}{2.20 \text{ ml/barreno.}} = 1'865,454.54 \text{ UM}$$

d).- Alambre de conexión (2.50 m. por barreno)

$$\frac{24 \text{ barrenos} \times 57.00 \text{ m} \times 7,380.00 \text{ UM/Pza}}{100 \text{ m/rollo} \times 2.20 \text{ ml/barreno.}} = 45,890.18 \text{ UM}$$

$$\text{Suma materiales} = \underline{7,954,344.72 \text{ UM}}$$

$$10\% \text{ fletes y desperdicios} = 795,434.47 \text{ UM}$$

$$\text{IMPORTE.} = \underline{8,749,779.19 \text{ UM}}$$

III).- Costo del equipo.

a).- Trepadora ALIMAK STH-5E

$$\text{Tiempo de uso} = \frac{(2.50 \text{ hr.} + 2.64 \text{ hr.} + 0.72 \text{ hr.} + 0.50 \text{ hr.} + 0.50 \text{ hr.}) \times 57 \text{ m}}{2 \text{ m/ciclo.}}$$

$$= 195 \text{ horas.}$$

2.50 hr = tiempo de colocación de riel.

2.64 hr = tiempo de barrenación.

0.72 hr = tiempo de carga y tronado.

0.50 hr = tiempo de ventilación.

0.50 hr = tiempo de instalación de las pistolas.

b).- Perforadoras de cielo

$$\text{Tiempo de uso} = \frac{(2.64 \text{ hr} + 0.50 \text{ hr}) 57 \text{ m.}}{2 \text{ m/ciclo.}} = 89 \text{ horas}$$

0.50 hr = tiempo de instalación.

c).- Compresor. (Mismo tiempo que la trepadora) = 195 horas

d).- Equipo de ventilación. (Todo el tiempo) = 202 horas

e).- Cargador Frontal.

$$\text{Volumen total suelto} = 228 \times 1.65 = 376.20 \text{ m}^3.$$

$$\text{Tiempo de uso} = \frac{376.20 \text{ m}^3}{58.03 \text{ m}^3/\text{hora}} = 6.50 \text{ horas}$$

f).- Camión volteo 10 m<sup>3</sup>. F-Lts 9000 acarreo 2.5 km.

$$\text{Tiempo de llenado} = \frac{10 \text{ m}^3}{58.03 \text{ m}^3/\text{hora}} = 0.170 \text{ hora.}$$

$$\text{Tiempo de ida} = \frac{2.50 \text{ km.}}{20 \text{ km/hora.}} = 0.125 \text{ hora.}$$

$$\text{Tiempo de regreso} = \frac{2.50 \text{ km}}{25 \text{ km/hora.}} = 0.100 \text{ hora.}$$

$$\text{Descargas y maniobras} = 0.125 \text{ hora}$$

$$\text{Total ciclo} = 0.520 \text{ hora}$$

$$\text{Rendimiento: } \frac{10 \text{ m}^3}{0.52 \text{ hora.}} = 19.23 \text{ m}^3/\text{hora,}$$

$$\text{Tiempo de uso} = \frac{376.20 \text{ m}^3}{19.23 \text{ m}^3/\text{hora.}} = 19.50 \text{ hora}$$

Cargo por equipo trabajando.

MAQUINA	HORAS	COSTO	IMPORTE
Trepadora	245.0 (*)	80,000.00 UM	9'600,000.00 UM
Perforadora	89.0	5,000.00 UM	445,000.00 UM
Compresor	95.0	35,000.00 UM	6'825,000.00 UM
Ventilación	202.0	47,000.00 UM	9'494,000.00 UM
Alumbrado	202.0	60,000.00 UM	12'120,000.00 UM
Cargador frontal	6.5	50,000.00 UM	325,000.00 UM
Camión volteo	19.5	25,000.00 UM	487,500.00 UM
		<b>SUMA TOTAL</b>	<b>49'296,500.00 UM</b>

(\*) Se considera que durante su montaje trabaja 50 horas.

Cargo por equipo ocioso.

MAQUINA	HORAS	COSTO	IMPORTE
Trepadora	110.0 (**)	60,000.00 UM	6'600,000.00 UM
Perforadora	113.0	4,000.00 UM	452,000.00 UM
Compresor	7.0	32,000.00 UM	224,000.00 UM
Cargador frontal	195.5	40,000.00 UM	7'820,000.00 UM
Camión volteo	182.5	20,000.00 UM	3'650,000.00 UM
SUB-TOTAL			18'746,000.00 UM

(\*\*) Corresponde a las 160 horas de montaje de las cuales ya se consideran 50 operando

Costo total por equipo. 68'042,500.00 UM

*RESUMEN.*

I Mano de obra.	54'618,000.00 UM
II Materiales.	8'749,779.19 UM
III Maquinaria.	68'042,500.00 UM
	131'410,279.19 UM

Costo Unitario de la Alternativa 1A.

$$\frac{131'410,279.19 \text{ UM}}{228 \text{ m}} = 576,360.87 \text{ UM/m}^3 \text{ de lumbrera piloto}$$

**I.1B.- EXCAVACION MEDIANTE PLATAFORMA SOSTENIDA CON MALACATE.**

Este método consiste en hacer primeramente una perforación a lo largo de toda la longitud de la lumbrera, por medio de un Long Year. Esta perforación guía es de aproximadamente 4 a 6 pulgadas de diámetro.

Una vez realizada dicha perforación, se instala una torre y un malacate, y a través de la perforación se cuelga un cable hasta el fondo del túnel que se engancha a una plataforma de trabajo con capacidad para dos perforistas. Esta plataforma será accionada por el malacate hasta el área de trabajo de perforación. Esta misma plataforma es utilizada para el poblado de los barrenos.

Realizado el poblado, la plataforma baja y se desengancha para retirarla del alcance de la tronada, y el cable sube hasta una altura considerable.

El área del pozo igual a la alternativa anterior es de  $4 \text{ m}^2$ , con una longitud de 57.00 m, la longitud real de perforación es de 2.20 m. para obtener un avance por ciclo de 2.00 m.

La ventilación se hace mediante ductos y se considera de 0.50 hr. que es el tiempo necesario para la desintoxicación de la zona.

El rezagado se hará con un cargador de  $1 - 1/2 \text{ yd}^3$ . y en acarreo en camiones de volteo con capacidad de  $10 \text{ m}^3$ . que saldrán por el túnel.

Las operaciones básicas o ciclo de trabajo serán:

- 1.- Maniobras para colocar la plataforma en su sitio.
- 2.- Verificación del trazo y marcado de barrenos.
- 3.- Barrenación.
- 4.- Poblado y Tronado.
- 5.- Ventilación.
- 6.- Rezagado del material tronado.

#### **EQUIPO:**

Perforadora Long year.	20,000.00 UM/h.e.
Perforadora de cielo.	5,000.00 UM/h.e.
Perforadora de cielo (ociosa)	4,000.00 UM/h.e.
Compresor de 600 pcm.	35,000.00 UM/h.e.
Compresor de 600 pcm. (ocioso).	32,000.00 UM/h.e.
Equipo de ventilación.	47,000.00 UM/h.e.
Equipo de alumbrado.	60,000.00 UM/h.e.
Cargador frontal $1 - 1/2 \text{ yd}^3$ .	50,000.00 UM/h.e.
Cargador frontal $1 - 1/2 \text{ yd}^3$ (ocioso).	40,000.00 UM/h.e.
Camión volteo.	25,000.00 UM/h.e.
Camión volteo (ocioso).	20,000.00 UM/h.e.
Torre.	40,000.00 UM/h.e.
Malacate.	7,000.00 UM/h.e.

Malacate (ocioso).  
Plataforma.

6,000.00 UM/h.e.  
3,000.00 UM/h.e.

Análisis del ciclo básico de trabajo:

1.- En las maniobras se emplean 0.50 horas

2.- En el trazo y marcado. 0.50 horas

3.- Barrenación:

Como en la alternativa anterior se requieren 24 barrenos de 2.20 mts. cada uno sólo que en este caso, el rendimiento baja a 7 ml./hora por pistola perforadora.

$$\text{Tiempo} = \frac{24 \text{ barrenos} \times 2.20 \text{ ml./barreno}}{7 \text{ ml/hora} \times 2 \text{ perforadoras}} = 3.77 \text{ horas}$$

4.- Poblado (igual a la alternativa anterior) = 0.72 horas

5.- Ventilación. = 0.50 horas

6.- Rezagado (igual a la alternativa anterior). = 0.23 horas

Tiempo total del ciclo. = 6.22 horas

DURACION DEL TRABAJO:

$$D = \frac{57.00 \text{ m} \times 6.32 \text{ horas/ciclo}}{2.00 \text{ m/ciclo.}} = 177 \text{ horas}$$

Tiempo de trabajo de la perforadora Long Year con un avance medio real de 0.50 ml/hora.

$$D = \frac{57.00}{0.50} = 114 \text{ horas.}$$

## ANALISIS DEL CONCEPTO.

I).- Costo de la mano de obra.

PERSONAL	NO.	HORAS	COSTO/HORA	IMPORTE
Cabo	1	177	18,000.00 UM	3'186,000.00 UM
Pobladores	2	354	19,000.00 UM	6'726,000.00 UM
Afilador brocas	1	177	15,000.00 UM	2'655,000.00 UM
Maniobristas	2	354	17,000.00 UM	6'018,000.00 UM
Op. Teléfono	1	177	16,000.00 UM	2'832,000.00 UM
Ayudantes	5	855	14,000.00 UM	12'390,000.00 UM
				<u>3'807,000.00 UM</u>

II).- Costo de los materiales. Este es igual al de la alternativa anterior (8'749,779.19), solamente debe considerarse adicionalmente el acero de barrenación de la perforadora Long Year.

Acero de barrenación (3") Duración 2,000 ml.

Costo.

$$\text{Barras } \frac{57.00}{3.00} = 19 \times 700,000.00 \text{ UM} = 13'300,000.00 \text{ UM}$$

Coples	12 x 120,000.00 UM =	1'440,000.00 UM
Zanco	1 x 355,000.00 UM =	355,000.00 UM
Broca 3"	1 x 825,000.00 UM =	825,000.00 UM
		<u>15'940,000.00 UM</u>

$$\frac{57.00 \text{ ml.} \times 15'940,000.00}{2,000 \text{ ml.}} = 454,290.00 \text{ UM}$$

$$\text{Afilado (30\%)} = 136,287.00 \text{ UM}$$

$$\text{Costo de materiales} = 9'340,356.19 \text{ UM}$$

III).- Costo del equipo.

a).- Perforadora Long Year - 114 horas

b).- Perforadora de cielo.

$$\text{Tiempo de uso} = \frac{(3.77 \text{ hr.} + 0.50 \text{ hr})57 \text{ m.}}{2 \text{ m/ciclo.}} = 122 \text{ horas/pistola}$$

$$\text{Tiempo total} = 244 \text{ horas.}$$

$$0.50 \text{ hr.} = \text{ tiempo de instalación.}$$

c).- Compresor.

$$T = \text{Tiempo perforadora Long Year} + \text{Tiempo perforadoras cielo} = 114 + 122 \\ = 236 \text{ horas.}$$

Comola perforación con la Long Year es previa al trabajo en la lumbrera, durante este último el compresor tendrá horas ociosas.

d).- Cargador frontal.- (Igual alternativa anterior) 6.50 horas

e).- Camión volteo (igual alternativa anterior) 19.50 horas

f).- Malacate. Su tiempo ocioso será igual al tiempo de trabajo de las perforadoras puesto que en este tiempo está parado, frenado sosteniendo la plataforma.

Consideramos el uso el resto del tiempo.

$$T = (\text{Duración total del trabajo} - \text{Duración trabajo perforadoras})$$

$$T = 177 - 122 = 55 \text{ horas.}$$

Cargo por equipo trabajando.

MAQUINA	HORAS	COSTO	IMPORTE
Perforadora long year	114.0	20,000.00 UM	2'280,000.00 UM
Perforadora de cielo	244.0	5,000.00 UM	1'220,000.00 UM
Compresor	236.0	35,000.00 UM	8'260,000.00 UM
Equipo ventilación	177.0	47,000.00 UM	8'319,000.00 UM
Equipo alumbrado	177.0	60,000.00 UM	10'620,000.00 UM
Cargador frontal	6.5	50,000.00 UM	325,000.00 UM

Camión volteo	19.5	25,000.00 UM	480,500.00 UM
Torre	117.0	40,000.00 UM	4'680,000.00 UM
Malacate	55.0	7,000.00 UM	385,000.00 UM
Plataforma	177.0	3,000.00 UM	531,000.00 UM
		<b>SUB-TOTAL</b>	<b>37'107,500.00 UM</b>

Cargo por equipo ocioso

MAQUINA	HORAS	COSTO	IMPORTE
Perforadora de cielo (*)	110.0	4,000.00 UM	440,000.00 UM
Compresor (**)	55.0	32,000.00 UM	1'760,000.00 UM
Cargador frontal	170.5	40,000.00 UM	6'820,000.00 UM
Camión volteo	157.5	20,000.00 UM	3'150,000.00 UM
Malacate 1	22.0	4,000.00 UM	488,000.00 UM
		<b>SUMA TOTAL</b>	<b>12'658,000.00 UM</b>

Costo total por equipo 49'765,500.00 UM

(\*) La duración del trabajo total para las dos perforadoras será de  
 $177 \times 2 = 354$  horas.

(\*\*) Tiempo ocioso durante la perforación de la lumbrera =  
 $177 - 122 = 55$  horas.

### RESUMEN.

I).- Mano de obra.	33'807,000.00 UM
II).- Materiales.	9'340,356.19 UM
III).- Maquinaria.	49'765,500.00 UM
	<u>92'912,856.19 UM</u>

$$\frac{92'912,856.19 \text{ UM}}{228 \text{ m}} = 407,512.53 \text{ UM/m}^3 \text{ de lumbrera piloto.}$$

### I.1C.- EXCAVACION CON CONTRAPOCERA.

Se utilizará una contrapocera marca Robbins modelo 61R que hará la lumbrera piloto de 1.80 m. de diámetro. Este equipo de perforación generalmente se emplea para pozos de mayor profundidad que el analizado en este estudio, ya que el costo y manejo de la máquina no justificará su empleo para pozos de poca profundidad. El análisis del costo es ilustrativo.

## ANALISIS DE TIEMPOS.

a).- Instalación y desmantelamiento del equipo perforador.

3 días x 10 hrs. = 30 horas

b).- Barreno guía de 10" = 38 horas

$$\frac{57 \text{ m}}{1.5 \text{ m/hr.}}$$

c).- Maniobra de colocación cabeza de barrenación. 10 horas

d).- Barreno de pozo piloto.

$$\frac{57 \text{ m}}{0.50 \text{ m.}} = 114 \text{ horas}$$

e).- Movilización equipo. 16 horas

Total horas. 208 horas

Esto quiere decir que la máquina trabajará:

$$= 30 + 38 + 114 = 182 \text{ horas efectivas}$$

### EQUIPO:

Contrapocera Robbins Mod. 61R	250,000.00 UM/h.e.
Contrapocera Robbins Mod. 61R (ociosa)	100,000.00 UM/h.e.
Compresor 900 p.c.m.	60,000.00 UM/h.e.
Compresor 900 p.c.m. (ocioso)	55,000.00 UM/h.e.
Cargador frontal 1-1/2 yd <sup>3</sup>	50,000.00 UM/h.e.
Cargador frontal 1-1/2 yd <sup>3</sup> (ocioso)	40,000.00 UM/h.e.
Camión volteo F-lts. 9000	50,000.00 UM/h.e.
Camión volteo F-lts. 9000 (ociosos)	45,000.00 UM/h.e.

*ANALISIS DEL CONCEPTO.*

I).- Costo de la mano de obra.

**MONTAJE, DESMANTELAMIENTO Y MOVILIZACION DEL EQUIPO.**

PERSONAL	NO.	HORAS	COSTO/HORA	IMPORTE
Cabo	1	46	18,000.00 UM	828,000.00 UM
Maniobrista	1	46	7,000.00 UM	782,000.00 UM
Ayudantes	3	138	14,000.00 UM	1'932,000.00 UM
				<hr/>
				3'542,000.00 UM

*OPERACION DEL EQUIPO*

$$t = 38 + 10 + 114 = 162 \text{ horas.}$$

Tiempo trabajando en la barrenación

Costo: 26,400.00 UM/hora x 114 horas. 3'009,600.00 UM

b).- Concreto en la base de la máquina. 822,240.00 UM

c).- Mangueras y tubos. 1'055,729.00 UM

COSTO DE LOS MATERIALES. 4'887,569.00 UM

III).- Costo del Equipo.

Tiempo de trabajo.

a).- Contrapocera - 182 horas

b).- Compresor - Mismo tiempo que la contrapocera 182 hrs.

c).- Cargador frontal - Mismo tiempo que las alternativas anteriores 6.5 hrs.

d).- Camión volteo - Mismo tiempo que las alternativas anteriores 19.5 hrs.

Cargo por equipo trabajando.

MAQUINA	HORAS	COSTO	IMPORTE
Contrapocera	182.0	250,000.00 UM	45'500,000.00 UM
Compresor 900	182.0	60,000.00 UM	10'920,000.00 UM
Cargador frontal	6.5	50,000.00 UM	325,000.00 UM
Camión volteo	19.5	50,000.00 UM	975,000.00 UM

SUMA TOTAL

57'720,000.00 UM

Cargo por equipo ocioso.

MAQUINA	HORAS	COSTO	IMPORTE
Contrapocera	26.0	100,000.00 UM	2'600,000.00 UM
Compresor 900	26.0	55,000.00 UM	1'430,000.00 UM
Cargador frontal	201.5	40,000.00 UM	8'060,000.00 UM
Camión volteo	188.5	45,000.00 UM	8'482,500.00 UM
		SUB-TOTAL	<u>20'572,500.00 UM</u>

COSTO TOTAL POR EQUIPO

78'292,500.00 UM

**RESUMEN.**

I).- Mano de obra.	21'686,000.00 UM
II).- Materiales.	4'887,569.00 UM
III).- Equipo.	78'292,500.00 UM
	<u>104'866,069.00 UM</u>

Volumen de la lumbrera piloto.

$$V = 57.00 \text{ M.} \times 3.1416 \times 0.9 \times 0.9 = 145 \text{ m}^3.$$

Costo unitario de la alternativa 1C

$$\frac{104'866,069.00 \text{ UM}}{145 \text{ m}} = 723,214.27 \text{ UM/m}^3 \text{ de lumbrera piloto.}$$

**RESUMEN DE LAS ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCION DE LA LUMBRERA PILOTO.**

CONCEPTO	PLATAFORMA TREPADORA		PLATAFORMA MALACATE		CONTRAPOCERA	
	IMPORTE (Miles)	%	IMPORTE (Miles)	%	IMPORTE (Miles)	%
Mano de obra	54'618.0	41.0	33'807.0	36.0	21'686.0	20.0
Materiales	8'749.8	7.0	9'340.3	10.0	4'887.6	5.0
Equipo	68'042.5	52.0	49'765.5	54.0	78'292.5	75.0
Suma	131'410,279.19	100.0	92'912.8	100.0	104'866.1	100.0
Costo por m <sup>3</sup>	76,360.87		407,512.53		723,214.27	

**I.2. EXCAVACION DE LA LUMBRERA EN LA ETAPA DE BANQUEO.**

**I.2.A. EXCAVACION DE BANQUEO MEDIANTE PLATAFORMA TREPADORA.**

Este sistema consiste en la excavación de abajo hacia arriba de la parte restante de la lumbrera y a esta excavación se le llama banqueo.

Para el banqueo en esta alternativa, utilizaremos una plataforma trepadora Alimak que hará toda la barrenación horizontal a lo largo de toda la lumbrera, de abajo hacia arriba, mediante dos perforadoras de piso con un rendimiento de 10 m/hr. La perforación horizontal sobrepasa la línea teórica de la lumbrera en un 10%, ya que la acción de la dinamita actúa solo en el 90% de la longitud total del barreno. La plataforma trepadora será accionada desde la parte superior de la lumbrera para la barrenación y también nos servirá para el poblado de los barrenos que se cargarán en cada ciclo.

Se considera 0.50 hrs. para la ventilación y un avance de 3.00 m. para cada ciclo.

Para la rezaga del material que cae a la parte inferior del túnel utilizaremos un cargador de 1-1/2 yd<sup>3</sup>, con un rendimiento de 58 m<sup>3</sup>/hora de material suelto. Este cargador llenará camiones de volteo con capacidad de 10 m<sup>3</sup>. y un rendimiento de 19 m<sup>3</sup>/hr.

Terminada la rezaga se comenzará nuevamente el ciclo de trabajo.

El análisis del costo lo haremos en dos etapas:

- a).- Perforación continua de la lumbrera.
- b).- Poblado, tronado, ventilación y rezaga.

**Etap a) Perforación continua de la lumbrera.**

Area por barrenar = Area total - Area lumbrera piloto

$$A = (3.1416 \times 5 \times 5) - 4 = 74.54 \text{ m}^2.$$

Tratándose de un túnel el número de barrenos sería:

$$N = ( 74.54 ) \times 12 = 103$$

Pero como el material cae al fondo de la lumbrera y se fragmenta, se ha visto que el número de barrenos puede reducirse a la mitad ó sea 52 para nuestro caso.

Ya se ha dicho que la altura de cada voladura será de 3 mts. por lo que el número de ciclos de trabajo será igual a:  $57.00 \text{ m} / 3.00 \text{ m} = 19$  ciclos.

$$\text{No. total de barrenos} = 52 \text{ barrenos/ciclo} \times 19 \text{ ciclos} = 988$$

$$\text{Lontigud de cada barreno} = 4.00 \times 1.10 = 4.40 \text{ m.}$$

Cálculo de la duración de la fase continua de barrenación.

- 1.- Instalación de la trepadora Alimak 20.0 horas
- 2.- Colocación del riel 19 ciclos x 2.5 horas/ciclo 47.5 horas
- 3.- Trazo 19 ciclos x 0.5 horas/ciclo 9.5 horas
- 4.- Barrenación:

988 barrenos x 4.40 m/barreno 217.5 horas  
 2 perforadoras c 10 M.L./hora Duración = 294.50 horas

**ANALISIS DE LA ETAPA.**

a) Perforación de la Lumbrera.

I) Costo de la mano de obra

PERSONAL	No.	HORAS	COSTO/HORA	IMPORTE
Cabo	1	294.5	18,000.00 UM	5'301,000.00 UM
Ayudante	4	1,178.0	14,000.00 UM	16'492,000.00 UM
				21'793,000.00 UM

II) Costo de los materiales.

Acero de barrenación.

Longitud total de barrenación = 4.40 x 52 x 19 = 4347 M.L.

Vida útil del acero 300 ml. de barrenación.

Barra 0.80:  $\frac{(0.80 - 0.18)}{4.40} = 18\%$

Barra 2.40:  $\frac{(2.40 - 1.60)}{4.40} = 18\%$

$$\text{Barra 2.40: } \frac{(3.20 - 2.40)}{4.40} = 18\%$$

$$\text{Barra 2.40: } \frac{(4.00 - 3.20)}{4.40} = 18\%$$

$$\text{Barra 3.20: } \frac{(4.80 - 4.40)}{4.40} = 18\%$$

Número de barras necesarias:

$$\text{Barras (0.80, 1.60, 2.40, 3.20, 4.00)} = \frac{0.18 \times 4347 \text{ ML.}}{300 \text{ ML/Pza.}} = 2.6 = 3$$

$$\text{Barras 4.80} = \frac{0.10 \times 4347 \text{ ML}}{300 \text{ ML./Pza}} = 1.44 = 2$$

Costo

3 Barras (0.80) x	235,000.00 UM	= 705,000.00 UM
3 Barras (1.09) x	250,000.00 UM	= 750,000.00 UM
3 Barras (2.40) x	300,000.00 UM	= 900,000.00 UM
3 Barras (3.20) x	350,000.00 UM	= 1'050,000.00 UM
3 Barras (4.00) x	440,000.00 UM	= 1'320,000.00 UM
2 Barras (4.80) x	500,000.00 UM	= 1'000,000.00 UM
	sub-total	<u>5'725,000.00 UM</u>

Afilado (30%) 1'717,500.00 UM  
 Costo de materiales 7'442,500.00 UM

III).- Costo del equipo.

MAQUINA	HORAS	COSTO	IMPORTE
Trepadora	294.5	60,000.00 UM	17'670,000.00 Um
Perforadoras	589.0	5,000.00 UM	2'945,000.00 UM
Compresor 600	294.5	35,000.00 UM	10'307,500.00 UM
Ventilación	294.5	47,000.00 UM	13'841,500.00 UM
Alumbrado	294.5	60,000.00 UM	17'670,000.00 UM
			<u>62'434,000.00 UM</u>

RESUMEN DE LA ETAPA A).

Mano de obra	21'793,000.00 UM
Materiales	7'442,500.00 UM
Maquinaria	62'434,000.00 UM
Suma	<u>91'669,500.00 UM</u>

ETAPA b). Carga, Tronado y rezaga.

Análisis del ciclo.

a).- Carga de los barrenos:

$$\frac{52 \text{ barrenos} \times 5 \text{ min/barreno}}{2 \text{ pobladores} \times 60 \text{ min./hora.}} = 2.16 \text{ horas.}$$

b).- Desmontar el riel.

c).- Rezaga del material:

$$\begin{aligned} & \text{Voluen} - 74.52 \text{ m}^2 \times 3 \text{ ml} \times 1.65 \\ & (\text{abundamiento}) = 369 \text{ m}^3 \text{ Suetos,} \\ & \text{Producción del cargador } 1-1/2 \text{ yd}^3 = 58 \text{ m}^3/\text{hora} \end{aligned}$$

$$\text{Tiempo} = \frac{369}{58} = 6.36 \text{ horas}$$

Tiempo del ciclo 9.52 horas

Duración total de trabajo = 9.52 horas x 19 ciclos = 181 horas.

Análisis del Concepto.

I).- Costo de la mano de obra.

PERSONAL	No.	HORAS	COSTO/HORA	IMPORTE
Cabo	1	181	18,000.00 UM	3'258,000.00 UM
Pobladorés	2	363	19,000.00 UM	6'878,000.00 UM
Maniobrista	1	181	17,000.00 UM	3'077,000.00 UM
Ayudantes	4	724	14,000.00 UM	10'136,000.00 UM
Costo de la mano de obra				<u>23'349,000.00 UM</u>

II).- Costo de los materiales.

a).- Dinámita

Volumen por tronar =  $74.54 \text{ m}^2 \times 57 \text{ ml.} = 4249 \text{ m}^3$ .

Consumo de explosivo =  $1.0 \text{ kg/m}^3$

Costo -  $4249 \text{ m}^3 \times 1.0 \text{ kg/m}^3 \times 3,500.00/\text{kg} = 14'871,500.00 \text{ UM}$

b).- Estopines.

$52 \text{ barrenos/ciclo} \times 19 \text{ ciclos} \times 3,000.00/\text{pza.} = 2'964,000.00 \text{ UM}$

c).- Alambre de conexión (2.50 m por barreno)

$52 \text{ barrenos/ciclo} \times 19 \text{ ciclos} \times 2.50 \text{ m/ barreno} \times 113.62 \text{ UM/m.} = 280,641.40 \text{ UM}$

Suma 18'116,141.40 UM

10% Fletes y desperdicios 1'811,614.14 UM

Costo de los materiales 19'927,755.54 UM

III).- Costo del equipo.

a).- Trepadora Alimak (cargado de los barrenos y desmontar riel)  
3.16 horas/ciclo x 19 ciclos = 60 horas.

b).- Cargador Frontal.

Volumen por mover =  $369 \text{ m}^3/\text{ciclo} \times 19 \text{ ciclos} = 7011 \text{ m}^3$ .

$$\frac{7011 \text{ m}^3}{58 \text{ m /hora}} = 121 \text{ horas}$$

c).- Camión volteo:

$$\frac{7011 \text{ m}^3}{19 \text{ m /hora}} = 369 \text{ horas}$$

Cargo por equipo trabajando.

MAQUINA	HORAS	COSTO	IMPORTE
Trepadora	60	80,000.00 UM	4'800,000.00 UM
Cargador Frontal	121	50,000.00 UM	6'050,000.00 UM
Camión volteo.	369	25,000.00 UM	9'225,000.00 UM
Ventilación	181	47,000.00 UM	8'507,000.00 UM
Alumbrado	181	60,000.00 UM	10'860,000.00 UM
			<hr/>
			39'442,000.00 UM

Cargo por equipo ocioso.

Trepadora	121	60,000.00 UM	7'260,000.00 UM
Cargador Frontal	60	40,000.00 UM	2'400,000.00 UM
			<hr/>
			9'660,000.00 UM

Costo de maquinaria. 49'102,000.00 UM

RESUMEN DE LA ETAPA b).

Mano de obra	23'349,000.00
Materiales	19'927,755,54
Equipo	49'102,000.00
	<u>92'378,755.54</u>

RESUMEN GENERAL DE LA ALTERNATIVA 2A.- BANQUEO MEDIANTE PLATAFORMA TREPADORA.

ETAPA	MANO DE OBRA	MATERIALES	EQUIPO	TOTAL
A).-	21'793,000.00 UM	7'442,500.00 UM	62'434,000.00 UM	91'669,500.00 UM
B).-	23'349,000.00 UM	19'927,755.54 UM	49'102,000.00 UM	92'378,755.54 UM
Sumas	<u>45'142,000.00 UM</u>	<u>27'370,255.54 UM</u>	<u>111'536,000.00 UM</u>	<u>184'048,255.54 UM</u>

$$\text{Costo Unitario blanqueo: } \frac{184'048,255.54}{4249 \text{ m}} = 43,315.66 \text{ UM/m}^3$$

I.2B.- EXCAVACION DE LA LUMBRERA EN SU ETAPA DE BANQUEO POR EL METODO DE TORRE CON MALACATE Y REZAGA POR ABAJO.

Este método consiste en la excavación de arriba hacia abajo de la parte restante de la lumbrera.

Para ello utilizaremos una torre equipada con un malacate que harán todas las operaciones de bajada y subida de equipo, materiales y personal.

Para la perforación utilizaremos perforadoras de piso con rendimiento de 10 m/hora, que harán la barrenación vertical de arriba hacia abajo 90% de la longitud barrenada que en este caso será de 2.00 m. por ciclo de trabajo.

Realizada la barrenación se procederá a realizar el poblado con dinamita, activada con estopines eléctricos con retardadores de milisegundos, para posteriormente realizar el tronado.

La ventilación en esta alternativa es natural calculándose un tiempo de espera para desintoxicar el ambiente de 0.25 horas.

Para la rezaga se utilizará un tractor EIMCO modelo 630 que empujará el material de rezaga que no se haya filtrado por el pozo piloto.

Este material caerá a la parte inferior del túnel y será removida por un cargador de 1-1/2 yd<sup>3</sup>. que cargará a camiones de volteo con capacidad de 10 m<sup>3</sup>.

La rezaga que cae a la parte inferior del túnel para ser removida no influye en el ciclo de trabajo ya que se puede estar rezagando y al mismo tiempo estar barrenando, sólo se tomará 0.50 horas que utilizará el tractor EIMCO 630 para el empuje del material hacia el pozo piloto.

### **EQUIPO:**

Torre con malacate.	90,000.00 UM
Tractor EIMCO 630.	15,000.00 UM
Tractor EIMCO 630 ocioso.	12,000.00 UM
Perforadores de piso.	5,000.00 UM
Perforadoras de piso ociosas.	4,000.00 UM
Pistolas rompedoras.	5,000.00 UM
Pistolas rompedoras ociosas.	3,500.00 UM
Compresor 900 pcm.	60,000.00 UM
Compresor 900 pcm. ocioso.	55,000.00 UM
Cargador Frontal 1-1/2 yd <sup>3</sup> .	50,000.00 UM
Cargador Frontal 1-1/2 yd <sup>3</sup> .	45,000.00 UM
Camión volteo F-LTS-9000.	50,000.00 UM
Camión volteo F-LTS-9000 ocioso.	45,000.00 UM

### **ANALISIS DEL CICLO DE BARRENACION, TRONADO Y EMPUJE DE MATERIAL**

- 1).- Trazo y marcado de barrenos.
- 2).- Barrenación. Como en la alternativa anterior, utilizaremos 52 barrenos.

$$\frac{52 \text{ barrenos} \times 3.30 \text{ ml/barreno}}{6 \text{ perforistas} \times 10 \text{ ml./hora.}} = 1.90 \text{ hora}$$

3).- Poblador.

$$\frac{52 \text{ barrenos} \times 5 \text{ min/barreno}}{4 \text{ pobladores} \times 60 \text{ min/hora}} = 1.10 \text{ hora}$$

4).- Ventilación

0.25 hora

5).- Empuje del material al tiro

0.50 hora

6).- Maniobras de subida y bajada del equipo.

0.50 hora

Suma 4.75 horas.

$$\text{No. de ciclos} = \frac{57 \text{ m}}{2. \text{ m/ciclo}} = 28.5 \text{ ciclos} = 135 \text{ horas.}$$

### ANALISIS DEL CONCEPTO.

I).- Costo de la mano de obra.

PERSONAL	No.	HORAS	COSTO./HORA	IMPORTE
Cabo	1	135	18,000.00 UM	2'430,000.00 UM
Pobladores	4	540	19,000.00 UM	10'260,000.00 UM
Afilador brocas	1	135	15,000.00 UM	2'025,000.00 UM
Maniobristas	1	270	17,000.00 UM	4'590,000.00 UM
Tuberos	2	270	16,000.00 UM	4'320,000.00 UM
Ayudantes	15	2025	14,000.00 UM	28'350,000.00 UM
Costo de la mano de obra				<u>51'975,000.00 UM</u>

II).- Costo de los materiales.

a).- Acero de barrenación.

$$\begin{aligned} \text{Longitud total de barrenación} &= 52 \text{ barrenos} \times 2.20 \text{ ml.} \times 28.5 \text{ ciclos} \\ &= 3260 \text{ ml.} \end{aligned}$$

Profundidad del barreno que ocupan las barras de múltiplos de 80 cm.

$$\text{Barra 0.80 m} \quad \frac{0.80}{2.20} = 0.36 = 36\%$$

$$\text{Barra 1.60 m} \quad \frac{1.60 - 0.80}{2.20} = 0.36 = 36\%$$

$$\text{Barra 2.40 m.} \quad \frac{(2.20 - 1.60)}{2.20} = 0.28 = 28\%$$

Duración del acero 300 ml.

Número de barras necesarias:

$$\text{Barra 0.80 m.} \quad \frac{0.36 \times 3260 \text{ ml.}}{300 \text{ ml/Pza}} = 3.91 = 4 \text{ pzas.}$$

$$\text{Barra 1.60 m.} \quad \frac{0.36 \times 3260 \text{ ml.}}{300 \text{ ml/pza.}} = 3.91 = 4 \text{ pzas.}$$

$$\text{Barra 2.40 m.} \quad \frac{0.28 \times 3260 \text{ ml}}{300 \text{ ml/pza.}} = 3.04 = 3 \text{ pzas.}$$

**COSTO:**

1 Barras (0.80m) x 235,000.00 UM =	940,000.00 UM
4 Barras (1.60m) x 250,000.00 UM =	1'000,000.00 UM
3 Barras (2.40m) x 300,000.00 UM =	900,000.00 UM
	<hr/>
Sub-Total	2'840,000.00 UM
Afilado 30%	852,000.00 UM
	<hr/>
Suma	3'692,000.00 UM

b).- Explosivos.- Carga 1 kg/m<sup>3</sup>

$$4249 \text{ m}^3 \times 1.0 \text{ kg/m}^3 \times 3,500.00 \text{ UM/kg} = 14'871,500.00 \text{ UM}$$

c).- Estopines.

52 barrenos x 28.5 ciclos x 3,000.00/pza. = 4'446,000.00 UM

d).- Alambre de conexión (2.50 ml/barreno)

52 barrenos x 28.5 ciclos x 2.50 ml. x  
89.70 UM/m.

Costo de los materiales 19'649,838.00 UM

### III) Costo del equipo.

Tractor EIMCO 630: 0.50 hrs/ciclo x 28.5 ciclos = 14.25 h4s.  
Perforadoras piso: 1.90 hrs/ciclo x 28.5 ciclos = 54.15 hrs.  
Pistolas rompedoras (suponemos igual a las perforadoras). = 54.15 hrs.  
Compresor (perforadoras + rompedoras) = 108.30 hrs.  
Cargador frontal: mismo tiempo de alternativa en anterior. = 121.00 hrs.

#### Cargo por equipo trabajando.

MAQUINA	HORAS	COSTO	IMPORTE
Torre con malacate	135	90,000.00 UM	12'150,000.00 UM
Tractor EIMCO	14	15,000.00 UM	210,000.00 UM
Perforadoras piso (6)	325	5,000.00 UM	1'625,000.00 UM
Pistolas rompedoras (3)	162	60,000.00 UM	810,000.00 UM
Compresor 900	108	60,000.00 UM	6'480,000.00 UM
Cargador Frontal	121	50,000.00 UM	6'050,000.00 UM
Camión volteo	369	48,753.39 UM	17'990,000.00 UM
			<u>45'315,000.00 UM</u>

#### Cargo por equipo ocioso.

MAQUINA	HORAS	COSTO	IMPORTE
Tractor EIMCO	121	12,000.00 UM	1'452,000.00 UM
Perforadoras piso (6)	487	4,000.00 UM	1'948,000.00 UM
Pistolas rompedoras (3)	243	5,000.00 UM	1'215,000.00 UM
Compresor 900	27	55,000.00 UM	1'485,000.00 UM
Cargador Frontal	14	45,000.00 UM	<u>630,000.00 UM</u>
			6'730,000.00 UM

Costo por equipo. 52'045,000.00 UM

## RESUMEN DE LA ALTERNATIVA 2B.- Banqueo mediante torre malacate.

Mano de obra	51'975,000.00 UM
Materiales	19'649,838.00 UM
Equipo	52'045,000.00 UM
	<hr/>
	123'669,838.00 UM

$$\text{Costo unitario banqueo: } \frac{123'669,838.00 \text{ UM}}{4249 \text{ m}} = 29,105.63 \text{ UM/m}^3$$

### II. EXCAVACION DE LA LUMBRERA EN SECCION COMPLETA

#### II.1. EXCAVACION Y REZAGA CON GRUA.

El procedimiento a seguir es:

La perforación se hará con perforadoras de piso con un rendimiento de 10 ml/hr. el avance por tronado será el 90% de la longitud barrenada.

Inmediatamente después de la barrenación se hará la carga de barrenos y la conexión eléctrica en series en paralelo, teniendo después del tronado una ventilación natural.

Para la rezaga se utilizará una grúa Link Belt modelo LS- 98 y un pequeño cargador EIMCO Modelo 630 con capacidad de  $.33 \text{ yd}^3 = .25 \text{ m}^3$ . este cargador llenará botes con altura de 5' y diámetro de 5' teniendo una capacidad de  $95 \text{ pies}^3 = (3 \frac{1}{2} \text{ yd}^3) (2.65 \text{ m}^3)$  recomendando por los mismos fabricantes del cargador.

La grúa nos servirá en esta fase para todos los movimientos del equipo de barrenación, instalaciones, etc. En algunos casos también se usará para bajar ó subir personal.

En la parte superior de la lumbrera y a un lado se depositará el material, mismo que es cargado por una máquina CAT 920 con un rendimiento de  $58 \text{ m}^3/\text{hora}$  y acarreados con camiones volteo F-LTS-9000 con un rendimiento de  $19 \text{ m}^3/\text{hora}$ .

#### EQUIPO:

Grúa Link Belt LS-98.	90,000.00 UM/h.e.
Grúa Link Belt LS-98 (ociosa).	85,000.00 UM/h.e.
Cargador EIMCO 630	15,000.00 UM/h.e.
Cargador EIMCO 630 (ocioso)	12,000.00 UM/h.e.
Perforadoras de piso	5,000.00 UM/h.e.

Perforadoras de piso (ociosas).	4,000.00 UM/h.e.
Compresor 900.	60,000.00 UM/h.e.
Compresor 900 (ocioso).	55,000.00 UM/h.e.
Cargador Frontal 1 1/2 yd <sup>3</sup> .	50,000.00 UM/h.e.
Cargador Frontal 1-1/2 yd <sup>3</sup> (ociosos).	45,000.00 UM/h.e.
Camión volteo 10 m <sup>3</sup> .	50,000.00 UM/h.e.
Camión volteo m <sup>3</sup> (ocioso).	45,000.00 UM/h.e.

### ANALISIS DEL CICLO.

a).- Trazo y marcado de los barrenos. 0.50 hrs.

b).- Barrenación.

Area =  $3.146 \times 5 \times 5 = 78.54 \text{ m}^2$ .  
 Longitud de los barrenos - 2.20 m.  
 Como la barrenación es a sección  
 el criterio es igual a la perforación  
 en túneles de donde el número de  
 barrenos será:

$$N = ( 78.54 ) \times 12 = 106$$

Tiempo de barrenación:

$$\frac{106 \text{ barrenos} \times 2.20 \text{ ml.}}{10 \text{ ml/hora} \times 6 \text{ pistolas}} = 3.90 \text{ hrs.}$$

c).- Poblado:

$$\frac{106 \text{ barrenos} \times 5 \text{ min/barreno}}{6 \text{ pobladores} \times 60 \text{ min/hora.}} = 1.50 \text{ hrs.}$$

d).- Ventilación 0.50 hrs.

e).- Rezaga.

$$\text{Volumen por tronada} = 78.54 \text{ m}^2 \times 2.00 \text{ ml.} \times 1.65$$

$$(\text{abundamiento}) = 259 \text{ m}^3.$$

$$\text{Ciclo del cargador} = 15 \text{ segundos}$$

Capacidad del cargador =  $0.25 \text{ m}^3$ .

Capacidad del bote de la grúa =  $2.65 \text{ m}^3$ .

No. de ciclos para cargar el bote =  $\frac{2.65}{0.25} = 11$

Tiempo de carga - 11 ciclos x 15 segundos = 165 segundos

Tiempo de maniobras. =  $\frac{75 \text{ segundos}}{240 \text{ segundos}}$

Ciclo de la grúa.

Longitud promedio  $57.00 \text{ mts}/2 = 28.50 \text{ mts}$ .

Velocidad en vacío  $1.0 \text{ seg/metro}$

Velocidad cargada  $1.5 \text{ seg/metro}$

Tiempo de bajada en vacío -  $28.50 \times 1.0 = 28.50 \text{ seg}$ .

Tiempo de subida cargada -  $28.50 \times 1.5 = \frac{42.75 \text{ seg.}}{71.25 \text{ seg.}}$

Ciclo del cargador	240 segundos
Ciclo de la grúa	<u>71 segundos</u>
Suma	311 segundos

No. de operaciones necesarias para vaciar la tronada

$\frac{259 \text{ m}^3/\text{tronada}}{2.65 \text{ m capacidad bote}} = 97.7 \text{ operaciones}$

Tiempo  $\frac{97.7 \text{ operaciones} \times 311 \text{ seg/operación}}{3600 \text{ seg/hora}} = 8.45 \text{ hora}$

### RESUMEN DEL CICLO.

a) Trazo y mercado	0.50 hr.
b) Barrenación	3.90 hr.
c) Poblado	1.50 hr.
d) Ventilación	0.50 hr.
e) Rezaga	8.45 hr.

Total 14.85 horas.

Duración del trabajo:

$$\frac{14.85 \text{ horas/ciclo} \times 57.00 \text{ ml.}}{2.00 \text{ ml/ciclo.}} = 423 \text{ horas}$$

**ANALISIS DEL CONCEPTO.**

I).- Costo de la mano de obra.

PERSONAL	No.	HORAS	COSTO/HORA	IMPORTE
Jefe de turno	1	423	26,000.00 UM	10'998,000.00 UM
Cabo	1	423	18,000.00 UM	7'614,000.00 UM
Afilador de brocas	1	423	15,000.00 UM	6'345,000.00 UM
Tuberos	2	846	16,000.00 UM	13'536,000.00 UM
Pobladores	6	2538	19,000.00 UM	48'222,000.00 UM
Ayudantes	6	2538	14,000.00 UM	325'532,000.00 UM
Costo de la mano de obra				<u>122'247,000.00 UM</u>

II).- Costo de los materiales.

a).- Acero de barrenación.

Como la profundidad de los barrenos es de 2.20 mts. ya se analizó con anterioridad los porcentajes que ocupan la barras dentro del mismo, siendo:

Barra 0.80 m.	36%
Barra 1.60 m.	36%
Barra 2.40 m.	<u>28%</u>
	100%

Vida útil de acero = 300 ml.

Longitud total de barrenación:

$$\frac{106 \text{ barrenos} \times 2.20 \times 57 \text{ mts.}}{2.00 \text{ mts/ciclo}} = 6646 \text{ ml}$$

No. de barras necesarias.

$$\text{Barra 0.80 m: } \frac{0.36 \times 6646 \text{ ml}}{300 \text{ ml/pza}} = 7.97 = 8 \text{ pzas.}$$

$$\text{Barra 1.60 m: } \frac{0.36 \times 6646 \text{ ml}}{300 \text{ ml/pza}} = 7.97 = 8 \text{ pzas.}$$

$$\text{Barra 2.40 m: } \frac{0.28 \times 6646 \text{ ml}}{300 \text{ ml/pza}} = 6.20 = 7 \text{ pzas.}$$

Costo

8 Barras (0.80 m) x 235,000.00 UM	1'880,000.00 UM
8 Barras (1.60m) x 250,000.00 UM	2'000,000.00 UM
7 Barras (2.40 m) x 300,000.00 UM	<u>2'100,000.00 UM</u>
	5'980,000.00 UM
	<u>1'794,000.00 UM</u>
	7'774,000.00 UM

b).- Explosivos Para una sección de  $78,54 \text{ m}^2$  en túnel, los fabricantes de explosivos recomiendan  $0.9 \text{ kg/m}^3$ . Usaremos  $1.0 \text{ kg/m}^3$  para obtener una mejor fracturación y que pueda trabajar el cargador.

$$\text{Costo: } 78.54 \text{ m}^2 \times 57 \text{ ml. } 1.0 \text{ kg/m}^3 \times 3,500.00 \text{ kg} = 15'668,730.00$$

c).- Estopines.

$$106 \text{ barrenos/ciclo} \times 28.5 \text{ ciclos} \times 3,000.00 \text{ UM} \quad 9'063,000.00 \text{ UM}$$

d).- Alambre de conexión (2.50 ml. por barrenos)

$$106 \text{ barrenos/ciclo} \times 28.5 \text{ ciclos} \times 3.50 \text{ ml.} \times 6 \text{ 4.07 ml/UM} \quad 677,444.14 \text{ UM}$$

$$\text{Costo por materiales} \quad \underline{25'409,174.14 \text{ UM}}$$

III).- Costo del equipo:

Perforación de piso.

$$3.90 \text{ horas/ciclo} \times 28.5 \text{ ciclos} \times 6 \text{ pistolas} \quad = \quad 667 \text{ horas.}$$

Compresor 900  
3.90 horas/ciclo x 28.5 ciclos = 111 horas.

Cargador EIMCO 630  
8.45 horas/ciclo x 28.5 ciclos = 241 horas.

Grúa con bote  
8.45 horas/ciclo x 28.5 ciclos.

Cargador frontal CAT 920

Volumen por mover:  $78.54 \text{ m}^2 \times 57 \text{ ml} \times$   
 $1.65 \text{ abundamiento} = 7387 \text{ m}^3$

Tiempo =  $\frac{7387 \text{ m}^3}{58 \text{ m} / \text{hora}}$  = 127 horas.

Camión volteo

Tiempo =  $\frac{7387 \text{ m}^3}{19 \text{ m} / \text{hora.}}$  = 389 horas.

Cargo por equipo trabajando.

MAQUINA	HORAS	COSTO	IMPORTE
Grúa LS_98	241	90,000.00 UM	21'690,000.00 UM
Cargador EIMCO	241	15,000.00 UM	3'615,000.00 UM
Compresor900	111	60,000.00 UM	6'660,000.00 UM
Perforadores de piso	667	5,000.00 UM	3'335,000.00 UM
Cargador CAT 920	389	50,000.00 UM	<u>19,450,000.00 UM</u>
			54,750,000.00 UM

Cargo por equipo ocioso.

MAQUINA	HORAS	COSTO	IMPORTE
Grúa LS-98	182	85,000.00 UM	15'470,000.00 UM
Cargador EIMCO	182	12,000.00 UM	2'184,000.00 UM
Compresor	312	55,000.00 UM	17'160,000.00 UM
Perforadores de piso	1872	4,000.00 UM	7'488,000.00 UM
Cargador CAT 920	296	45,000.00 UM	13'320,000.00 UM
Camión volteo.	34	35,000.00 UM	<u>1'530,000.00 UM</u>
			57'152,000.00 UM
		Costo por Equipo	111'902,000.00 UM

**RESUMEN DE LA ALTERNATIVA 3A.- Excavación a sección completa**

Mano de obra	122'247,000.00 UM
Materiales	25'409,174.14 UM
Equipo	111'902,000.00 UM
	<b>259'558,174.14 UM</b>

Costo Unitario por excavación total

$$\frac{259'558,174.14 \text{ UM}}{4,476 \text{ m}} = 57,988.87 \text{ UM/m}^3$$

**RESUMEN DE ALTERNATIVAS.**

LUMBRERA PILOTO	1A-Plataforma trepadora	1B-Plataforma con malacate	1C-Contrapocera
BANQUEO	131'410,279.19UM	92'912,856.19 UM	104'866,069.00 UM
I.2A - Plataforma trepadora			
184'048,255.54 UM	315'458,534.73 UM	276'961,111.73 UM	288'914,324.54 UM
I.2B - De arriba hacia abajo			
123'669,838.00 UM	255'080,117.19 UM	216'682,695.19 UM	228'535,907.00 UM
II.- Excavación a sección competa	259'558,174.14 UM		

**TABLA X.3**

**CONCLUSION:** La solución más económica es la formada por la mezcla de 1B y I.2B ó sea, excavación de la lumbrera piloto con perforadora Long Year y con plataforma y malacate de abajo hacia arriba y posteriormente el banqueo de arriba hacia abajo, utilizando torre con malacate para bajar y subir los equipos y personal.

# CAPITULO XI

## PRESUPUESTO

## XI. PRESUPUESTO

El presupuesto de una obra es la determinación del monto total de las erogaciones necesarias para llevar a cabo la ejecución de la misma por parte del constructor, y si este es una empresa privada, deberá incluir su utilidad. Se obtiene de multiplicar el volumen de proyecto de cada concepto por su precio unitario y efectuando la suma de todos. Este debe llenar las siguientes condiciones:

- Que cada parte de la obra corresponda a un concepto o grupo de conceptos de trabajo bien definidos.
- La descripción de estos conceptos debe permitir obtener una idea clara y precisa del trabajo a que se refiere.
- Los análisis de precios unitarios deben ser claros y sencillos.

Los presupuestos varían durante el desarrollo de la obra, debido a las siguientes causas:

- Trabajos extraordinarios
- Modificación de los volúmenes de proyecto
- Actualización de precios unitarios

Se incluye un ejemplo de un presupuesto para una carretera.

En otra parte se explica con detalle lo relativo a la cuantificación de volúmenes de proyecto así como a los análisis de precios unitarios.

PRESUPUESTO  
DE UNA  
CARRETERA

RESUMEN

I M P O R T E

TERRACERIAS	\$	827'889,251.36
OBRAS DE DRENAJE	\$	797'008,598.70
PAVIMENTOS	\$	1,398'133,074.25
SEÑALAMIENTOS	\$	17'047,186.50
PASO A DESNIVEL SUBESTRUCTURA	\$	233'051,354.74
PASO A DESNIVEL SUPERESTRUCTURA	\$	414'792,914.42
ACCESOS	\$	87'661,125.45
OBRAS COMPLEMENTARIAS	\$	149'053,547.70
		=====
TOTAL PRESUPUESTO	\$	3,924'637,053.12

I.V.A. 15% \$ 588'695,557.97

TOTAL \$ 4,513'332,611.09

DESCRIPCION DEL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
TERRACERIAS				
DESMONTE POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA	HA	1.0000	698,826.21	698,826.21
DESPALMES DESPERDICIANDO EL MATERIAL DE CORTES P.U.D.T.	m <sup>3</sup>	390.0000	4,051.94	1'580,256.60
DESPALMES DESPERDICIANDO EL MATERIAL PARA DESPLANTE DE TERRAPLENES	m <sup>3</sup>	1,150.0000	4,051.94	4'659,731.00
EXCAVACIONES EN CORTES Y ADICIONALES- ABAJO DE LA SUBRASANTE CUANDO EL MATERIAL SE DESPERDICIE.	m <sup>3</sup>	690.0000	9,375.75	6'469,267.50
EXCAVACIONES EN REBAJES DE CORONA Y/O TERRAPLENES EXISTENTES CUANDO EL MATERIAL SE DESPERDICIE.	m <sup>3</sup>	690.0000	9,375.75	6'469,267.50
EXCAVACIONES ABRIENDO CAJA PARA DESPLANTE DE TERRAPLENES CUANDO EL MATERIAL SE DESPERDICIE.	m <sup>3</sup>	3,380.0000	9,375.75	31'690,035.00
EXCAVACIONES EN ESCALONES DE LIGA EN LOS TALUDES DE LOS TERRAPLENES EXISTENTES CUANDO EL MATERIAL SE UTILICE PARA LA FORMACION DE TERRAPLENES.	m <sup>3</sup>	150.0000	8,686.25	1'302,937.50
EXCAVACIONES DE PRESTAMOS DEL BANCO - UBICADO A 2,600 MTS. A LA IZQUIERDA - DE LA ESTACION 101+250.	m <sup>3</sup>	48,740.0000	6,589.38	272'426,381.20
COMPACTACION P.U.D.T. DEL TERRENO NATURAL EN EL AREA DE DESPLANTE DE LOS TERRAPLENES PARA 90%	m <sup>3</sup>	2,250.0000	3,790.07	8'527,657.50
COMPACTACION DE LAS TERRACERIAS EXISTENTES CONSTRUIDAS CON ANTERIORIDAD / PARA 95% P.U.O.T.	m <sup>3</sup>	835.0000	3,816.33	3'186,635.55
FORMACION Y COMPACTACION DE TERRAPLENES ADICIONADOS CON SUS CUNAS DE SOBRENCHO PARA 90%	m <sup>3</sup>	25,470.0000	6,069.15	154'581,250.50
FORMACION Y COMPACTACION DE TERRAPLENES ADICIONADOS CON SUS CUNAS DE SOBRENCHO PARA 95%	m <sup>3</sup>	9,890.0000	6,069.15	60'023,893.50
FORMACION Y COMPACTACION DE TERRAPLENES ADICIONADOS CON SUS CUNAS DE SOBRENCHO PARA 100%	m <sup>3</sup>	5,740.0000	6,069.15	34'836,921.00

-----Continua-----

DESCRIPCION DEL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
FORMACION Y COMPACTACION DE AMPLIACION DE LA CORONA ADICIONADA CON SUS CUNAS DE SOBRECARGO EN TERRAPLENES EXISTENTES PARA 100%.	m <sup>3</sup>	640.0000	6,317.68	4'043,315.20
EXCAVACIONES PARA CANALES DE ENTRADA Y SALIDA A OBRAS DE DRENAJE.	m <sup>3</sup>	1,040.0000	35,125.13	36'530,135.20
SOBREACARREO PARA CUALQUIER DISTANCIA DE MATERIALES DE PRESTAMO DE BANCO PARA LA CONSTRUCCION DE LA CAPA DE SUBRASANTE Y PARA COMPLETAR LA CONSTRUCCION DE TERRAPLEN PARA EL PRIMER KILOMETRO.	m <sup>3</sup>	48,740.0000	884.22	43'096,882.80
SOBREACARREO PARA CUALQUIER DISTANCIA DE MATERIALES DE PRESTAMO DE BANCO PARA LA CONSTRUCCION DE LA CAPA DE SUBRASANTE Y PARA COMPLETAR LA CONSTRUCCION DE TERRAPLEN PARA KILOMETROS SUBSECUENTES.	m <sup>3</sup> -Km	341,180.0000	389.64	132'937,375.20
SUBTOTAL:	1			827'889,251.36

OBRAS DE DRENAJE

EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS CUALQUIERA QUE SEA SU CLASIFICACION Y PROFUNDIDAD.	m <sup>3</sup>	480.0000	28,546.13	13'702,142.40
RELLENOS PARA LA PROTECCION DE OBRAS DE DRENAJE, P.U.O.T.	m <sup>3</sup>	480.0000	6,317.47	3'032,385.60
MAMPOSTERIA DE TERCERA CLASE, PARA CUALQUIER ALTURA CON MORTERO DE CEMENTO P.U.O.T.	m <sup>3</sup>	220.0000	114,598.69	25'211,711.80
CONCRETO HIDRAULICO COLADO EN SECO P. U.O.T. DE F'C= $\frac{1}{2}$ %) KG/CM <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	20.0000	248,862.67	4'977,253.40
ACERO DE REFUERZO, VARILLA DE LIMITE-ELASTICO IGUAL O MAYOR DE 2320 KG/CM <sup>2</sup>	Kg	1,720.0000	2,144.41	3'688,385.20
TUBERIA DE CONCRETO REFORZADO DE F'C=280 KG/CM <sup>2</sup> DE ( ) CMS. DE DIAMETRO	M1	120.0000	237,237.12	28,468,454.40
GUARNICIONES DE CONCRETO HIDRAULICO - F'C=200 KG/CM <sup>2</sup> . DE 1,110 cm <sup>2</sup> DE SECCION PARA CAMELLON CENTRAL.	M1	1,900.0000	23,940.98	45,487,862.00

-----Continua-----

DESCRIPCION DEL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
GUARNICIONES DE CONCRETO HIDRAULICO - F'c=100 KG/CM <sup>2</sup> DE 138 CM <sup>2</sup> DE SECCION- (BORDILLOS DE 15 CMS. DE BASE MAYOR, - 8 CMS. DE BASE MENOR Y 12 CMS. DE AL- TURA), CON AGREGADO MAXIMO DE 3/4"	M1	38,780.0000	5,861.15	227'295,897.00
RECUBRIMIENTO DE CUNETAS CON CONCRETO HIDRAULICO SIMPLE DE F'c=100 KG/CM <sup>2</sup> .- CON AGREGADO DE TAMAÑO MAXIMO DE 3/4"	m <sup>3</sup>	1,510.0000	176,916.41	267,143,779.10
LAVADEROS METALICOS FORMADOS CON TUBO DE LAMINA DE ACERO CON DOBLE CAPA DE- CEMENTO ASFALTICO DE 60 CMS. DE DIAME- TRO Y CALIBRE No. 16	M1	1,980.0000	89,899.61	178,001,227.80
SUBTOTAL:		2		797'008,598.70

P A V I M E N T O S

SUB/BASE COMPACTADA AL 100% CON MATE- RIAL DEL BANCO LA ORDENA UBICADO A -- 14,000 M A LA DERECHA DEL KILOMETRO -- 82+700 DE LA CARRETERA QUERETARO-IRA- PUATO.	m <sup>3</sup>	6,630.0000	41,594.54	275'771,800.20
BASE COMPACTADA AL 100% CON MATERIAL- DEL BANCO LA ORDENA UBICADO A 14,000M A LA DERECHA DEL KILOMETRO 82+700 DE- LA CARRETERA QUERETARO-IRAPUATO	m <sup>3</sup>	6,340.0000	45,116.49	286,038,546.60
MATERIAL ASFALTICO, ASFALTO REBAJADO- FM-1 EN RIEGO DE IMPREGNACION.	Lt	49,000.0000	45,116.49	286'038,546.60
MATERIAL ASFALTICO, ASFALTO REBAJADO - FR-3 EN RIEGO DE LIGA.	Lt	16,000.0000	513.86	8'221,760.00
MATERIAL ASFALTICO, ASFALTO REBAJADO- FR-3 EN RIEGO DE SELLO.	Lt	37,000.0000	513.86	19,012,820.00
MATERIAL ASFALTICO?, ASFALTO REBAJADO FR-3 EN CARPETA ASFALTICA POR EL SIS- TEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR.	Lt	539,000.0000	513.86	276'970,540.00
ADITIVO ADIFLEX "GO" PARA ASFALTOS RE- BAJADOS.	Lt	6,250.0000	10,090.09	63'063,062.50
BARRIDO DE LA SUPERFICIE POR TRATAR.	Ha	3.0000	4'098,766.85	12'296,300.55
CARPETA ASFALTICA CONSTRUIDAS POR EL- SISTEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR, CON MA- TERIALES YA PRODUCIDOS Y TRATADOS, -- COMPACTADA AL 95%, MATERIAL DEL BANCO LA ORDENA.	m <sup>3</sup>	4,310.0000	50,772.34	218,828,785.40

Continúa=====

DESCRIPCION DEL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
RIEGO DE SELLO CON MATERIALES YA PRODUCIDOS Y TRATADOS UTILIZANDO MATERIAL PETREO 3-A DEL BANCO STA. ROSA-UBICADO A 32,000 MTS. A LA IZQUIERDA DEL KILOMETRO 82+700 DE LA CARRETERA QUERETARO-IRAPUATO	m <sup>3</sup>	300.0000	54,572.00	16'371,759.00
ACARREO DE MATERIALES PETREOS PARA PAVIMENTACION, CUANDO EL VOLUMEN ACARRREADO PARA AL SUB-BASE, BASE Y CARPETA ELABORADA POR EL SISTEMA DE MEZCLA EN EL LUGAR.	m <sup>3</sup> -Km	484,000.0000	389.64	188'585,760.00
ACARREO DE MATERIALES PETREOS PARA PAVIMENTACION, CUANDO EL VOLUMEN ACARRREADO PARA EL RIEGO DE SELLO SE DETERMINE CONFORME A LO SEÑALADO EN EL PARRAFO C DEL INCISO 085-G.03	m <sup>3</sup> -Km	20,000.0000	389.64	7'792,800.00
SUBTOTAL:		3		1,398'133,074.25
<b>SEÑALAMIENTOS</b>				
FANTASMAS DE CONCRETO HIDRAULICO	Pza	1,070.0000	15,931.95	17,047,186.50
SUBTOTAL:		4		17,047,186.50
<b>PASO A DESNIVEL SUBESTRUCTURA</b>				
EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS CUALESquiera QUE SEA SU CLASIFICACION Y PROFUNDIDAD.	m <sup>3</sup>	1,563.0000	33,765.61	52'775,648.43
MAMPOSTERIA DE TERCERA CLASE, PARA CUALQUIER ALTURA CON MORTERO DE CEMENTO	m <sup>3</sup>	1,298.0000	116,036.91	150'615,909.18
CONCRETO HIDRAULICO COLADO EN SECO DE F'c=250 KG/CM <sup>2</sup> EN CORONAS Y DIAFRAGMAS DE ESTRIBOS.	m <sup>3</sup>	34.0000	233,990.78	7'955,686.52
CONCRETO HIDRAULICO COLADO EN SECO DE F'c=250 KG/CM <sup>2</sup> . PARA REMODELACION DE CORONAS Y DIAFRAGMAS DE ESTRIBOS.	m <sup>3</sup>	12.0000	252,582.08	3'030,984.96
CONCRETO HIDRAULICO COLADO EN SECO DE F'c=250 KG/CM <sup>2</sup> EN CORONAS DE PILAS	m <sup>3</sup>	40.0000	252,119.09	10'084,763.60
ACERO DE REFUERZO, VARILLA DE LIMITE ELASTICO IGUAL O MAYOR DE 4000KG/CM <sup>2</sup>	Kg	4,005.0000	2,144.41	8'588,362.05

DESCRIPCION DEL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
--------------------------	--------	----------	-----------------	---------

SUBTOTAL: 5 233'051,354.74

PASO A DESNIVEL SUPERESTRUCTURA

CONCRETO HIDRAULICO COLADO EN SECO DE F'IC=250 KG/CM <sup>2</sup> . EN DIAFRAGMAS Y LOSAS - SOBRE TRABES PREESFORZADAS.	m <sup>3</sup>	123.0000	248,823.81	30'605,328.63
CONCRETO HIDRAULICO DE F'IC=250 KG/CM <sup>2</sup> EN GUARNICIONES.	m <sup>3</sup>	28.0000	244,983.46	6'859,536.88
JUNTAS DE DILATAACION METALICAS DE ACERO ESTRUCTURAL.	Kg	1,650.0000	3,091.58	5'101,107.00
JUNTAS DE DILATAACION NO METALICAS DE -- CARTON ASFALTADO O MATERIAL SIMILAR DE 2 CMS. DE ESPESOR.	m <sup>2</sup>	57.0000	4,042.22	230,406.54
JUNTAS DE DILATAACION NO METALICAS DE SI KAFLEX 1-A O MATERIAL SIMILAR DE 2 CMS DE ESPESOR.	m <sup>2</sup>	356.0000	9,631.28	3'428,735.68
TRABES PRETENSADAS Y MONTADAS DE F'IC=350 KG/CM <sup>2</sup> ., DE SECCION UNICELULAR.	m <sup>3</sup>	206.0000	1'067,388.00	219'881,928.00
APOYOS DE NEOPRENO.	m <sup>3</sup>	43.0000	51,550.40	2'216,667.20
ACERO DE REFUERZO, VARILLA DE LIMITE ELASTICO IGUAL O MAYOR DE 4000 KG/CM <sup>2</sup>	Kg	34,921.0000	2,144.41	74'884,941.61
ACERO DE PREESFUERZO, TORONES DE 1.27 CMS. DE DIAMETRO DE LIMITE DE RUPTURA IGUAL O MAYOR DE 19,000 KG/CM <sup>2</sup>	Kg	10,270.0000	6,219.30	63'872,211.00
ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO PARA PETOS DE CONCRETO PARA CALZADA.	M1	183.0000	42,142.36	7'712,051.88

SUBTOTAL: 6 414'792,914.42

ACCESO

EXCAVACIONES EN REMOCION DE TERRAPLENES EXISTENTES CUANDO EL MATERIAL SE--UTILICE PARA LA FORMACION DE TERRAPLENES.	m <sup>3</sup>	1,650.0000	10,046.27	16'576,345.50
FORMACION Y COMPACTACION DE TERRAPLENES ADICIONADOS CON SUS CUNAS DE SOB--BREANCHO PARA 90%	m <sup>3</sup>	620.0000	14,661.49	9'090,123.80

Continua



## CAPITULO XII

# ANALISIS Y CONTROL DE COSTOS

---

## **XII. ANALISIS Y CONTROL DE COSTOS.**

En este capítulo se tratará lo relacionado con los análisis y controles de costos que comúnmente se realizan en la industria de la construcción, como factores básicos para el desarrollo óptimo de cualquier proceso constructivo.

El análisis de costos lo entendemos de una manera general como el desglose de todos los factores que lo afectan directa o indirectamente y poder hacer una medición tanto cualitativa como cuantitativa de cada factor para así contar con las bases necesarias para la toma de decisiones adecuadas relacionadas con ellos.

El control de costos es el proceso mediante el cual se comparan de una manera sistemática cada uno de los elementos constitutivos de los costos generados durante la construcción de una obra contra los parámetros previamente establecidos, es fácil comprender que dicha comparación debe realizarse de una manera periódica, con el fin de poder implementar acciones correctivas en caso de que existan desviaciones importantes entre lo programado y lo real.

Para llevar a cabo estas acciones de una manera eficaz es necesario manejar una gran cantidad de información que sufre variaciones significativas por cambios de precios y salarios, diferentes rendimientos de la mano de obra y de la maquinaria, diferentes procesos constructivos, etc., y esto origina una enorme cantidad de cálculos y por consiguiente de horas-hombre.

Por ello es importante hablar de una herramienta muy valiosa para el análisis de costos, la computadora. Su uso se ha generalizado a muchas actividades en el mundo actual, y se debe a la gran capacidad que tienen para almacenar y procesar información a una velocidad muy rápida y también al avance tecnológico que ofrece constantes mejoras en la capacidad, manejo y operación de las mismas así como a sus costos relativamente bajos.

Este desarrollo ha dado como resultado la creación de microcomputadoras o computadoras personales que tienen un tamaño pequeño comparado con las innumerables tareas que pueden realizar. Una microcomputadora es capaz de almacenar millones de datos y procesarlos.

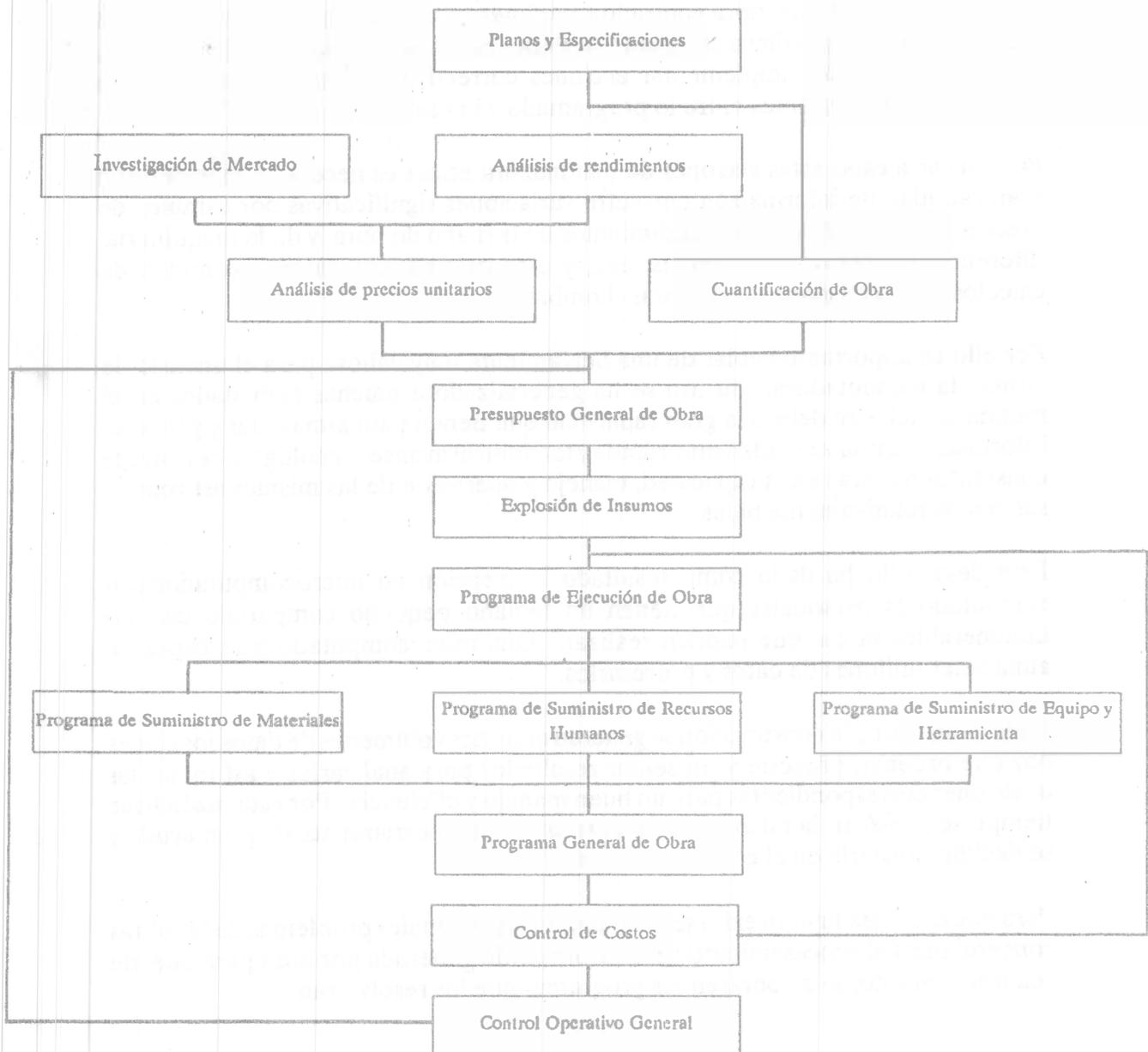
En la industria de la construcción se generan enormes volúmenes de datos los cuales hay que ordenar, procesar y presentar resultados para analizarlos y así tomar las decisiones correspondientes para un buen manejo y eficiencia. Por esta razón hace tiempo se pensó en la microcomputadora como una herramienta de gran ayuda y se decidió utilizarla en el control de obras.

Para que esta idea tuviera éxito se analizaron los principales problemas de las obras concernientes al procesamiento de la información generada por ellas para que, de acuerdo con esto, se elaboraran los programas que los resolvieran.

Actualmente en el mercado es posible encontrar paquetes de programación y hojas de cálculo que sirven como herramientas eficaces para realizar diversas actividades dentro del control de obras, pero hay que considerar que estos han sido diseñados para tratar de satisfacer a un gran número de empresas, por lo tanto, además de estos paquetes se deberán tener programas propios que los complementen y que resuelvan problemas específicos para una empresa y obra determinada.

En este capítulo se darán algunos ejemplos de aplicación con el fin de que se pueda observar la facilidad con que se puede manejar la información, el acceso de datos y los resultados obtenidos con el manejo de esos paquetes, y de otros programas adaptados a las necesidades reales de cada empresa.

## PROCESO DE ANALISIS Y CONTROL DE COSTOS



Como se pueden observar en el diagrama anterior los puntos principales son:

- 1.- Análisis de Precios Unitarios.
- 2.- Presupuesto General de Obra.
- 3.- Programa General de Obra.
- 4.- Controles de costos.

Para explicar dicho proceso y paralelamente mencionar como funcionan los programas de computadora mencionados consideraremos un problema real consistente en la construcción de la obra negra de una edificación.

### *1.- ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.*

Como se mencionó en el capítulo correspondiente a Precios Unitarios, éstos se pueden manejar en forma de matrices que se realizan utilizando un algoritmo relativamente sencillo de programar en computadora. Estas matrices tienen tres grupos de datos básicos que son:

- Descripción de cada insumo integrante (ya sea material, mano de obra o equipo).
- Precio unitario de cada insumo (por unidad del mismo).
- Rendimiento (Cantidad necesaria de cada insumo para producir una unidad del concepto en análisis).

Para obtener estos análisis por medios sistemáticos los paquetes que se encuentran en el mercado trabajan fundamentalmente siguiendo los pasos descritos a continuación:

- a) Se formula un catálogo de materiales, mano de obra y equipo.

Esto es básicamente, enlistar todos los insumos necesarios para la realización de la obra. (se recomienda incluir en este catálogo la mayor cantidad de insumos posibles ya que aunque nos sean necesarios para una obra en particular lo pueden ser para

otras y así se facilitarán los trabajos posteriores). Dicho Catálogo se formula asignando a cada insumo una clave o código.

El método de codificación deberá basarse en las necesidades de cada empresa; sin embargo deberá ser tal que el manejo de los conceptos de trabajo, las categorías de la mano de obra, los diferentes equipos, los materiales, los elementos del Costo Indirecto y, en general, de todos los elementos constitutivos del costo traducidos a claves de letras y números, hagan más fácil la interpretación de resultados y reduzca de alguna manera la repetición de operaciones.

Es esencial al plantear una metodología para la codificación, estudiar las cuentas y los conceptos que hayan de intervenir en la obra o en las obras para establecer un plan adecuado de codificación.

Una metodología que comunmente da resultados satisfactorios es la clasificación decimal, en la cual se tiene como fundamento la ordenación de Conceptos Principales, que van desglosándose cada uno en otros tantos mediante subdivisiones decimales hasta alcanzar el grado o nivel de clasificación que en cada caso se requiera, esto permite la descomposición por partes de la obra de una actividad en cualquier momento del control, sin afectar la ordenación del conjunto, proporcionando gran facilidad operativa y facilitando los estudios analíticos y sintéticos del Costo en el grado que se desee. La ventaja principal que presenta esta metodología es la de mantener la posibilidad de esta subdivisión a todo lo largo de las operaciones sin alterar la clasificación preestablecida. En algunas ocasiones interesa combinar algunas claves alfabéticas con la clasificación numérica para distinguir distintos grupos de una manera rápida.

A continuación se expone un listado como ejemplo de lo mencionado anteriormente.

Compañía:					Fecha:	
CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	UNIDAD	IMPORTE	FECHA		
<u>CATALOGO DE MATERIALES</u>						
MACE0020	ACERO DE REFUERZO FY=2530 KG/CM2 NUM 2	TON	1,500,000.00	91/01/01		
MACE0030	ACERO DE REFUERZO FY=4000 KG/CM2 NUM 3	TON	1,300,000.00	91/01/01		
MAL0018	ALAMBRE RECOCIDO DEL. # 18	KG	1,972.00	91/01/01		
MARE0000	ARENA	M3	18,333.00	91/01/01		
MCEM0000	CEMENTO GRIS	TON	195,543.00	91/01/01		
MCEM1000	CEMENTO BLANCO	TON	300,000.00	91/01/01		
MCLA0000	CLAVO	KG	2,500.00	91/01/01		
MMAL0006	MALLA ELECTROSOLDADA 6X6-6/6	M2	4,498.00	91/01/01		
MMAL0008	MALLA ELECTROSOLDADA 6X6-8/8	M2	3,319.68	91/01/01		
MPIN0000	PINTURA VINILICA	LT	4,633.40	91/01/01		

Compania:

Fecha:

CLAVE	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	UNIDAD	IMPORTE	FECHA
<u>CATALOGO DE MANO DE OBRA</u>				
J0000100	PEON	JOR	22,780.00	91/01/01
J0000200	AYUDANTE	JOR	25,289.00	91/01/01
J0000300	ALSA8IL	JOR	33,268.00	91/01/01
J0000400	CARPINTERO DE OBRA NEGRA	JOR	30,951.00	91/01/01
J0000600	AZULEJERO	JOR	32,489.00	91/01/01
J0000700	OPERADOR DE CAMION DE CARGA	JOR	34,036.00	91/01/01
J0000900	ELECTRICISTA	JOR	32,489.00	91/01/01
J0001000	FIERRERO	JOR	32,025.00	91/01/01
J0001100	HERRERO	JOR	32,025.00	91/01/01
J0001400	PLOMERO	JOR	30,794.00	91/01/01

CATALOGO DE HERRAMIENTA Y EQUIPO

H0000000	MANDO INTERMEDIO Y HERRAMIENTA	%MO		91/01/01
H0000001	MANDO INTERMEDIO	%MO		91/01/01
H0000002	HERRAMIENTA MENOR	%MO		91/01/01
HEQPCOMP	EQUIPO COMPLEMENTARIO	%MO		91/01/01
H0000000	MANDO DE OBRA (% DE MATERIALES)	%MAT		91/01/01
HMATLIMP	MATERIALES DE LIMPIEZA	%MO		91/01/01
HUTIT000	UTILIDAD DE TALLER	%MO		91/01/01

Como se puede ver en este listado y acorde con lo mencionado anteriormente, respecto a la codificación cada grupo de insumos sigue una secuencia lógica en su clave o código así los materiales comienzan con la letra M seguida de las iniciales del concepto y de un número de identificación, del mismo modo los recursos humanos comienzan con la letra J seguida de un número de identificación y los correspondientes a herramienta comienzan con una H y su correspondiente número asignado.

Lo anterior no implica que ésta sea la única forma de codificar posible, sino sólo se está dando como un ejemplo del orden y secuencias que es necesario llevar.

b) Se formula el catálogo de matrices.

Estas matrices son los análisis de precios unitarios y al igual que en el punto anterior recomendamos incluir el mayor número de análisis posibles.

El procedimiento para la creación de cada matriz es básicamente el siguiente:

- Se le otorga al análisis en cuestión su código o clave y se da una descripción del Precio Unitario analizado. (Se puede observar en el ejemplo que las matrices inician con la letra E).

- Se indica en el formato la clave de cada insumo involucrado en el análisis y en la columna de cantidad se coloca el rendimiento correspondiente de precios unitarios.

- Con estos simples datos el programa nos da inmediatamente la descripción de cada insumo, su precio y el importe que representa en el análisis total.

Precio Unitario: CIME Y DESMIE EN COLUMNAS CON TRIPLAY PARA ACABADO APARENTE MEDIDO POR SUPERF. DE CTG. INCLUYE: MAT., MABILITADO, NIVELADO, RESANES, PERFILADO, Y CAMBIO A LA SIGUIENTE POSICION		Vigencia: 90/11/08 Revision: 89/09/15 Resp: FRO Fecha: 30 de Noviembre de 1990		Rendimientos MdsO: HyEq: 1.000		Clave: E0000860 Unidad: M2	
Clave	Descripcion del concepto	Unid	Cantidad	Costo	Importe	Totales	%/cu.
<b>MATERIALES</b>							
MAL0018	ALAMBRE RECOCIDO # 18	KG	0.100000	1,872.00	187.20		1.301
MCLA0000	CLAVO	KG	0.2250000	3,120.00	702.00		4.889
MJIE0000	DIESEL	LTS	0.5000000	470.00	235.00		1.634
MMA0002	MADERA DE PINO 3a	PT	2.2200000	1,200.00	3,064.00		26.862
MTRIO016	TRIPLAY PARA CIMBRA	M2	0.1375000	23,569.00	3,240.74		22.529
			<b>Subtotal</b>		<b>8,228.94</b>	<b>8,228.94</b>	<b>57.207</b>
<b>MANO DE OBRA</b>							
J0000100	PEON	JOR	0.0400000	22,780.00	911.20		6.335
J0000200	AYUDANTE	JOR	0.0833000	25,289.00	2,106.57		14.645
J0000400	CARPINTERO OBRA NEGRA	JOR	0.0833000	30,951.00	2,578.22		17.924
			<b>Subtotal</b>		<b>5,595.99</b>	<b>5,595.99</b>	<b>38.903</b>
<b>HERRAMIENTA Y EQUIPO</b>							
H0000001	MANDO INTERMEDIO	%	8.0000000	5,595.99	447.68		3.112
H0000002	HERRAMIENTA MENOR	%	2.0000000	5,595.99	111.92		0.778
			<b>Subtotal</b>		<b>559.60</b>	<b>559.60</b>	<b>3.890</b>
			<b>Total Costo Directo</b>			<b>14,384.53</b>	
			<b>Total Precio Unitario /M2</b>			<b>14,384.53</b>	

Es importante observar que un análisis de precio unitario puede involucrar además de insumos simples, a otras matrices de precios unitarios. Este tipo de programas también acepta esa posibilidad y así podemos observar que en el siguiente ejemplo la matriz principal involucra directamente a otras matrices sin necesidad de desglosar los insumos simples de éstas.

Precio Unitario: PLANTILLA DE CONCRETO HECHO EN OBRA F'c=100 KG/CM2 DE 0.05 METROS DE ESPESOR.

Vigencia: 90/11/08  
 Revision: 89/09/15  
 Resp: FRU  
 Fecha: 23 de Abril de 1990

Rendimientos  
 Mde@: 1.000  
 HyEq: 1.000  
 Clave: E0000450  
 Unidad: M2

Clave	Descripcion del concepto	Unid	Cantidad	Costo	Importe	Totales	%/cu
<b>MATERIALES</b>							
E0000110	* CONCRETO F'c=100 KG/CM2, RESISTENCIA NORMAL, TAMAÑO	M3	0.0515000	105,366.11	5,426.35		77.879
				Subtotal	5,426.35	5,426.35	77.879
<b>MANO DE OBRA</b>							
J0000100	FEON	JOR	0.0250000	22,780.00	569.50		8.173
J0000300	OFICIAL ALBAÑIL	JOR	0.0250000	33,268.00	831.70		11.937
				Subtotal	1,401.20	1,401.20	20.110
<b>HERRAMIENTA Y EQUIPO</b>							
H0000001	MANDO INTERMEDIO	%%	8.0000000	1,401.20	112.10		1.609
H0000002	HERRAMIENTA MENOR	%%	2.0000000	1,401.20	28.02		0.402
				Subtotal	140.12	140.12	2.011
				Total Costo Directo		6,967.67	
				Total Precio Unitario /M2		6,967.67	

Precio Unitario: CONCRETO F'c=100 KG/CM2, RESISTENCIA NORMAL, TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADO 19mm.

Vigencia: 90/11/08  
 Revision: 89/09/15  
 Resp: FRU  
 Fecha: 23 de Abril de 1990

Rendimientos  
 Mde@: 1.000  
 HyEq: 1.000  
 Clave: E0000110  
 Unidad: M3

Clave	Descripcion del concepto	Unid	Cantidad	Costo	Importe	Totales	%/cu
<b>MATERIALES</b>							
E0000065	* AGUA PARA EDIFICACION Y CONCEPTOS DE ALBANILERIA.	M3	0.2300000	5,396.74	1,241.25		1.178
E0000090	* FABRICACION DE CONCRETO EN REVOLVEDORA TIPO TROMPO	M3	1.0000000	8,334.86	8,334.86		7.910
MCEM0000	CEMENTO GRIS	TON	0.2750000	210,000.00	57,750.00		54.809
MGRA0000	GRAVA	M3	0.7250000	30,000.00	21,750.00		20.642
MARE0000	ARENA	M3	0.5430000	30,000.00	16,290.00		15.460
				Subtotal	105,366.11	105,366.11	100.000
				Total Costo Directo		105,366.11	
				Total Precio Unitario /M3		105,366.11	

Una vez cargado el sistema con todos los insumos y matrices necesarios cualquier cambio que sea necesario hacer (ya sea en precios, rendimientos, etc.) es reconocido por el programa y automáticamente se ejecutan los nuevos cálculos, lo que nos evita el volver a repetir todo el proceso y nos da los nuevos resultados en un mínimo de tiempo.

Incluso existen programas que nos dan la posibilidad de tener a la vez listados de insumos con diferentes precios (correspondientes a diferentes periodos o zonas) en los que con sólo definir el catálogo que necesitamos, realizará los cálculos correspondientes a ese catálogo en particular, esto nos permite obtener valiosa información sobre incrementos de precios, variación de costos por zona, etc..

## 2.- Presupuestos generales de obra.

Para poder llegar a este punto es necesario que los análisis de Precios Unitarios estén perfectamente definidos, y, que las cuantificaciones de obra del proyecto estén completas. (como se puede observar en la gráfica 1).

El proceso que se debe seguir para obtener nuestro presupuesto por medio de los programas de computadora mencionados anteriormente es el siguiente:

El primer paso es definir la estructuración que se desea del presupuesto, la cual puede ser por partidas, por paquetes, partidas y conceptos, etc., una vez definido esto debemos llamar por su clave correspondiente a cada una de las matrices involucradas y asignarle las cantidades totales de cada concepto.

Para visualizar lo anteriormente explicado, volvamos a nuestro ejemplo de la construcción de la obra negra de una edificación.

PRESUPUESTO			
Descripcion :		Propietario :	
Ubicacion :		Identidad :	
Clave : PRUEBA	Vigencia: 90/12/27	Fecha :	30 de Noviembre de 1990

### R E S U M E N DE AGRUPACIONES

No	Descripcion	Importe	/Tot
01	PRELIMINARES	1,030,700.44	4.291
02	CIMBRA Y ACERO EN CIMENTACION	1,976,097.93	8.227
03	CONCRETO EN CIMENTACION	1,992,178.75	8.294
04	DRENAJES	381,765.81	1.589
05	CIMBRAS Y ACEROS EN COLUMNAS	3,200,518.51	13.324
06	MURDS EN CASTILLOS ANEGADOS	8,554,303.94	35.612
07	LOSAS	6,885,225.75	28.664
Gran Total		24,020,811.13	

ave	Description del concepto	Unid	Cantidad	P.U.	Importe
01 PRELIMINARES					
01					
X00230	LIMPIEZA DEL TERRENO A MANO INCLUYE: DESHIERBE Y RETIRO DEL MATERIAL PRODUCTO DE ESTA	M2	89.300	230.54	20,587.22
X00480	PLANTILLA DE CONCRETO HECHO EN OBRA F'c=100 KG/CM2 DE 0.05 METROS DE ESPESOR.	M2	125.090	6,967.67	871,585.84
X00250	TRAZO Y NIVELACION DEL TERRENO ESTABLECIENDO EJES Y REFERENCIAS; INCLUYE: CRUCETAS, ESTACAS, HILOS, MARCAS Y TRAZOS CON CALHIDRA.	M2	89.300	520.12	46,445.72
000360	EXCAV. A MANO EN CEPAS EN MAT. COMPACTADO AL 95% PROCTOR, HASTA 2.0 M. DE PROF. INC: RETIRO DEL MAT. HASTA 4.0 M. DE DIST. HORIZ. AFINE DE FONDO Y TALUDES MEDIO EN BANCO	M3	6.750	7,166.59	48,374.48
X000350	TRASPALO HORIZONTAL A CIELO ABIERTO	M3	6.750	2,330.39	15,730.13
0000430	ACARREO EN CARRETILLA DE MATERIAL TIPO I, II, PRODUCTO DE EXCAVACION, A 20.0 m DE DISTANCIA, INCLUYENDO CARGA MANUAL Y TIRO MEDIDO EN BANCO.	M3	6.750	2,711.28	18,301.14
0000440	ACARREO EN CARRETILLA DE MATERIAL TIPO I Y II PRODUCTO DE EXCAVACION A ESTACIONES SUBSECUENTES DE 20.0m MEDIDO EN BANCO (ACARREO MAXIMO A DOS ESTACIONES).	M3	13.500	716.66	9,674.91
				Subtotal	1,030,700.44
				Total	1,030,700.44
02 CIMBRA Y ACERO EN CIMENTACION					
02					
E0000570	CIMBRA APARENTE PARA CADENAS DE CIMENTACION, CERRAMIENTOS, CASTILLOS O REPISONES, MEDIDO POR SUPERFICIE DE CONTACTO, INCLUYE MTS. HABILITACION Y CHAFLANES EN ARISTAS, CIMBRADO Y DESIMBRADO A LA SIG. POSICION	M2	5.550	17,768.46	98,614.95

Clave	DESCRIPCION DEL CONCEPTO	UNID	CANTIDAD	P. U.	IMPORTE
0000710	ACERO DE REFUERZO ARMEX 15X30/4 EN CIMENTACION, INCLUYE: SUMINISTRO, TRASLAPES, SILLETAS, DESPERDICIO, FLETES, MANO DE OBRA Y ACARREOS	ML	135.000	5,311.20	717,012.00
0000600	ACERO DE REFUERZO NUM. 3 (3/8") FY=4000 KG/CM2 EN CIMENTACION, INCLUYE MATERIALES, HABILITADO, ARMADO, GANCHOS, DOBLECES, TRASLAPES, SILLETAS, ALAMBRE, DESPERDICIOS, FLETES Y ACARREOS.	TON	0.075	1,854,648.52	139,098.64
0000650	MALLA 6X6-6/6 ALAMBRE DE ACERO ESTIRADO EN FRIO, FY=5000 KG/CM2 EN CIMENTACION Y PLANTA BAJA, INCLUYE: SUM., TRASLAPES, SILLETAS, ALAMBRE, DESPERDICIOS, FLETES, ACARREOS Y MANO DE OBRA	M2	180.080	5,671.77	1,021,372.34
Subtotal					1,976,097.93
Total					1,976,097.93
03 CONCRETO EN CIMENTACION					
03					
E000740	CONCRETO HECHO EN OBRA PARA CIMENTACION, RESISTENCIA NORMAL, INCLUYE MATERIALES, ACARREO, VACIADO A BOTE, VIBRADO, CURADO CON AGUA, ARTESA Y DESPERDICIO. F'c=200 KG/CM2, T.M.A. = 19 MM.	M3	11.450	154,749.23	1,771,878.68
E0002080	IMPERMEABILIZACION CADENAS DE DESPLANTE DE MUROS, CONSISTE: LIMP. SUPERF., APLIC. EN CALIENTE DE PRIMER 2 CAPAS ASFALTO OXIDADO ALTERNADAS C/1 CAPA FIBRA VIDRIO Y TERM. C/1 RIEGO DE ARENA (15 CM/ML.)	ML	61.500	1,202.80	73,972.20
E000750	SOBREPRECIO EN LOSAS DE CIMENTACION POR ACABADOS ESPECIALES CON PULIDO INTEGRAL A LLANA METALICA.	M2	89.300	1,638.61	146,327.87
Subtotal					1,992,178.75
Total					1,992,178.75

Descripcion del concepto	Unid	Cantidad	P.U.	Importe
04 DRENAJES				
04				
5 CAPA DE ARENA PARA APOYO DE TUBERIAS, INCLUYE: MATERIALES, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA, ACARREOS Y DESPERDICIOS. MEDIDO COMPACTO.	M3	0.270	38,849.69	10,489.42
0 TUB. DE CONCRETO SIMPLE DE 15 CM. DE DIAMETRO PARA DRENAJE, JUNTEADO, CON MORTERO CEMENTO-ARENA 1:5, INCLUYE: SUM. DE MAT., LIMPIEZA, SELLADO DE JUNTAS, ACARREO DE TUB. Y MANIOBRAS COMP. NO INC. EXCAV. NI RELLENO		9.000	6,240.73	56,166.57
10 REGISTRO DE 0.40x0.60x1.00 m. DE TABIQUE, APLANADO Y PULIDO INTERIOR CON MORTERO CEMENTO-ARENA 1:5 PLANTILLA DE CONCRETO HECHO EN OBRA F' C100 KG/CM2 DE 5 cm DE ESPESOR, CHAFLAN PULIDO DE 10cm. MEDIA CARA	PZA	2.000	134,417.54	268,835.08
20 RELLENO Y COMPACTACION EN CEPAS O MESETAS CON MATERIAL DE BANCO (TEPETATE) DE FUERA DE OBRA, INCLUYE: APISONADO A MANO EN CAPAS DE 20 CM. Y AGUA. MEDIDO COMPACTADO	M3	2.030	22,805.29	46,294.74
			Subtotal	381,785.81
			Total	381,785.81
05 CIMBRAS Y ACEROS EN COLUMNAS				
05				
1080 CIMS. Y DESIMS. EN COLUMNAS CON TRIPLAY PARA ACASADO APARENTE MEDIDO POR SUPERF. DE CTO. INCLUYE: MAT., HABILITADO, NIVELADO, RESANES, PERFILADO, Y CAMBIO A LA SIGUIENTE POSICION	M2	91.080	14,384.53	1,310,142.99
11020 ACERO DE REFUERZO ARMEX 15X30/4 EN ESTRUCT. INCLUYE: SUMINISTRO, TRASLAPES, SILLETAS, DESPERDICIO, FLETES, MANO DE OBRA ACARREOS A CUALQUIER NIVEL	ML	134.470	5,319.30	715,286.27
10990 ACERO DE REFUERZO ARMEX 15X15/4 EN ESTRUCTURA INCLUYE: SUMINISTRO, TRASLAPES, SILLETAS, DESPERDICIO, FLETES, MANO DE OBRA Y ACARREOS	ML	96.490	4,582.66	442,180.86

7,848,

ave	Descripcion del concepto	Unid	Cantidad	P.U.	Importe
00910	ACERO DE REFUERZO NO.3 (3/8") FY=4000 KG/CM2 EN ES TON TRUCTURA, INCLUYE: MATS., HABILITADO, ARMADO, GANCHOS, DOBLECES, TRASLAPES, SILLETAS, ALAMBRE, DESPERDICIOS, FLETES Y ACARREO A CUALQUIER NIVEL.		0.080	1,857,369.67	148,589.57
00930	ACERO DE REFUERZO No.5 (5/8") FY=4000 KG/CM2 EN ES TON TRUCTURA; INCLUYE: MATS, HABILITADO, ARMADO, GANCHOS, DOBLECES, TRASLAPES, SILLETAS, ALAMBRE, DESPERDICIOS, FLETES Y ACARREO A CUALQUIER NIVEL.		0.206	1,823,335.98	375,607.09
00900	ACERO DE REFUERZO No.2.5 (5/16") FY=4000 KG/CM2 EN TON ESTRUCTURA; INCLUYE: MATS, HABILITADO, ARMADO, GANCHO DOBLECES, TRASLAPES, SILLETAS, ALAMBRE, DESPERDICIOS, FLETES, ACARREOS A CUALQUIER ALTURA.		0.020	2,312,974.32	46,259.49
00850	CIMBRADO Y DESCIMBRADO EN LOSAS, TRABES, RAMPAS DE M2 ESCALERA CON TRIPLAY PARA ACABADO APARENTE, CON ALT URA MAXIMA DE 3.M.MEDIDO POR SUPERFICIE DE CONTACT -0; INCLUYE: MATS HBITADO. NIV. RESANES Y PERFILADO		12.120	13,403.65	162,452.24
				Subtotal	3,200,518.51
				Total	3,200,518.51
06	MUROS EN CASTILLOS AHOGADOS				
06					
001040	CONCRETO HECHO EN OBRA PARA MUROS Y COLUM.F'C=200 M3 KG/CM2 R.N. Y T.M.A. DE 19 MM. INCLUYE: MAT., ACARREO, VACIADO A BOTE, VIBRADO, CURADO CON AGUA, ARTESA Y DE SPERDICIO A CUALQUIER NIVEL		10.210	164,279.11	1,677,289.71
00050	CASTILLOS AHOGADOS CON UNA VARILLA DEL No. 3	ML	113.140	4,285.15	484,821.87

Descripcion del concepto	Unid	Cantidad	P.U.	Importe
2 MURD DE BLOCK INTERMEDIO 15x20x40 CM. ASENTADO CON M2 MORTERO CEMENTO-ARENA 1:5 INCLUYE: MANO DE OBRA Y MATERIALES, ACERO DE REFUERZO A CADA 2 HILADAS CON UNA VARILLA DEL No. 2.5		266.790	23,959.64	6,392,192.36
				Subtotal 8,554,303.94
				Total 8,554,303.94
07 LOSAS				
07				
30 MALLA 6x6-10/10 DE ALAMBRE DE ACERO ESTIRADO EN M2 FRIO FY=5000 KG/CM2 EN ESTRUCTURA A CUALQUIER NIVEL; INCLUYE: SUMINISTRO, TRASLAPES, SILLETAS, ALAMBRE, DESPERDICIOS, MANO DE OBRA, FLETES Y ACARREOS.		3.070	3,281.84	10,075.25
160 MALLA 6x6-6/6 DE ALAMBRE DE ACERO ESTIRADO EN FRIO M2 FY=5000 KG/CM2 EN ESTRU. INCLUYE: SUMINISTRO, TRASLAPES, SILLETAS, ALAMBRE, DESPERDICIO, FLETE, ACARREO A CUALQUIER NIVEL Y MANO DE OBRA		9.520	5,682.40	54,096.45
750 SOBREPRECIO EN LOSAS DE CIMENTACION POR ACABADOS M2 ESPECIALES CON PULIDO INTEGRAL A LLANA METALICA.		57.660	1,638.61	94,482.25
1100 LOSA DE ENTREPISO DE VIGUETA DE ALMA ABIERTA Y M2 BOVEDILLA DE CEMENTO-ARENA, INCLUYE: OBRA FALSA MORTERO PARA CALZAR VIGUETAS MATERIAL Y MANO DE OBRA.		137.580	48,741.31	6,705,829.43
0880 SUMINISTRO Y COLOCACION DE CHAFLAN DE MADERA DE 19 ML PARA ACHAVAMIENTO O GOTEROS.		50.220	413.03	20,742.37
				Subtotal 6,885,225.75
				Total 6,885,225.75
				Gran Total 24,020,811.13

einticuatro millones veinte mil ochocientos once pesos 13/100 m.n. )

En este caso se optó por estructurar el presupuesto, por partidas y conceptos, es decir, que para cada una de las partidas en las que se dividió la obra, se subdividieron en sus correspondientes conceptos de trabajo. Los únicos datos que se requirieron para que el programa funcionara correctamente fueron la clave correspondiente de cada precio unitario (E0000230) y la cantidad correspondiente (89.30).

A partir de estos datos la máquina nos proporciona la descripción general de la matriz correspondiente, su Precio Unitario por unidad y el importe total que representa en el presupuesto. Una vez que se tiene el presupuesto completo podemos manejar la información que nos proporciona para obtener la denominada "Explosión de Insumos", que no es otra cosa que un listado con todos los materiales, mano de obra, maquinaria y equipo necesarios para realizar la obra así como las cantidades requeridas de cada uno de ellos.

CUANTIFICACION DE RECURSOS

Archivo : GENERAL

Reporte :

Fecha : 30 de Noviembre de 1990

Clave	Descripcion del concepto	Unid	Costo	Cantidad	Importe	/Sub	/Tot
MATERIALES							
M500000	CORTADORA DE MESA	PZA	3,230,350.00	0.003	9,691.05	0.055	0.040
M5M1000	MALCATE ELBA	PZA	12,644,250.00	0.005	63,221.25	0.360	0.263
M5REV000	REVOLVEDORA ELBA DE UN SACO	PZA	6,689,550.00	0.005	33,447.75	0.190	0.139
M5VIB000	VIBRADOR ELBA, MODELO V.6.A.	PZA	3,109,600.00	0.008	24,876.80	0.142	0.103
M960M050	MANGUERA DE SUCCION	J60	772,726.00	0.001	772.73	0.034	0.023
M5CAM050	NEUMATICOS 1000-20 (6)	J60	4,496,750.00	0.000	0.00	0.000	0.000
M5CA=100	CARIÓN PIPA	PZA	91,768,315.00	0.001	91,768.32	0.522	0.382
MACE0025	ACERO FY=4,000 KG/CM2 N.M. 2.5	TON	1,800,000.00	0.293	527,400.00	3.002	2.194
MACE0030	ACERO FY=4000 KG/CM2 N.M. 3	TON	1,400,000.00	0.244	341,600.00	1.944	1.421
MACE0050	ACERO FY = 4,000 KG/CM2 N.M. 5	TON	1,400,000.00	0.220	308,000.00	1.753	1.281
MACE1000	ACEITE PARA MAQUINA DE GASOLINA.	LTS	2,300.00	2.243	5,158.90	0.029	0.021
MACE1100	ACEITE LUBRICANTE PARA DIESEL	LTS	3,000.00	0.407	1,221.00	0.007	0.005
MAG00000	ASIA PARA EDIFICACION	M3	0.00	53.110	0.00	0.000	0.000
MALA0013	ALAMBRE RECOCIDO # 13	KG	1,950.00	4.470	8,716.50	0.050	0.036
MALA0018	ALAMBRE RECOCIDO # 18	KG	1,872.00	35.173	65,843.86	0.375	0.274
MARE0000	ARENA	M3	30,000.00	90.850	2,725,500.00	15.514	11.336
MARM1015	ARPEX 15 X 15 X 4	ML	3,621.00	109.034	394,812.11	2.247	1.642
MARM1030	ARPEX 15 X 30 X 4	ML	4,272.00	304.501	1,300,828.27	7.404	5.419
MASF0000	ASFALTO OXIDADO # 12	KG	670.00	27.675	18,542.25	0.106	0.077
MBLD0000	BLONDERA MODELO V-63	PZA	9,165,350.00	0.115	1,054,015.25	6.000	4.384
MCAL0000	CALMIDRA	TON	120,000.00	0.029	3,480.00	0.020	0.014
MCEM0000	CEMENTO GRIS	TON	210,000.00	25.402	5,334,420.00	30.364	22.187
MCHA0000	CHAFLAN DE PINO	ML	280.00	55.041	15,411.48	0.088	0.064
MCLA0000	CLAVO	KG	3,120.00	32.857	102,513.84	0.584	0.426
MCDR0000	CORRIENTE ELECTRICA	KW	71.40	265.556	18,960.70	0.108	0.079
MDIE0000	DIESEL	LTS	470.00	65.330	30,795.10	0.175	0.128
MDIS0014	DISCO PARA CORTADORA 14"	PZA	24,500.00	1.334	32,683.00	0.186	0.136
MDUE0000	DUELA PINO 3a	PT	1,181.00	1.561	1,843.54	0.010	0.008
MEMU0000	EMULSION ASFALTICA (PRIMER).	LTS	2,605.00	1.845	4,806.23	0.027	0.020
MFIB0000	FIBRA DE VIDRIO	M2	985.00	10.147	9,994.80	0.057	0.042
MGAS0000	GASOLINA NUEVA	LTS	525.00	35.620	18,648.00	0.106	0.078
MGRA0000	GRAVA	M3	30,000.00	24.602	738,060.00	4.201	3.070
MMA00002	MADERA DE PINO 3a	PT	1,200.00	667.453	800,943.60	4.559	3.331
MHAL0006	MALLA ELECTROSOLDADA 6 X 6 6/6	M2	4,390.00	214.248	940,548.72	5.354	3.910
MHAL0010	MALLA ELECTRO SOLDADA 6x6-10/10	M2	2,442.00	141.049	344,441.66	1.961	1.433
MMAR0000	MARCO Y CONTRAMARCO DE 0.40 x 0.60	PZA	15,000.00	2.000	30,000.00	0.171	0.125
MPET0000	PETROLEO	LTS	350.00	1.845	645.75	0.034	0.025
MREV0000	MEZCLADORA TURBOMATIC TR-160	PZA	0.00	0.115	0.00	0.000	0.000
MTAB0000	TABIQUE DE BARRO RECOCIDO	MILL	240,000.00	0.406	97,920.00	0.557	0.407
MTEP0000	TEPETATE	M3	13,333.00	2.639	35,185.79	0.200	0.146
MTRI0016	TRIPLAY PARA CIMENTA	M2	23,563.00	14.953	352,427.26	2.006	1.466
MTUB1016	TUBO DE CONCRETO 16 CMS.	PZA	3,892.00	9.450	36,779.40	0.209	0.153

CUANTIFICACION DE RECURSOS

Archivo : GENERAL

Reporte :

Fecha : 30 de Noviembre de 1990

Clave	Descripcion del concepto	Unid	Costo	Cantidad	Importe	/Sub	/Tot
VIG0000	VIGUETA PRETENSADA.	NL	7,958.00	206.370	1,642,292.46	9.346	6.831
				Subtotal	17,568,127.37	100.000	75.063
MANO DE OBRA							
J0000100	PEON	JOR	22,780.00	117.122	2,668,039.16	45.325	11.097
J0000200	AYUDANTE	JOR	25,289.00	24.341	615,559.55	10.457	2.560
J0000300	OFICIAL ALBAÑIL	JOR	33,268.00	61.567	2,048,210.96	34.795	8.519
J0000400	CARPINTERO OBRA NEGRA	JOR	30,951.00	9.660	298,986.66	5.079	1.244
J0000700	OPERADOR CAMION DE CARGA	JOR	34,036.00	0.391	13,308.08	0.226	0.055
J0001000	FIERRERO	JOR	32,025.00	7.567	242,333.18	4.117	1.098
				Subtotal	5,696,437.59	100.000	24.483
HERRAMIENTA Y EQUIPO							
H0000000	MANO INTERMEDIO Y HERRAMIENTA	%%	293,512.57	1.000	293,512.57	49.862	1.221
H0000001	MANO INTERMEDIO	%%	236,107.18	1.000	236,107.18	40.110	0.982
H0000002	HERRAMIENTA MENOR	%%	59,026.79	1.000	59,026.79	10.028	0.245
				Subtotal	588,646.54	100.000	2.448
				Total	24,043,211.50		100.000

Es importante señalar que al igual que en todo trabajo auxiliado por el empleo de computadoras, los datos deben ser cuidadosamente alimentados así como confiables para obtener resultados satisfactorios.

### 3.- Programa de ejecución de obra.

Los programas de ejecución de una obra varían según la estructuración y operación de cada empresa, sin embargo, en esta sección trataremos de mostrar un método para llevarlos a cabo con ayuda de una microcomputadora.

En primer lugar se deben definir los tiempos de ejecución por medio del método de la ruta crítica, después de obtenerlos podemos determinar un diagrama de barras, lo que simplifica en gran medida la obtención de los programas de obra.

Con la explosión de insumos obtenida a partir del presupuesto estamos en posibilidad de asignar a cada actividad los insumos que necesitan, cabe aclarar que este proceso se puede hacer tan detallado como se requiera: explosión total de presupuesto, (que es la que aparece en el punto anterior) explosiones por partida e incluso explosiones de cada concepto en particular, en el ejemplo que se muestra en la página siguiente lo haremos tomando la explosión de insumos por partida o actividad, para el caso de cimbras y aceros en cimentación.

CUANTIFICACION DE RECURSOS

Archivo : C2

Reporte :

Fecha : 28 de Diciembre de 1990

Clave	Descripcion del concepto	Unid	Costo	Cantidad	Importe	/Sub	/Tot	
<b>MATERIALES</b>								
MACE0030	ACERO FY=4000 KG/CM2 NUM. 3	TON	1,400,000.00	0.079	110,600.00	6.403	5.599	
MALAO013	ALAMBRE RECOCIDO # 13	KG	1,950.00	4.470	8,716.50	0.505	0.441	
MALAO018	ALAMBRE RECOCIDO # 18	KG	1,872.00	4.587	8,586.86	0.497	0.435	
MARM1030	ARMEX 15 X 30 X 4	ML	4,272.00	152.550	651,693.60	37.729	32.991	
MCHA0000	CHAPLAN DE PINO	ML	290.00	36.630	10,256.40	0.594	0.519	
MCLA0000	CLAYO	KG	3,120.00	1.942	6,062.16	0.351	0.307	
MDIE0030	DIESEL	LTS	470.00	2.775	1,304.25	0.076	0.066	
MMAD0002	MADERA DE PINO 3a	PT	1,200.00	15.651	18,781.20	1.087	0.951	
MMAL0006	MALLA ELECTROSOLDADA 6 X 6 6/6	M2	4,390.00	203.490	893,321.10	51.718	45.223	
MTRI0016	TRIPLAY PARA CIMBRA	M2	23,569.00	0.763	17,983.15	1.041	0.910	
					Subtotal	1,727,305.22	100.000	87.442
<b>MANO DE OBRA</b>								
J0000100	PEON	JOR	22,790.00	1.460	33,258.80	14.747	1.684	
J0000200	AYUDANTE	JOR	25,289.00	3.365	85,097.49	37.733	4.308	
J0000400	CARPINTERO OBRA NEGRA	JOR	30,951.00	0.555	17,177.81	7.617	0.870	
J0001000	FIERRERO	JOR	32,025.00	2.810	89,990.25	39.903	4.556	
					Subtotal	225,524.35	100.000	11.417
<b>HERRAMIENTA Y EQUIPO</b>								
H0000001	MANDO INTERMEDIO	%%	18,042.84	1.000	18,042.84	80.000	0.913	
H0000002	HERRAMIENTA MENOR	%%	4,510.71	1.000	4,510.71	20.000	0.228	
					Subtotal	22,553.55	100.000	1.142
					Total	1,975,383.12	100.000	

Con estos datos ya estamos en posibilidad de obtener nuestro programa de suministros de materiales, mano de obra, maquinaria y equipo. Ahora bien, cualquier cambio que nosotros decidamos hacer a los programas obtenidos en condiciones normales nos acarrearía una gran cantidad de cálculos, que de hacerse manualmente implicarían un número muy importante de horas- hombre y demora en la toma de decisiones, es por esto que sugerimos que el Ingeniero en Costos esté al tanto de los paquetes de computadora como los que aquí se mencionan. Existe en el mercado un gran número de programas que funcionan como hojas de cálculo, éste es, como hojas tabulares en las que se pueden manejar una gran diversidad de funciones que son de gran utilidad para casos como éste.

Usando un programa de los anteriormente mencionados podemos distribuir los insumos correspondientes a cada partida en la duración de la actividad partiendo del diagrama de barras, de donde obtenemos:

PROGRAMA DE EJECUCION  
 PARA NEGRA DE UNA EDIFICACION

PARTIDA												TOTALES				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Para CUBO				
<b>LIMITES</b>	-----0											1,487,923				
DRAS Y ACEROS CIMENTACION	-----0											2,844,306				
CREYES EN CIMENTACION	-----0											2,842,499				
MALC	-----0											549,587				
DRAS Y ACEROS EN COLUMNAS	-----0											4,638,932				
OS Y CASTILLOS ANCLAJES	-----0											12,363,961				
IAS	-----0											9,959,340				
												34,722,571				
<b>MATERIALES</b>												TOTAL	UNIDAD	P.U.	IMPORTE	
END DE REFUERZO D 2.5					0.0210	0.1355	0.1355					0.2920	TON	1,000,000	525,000	
END DE REFUERZO D 3		0.0790			0.0050	0.0490	0.0490					0.2400	TON	1,400,000	341,600	
END DE REFUERZO D 5					0.2200							0.2200	TON	1,400,000	308,000	
LEITE MASHINA DE GASOLINA	0.0000			0.4460	0.0150	0.0005	0.0005	0.2295	0.2295			2.2400	LTS	2,300	3,159	
LEITE LUBRICANTE DIESEL	0.6310			0.1130	0.0140	0.0695	0.0695	0.0550	0.0550			0.4070	LTS	3,000	1,221	
ARABE RECOCIDO D 13		4.6700										4.6700	KG	1,950	8,737	
ARABE RECOCIDO D 10		4.5070			20.1020	4.9740	4.9740	0.1240	0.1240			33.1730	KG	1,072	63,844	
YEMA	3.4900			6.2660	0.7740	23.0090	23.0090	16.2345	16.2345			90.0490	M3	30,000	2,725,070	
YEX 15 D 15 O 4					109.0340							109.0340	ML	3,421	394,012	
YEX 15 D 30 O 4		152.5900			151.9510							304.5010	ML	4,272	1,308,020	
YFALTO OXIDADO D 12				27.6730								27.6730	KG	670	10,542	
ALFEDRA	0.0270				0.0020							0.0290	TON	120,000	3,400	
EHEMTO GRIS	1.7720			4.9310	0.1340	5.6780	5.6780	3.6090	3.6090			23.4030	TON	210,000	5,336,638	
MAFLAN DE PIMO		36.6300						9.2055	9.2055			93.0410	ML	200	15,411	
LAVO	0.4460	1.9420			25.0070			3.6905	3.6905			32.0560	KG	3,120	102,511	
LESEL	0.0070	2.7730			2.0000	51.9400	1.7045	1.7045	1.4070	1.4070		64.7930	LTS	076	30,453	
HELA DE PIMO DE 3a					1.0450							3.5610	P1	1,101	1,804	
ENGLION ASFALTICA (PRIMER)					10.1470							10.1470	M2	905	9,995	
FIBRA DE VIDRIO					5.7370	0.2590	10.3605	10.3605	3.3035	3.3035		35.5210	LTS	525	10,449	
ASOLINA NOVA	1.7490				7.0290	0.1040	3.0650	3.0650	2.9335	2.9335		24.6030	M3	30,000	738,990	
BRAYA	4.6710							110.1945	110.1945			461.7150	P1	1,200	790,549	
BARA DE PIMO DE 3a	9.6550	15.6510			11.4500	325.5950	39.7075	39.7075	5.3790	5.3790		214.2000	M2	4,399	940,349	
MALLA ELECTROREJADA 606/6-6		203.4900							70.5245	70.5245		141.0490	M2	2,442	344,442	
MALLA ELECTROREJADA 606/10-10												2.0000	P2A	15,000	30,000	
MARCO T (MONTAMARCO) DE 0.40 x 0.60					1.0450							1.0450	LTS	350	646	
PETROLEO					0.4000							0.4000	MLL	240,000	97,020	
FABRICE DE BARRO RECOCIDO					2.6390							2.6390	M3	13,333	35,186	
TEPETATE					14.1900							14.9530	M2	23,569	352,427	
TRIPLAT PARA CERRA		0.7630										9.4360	P2A	3,892	36,779	
TUBO DE CEMENTO DE 15 CMS					9.4360							103.1030	ML	7,950	1,642,292	
VEGETA PRETEGIDA												206.3790	ML	7,950	1,642,292	
<b>SUBTOTAL MATERIALES SEMANAL</b>	674,200	1,727,302	0	1,400,449	2,623,220	2,309,124	2,309,124	2,404,221	2,400,221	0	0					16,229,960
<b>ERQUIPO</b>																
CORTADORA DE MESA					0.0010	0.0010	0.0010					0.0030	P2A	1,230,350	9,491	
MALCATE ELBA					0.0013	0.0013	0.0017	0.0003	0.0003			0.0030	P2A	12,044,250	63,221	
REVOLVEDORA DE UN TACO	0.0050			0.0020	0.0007	0.0007	0.0010	0.0003	0.0003			0.0060	P2A	6,609,550	40,137	
VIDABOVI V.G.A.				0.0030	0.0010	0.0010	0.0017	0.0007	0.0007			0.0000	P2A	3,109,600	24,977	
MANGUERA DE SUCCION												0.0004	J60	772,926	0	
CARTRON PIPA												0.0000	P2A	91,740,315	0	
BLOQUERO MOPELO V 13					0.0243	0.0243	0.0300	0.0137	0.0137			0.1140	P2A	9,163,350	1,044,050	
DISCO PARA CORTADORA DE 1/4					0.0447	0.0447	0.4447					1.3340	P2A	24,900	32,003	
<b>SUBTOTAL ERQUIPO SEMANAL</b>	4,490	0	0	22,700	0	261,377	261,377	395,354	133,777	133,777	0					1,215,459
<b>BAND DE OBRA</b>																
PEON	9.0990	0.7300	0.7300	9.0360	4.4000	21.6070	19.4000	30.0003	10.3923	10.3923		117.1230	J00	22,700	2,648,062	
ATRAMANTE	0.3640	1.6025	1.6025	2.1300	5.0950	7.5690	1.7740	2.2040	0.5120	0.5120		24.3400	J00	25,209	615,534	
OFICIAL ALBAÑIL	3.4040			4.7340	1.4210	11.6490	11.4690	17.3093	5.6403	5.6403		61.3670	J00	33,268	2,040,211	
CARPINTERO DE OBRA NEGRA		0.2775	0.2775		4.3955	4.2965		0.1373	0.1373	0.1373		9.6619	J00	30,951	299,010	
OPERADOR CARION DE CARGA	0.0300			0.1000	0.0140	0.0447	0.0447	0.0797	0.0350	0.0350		0.3910	J00	34,036	13,500	
FIEMPERO	1.4050	1.4050			1.4750	2.0443	0.3693	0.6020	0.0327	0.0327		7.3660	J00	32,023	242,301	
MANOS INTEREDIOS Y HERRAMIENTAS	10.002	10.002	10.002	10.002	10.002	10.002	10.002	10.002	10.002	10.002	10.002	1.0000	L01E	500,643.40	500,643	
<b>SUBTOTAL BAND DE OBRA SEMANAL</b>	303,101	124,030	124,030	462,030	529,500	1,400,797	984,420	1,077,637	493,209	493,209	0					6,475,077
<b>TOTAL COSTO DIRECCION SEMANAL</b>	1,026,131	1,051,340	124,030	1,974,136	3,154,000	4,051,497	3,635,120	4,361,211	3,113,207	626,907	0	23,920,497				23,920,197

Del ejemplo anterior podemos destacar cinco puntos importantes:

- Las cantidades del material a suministrar semanalmente.
- El personal necesario semanal para cumplir el programa.
- El equipo requerido semanalmente.
- Las cantidades totales de material, mano de obra y equipo.
- Las erogaciones semanales (a costo directo) mínimas necesarias.

Es importante recalcar que todo lo anterior se consiguió sin tener que realizar ninguna operación manual ya que la hoja de cálculo nos da la posibilidad de realizarlas mediante subrutinas relativamente sencillas y rápidas, de manera que cualquier cambio de último momento puede ser recalculado en un mínimo de tiempo.

Hasta aquí hemos obtenido el programa de recursos a costo directo de la obra por ejecutar, sin embargo, es necesario contar con un programa que incluya los costos indirectos así como las recuperaciones esperadas para poder financiar la obra (en caso de que estemos contratando con un particular o una dependencia gubernamental. Para poder lograr ésto la misma hoja de cálculo nos permite hacer un programa de FLUJO FINANCIERO que incluya lo mencionado anteriormente, y quedaría de la siguiente manera:

**PROFORMA OPERATIVA CON INDIRECTOS**

PARTIDA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTALES	TOTALES
													ACUMULADOS	PROGRAMADOS
MATERIALES	P	634,200	1,727,302	0	1,400,469	2,625,220	2,389,124	2,389,124	-2,400,221	2,400,221	0	0	0	16,229,950
	R												0	0
EQUIPO	P	6,490	0	0	22,700	0	261,577	261,577	393,354	133,777	133,777	0	0	1,215,459
	R												0	0
MANO DE OBRA	P	385,101	124,030	124,030	462,959	529,500	1,400,797	984,420	1,077,637	493,209	493,209	0	0	6,475,077
	R												0	0
MANEJO TECNICA	P	0	1,000,000	0	1,000,000	0	1,000,000	0	1,000,000	0	1,000,000	0	0	5,000,000
	R												0	0
CAJA CHICA	P	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	0	0	2,500,000
	R												0	0
IMPUESTOS POR MANO DE OBRA	P	0	350,000	0	350,000	0	350,000	0	350,000	0	350,000	0	0	1,750,000
	R												0	0
OTROS	P	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	0	0	1,500,000
	R												0	0
TOTAL EGRESOS	P	1,426,151	3,601,340	524,030	3,724,136	3,954,000	5,061,497	4,039,120	6,111,211	3,515,207	2,576,907	0	0	34,670,497
	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CORRITOS NETOS	P	9,796,303	1,074,115	1,074,115	2,146,074	2,151,797	4,030,597	3,090,990	5,579,026	2,400,036	2,400,036	0	0	34,722,571
	R												0	0
FLUJO SEMANAL	P	0,370,434	(2,527,226)	550,976	(1,577,263)	(1,463,003)	(970,900)	(944,130)	(531,305)	(1,026,371)	111,049	0	0	2 AVANCE SEMAN EGRESOS
	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PROGRAMADO 0.002
														REAL 0.002
FLUJO ACUMULADO	P	0,370,434	5,043,200	6,393,204	4,816,021	3,413,019	2,442,110	1,497,981	966,596	(59,775)	52,074	52,074	0	2 AVANCE SEMAN INGRESOS
	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PROGRAMADO 0.002
														REAL 0.002
PRODUCTOS FINANCIEROS	P	32,734	37,144	40,044	31,164	22,322	16,547	10,703	7,423	1,000	1,715	1,723	0	0
	R													
		32,734	01,070	130,722	161,007	184,400	200,956	211,659	219,002	220,006	221,000	223,526		

De este programa obtenemos los siguientes datos:

- a) Los recursos totales necesarios semanalmente.
- b) Los importes totales por erogar en cada rubro.
- c) El flujo financiero de la obra.

Cabe hacer notar que todo lo expuesto anteriormente se maneja dentro de la misma hoja de cálculo por lo que no es necesario manejar los datos ya existentes manualmente, es decir, los datos obtenidos anteriormente referentes a materiales, equipo y mano de obra son colocados directamente por la máquina, de la misma manera fueron distribuidos los cobros supuestos de acuerdo a los tiempos de ejecución. En nuestro ejemplo se supone que se nos otorga un anticipo del 25% y que los cobros serán semanales, así como un 45% por concepto de costos indirectos, lo que nos marca la diferencia entre los importes del presupuesto y los que aparecen en el programa de barras.

#### 4.- Controles de costos en obra:

Los principales aspectos que se deben controlar en una obra en cuanto a costos son básicamente:

- a) Control de materiales.
- b) Control de mano de obra.
- c) Control de equipo y maquinaria.
- d) Control de avances y estimaciones.

##### a) Control de materiales

Hay dos aspectos importantes en el control de materiales que son: volumen y costo.

Partiendo de los programas mencionados el apartado anterior se pueden obtener sistemas de control sencillos y prácticos que nos permitan controlar estos dos aspectos prácticamente al detalle.

Para lo anterior, proponemos una forma (que se puede llevar dentro de la misma hoja de cálculo electrónica mencionada anteriorente) como la que se expone a continuación.

CONTROL DE SUMINISTRO DE MATERIALES

SEMANA # 8 (OCHO)

MATERIALES	VOLUMEN TOPE	UNIDAD	P.U. MAXIMO	IMPORTE	SUMINISTRADO ESTA SEMANA	IMPORTE ESTA SEMANA	SUMINISTRADO ANTERIOR	SUMINISTRADO TOTAL	POR SUMINISTRAR	IMPORTE PAGADO	P.U. PROMEDIO
ALERO DE REFUERZO Ø 2.5	0.2920	TON	1,800,000	525,600	0.1500	273,000	0.0050	0.2410	0.0510	421,750	1,750,000
ALERO DE REFUERZO Ø 3	0.2400	TON	1,400,000	361,600			0.2000	0.2000	0.0400	360,000	1,000,000
ALERO DE REFUERZO Ø 5	0.2200	TON	1,400,000	308,000	0.1000	145,435	0.1200	0.2200	0.0000	320,000	1,454,545
ACEITE MACHINA DE GASOLINA	2.2450	LTS	2,300	5,159			2.2450	2.2450	0.0000	5,000	2,229
ACEITE LUBRICANTE DIESEL	0.4070	LTS	3,000	1,221			0.4070	0.4070	0.0000	1,200	3,194
ALAMBRE RECOCIDO Ø 13	4.4760	KG	1,950	8,717			5.6000	5.6000	(1.1300)	9,500	1,661
ALAMBRE RECOCIDO Ø 10	35.1730	KG	1,072	45,044			30.5000	30.5000	4.6730	54,000	1,770
ARENA	90.0490	M3	30,000	2,725,470	10.0000	470,000	40.0000	50.0000	40.0490	2,350,000	47,360
AREX 15 Ø 19 Ø 4	100.0300	ML	3,621	394,012	50.0000	235,062	25.0000	81.0000	28.0300	340,000	4,190
AREX 15 Ø 30 Ø 4	304.5010	ML	4,272	1,300,020	130.0000	402,500	134.0000	260.0000	36.5010	965,000	3,401
ASFALTO OXIDADO Ø 12	27.4750	KG	670	10,542			27.6750	27.6750	0.0000	21,200	770
CALHIBRA	0.0290	TON	120,000	3,400			0.0290	0.0290	0.0000	3,200	110,345
CEMENTO GRIS	25.4030	TON	210,000	5,330,630	12.0000	3,501,329	5.0000	17.0000	0.4030	4,960,500	291,794
CHAFLAN DE PINO	55.0410	ML	200	15,411			0.0000	0.0000	55.0410	0	0
CLAVO	32.0560	KG	3,120	102,511			30.0000	30.0000	2.0560	80,650	2,935
DIESEL	64.7930	LTS	070	30,453			70.0000	70.0000	(5.2070)	34,100	407
LAJOLA DE PINO DE 3ø	1.5610	PT	1,101	1,004			0.0000	0.0000	1.5610	0	0
EMULSION ASFALTICA (PRIMER)	1.0430	LTS	2,605	4,006			0.0000	0.0000	1.0430	0	0
FIBRA DE VIDRIO	10.1470	M2	905	9,995			0.0000	0.0000	10.1470	0	0
GASOLINA NOVA	35.5210	LTS	525	10,449	30.0000	24,600	0.0000	30.0000	5.5210	24,400	820
GRANA	20.4030	M3	30,000	700,000	16.0000	504,727	6.0000	22.0000	2.4030	694,000	31,545
LAJOLA DE PINO DE 3ø	661.7150	PT	1,200	794,050	225.0000	253,000	450.0000	211.7150	510,000	1,133	
MALLA ELECTROSOLDADA 60x6-6	214.2000	M2	4,370	940,549			0.0000	0.0000	214.2000	0	0
MALLA ELECTROSOLDADA 60x10-10	141.0490	M2	2,442	344,442			0.0000	0.0000	141.0490	0	0
BARCO Y CONTRAMARCO DE 0.40 Ø 0.60	2.0000	PZA	15,000	30,000			0.0000	0.0000	2.0000	0	0
PETROLEO	1.0450	LTS	350	446			0.0000	0.0000	1.0450	0	0
LAGAJE DE BARRO RECOCIDO	0.4000	MILL	240,000	97,920			0.0000	0.0000	0.4000	0	0
TEFPATITE	2.6390	M3	15,333	35,106			0.0000	0.0000	2.6390	0	0
TRIPLE PLAY 7/8x CINDRA	14.9530	M2	23,569	352,427			0.0000	0.0000	14.9530	0	0
TUJO DE CONCRETO DE 15 CMS	9.4500	PZA	3,892	36,779			0.0000	0.0000	9.4500	0	0
VIGUETA PRETENSADA	204.3700	ML	7,950	1,642,292			0.0000	0.0000	204.3700	0	0
					TOTALES	5,091,073				11,162,700	

En este ejemplo estamos suponiendo que en la obra ya se a trabajado a lo largo de ocho semanas y que los envíos de material han sido como se registran.

A partir de esta forma obtenemos datos que nos reflejan inmediatamente si los suministros de materiales son acordes con lo programado originalmente, y si existe alguna anomalía nos permite detectar en donde se está produciendo; por ejemplo, podemos comparar el volumen suministrado con el volumen tope y así darnos cuenta de que en alambre recocido ya se suministro mayor cantidad de la programada originalmente, y que hay muchos materiales suministrados en su totalidad por lo que habrá de detener o por lo menos verificar cuidadosamente los próximos envíos para determinar si corresponden a obra extra no contemplada originalmente o si ha sido un mal manejo de estos materiales en obra.

Así mismo nos permite comparar los precios unitarios considerados para cada material en el momento de programar con los pagados realmente para tomar las decisiones correspondientes.

Usando la hoja de cálculo electrónica los únicos datos que es necesario introducir semanalmente son los que corresponden a la semana actual y todo lo demás se ajusta automáticamente (todo con subrutinas muy sencillas).



Es importante que el flujo de información en este caso sea recíproco y ágil, es decir, que el encargado de la obra remita su información a tiempo y adecuadamente a oficina central y que esta emita su reporte a obra de la misma manera.

Además de esto, lógicamente se deben llevar en el almacén de cada obra los cardex correspondientes a cada uno de los materiales, además del control de entradas y salidas de almacén.

### b) Control de mano de obra.

La forma de llevar este control es similar a lo descrito en materiales. Así pues basándonos en nuestro ejemplo, una forma de llevarlo a cabo sería como se muestra en la siguiente tabla, haciendo hincapié en que podemos observar en forma clara la diferencia que hay entre nuestros importes máximos y el total que se ha pagado.

#### CONTROL DE MANO DE OBRA

SEMANA # 8 (OCHO)

MANO DE OBRA	VOLUMEN TOPE	UNIDAD	P.U. MAXIMO	IMPORTE	LISTA RAYA ESTA SEMANA	IMPORTE L.R. ESTA SEMANA	ACUMULADO ANTERIOR	ACUMULADO TOTAL	N. DE O. FALTANTE	PAGADO TOTAL
PEON	117.1230	JOR	22,700	2,660,042	24.0000	546,720	83.0000	107.0000	10.1230	2,437,460
AYUDANTE	24.3400	JOR	25,289	615,534	6.0000	151,734	13.0000	19.0000	5.3600	400,491
OFICIAL ALBANIL	61.5670	JOR	33,260	2,040,211	12.0000	399,216	41.0000	53.0000	0.5670	1,763,204
CARPINTERO DE OBRA NEGRA	9.6610	JOR	30,951	299,010	4.0000	123,804	3.0000	7.0000	2.6610	216,657
OPERADOR CARION DE CARGA	0.3910	JOR	34,036	13,300			0.0000	0.0000	0.3910	0
PIERREDO	7.5660	JOR	32,025	242,361	2.0000	64,050	4.0000	6.0000	1.5660	192,150
RANDOS INTERMEDIOS Y HERRAMIENTAS	1.0000	LOTE	500,643.40	500,643	10.002	120,552	10.002	10.002	10.002	500,996
					TOTALES	1,414,076				3,598,950

En ocasiones es conveniente manejar la mano de obra por destajos con lo cual lo primero que habría que definir son estos destajos. Suponiendo estos fijados, la forma de control podría ser de la siguiente manera:

CONTROL DE MAND DE OBRA POR DESTAJO

SEMANA # \_\_\_\_\_

DESTAJOS	VOLUMEN TOPE	UNIDAD	P.U. MAXIMO	IMPORTE	EJECUTADO ESTA SEMANA	IMPORTE ESTA SEMANA	EJECUTADO ANTERIOR	EJECUTADO TOTAL	PGR EJECUTAR	IMPORTE PAGADO
LIMPIEZA DEL TERRENO	89.30	M2	1,973	176,220				0.0000	89.3000	
TRAZO Y NIVELACION	89.30	M2	132	11,780				0.0000	89.3000	
EXCAVACIONES Y ACARREOS	6.75	M3	2,437	16,447				0.0000	6.7500	
PLANTILLA DE CONCRETO	125.09	M2	244	30,545				0.0000	125.0900	
HABILITADO Y COLOCACION DE CIBRA	5.55	M2	20,450	113,495				0.0000	5.5500	
HABILITADO Y COLOCACION DE ACERO	0.00	TON	100,005	7,566				0.0000	0.0750	
COLOCACION DE MALLA	100.00	M2	59	10,593				0.0000	100.0000	
COLOCACION DE ARNEX	135.00	ML	146	19,672				0.0000	135.0000	
COLADO DE CONCRETO EN CIMENTACION	11.45	M3	19,731	225,924				0.0000	11.4500	
IMPERMEABILIZACION DE CADENAS	61.50	ML	321	19,760				0.0000	61.5000	
FULIDO DE LOSAS	89.30	M2	411	36,713				0.0000	89.3000	
COLOC. DE TUBERIA PARA DRENAJE (con cana de arena y rellenos)	9.00	ML	5,755	51,794				0.0000	9.0000	
REGISTROS DE 6.40 x 0.60	2.00	PZA	0,632	17,265				0.0000	2.0000	
HABILITADO Y COLOCACION DE CIBRA	103.20	M2	3,930	406,374				0.0000	103.2000	
COLOCACION DE ARNEX	230.96	ML	330	76,194				0.0000	230.9600	
HABILITADO Y COLOCACION DE ACERO	0.31	TON	83,082	25,399				0.0000	0.3060	
COLADO DE CONCRETO EN COLUMNAS	10.21	M3	70,578	720,601				0.0000	10.2100	
CASTILLOS ANOGABOS	113.14	ML	794	90,075				0.0000	113.1400	
MURO DE BLOQUE 15 x 20 x 40	266.79	M2	3,714	990,027				0.0000	266.7900	
COLOCACION DE MALLA EN CHAROLAS	3.07	M2	14,780	45,129				0.0000	3.0700	
LOSA DE VIGUETA Y BOVEDILLA (colocacion, malla y concreto)	137.50	M2	5,904	812,315				0.0000	137.5000	
FULIDO DE LOSAS	57.66	M2	313	18,051				0.0000	57.6600	
COLOCACION DE CHAPLAN	50.22	ML	339	27,077				0.0000	50.2200	
<b>TOTALES</b>				<b>3,949,797</b>						

En este punto es necesario hacer una reflexión, el pago de mano de obra incluye además de los pagos líquidos a los trabajadores el factor de salario real correspondiente hasta este punto el FSR se ha considerado dentro de los sueldos de los trabajadores ya que estamos suponiendo pagos por administración.

Esto se puede desglosar hasta el extremo que consideremos más conveniente en cada caso.

Sin embargo al fijar destajos si es importante separarlos ya que al acuerdo que se llega con el destajista generalmente es por montos netos sin incluir ni impuestos ni aguinaldos, es por esto que si ponemos atención los montos totales a pagar en las dos formas propuestas de control no coinciden.

Igual que en el caso de control de materiales si estos no se llevan directamente en la obra será necesaria una forma de apoyo enviada por obra parecida a la siguiente:

CONTROL DE MANO DE OBRA POR DEBAJO  
 REPORTE SEMANAL DE CAMPO

SEMANA # \_\_\_\_\_

DEBAJOS	VOLUMEN		P.U.		EJECUTADO ESTA SEMANA	IMPORTE ESTA SEMANA
	TOPE	UNIDAD	RANCHO	IMPORTE		
LIMPIEZA DEL TERRENO	89.30	M2	1,975	176,220		
TRAZO Y NIVELACION	89.30	M2	132	11,740		
EXCAVACIONES Y ACARREOS	6.75	M3	2,437	16,447		
PLANTILLA DE CONCRETO	125.09	M2	244	30,545		
HABILITADO Y COLOCACION DE CIBRRA	5.55	M2	20,450	113,495		
HABILITADO Y COLOCACION DE ACERO	0.00	TON	100,005	7,366		
COLOCACION DE HALLA	180.00	M2	59	10,593		
COLOCACION DE ANEX	135.00	ML	146	19,672		
COLADO DE CONCRETO EN CIMENTACION	11.45	M3	19,731	225,924		
IMPERMEABILIZACION DE CADENAS	61.50	ML	321	19,760		
PULIDO DE LOSAS	89.30	M2	411	36,713		
COLOC. DE TUBERIA PARA DRENAJE (con capa de arena y rellenos)	9.00	ML	5,755	51,794		
REGISTROS DE 0.40 x 0.60	2.00	PZA	8,632	17,265		
HABILITADO Y COLOCACION DE CIBRRA	193.20	M2	3,930	406,376		
COLOCACION DE ANEX	230.96	ML	336	75,196		
HABILITADO Y COLOCACION DE ACERO	0.31	TON	83,002	23,399		
COLADO DE CONCRETO EN COLUMNAS	10.21	M3	70,578	720,601		
CASTILLOS ANEGADOS	113.14	ML	796	90,075		
MURO DE BLOCK 15 x 20 x 40	266.79	M2	3,714	990,827		
COLOCACION DE HALLA EN CHAROLAS	3.07	M2	14,700	45,129		
LOSA DE VIGUETA Y DOVEDILLA (colocacion, halla y concreto)	137.50	M2	5,904	812,315		
PULIDO DE LOSAS	57.66	M2	313	10,051		
COLOCACION DE CHAFLAN	50.22	ML	539	27,077		
<b>TOTALES</b>				<b>3,949,797</b>		

Todas las indicaciones y consejos dados en control de materiales son válidos para este caso también.

**c) Control de maquinaria y equipo.**

Este tipo de control es muy importante, principalmente en obras de urbanización o construcción pesada debido a la gran cantidad de equipo que se utiliza en este tipo de obras. El tradicional sistema de control que se lleva a cabo se enfoca principalmente a una tomaduría del tiempo que trabajan las máquinas, lo cual es importante; sin embargo, se debe reforzar este sistema llevando a cabo un análisis de los rendimientos que se esperaban de las máquinas y los rendimientos reales que se obtienen, para lo cual proponemos la siguiente forma como complemento de las ya existentes para el control de maquinaria y equipo:

CONTROL DE MAQUINARIA Y EQUIPO

REPORTE SEMANAL

DESCRIPCION DEL EQUIPO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	PRODUCCION SEMANAL
P						
R						
P						
R						
P						
R						
P						
R						
P						
R						

d) Control de programa general.

A partir del programa general (proforma operativa) obtenido en el apartado correspondiente a programas podemos obtener un sistema de control de gran utilidad como el que exponemos a continuación:

PROFORMA OPERATIVA CON INDIRECTOS

PARTIDA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTALES ACUMULADOS	TOTALES PROGRAMADOS
MATERIALES	P	634,290	1,727,302	0	1,400,467	2,625,229	2,389,124	2,389,124	2,400,221	2,400,221	0	0	2,361,503	16,229,760
	R	520,000	2,154,630											2,674,630
EQUIPO	P	6,670	0	0	22,790	0	261,577	261,577	395,354	133,777	133,777	0	6,670	1,215,454
	R	6,670	0											6,670
MAND DE ODBA	P	305,181	124,030	124,030	462,959	529,580	1,400,797	984,420	1,477,637	493,209	493,209	0	509,219	6,475,077
	R	325,000	173,045											470,045
MORTUA TECNICA	P	0	1,000,000	0	1,000,000	0	1,000,000	0	1,000,000	0	1,000,000	0	1,000,000	5,000,000
	R	0	1,000,000											1,000,000
CAJA CRICA	P	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	0	500,000	2,500,000
	R	100,000	210,000											370,000
IMPUESTOS POR MAND DE ODBA	P	0	350,000	0	350,000	0	350,000	0	350,000	0	350,000	0	350,000	1,750,000
	R	0	350,000											350,000
OTROS	P	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	0	300,000	1,500,000
	R	0	100,000											100,000
TOTAL EGRESOS	P	1,426,131	3,001,340	324,030	3,724,136	3,350,900	5,001,497	4,035,120	6,111,211	3,510,207	2,376,707	0	5,027,091	34,670,417
	R	1,031,670	3,107,675	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,019,365
CUBROS NETOS	P	9,796,305	1,074,115	1,074,115	2,146,074	2,151,797	4,030,597	3,090,990	5,379,026	2,400,036	2,400,036	0	10,070,699	34,722,571
	R	10,245,643	1,200,000											11,405,643
FLUJO SEMANAL	P	0,370,434	(2,527,226)	550,976	(1,377,263)	(1,403,003)	(970,900)	(944,130)	(351,305)	(1,026,371)	111,049	0	2 AVANCE SEGUN EGRESOS	
	R	9,213,953	(2,707,675)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PROGRAMADO 14,500
FLUJO ACUMULADO	P	0,370,434	9,903,200	6,393,204	4,016,021	3,413,017	2,442,110	1,497,901	946,596	(59,775)	52,074	52,074	2 AVANCE SEGUN IMPRESOS	
	R	9,213,953	6,466,270	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PROGRAMADO 31,312
PRODUCTOS FIJAMETEROS	P	52,734	37,144	40,044	31,144	22,522	16,547	10,703	7,023	1,004	1,715	1,725	REAL 33,090	
	R	57,127	40,445											

Como podemos observar es exactamente el mismo formato obtenido anteriormente; solo que en éste, cada apartado tiene dos renglones marcados con P y R respectivamente en renglón correspondiente a P es el obtenido de acuerdo a la programación efectuada en el renglón R introduciremos semanalmente los datos reales erogados por cada concepto y los cobros reales correspondientes.

Se está suponiendo que ya transcurrieron dos semanas, mismas que aparecen reflejadas en los renglones correspondientes a R en la 1 y 2 semanas.

Aprovechando nuestra hoja de cálculo electrónica los únicos datos que hay que suministrar al sistema son estas erogaciones reales semanales y los cobros correspondientes a partir de estos datos la máquina nos calculará:

- 1.- Totales acumulados que son las sumas tanto de lo programado como de lo real de esas dos semanas exclusivamente, lo que nos permite una comparación eficiente para cada caso.
- 2.- Total de egresos que son las sumas de todos los egresos efectuados con su correspondiente total acumulado.
- 3.- Flujo semanal y flujo acumulado que nos da una visión rápida y efectiva de nuestro estado financiero y su comparación con lo programado.
- 4.- Productos financieros semanales programados contra reales.
- 5.- Porcentajes de avances programados contra avances reales que estan separando en egreso e ingresos para poder detectar más rápidamente si en determinado momento el problema es de cobros o de gastos.

Con una forma de este tipo y con la ayuda de las expuestas anteriormente y en el caso de que se presentara alguna anomalía se simplifica la detección de la misma y se agiliza la toma de decisiones para corregirla.

## CAPITULO XIII

### LOS COSTOS EN LA CONSTRUCCION ANTE UN PROBLEMA INFLACIONARIO

---

### XIII. LOS COSTOS DE LA CONSTRUCCION ANTE UN PROBLEMA INFLACIONARIO

Cuando en un país se aumenta la emisión del billetes más allá de los límites convertibles, esta acción trae como consecuencia que el circulante pierda valor efectivo, y por lo tanto decrece su poder adquisitivo con el consecuente aumento del costo de la vida, además de esto se produce un aumento en la emisión de la deuda de dicho país. A este fenómeno se le conoce con el nombre de INFLACION.

Por otra parte, si el aumento de la deuda externa se enfoca únicamente a abrir el déficit presupuestal, descuidando otros aspectos como podría ser la inversión en otros rubros como la industrialización del país o la infraestructura adecuada para producción, el problema inflacionario se ve aún más acentuado.

Otra repercusión del fenómeno de la Inflación se observa en los salarios, pues debido a la falta de control de precios, la gran mayoría de las mercancías suben de valor, teniendo entonces la necesidad de aumentar dichos salarios, lo cual contribuye a complicar en mayor grado el problema, puesto que está vinculado a un nuevo aumento en el costo de la vida.

Para detener el fenómeno inflacionario se han planteado algunas posibles soluciones como son, entre otras, la restricción de las emisiones de billetes, disminución de los gastos del estado, aumento de las exportaciones, devaluación monetaria, etc., aunque dichas soluciones no son fáciles de implementar, sobre todo a corto plazo.

En lo que respecta a la industria de la construcción en México, está tuvo un periodo de auge hasta el año de 1972, debido principalmente a que el incremento de costos era uniforme, y hasta cierto punto predecible.

La Camara Nacional de la Industria de la Construcción proporciona los siguientes índices para el periodo de 1954 a 1972:

Indice de materiales	1972 = 193.70
Indice de mano de obra	1972 = 490.60
Indice de materiales + mano de obra	1972 = 245.81
Los índices anteriores, con base a	1954 = 100

De acuerdo con los datos anteriores se puede observar que en un periodo de 18 años, los costos de los materiales tuvieron un incremento medio de aproximada-

mente 5% anual, la mano de obra del orden del 22% anual, mientras que materiales y mano de obra ponderados observaron un incremento del 8% anual sobre 1954.

A raíz de los diversos trastornos económicos vividos en el mundo, México no fue la excepción, y desde 1973 se comenzó a sentir la presión inflacionaria, lo cual afectó gravemente a la Industria de la Construcción. A partir de esto, Constructores y Contratantes se avocaron a encontrar mecanismos que sirvieron de base para ajustar los costos de Construcción en los contratos, tanto en la Obra Pública como en la Privada.

Además, durante los años de 1972 y 1973, la industria de la Construcción tuvo grandes crecimientos, del orden del 17% y 15.8 respectivamente en relación a 1960, y precisamente en estos dos años dicho crecimiento coincidió con la explosión inflacionaria, lo que provocó una grave escasez de insumos y el consecuente incremento en los costos de una obra.

Por otro lado, las empresas se descapitalizaron rápidamente, además comenzaron a surgir diferencias entre contratantes y contratistas en lo que se refiere a los contratos de obra que se encontraban en proceso, ya que en ellos no se contemplaba el ajuste de los costos.

A causa de todo lo anterior, la actividad constructora decayó notablemente, registrándose un crecimiento durante 1974 de únicamente 5.9% a valores constantes de 1960.

Fue hasta entonces que la Industria de la Construcción empezó a reaccionar, comenzaron a hacerse ajustes a los costos de las obras en proceso, pero estos ajustes fueron inadecuados, y por tanto muy ineficientes, esto se tradujo en una situación incierta y caótica, tanto para contratantes como para contratistas.

Como consecuencia de la situación que se presentaba, en el año de 1975 fué reconocida la necesidad de incluir en los contratos de Obra Pública, los ordenamientos de tipo legal necesarios para el ajuste de los costos de construcción. El gobierno Federal creó entonces una comisión intersecretarial para tratar este asunto, lo que desembocó en la creación de una "Clausula de Ajuste", la cual se presenta a continuación:

*CLAUSULA DE AJUSTE: Cuando los costos que sirvieron de base para calcular los precios unitarios del presente contrato, hayan sufrido variaciones originadas en incrementos en los precios de materiales, salarios, equipo y demás factores que integren dichos costos, que impliquen un aumento superior al 5% del valor total de la obra aún no ejecutada y amparada por este contrato, el contratista podrá solicitar por escrito a la Dependencia el ajuste de los precios unitarios proporcionando los elementos justificativos de su dicho.*

*Con base en la solicitud que presente el contratista, la Dependencia llevará a cabo los estudios necesarios para determinar la procedencia de la petición, en la inteligencia de que dicha solicitud sólo será considerada cuando los conceptos de obra que sean fundamentales estén realizándose conforme al programa de trabajo vigente en la fecha de solicitud, es decir, que no exista en ellos demora imputable al contratista.*

*De considerar procedente la petición del contratista, después de haber evaluado los razonamientos y elementos probatorios que este haya presentado, la dependencia ajustará los precios unitarios, los aplicará a los conceptos de obra que conforme a programa se ejecuten a partir de la fecha de presentación de la solicitud del contratista.*

*Si los costos que sirvieron de base para calcular los precios unitarios del presente contrato han sufrido variaciones originales en la disminución de los precios materiales, salarios, equipos y demás factores que integran dichos costos, que impliquen una reducción superior al 5% del valor de la obra aún no ejecutada, el contratista acepta que la dependencia, oyéndolo, para lo cual le concederá un plazo de 30 días a fin de que manifieste lo que a su derecho convenga, ajuste los precios unitarios como corresponda. Los nuevos precios se aplicarán a la obra que se ejecute a partir de la fecha de la notificación.*

Retomando lo anterior tenemos que cuando una obra de construcción se realiza en la época de condiciones inflacionarias, es necesario la corrección periódica de los costos, ajustándolos a los aumentos generales del mercado.

Para llevar a cabo estos ajustes pueden utilizarse diversos métodos dependiendo de factores como la importancia y magnitud tanto de la obra, las partes que la componen, el criterio que se establezca entre contratante y contratista, etc. }

Sea cual sea el método que se utilice, hay que recordar que el costo de una obra, esta compuesto fundamentalmente por salarios, materiales y uso de la maquinaria, y que cada uno de estos conceptos se comporta de manera diferente en el fenómeno inflacionario, puesto que ninguno de los tres sufre el mismo porcentaje de incremento, ni entre ellos mismos existen las mismas variaciones. Esto quiere decir que en el caso de los salarios, el incremento correspondiente a un peón de la construcción no necesariamente es igual al incremento de salario para los operadores de maquinaria pesada o para el personal directivo de una obra. Así mismo, el incremento en el costo de los materiales, no necesariamente será igual para el cemento, el acero, los explosivos, etc., como tampoco el incremento en el costo del equipo será igual para cualquier tipo de máquina.

Un sistema para hacer los ajustes de costos, es mediante el uso de algunas fórmulas como las que se verán más adelante, cuyo lapso de aplicación (mensual, trimestral, semestral o anual) dependerá fundamentalmente de la magnitud de la inflación,

por lo tanto de la necesidad de la pronta recuperación de las inversiones reales efectuadas en la obra. Una consideración importante que se deberá tener es la del volumen de trabajo que supone el realizar todos estos ajustes si la obra en cuestión se maneja con una cantidad importante de precios unitarios.

El criterio para la aplicación de cualquiera de las fórmulas que se utilizan, dependerá de la importancia de la variación de los conceptos ya mencionados de mano de obra, materiales y maquinaria y así puede utilizarse una fórmula sencilla como la a) en donde sólo se toman en cuenta los conceptos globales ya mencionados, ó con una fórmula más complicada como la b) en donde como se explicará más adelante, se toman en cuenta diferentes tipos de salarios, diferentes tipos de materiales y diferentes tipos de máquinas.

La fórmula más simple es la siguiente:

$$a).- PF = Pi \left( 0.55 \frac{Sf}{Si} + 0.30 \frac{Mf}{Mi} + 0.15 \frac{Ef}{Ei} \right)$$

en donde:

Pf = el nuevo valor obtenido en el costo o precio unitario del concepto que se esté analizando.

Pi = costo o precio unitario inicial o de la última revisión si esta es periódica.

$\frac{Sf}{Si}$  = la relación que existe entre el salario inicial al momento de la revisión (Sf) y el salario inicial (Si)

$\frac{Mf}{Mi}$  = La relación que existe entre el costo actualizado de los materiales (Mf) y el costo inicial de los mismos (Mi)

$\frac{Ef}{Ei}$  = El valor actualizado de la maquinaria considerada en forma de renta, depreciación, o valor de adquisición actualizado (Ef) al valor original (Ei)

La fórmula anterior, quiere decir que el costo y precio revisado está afectado en un 55% por salarios, 30% por materiales y un 15% por el uso de la maquinaria, porcentajes que pueden ser fácilmente determinados en cualquier análisis de costos.

Si existen diferencias importantes en los incrementos de salarios, materiales, maquinaria y el uso de alguno de ellos en el concepto que se analice, reviste especial importancia, se puede llegar a fórmulas tan complicadas como la siguiente:

$$b).- Pf = Pi \left( 0.05 \frac{Spf}{Spi} + 0.10 \frac{Sof}{Soi} + 0.05 \frac{Saf}{Sai} + 0.03 \frac{Mcf}{Mci} + 0.07 \frac{Mef}{Mei} + \right. \\ \left. + 0.08 \frac{Maf}{Mai} + 0.07 \frac{Mcef}{Mcei} + 0.20 \frac{Epf}{Epi} + 0.25 \frac{Eaf}{Eai} + 0.10 \frac{Ebf}{Ebi} \right)$$

donde:

spf = Salario actual de los peones

Spi = Salario inicial de los peones

Sof = Salario actual de los operadores de maquinaria pesada

Soi = Salario inicial de los operadores de maquinaria pesada

Saf = salario actual de los empleados que están en la administración de la construcción.

Sai = Salario inicial de los empleados que están en la administración de la construcción.

Mcf = Precio actual de los combustibles

Mci = Precio inicial de los combustibles

Mef = Valor actual de los explosivos

Mei = valor inicial de los explosivos

Maf = Valor actual del acero

Mai = Valor inicial del acero

Mcef = Valor actual del cemento

Mcei = Valor inicial del cemento

Epf = Valor actual del equipo pesado

Epi = Valor inicial del equipo pesado

Eaf = Valor actual del equipo de acarreo

Eai = Valor inicial del equipo de acarreo

Ebf = Valor actual del equipo de barrenación

Ebi = Valor inicial del equipo de barrenación

En caso de que se este realizando una obra en un país extranjero, existe la necesidad de dividir los análisis de costos en dos grupos que son:

Los pagos que deben hacerse en moneda local y por otro lado los pagos que deben hacerse en divisas extranjeras que generalmente es el dolar americano. }

Para ilustrar lo anterior, se transcriben las especificaciones relativas a un proyecto real que se ejecutó en la República de Colombia.

*Los reajustes al valor en moneda nacional y dólares de las estimaciones mensuales del Contrato para compensar los incrementos en costo de mano de obra, equipos y materiales para el trabajo, se harán a las estimaciones mensuales para todos los frentes de trabajo y por grupos, según se define a continuación.*

*Los ítemes de pago se presentan reunidos por frentes de trabajo así:*

*I      Generales*

*II     Excavaciones*

*III    Concretos y aceros*

Las fórmulas que se aplicarán son las siguientes:

1.- Para el frente de trabajo "Generales" la componente en moneda local se reajustará mediante la siguiente fórmula:

$$P_i = P_o \left( 0.45 \frac{S_i}{S_o} + 0.32 \frac{M_i}{M_o} + 0.13 \frac{G_i}{G_o} + 0.10 \right)$$

La componente en dólares se reajustará mediante la siguiente fórmula:

$$D_i = D_o \left( 0.15 \frac{E_i}{E_o} + 0.70 \frac{U_i}{U_o} + 0.15 \right)$$

2.- Para los grupos II "Excavaciones" la componente en moneda local se reajustará mediante la siguiente fórmula:

$$P_i = P_o \left( 0.44 \frac{S_i}{S_o} + 0.23 \frac{C_i}{N_o} + 0.15 \frac{G_i}{G_o} + 0.08 \frac{M_i}{M_o} + 0.10 \right)$$

La componente en dólares se reajustará mediante la siguiente fórmula:

$$D_i = D_o \left( 0.15 \frac{E_i}{E_o} + 0.38 \frac{M_{mi}}{M_{mo}} + 0.07 \frac{S_{pi}}{S_{to}} + 0.25 \frac{U_i}{U_o} + 0.15 \right)$$

3.- Para los grupos III "Concreto y aceros" la componente en moneda local se reajustará mediante la siguiente fórmula:

$$P_i = P_o \left( 0.45 \frac{S_i}{S_o} + 0.13 \frac{C_i}{C_o} + 0.18 \frac{A_i}{A_o} + 0.09 \frac{M_i}{M_o} + 0.05 \frac{G_i}{G_o} + 0.10 \right)$$

*La componente en dólares se reajustará mediante la siguiente fórmula:*

$$D_i = D_o \left( 0.15 \frac{E_i}{E_o} + 0.70 \frac{U_i}{U_o} + 0.15 \right)$$

*Los símbolos en las fórmulas anteriores tienen el siguiente significado.*

*P<sub>i</sub> = Valor ajustado de la componente en moneda local de cada uno de los pagos mensuales que deban hacerse por trabajo ejecutado.*

*P<sub>o</sub> = Valor liquidado a los precios unitarios del contrato de la componente en moneda local de cada uno de los pagos mensuales que deban hacerse por trabajo ejecutado.*

*J = Índice ponderado de mano de obra calculado en la siguiente proporción: diez por ciento (10%) del índice de mano de obra para maestros de obra, cuarenta y cinco por ciento (45%) del índice para oficiales y cuarenta y cinco por ciento (45%) del índice para ayudantes, que aparecen en el "Boletín Mensual de Estadística", publicado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en Bogotá y que durante el año de 1976 han aparecido en la Sección de precios y Salarios, Cuadro 4.6.2 Índice de Costos de materiales y Mano de Obra en la Construcción para la Ciudad de Medellín.*

*M = Índice total de precios de los materiales de construcción en Bogotá, que aparece en la "Revista de Banco de República", publicado mensualmente por dicho Banco en Bogotá, y que durante el año de 1976 ha aparecido en el Cuadro 8.6.1, Índice de Precios de los materiales de construcción en Bogotá columna: resumen total.*

*G = Precio por galón de una mezcla de combustibles y lubricantes constituida en la siguiente forma: noventa por ciento (90%) de aceite combustible (ACPM), ocho por ciento (8%) de gasolina corriente y dos por ciento (2%) de aceite para Carter SAE 30. El precio para la gasolina y el ACPM será el vigente el último día de un mes determinado en una planta distribuidora de Medellín. Para el aceite será el precio al por mayor de una distribuidora de Medellín.*

*N = Precio de venta por un kilo de dinamita Flexabel del sesenta por ciento (60%) en cartuchos de 2.5 cm (1 pulgada) de diámetro producida por la Fábrica de Explosivos Antonio Ricuarte de INDUMIL en Bogotá, para cantidades de 10 toneladas o más, en el último día de un mes determinado. El precio será el de venta en el Almacén.*

*C = Índice de precios del cemento gris (toneladas) en Bogotá, que aparece en la "Revista del Banco de la República", publicada mensualmente por dicho Banco en Bogotá y que durante el año de 1976 ha aparecido con el Cuadro 8.6.1., Índice de Precios de los materiales de construcción en Bogotá, columna minerales no metálicos y sus productos, cemento gris (toneladas).*

*A = Índice de precios de las varillas de hierro de 1/2" (toneladas) en Bogotá, que aparece en la "Revista del Banco de la República", publicada mensualmente por dicho Banco en Bogotá, que durante el año de 1976 ha aparecido en el Cuadro 8.6.1., índice de los Precios de los Materiales de Construcción en Bogotá, columna: hierro y artículos metálicos, varillas 1/2" (toneladas).*

*Di = Valor ajustado de la componente en moneda extranjera de cada uno de los pagos mensuales que deban hacerse por trabajo ejecutado.*

*Do = Valor liquidado a los precios unitarios del Contrato, de la componente en moneda extranjera de cada uno de los pagos mensuales que deban hacerse por trabajo ejecutado.*

*U = Índice para maquinaria y equipo de construcción: Construcción "Machinery and Equipment" (Code 112), tomado de la publicación "Wholesale Prices and Price Indexes", United States Department of Labor, Bureau of Labor Statistics.*

*E = Índice oficial de salarios de empleados en el País de origen del CONTRATISTA. se elegirá de común acuerdo la publicación en donde deberán tomarse estos índices, con base en la información solicitada en la Sección II.2.12 de estos documentos, pero tal índice se afectará mensualmente por la relación que exista entre la tasa de cambio para un dólar de los Estados Unidos de América y moneda del País de origen del Contratista, en tal forma que se obtenga un índice ponderado con relación al dólar de los Estados Unidos de América.*

*Mn = Índice para "Mining Machinery and Equipment" (Code 1192). Este índice se tomará de la publicación "Wholesale prices and Price Indexes", United States, Department of Labor, Bureau of Labor Statistics.*

*St = Índice para "Steel Mill Products" (Code 1013) tomado de "Wholesale prices and Price Indexes".*

*o = Corresponde a los índices al fin del mes calendario anterior a aquel durante el cual se cierra la Licitación.*

*i = Corresponde al mes calendario para el cual se hace el ajuste.*

## INDICES DE COSTOS

Otro sistema comunmente aceptado para la corrección periódica de costos en épocas inflacionarias es el que se basa en la utilización de Indices de costos, cuyo manejo debe ser cuidadoso, ya que cada uno de los insumos de la construcción puede tener Indices diferentes que no siempre es conveniente agrupar en un solo Índice General.

Se conoce como índice a un número cualquiera de una serie el cual sirve de indicador de los cambios con respecto al tiempo que se producen en una variable, con referencia a una base arbitraria (comunmente se toma como dicha base el 100), y representa el valor de la variable mencionada en un periodo especifico previo.

Resumiendo podemos definir al número índice como una medida estadística utilizada para mostrar los cambios sufridos por una variable o grupo de ellas con respecto al tiempo, y en ocasiones en respecto a otros factores que afectan también a dicha variable.

Por lo tanto el índice de costo es la relación entre el costo de un determinado bien o servicio en un periodo dado y el costo del mismo bien pero en otro periodo tomado como base.

$$Ic = \frac{Cn}{C1} \times 100$$

donde:

$Ic$  = Índice de costo.

$Cn$  = Costo de un periodo (n) dado.

$C1$  = Costo en el periodo base.

Por ejemplo, tenemos que para octubre de 1987 la varilla del No. 3 (3/8"), tenía un costo de 5,215.00, UM dado que en octubre de 1986 su costo era de 1,807.00 UM el índice correspondiente en base 1986 sera:

$$Ic = \frac{5251.00}{1807.00} * 100 = 288.60\%$$

De aquí podemos concluir que este producto tuvo un incremento de 288% en el transcurso de un año, es decir casi se triplicó su valor.

Hablando de índices de costos de construcción, por el momento sólo diremos que lo mismo nos podemos referir a los cambios en el costo de algún tipo de obra o de una máquina, vistos éstos como elementos aislados e independientes o bien vistos de manera general.

### *PROPIEDADES DE LOS INDICES.-*

Los índices tienen algunas limitaciones, para poder entender éstas con mayor claridad así como sus posibilidades es conveniente conocer sus propiedades.

llamaremos  $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$  a los costos de un determinado bien o servicio en los períodos 1, 2, 3 ..., n.

**1.- Propiedad de identidad** Un índice de costo en un período dado, con base en el mismo período, es igual a 100.

$$I_c = \frac{C_1}{C_1} * 100 = 100$$

Esta propiedad se puede ejemplificar en la tabla XIII.2 en la cual se cambió la base de 1974 a 1980 (operación que se verá más adelante), por lo que todos los datos fueron divididos por 336.9 dato correspondiente al mes de Enero de 1980, una vez cambiada la base, el primer dato observado es 100 porque se dividió por sí mismo:

$$\frac{336.9}{336.9} * 100 = 100$$

**2.- Propiedad de tiempo inverso.** Cuando dos períodos se intercambian, índices de costo correspondientes son recíprocos entre sí.

$$\frac{C_1}{C_2} * \frac{C_2}{C_1} = 1$$

Aplicando datos de la tabla XIII.2 tenemos:

$$C_2 \text{ mes febrero base 1974} = 342.50$$

ambos para el año de 1980.

$$C_1 \text{ mes febrero base 1980} = 101.66$$

$$\frac{101.66}{342.50} * \frac{342.50}{101.66} = \frac{34,818.55}{34,818.55} = 1$$

3.- **Indices en cadena o enlazados.** El índice de costo para un periodo dado, con respecto a otro periodo tomado como base. Siempre puede expresarse en términos de enlaces relativos entendiéndose por tales a la relación entre un costo y el costo del periodo precedente. O dicho de otra manera, como el producto de todos los índices de costos dividido cada uno de ellos entre el inmediato anterior.

$$\frac{C_n}{C_{n-1}} * \dots * \frac{C_4}{C_3} \frac{C_3}{C_2} \frac{C_2}{C_1} = \frac{C_n}{C_1}$$

donde

$C_n$  = sigue siendo una observación en el periodo n

$C_1$  = es la observación en el periodo base

Todo esto se puede apreciar más fácilmente en la tabla XIII.1

### INDICE NACIONAL DEL COSTO DE EDIFICACION DE LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL

	1974 = 100	INDICES EN CADENA O ENLAZADOS(*)
1980		
ENE	336.9	1.016622
FEB	342.5	1.018102
MAR	348.7	1.006595
ABR	356.1	1.014529
MAY	356.1	1.009828
JUN	359.6	1.009828
JUL	368.3	1.024193
AGO	375.9	1.020635
SEP	380.0	1.010907
OCT	383.7	1.009736
NOV	387.4	1.009642
DIC	389.4	1.005162

(\*)Esta columna se obtuvo de aplicar la formula:

DIC/NOV \* NOV/OCT . . . . \* FEB/ENE

que corresponde a los indices en cadena o enlazados.

Ahora bien nos falta demostrar que:

DIC/NOV \* NOV/OCT . . . . \* FEB/ENE = DIC/ENE

haciendo las operaciones correspondientes obtenemos:

1.155832 = 1.155832

FUENTE: INDICADORES ECONOMICOS DEL BANCO DE MEXICO.

TABLA XIII.1

**4.- Operación de índices entre distintos periodos.** Cuando ya se tienen calculados y tabulados los índices de costo para un cierto periodo base, puede ser necesario por alguna razón conocer los índices de costos de la misma serie respecto a otro periodo base, distinto al tomado originalmente.

Supongamos que:

$$I_{C(n,1)}, I_{C(n-1,1)}, \dots, I_{C(4,1)}, I_{C(3,1)}, I_{C(2,1)}$$

Son los índices de costos para un cierto artículo, en los períodos 2,3,4, ... , n-1,n, habiendo sido calculados todos con base 1.

Si establecemos que:

$$I_{C(n,3)}, I_{C(n-1,3)}, \dots, I_{C(4,3)}, I_{C(2,3)}, I_{C(1,3)}$$

Son los índices de costos para el mismo artículo, en los periodos 1,2,4, ... , n-1,n, calculados con base 3, tenemos que:

$$I_{C(n,3)} = \frac{I_{C(n,1)}}{I_{C(3,1)}} * 100$$

$$I_{C(n-1,3)} = \frac{I_{C(n-1,1)}}{I_{C(3,1)}} * 100$$

$$I_{C(1,3)} = \frac{I_{C(1,1)}}{I_{C(3,1)}} * 100$$

Para tener más claro lo anterior observemos la Tabla XV.2 en donde x tiene que la base 1 es 1974 = 100 (primera columna) y se desea cambiar a base 3, que es 1980 = 100. Entonces:

$$\text{Para Dic. 1982} \quad I_c(n, 1, 3) = \frac{887.6}{336.9} * 100 = 263.46$$

$$\text{Para Nov. 1982} \quad I_c(n-1, 3) = \frac{862.9}{336.9} * 100 = 256.13$$

$$\text{Para Ene. 1979} \quad I_c(1, 3) = \frac{258.7}{336.9} * 100 = 76.79$$

Como se puede observar toda la columna de base 3 se construyó de igual manera. Es muy importante tener en cuenta que los índices de costos nunca deben sumarse o restarse entre sí. Deben multiplicarse o dividirse según lo que se desee obtener.

		BASE (1) 1974 = 100	BASE (3) 1980 = 100	
ENE	1979	258.7	76.79	OBSERVACION 1, BASE (3) (1980)
FEB		267.4	79.37	
MAR		271.4	80.56	
ABR		274.5	81.48	
MAY		279.4	82.93	
JUN		282.8	83.94	
JUL		285.0	84.59	
AGO		289.5	85.93	
SEP		291.5	86.52	
OCT		294.3	87.36	
NOV		297.2	88.22	
DIC		300.8	89.28	
ENE	1980	336.9	100.00	PERIODO BASE (3)
FEB		342.5	101.66	
MAR		348.7	103.50	
ABR		351.0	104.19	
MAY		356.1	105.70	
JUN		359.6	106.74	
JUL		368.3	109.32	
AGO		375.9	111.58	
SEP		380.0	112.79	
OCT		383.7	113.89	
NOV		387.4	114.99	
DIC		389.4	115.58	
ENE	1981	433.4	128.64	
FEB		444.2	131.85	
MAR		447.6	132.86	
ABR		450.3	133.66	
MAY		461.7	137.04	
JUN		466.8	138.56	
JUL		472.9	140.37	
AGO		482.3	143.16	
SEP		485.7	144.17	
OCT		489.4	145.27	
NOV		506.2	150.25	
DIC		511.0	151.68	
ENE	1982	579.4	171.98	
FEB		596.7	177.11	
MAR		615.9	182.81	
ABR		675.5	200.50	
MAY		692.8	205.64	
JUN		712.0	211.34	
JUL		723.3	214.69	
AGO		775.3	230.13	
SEP		801.2	237.82	
OCT		824.1	244.61	
NOV		862.9	256.13	OBSERVACION n-1 BASE (3) (1980)
DIC		887.6	263.46	OBSERVACION n BASE (3) (1980)

FUENTE: INDICADORES ECONOMICOS DEL BANCO DE MEXICO

TABLA XIII.2

## *METODO PARA LA INTEGRACION DEL VALOR FINAL O PRECIO DE VENTA DE UNA OBRA EN UN PROCESO INFLACIONARIO.*

Existen ciertos criterios para la integración de un precio de venta cuando se está en un proceso inflacionario, a continuación se presenta uno de los más comunes.

Para realizar una modificación en el valor final de una obra, ocasionado por este fenómeno y para este procedimiento en especial; se requiere contar con los siguientes datos:

1.- Debemos contar con el programa de obra final, autorizado por la parte contratante o supervisión en su caso, donde se incluirán los avances mes a mes.

2.- Se requieren números generadores de volúmenes de obra ejecutados.

3.- Dependiendo del procedimiento que se realice para el cálculo de precios unitarios, se necesitarán algunos de los siguientes datos; tabulador de precios unitarios los cuales deben tener un periodo de vigencia determinado, o bien, índices inflacionarios establecidos o pronósticos de incrementos en los costos.

Una vez que contamos con estos datos, podemos desarrollar el siguiente procedimiento:

*I) Realizar un presupuesto con los volúmenes totales de obra, tomando como base los precios unitarios del mes de inicio de los trabajos, el cual se denomina presupuesto de origen (Po).*

*II) Elaborar presupuestos mes a mes, considerando los volúmenes totales de obra ejecutados con los precios unitarios del mes en cuestión, esto nos arrojará un presupuesto actualizado (Pa) para cada uno de los meses.*

*III) Por último se elabora una tabla para facilitar el cálculo del monto final del precio de venta. Esta tabla debe contener los principales datos referentes a la obra como son: Nombre del frente, número de registro, localidad, descripción breve de los trabajos efectuados, plazo de ejecución, prórrogas o reprogramaciones autorizadas, etc. Además la tabla debe presentar los montos correspondientes a los siguientes conceptos:*

a) Proyecto de inversión (Pi) que es la autorización del financiamiento primario que la Dependencia contratante estima que costará la obra según sus propios estudios.

b) Monto contratado (MC) que es el monto estipulado en el contrato que celebran ambas partes, el constructor y el contratante, dicho monto generalmente es igual al (Pi).

c) Presupuesto de origen (Po) cuya obtención se mencionó anteriormente y,

c') Presupuestos de actualización (Pa) con precios unitarios a cada mes del programa de obra.

d) Anticipo (A), el cual es otorgado por la parte contratante al constructor.

Una vez estipulados estos montos se calcula un factor de incremento (f), que regula los incrementos en función del anticipo, mediante la fórmula:

$$f = 1 - \frac{A}{Po}$$

Este factor es necesario porque el anticipo que se da al inicio de la obra, en un proceso inflacionario, no corresponde al porcentaje fijado en el contrato sobre el presupuesto inicial (Po).

En algunos casos se establece que la fórmula anterior debe ser afectada por un factor que compense la parte del anticipo utilizada para los gastos de inicio de obra y no para la adquisición de materiales que es el fin primordial del mismo.

**Con estos cálculos preliminares, podemos iniciar la construcción de la tabla:**

#### ***I.- PROCEDIMIENTO:***

En esta columna se escribe el tipo de procedimiento usado para el cálculo de precios unitarios que puede ser; como ya se mencionó anteriormente, por medio de tabuladores o índices.

#### ***II.- MES:***

Se presentan los meses que componen la duración total de la obra.

### *III.- PORCENTAJE DE AVANCE:*

Se escribe el porcentaje de avance de obra de cada uno de los meses indicados en la columna anterior.

### *IV.- PRESUPUESTOS PARCIALES AL INICIO (Ppo):*

Los cuales se obtienen de multiplicar el (Po) por cada uno de los renglones de la columna III, y la suma final de estos valores debe ser igual a (Po).

### *V.- PRESUPUESTO PARCIAL DE ACTUALIZACIÓN (Ppa):*

Se obtiene de multiplicar el porcentaje de avance por el (Pa) correspondiente a cada mes y al final se obtiene la suma total.

### *VI.- INCREMENTOS TOTALES:*

Se obtiene de restar en cada mes el (Ppo) del (Ppa).

### *VII.- PORCENTAJE DE INCREMENTO O AFETACION DEL ANTICIPO:*

Es el factor (f) ya calculado anteriormente.

### *VIII.- INCREMENTO REAL*

Son los incrementos totales afectados por (f).

Después de haber realizado las sumas correspondientes, se resume la integración del precio final de la obra como sigue:

$$\text{Valor final ó Precio de venta} = (\text{Po}) + \text{Incremento real} + \text{Obra extra (si existe)}$$

**Nota:** Si existe obra extra, se pone su valor total con precios unitarios al mes de ejecución de los trabajos; sin que se vea afectado por el anticipo, ya que son obras autorizadas posteriores a la fecha de contratación por las cuales normalmente no se da anticipo.

A continuación se presenta un ejemplo de una tabla de cálculo; haciendo notar que dicha tabla debe estar acompañada de todos los datos necesarios que avalen su veracidad.

Localidad: Frente:	Contrato: Contratista:	MC PO A 0.8A	2,138,012,000 3,206,911,229 534,503,000 427,602,400
Tipo de Obra: Fecha Calc.:	F Inicio: F Termino: Plazo: Prorrogas:	1-(0.8A/PO)	0.866662

PROCEDIMIENTO	A V A N C E		1	2	3	4	5
	MES	%	PRES. PARC. AL INICIO Ppo	PRES. PARC. ACTUALIZADO Ppa	INC. TOTALES (2-1): 1	% A INC	INC. REAL (3X4) : iR
TABULADOR	JUN/89	0.0850	272,587,454	272,587,454	0	0.866662	0
TABULADOR	JUL/89	0.0103	33,031,186	33,452,647	421,461	0.866662	365,265
TABULADOR	AGO/89	0.0237	76,003,796	77,153,722	1,149,926	0.866662	996,597
TABULADOR	SEP/89	0.0385	123,466,082	126,947,161	3,481,079	0.866662	3,016,920
TABULADOR	OCT/89	0.1074	344,422,266	356,104,112	11,681,846	0.866662	10,124,215
TABULADOR	NOV/89	0.0579	185,680,160	191,977,915	6,297,755	0.866662	5,458,026
TABULADOR	DIC/89	0.0000	0	0	0	0.866662	0
TABULADOR	ENE/90	0.1372	439,988,221	465,929,702	25,941,481	0.866662	22,482,502
TABULADOR ENE/90	FEB/90	0.0239	76,645,178	81,164,139	4,518,961	0.866662	3,916,413
TABULADOR ENE/90	MAR/90	0.0879	281,887,497	298,507,440	16,619,943	0.866662	14,403,877
TABULADOR ENE/90	ABR/90	0.1882	603,540,693	639,125,145	35,584,452	0.866662	30,839,700
TABULADOR ENE/90	MAY/90	0.1470	471,415,951	499,210,395	27,794,444	0.866662	24,088,395
TABULADOR ENE/90	JUN/90	0.0930	298,242,744	315,826,985	17,584,240	0.866662	15,239,597
	<b>SUMA CON TABULADOR</b>	1.00	3,206,911,229	3,357,986,817	151,075,588		130,931,506

RESUMEN:  
PRESUPUESTO AL INICIO (PO) 3,206,911,229  
INCREMENTO REAL (i) 130,931,506  
=====  
MONTO MAXIMO DE OBRA (P. V.) \$3,337,842,735

345

CAPITULO XIV

LA ESTADISTICA  
APLICADA A LOS COSTOS

---

## XIV. LA ESTADISTICA APLICADA A LOS COSTOS.

Cuando se va a desarrollar un concurso para la asignación de una obra en una entidad desconocida por el empresario, desde el punto de vista del tipo de mercado que se desarrolla en ese sitio, es necesario ingeniar un medio con el cual podamos realizar un presupuesto que sea competitivo con los que presentarán las Compañías locales, sin embargo, como el empresario foráneo no conoce el mercado tendrá que recabar una serie de datos históricos cuya manipulación con algunas herramientas estadísticas le permitirán determinar un rango de costo dentro del cual debe quedar el presupuesto que vaya a elaborar.

A continuación se presenta un método para resolver problemas similares al anteriormente expuesto, aclarando que para llevarlo a cabo nos podemos auxiliar además con una computadora, debido al gran volumen de información que se llega a manejar.

### EJEMPLO

#### 1.- Definir los datos a recolectar.

Estos datos serán los costos unitarios base más relevantes de la obra a concursar. Si la muestra es mayor o igual que 30 datos, se utilizará la distribución normal como aproximación; en caso contrario se utilizará la T de student para muestras pequeñas.

#### 2.- Obtención de la muestra.

Los precios unitarios pueden obtenerse de algunas Compañías Constructoras o de algunos concursos que se hayan efectuado en la entidad en cuestión o en alguna otra de características similares.

Dado que cada concurso en particular involucra un número importante de precios unitarios, será muy conveniente para fines prácticos analizar solamente aquellos de mayor importancia relativa (por volumen, costo unitario, etc).

3.- Suponiendo que los datos obtenidos pertenecen al precio unitario del concepto definido como "Cortes adicionales abajo de la subrasante cuando el material se utilice para la formación de terraplenes", son los que se presentan en la siguiente tabla:

252.00,	303.26,	330.84,	299.76,	160.00,	348.52
351.53,	417.20,	238.18,	184.82,	329.57,	381.31
470.29,	223.68,	241.30,	421.67,	375.70,	399.75
255.95,	225.27,	166.56,	309.95,	163.76,	279.82
248.30,	362.07,	340.95,	320.81,	209.69,	306.80

Cabe señalar que los datos históricos deben actualizarse utilizando los Índices de Incrementos que más se apeguen de acuerdo a la evolución de los costos de la entidad (ver cap. XIV). En este ejemplo se considera que estos datos están ya actualizados.

#### 4.- Calcular la distribución de los datos de la muestra empírica:

- El No. de intervalos no debe ser menor de 5 ni mayor de 20, para este caso se utilizarán 5 intervalos (r)

$$\text{El rango} = (\text{mayor valor} - \text{menor valor}) = 470.26 - 160.00 = 310.26$$

r	Intervalo de clase	Marca de clase (tr)	Frecuencia (fr)	Frecuencia relativa (fr')
1	160 - 222	191	5	0.167
2	223 - 285	254	9	0.300
3	286 - 348	317	8	0.267
4	349 - 411	380	5	0.167
5	412 - 474	443	3	0.100
SUMA			30	1.000

#### 5.- Calcular los parámetros de la muestra

$$\text{Media} = \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{r=1}^m frtr$$

$$\bar{X} = \frac{1}{30} [5(191) + 9(254) + 8(317) + 5(380) + 3(443)]$$

$$\bar{X} = 300.2$$

$$\text{Varianza} = Sx^2 = \sum_{r=1}^m fr'(tr-x)^2$$

$$Sx^2 = 0.167(191-300)^2 + 0.300(254-300)^2 + 0.267(317-300)^2 + 0.167(380-300)^2 + 0.100(443-300)^2$$

$$Sx^2 = 5809.79$$

Desviación estandar

$$Sx = \sqrt{Sx^2}$$

$$Sx = \sqrt{5809.79}$$

$$Sx = 76.22$$

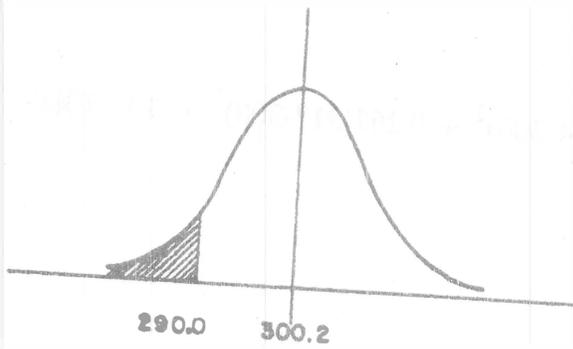
6.- Por condiciones bastante generales, considerando que los datos obtenidos de las insituciones constructoras representan las medias de sus precios utilizando el teorema del valor medio, podemos aproximar la distribución obtenido a una distribución normal, la cual enuncia que;  $X = \mu$  y  $\sigma_x = \frac{Sx}{\sqrt{n}}$

$$\text{así } \mu = 300.2 \quad \text{y} \quad \sigma_x = \frac{76.22}{\sqrt{30}} = 13.92$$

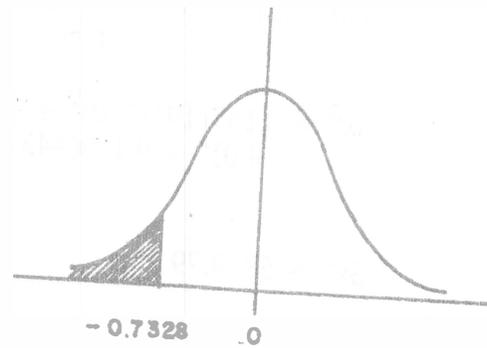
7.- Uno de los planteamientos del problema sería encontrar la probabilidad de que un cierto precio fuese menor que el de los demás concursantes. Para nuestro problema podemos plantear: Encontrar la probabilidad de que el precio unitario en una de las propuestas fuera menor de 290. (Esta probabilidad nos daría una idea de que tan competitivos podríamos ser concursando con ese valor)

Utilizando los valores de nuestra aproximación a la distribución normal, calculamos el valor de Z que es el utilizado en la distribución normal estandarizada para calcular un costo que quede dentro de un intervalo de confianza.

$$Z = \frac{Xc - \mu}{\sigma_x} = \frac{290 - 300.2}{13.92} = -0.7328$$



Distribución normal



Distribución normal estandarizada.

$$P(X \leq 290) = P(Z \leq -0.7328)$$

De tablas de Areas de distribución normal estandarizada encontramos que la probabilidad buscada es  $0.5 - 0.2673 = 0.2327$

Esto es, existe una probabilidad de 23.27% de que un concursante presente un precio unitario menor de 290 U.M. Esta información resultará sumamente valiosa para establecer por ejemplo una estrategia para concursar una obra.

## PUBLICACIONES

TITULO	AUTOR
INTRODUCCION AL PROCESO CONSTRUCTIVO	ING. ERNESTO R. MENDOZA SANCHEZ
FACTORES DE CONSISTENCIA DE COSTOS Y PRECIOS UNITARIOS	ING. JORGE H. DE ALBA CANSTAÑEDA ING. ERNESTO R. MENDOZA SANCHEZ
MOVIMIENTO DE TIERRAS.	ING. RAFAEL ABURTO VALDES ING. CARLOS M. CHAVARRI MALDONADO
PRINCIPALES MATERIALES SU FABRICACION Y EMPLEO EN LA CONSTRUCCION	ING. ERNESTO BERNAL VELAZCO
TECNICAS MODERNAS EN LA PRODUCCION DE AGREGADOS	ING. PEDRO L. BENITEZ ESPARZA
ACERO DE REFUERZO	ING. JORGE H. DE ALBA CASTAÑEDA
DISEÑO DE CIMBRAS DE MADERA	ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO
PROGRAMACION Y COTROL DE OBRAS	ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA ING. EMILIO GIL VALDIVIA
ADMINISTRACION EN INGENIERIA	ING. FRANCISCO CANOVAS CORRAL ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA ING. EMILIO GIL VALDIVIA
CONTABILIDAD: ANEXOS Y EJERCICIOS	ING. FRANCISCO CANOVAS CORRAL ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA ING. EMILIO GIL VALDIVIA
LOS COSTOS EN LA CONSTRUCCION	ING. RAFAEL ABURTO VALDES
MAQUINARIA PARA CONSTRUCCION	ING. RAFAEL ABURTO VALDES
CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS	ING. RAFAEL ABURTO VALDES
LOS EXPLOSIVOS EN LA CONSTRUCCION	ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO

LOS AUTORES SON PROFESORES DEL DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCION DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.