

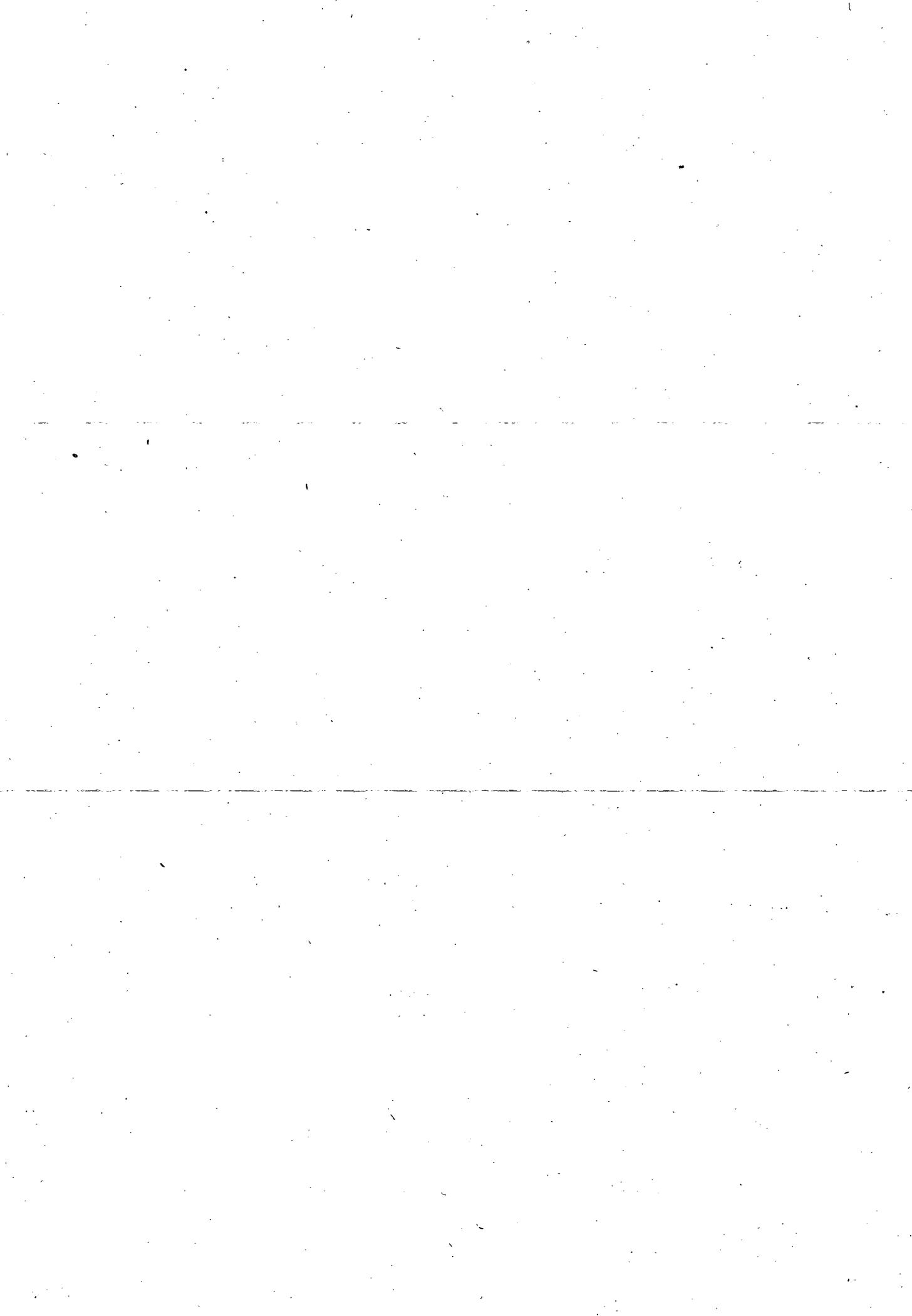
CAPACITACION PARA INGENIEROS PROYECTISTAS DE ZONAS DE RIEGO

INTEGRACION Y PRESENTACION DE CONCURSOS

T E M A "A"

- a.1.) Equipo de construcción
- a.2.) Rendimientos

ING. GERARDO TENA OROZCO
Noviembre 16, 1978



CURSO DE CAPACITACION PARA INGENIEROS PROYECTISTAS DE ZONAS DE RIEGO.-

INTEGRACION Y PRESENTACION DE CONCURSOS

TEMA "A": EQUIPO PARA CONSTRUCCION

a.1. GENERALIDADES.- Prácticamente no existe obra de la SARH - en la que no estén involucradas actividades de excavación, transporte y/o colocación de grandes volúmenes de materiales granulares pétreos y térreos, por lo que conviene tener presentes las propiedades y características de los mismos, ya que están íntimamente ligados con la maquinaria que se utilizará para manejarlos durante la construcción. Al respecto, deben quedar claras las siguientes definiciones:

Material en Banco.- El volumen de banco correspondiente a una terracería cualquiera, es el volumen que ocupa la misma antes de ser removida del sitio en que fué excavada. Generalmente, salvo indicación en contrario, los volúmenes para efectos de pago se miden en banco. El peso en banco, es el peso volumétrico del material en su estado original-inalterado.

Abundamiento o Esponjamiento.- El aumento de volumen que experimenta un material al ser excvado se conoce como abundamiento. El porcentaje de abundamiento de un material -

T A B L A 3-1

PESOS ESPECIFICOS O VOLUMETRICOS DE MATERIALES DIVERSOS

| M A T E R I A L | Kg./m ³ . | Lb./Yd ³ . | M A T E R I A L | Kg./m ³ . | Lb./Yd ³ . |
|-------------------------|----------------------|-----------------------|--|----------------------|-----------------------|
| ARCILLA: | | | GRAVA: | | |
| En bancos naturales | 1955 | 3300 | En bancos naturales | 1837 | 3100 |
| Excavada | 1360 | 2300 | Suelta y seca | 1600 | 2700 |
| | | | Suelta y húmeda | 1955 | 3300 |
| ARCILLA Y GRAVA: | | | Contaminada con arcilla, seca | 1600 | 2700 |
| En bancos naturales | 2015 | 3400 | Excavada en agua | 950 | 1600 |
| Material suelto, seco | 1600 | 2700 | | | |
| Material suelto, húmedo | 1840 | 3100 | LUTITAS Y PIZARRAS: | | |
| | | | En bancos naturales | 2725 | 4600 |
| ARENA: | | | Sueltas excavadas | 1540 | 2600 |
| En bancos naturales | 1900 | 3200 | | | |
| Suelta y seca | 1600 | 2700 | MINERAL DE HIERRO: | | |
| Saturada de humedad | 2015 | 3400 | En bancos naturales | 2700 | 4600 |
| | | | Excavado suelto | 2110 | 3600 |
| ARENISCAS: | | | | | |
| En bancos naturales | 2370 | 4000 | ROCAS IGNEAS DE GRA NO FINO Y COLOR CENIZO (Basalto, andesita, etc.) | | |
| Excavadas, sueltas | 1300 | 2200 | En bancos naturales | 2950 | 5000 |
| | | | Sueltas, excavadas | 1750 | 2900 |
| ARENA Y GRAVA: | | | ROCA CALIZA: | | |
| En bancos naturales | 1835 | 3100 | En bancos naturales | 2600 | 4400 |
| Suelta, seca | 1540 | 2600 | Excavada suelta | 1540 | 2600 |
| Suelta y húmeda | 1900 | 3200 | | | |
| | | | TIERRA COMUN: | | |
| ARCILLAS ESQUISTOSAS: | | | En bancos naturales | 2100 | 3500 |
| En bancos naturales | 2600 | 4400 | Suelta con humedad | 1450 | 2500 |
| Excavados sueltas | 1480 | 2500 | Arcillosa, seca | 1600 | 2700 |
| | | | | | |
| CARBON DE ANTRACITA: | | | TIERRA NEGRA MARGOSA: | | |
| En bancos naturales | 1540 | 2600 | En bancos naturales | 1780 | 3000 |
| Excavado, suelto | 830 | 1400 | Suelta y seca | 1215 | 2000 |
| | | | Suelta, húmeda | 1244 | 2100 |
| CARBON BITUMINOSO: | | | Suelta como lodo -- suave. | 1720 | 2900 |
| En bancos naturales | 1330 | 2250 | | | |
| Excavado, suelto | 740 | 1250 | YESO: | | |
| | | | En bancos naturales | 2550 | 4300 |
| GRANITO: | | | En terrones irregulares | 1360 | 2300 |
| En bancos naturales | 2725 | 4600 | Triturado | 890 | 1500 |
| Excavado, suelto | 1540 | 2600 | | | |

T A B L A 3 - 2

COEFICIENTES DE ABUNDAMIENTO DE DIVERSOS MATERIALES

| M A T E R I A L | C O E F I C I E N T E S | |
|---|-------------------------|----------|
| | Limites | Promedio |
| arena o grava limpias | 1.05 a 1.15 | 1.10 |
| tierra y grava limpias mojadas | 1.10 a 1.20 | 1.15 |
| capas de tierra vegetal | 1.10 a 1.20 | 1.15 |
| tierra común | 1.20 a 1.40 | 1.30 |
| arcillas arenosas | 1.10 a 1.30 | 1.20 |
| arcillas arcillosas | 1.15 a 1.35 | 1.25 |
| lodo de tierra común | 1.25 a 1.50 | 1.40 |
| arcilla sin contaminaciones | 1.30 a 1.60 | 1.45 |
| arcilla blanda, friable densa | 1.35 a 1.55 | 1.45 |
| arcilla dura mezclada con piedras | | 1.50 |
| roca bien tronada | 1.50 a 1.80 | 1.65 |
| roca mal tronada en grandes trozos | 1.70 a 2.00 | 1.85 |
| pietras y arcillas esquistosas | | 1.65 |
| rocas trapeanas (Basalto, riolita, granito, etc.) | | 1.50 |

T A B L A 3 - 3

VALORES PROMEDIO APROXIMADOS DE PESOS VOLUMETRICOS Y COEFICIENTES DE ABUNDAMIENTO (+)

| MATERIAL | PESOS VOLUMETRICOS Kg./m ³ . | | COEFICIENTES DE ABUNDAMIENTO | | |
|--|--|-----------|------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| | EN BANCO | EN CAMION | DE BANCO A CAMION | DE BANCO A TERRAPLEN | TERRAPLEN A BANCO |
| IMPERMEABLE CON COMPACTACION ESPECIAL | 1750 | 1400 | 1.25 | 0.85 | 1.18 |
| PERMEABLE SIN COMPACTACION ESPECIAL (Bordos de canales, respaldos de cortinas de presas, terraplenes en general compactados por el paso del equipo de construcción). | 1840 | 1600 | 1.15 | 1.00 | 1.00 |
| MATERIAL DE ENROCAMIENTO EN CORTINAS Y PEDRAPLENES EN GENERAL (SE EXCLUYEN LAS ESTRUCTURAS DE ROCA ACOMODADA A MANO) | 2670 | 1600 | 1.60 | 1.60 | 0.625 |

(+).—Nota.—Véanse los esquemas de la Fig. 3-1.

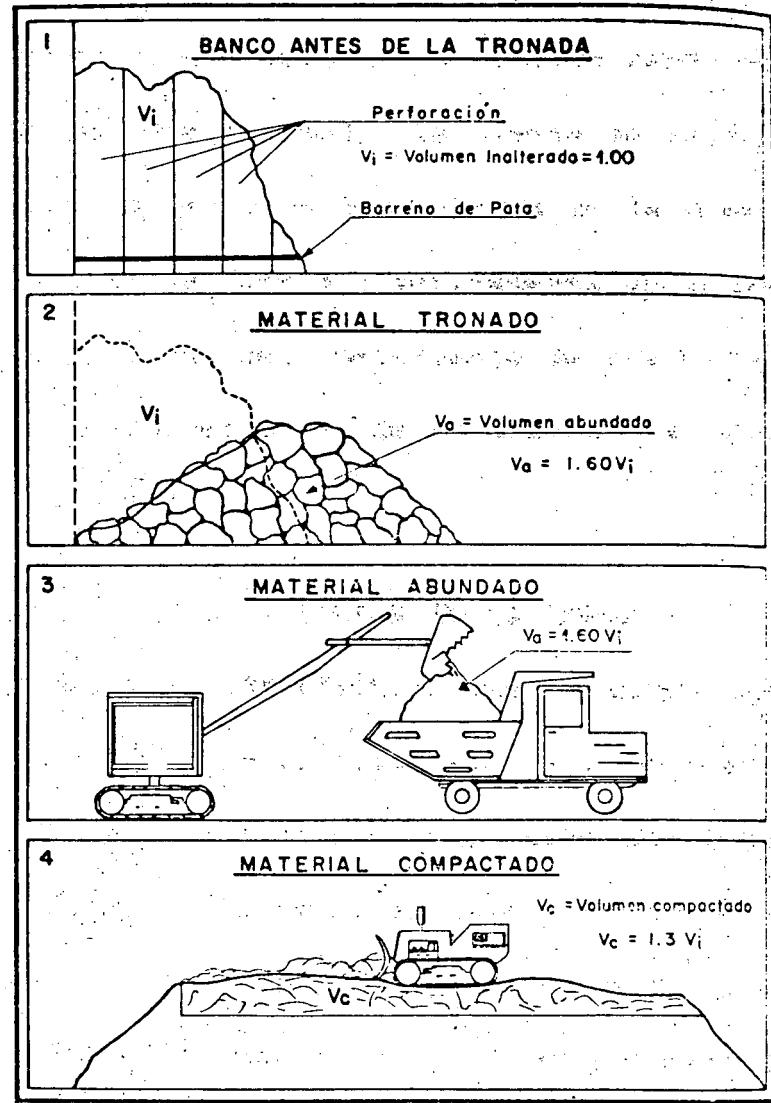


FIG. 3-1

ESQUEMA DE LAS VARIACIONES VOLUMETRICAS QUE SUFREN LOS MATERIALES AL SER EXCAVADOS, TRANSPORTADOS Y COLOCADOS

ELEMENTOS GENERALES DE CALCULO EN EL MOVIMIENTO DE MATERIALES

RESISTENCIA AL RODAMIENTO

Es la fuerza horizontal que deberá desarrollar un vehículo que se mueve sobre una superficie de rodamiento plana horizontal para vencer la resistencia que dicha superficie opone al movimiento del mismo. Básicamente la resistencia al rodamiento es función del tipo y condiciones de la superficie sobre la que se transita, siendo práctica generalizada expresar dicha resistencia en kilogramos por tonelada de peso del vehículo, o bien, en libras por toneladas cortas. Por ejemplo, un camión cargado con peso de 50 toneladas cortas que transite sobre un camino a nivel con resistencia al rodamiento de 160 lb./ton. debe vencer la resistencia al rodamiento empleando una fuerza tractiva de:

$$160 \text{ lb/ton.} \times 50 \text{ ton} = 8 \text{ 000 lbs.}$$

La tabla 3-4 da valores aproximados de resistencia al rodamiento para diferentes tipos de caminos.

RESISTENCIA POR PENDIENTE

Según que un vehículo recorra un camino con pendiente ascendente (+) o descendente (-) la fuerza de la gravedad retardará o ayudará al movimiento del mismo, y este se manifiesta en un aumento o disminución de la fuerza tractiva que la máquina desarrollará para mantener el vehículo a un régimen de velocidad. El valor de-

dicha fuerza, que denominamos P, para vencer cualquier pendiente será de:

$$P = 10 \text{ kg.} \times \% \text{ de pendiente} \times \text{Ton.}$$

En el sistema inglés:

$$P = 20 \text{ lbs.} \times \% \text{ de pendiente} \times \text{Ton. corta.}$$

FUERZA TRACTIVA

También conocida como "Rimpull", es la fuerza de tracción que desarrollan las llantas u orugas de una máquina (motrices) y la superficie sobre la que transita. Si el coeficiente de tracción, descrito adelante, es lo suficiente alto para eliminar el deslizamiento de las llantas u orugas, la fuerza tractiva o rimpull es función de la potencia del motor y de la velocidad de circulación y se expresa en kilos o libras, obteniéndose mediante las fórmulas:

$$E = \frac{275 \times \text{CV} \times 0.80}{V} \quad (\text{sistema métrico})$$

Expresándose la potencia en caballos de vapor y la velocidad en km/hr.

$$E = \frac{375 \text{ hp} \times 0.80}{V} \quad (\text{sistema inglés})$$

En este caso la potencia es la nominal (horse power) y la velocidad en millas por hora.

En general, los fabricantes de maquinaria señalan la fuerza tractiva de sus productos para diferentes velocidades de opera-

ción, dato muy importante en el análisis de precios unitarios como se verá más adelante.

COEFICIENTE DE TRACCION

Es el factor por el que debe multiplicarse la carga sobre una rueda u oruga motriz para obtener la fuerza tractiva máxima posible que se desarrolla y utiliza entre las llantas u orugas y la superficie de rodamiento antes de ocurrir el deslizamiento. Por lo general, el coeficiente siempre será menor a la unidad.

No se debe confundir la fuerza de traccion que es capaz de desarrollar un vehículo dependiendo de la potencia del mismo y la velocidad, con la fuerza efectivamente utilizada en un momento dado, la cual depende del coeficiente de tracción, cuyos valores para diferentes superficies de rodamiento, se consignan en la tabla 3-5.

FUERZA EN EL GANCHO O FUERZA EN LA BARRA

Es la tracción efectiva que un tractor o vehículo puede ejercer sobre una carga remolcada, y se expresa en libras o kilogramos. De la tracción total que para una determinada velocidad pueda desarrollar la máquina, deben deducirse las fuerzas que se oponen al movimiento de la misma (resistencia al rodamiento y por pendiente) y el remanente constituye justamente la fuerza en el gancho.

T A B L A 3-4

VALORES PROMEDIO DE LA RESISTENCIA AL RODAMIENTO PARA VARIOS TIPOS DE SUPERFICIES Y DE DISPOSITIVOS DE TRANSITO

(Porcentaje del peso total de la máquina).

| CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO. | RUEDAS DE ACERO PLANAS DOTADAS DE CHUMACERAS. | TRANSITOS DOTADOS DE ORUGAS | LLANTAS DE HULE CON CHUMACERAS ANTIFRACCIONANTES | |
|---|---|-----------------------------|--|-----------------|
| | | | De alta presión | De baja presión |
| Pista de concreto con acabado liso | 2 | 2.75 | 1.75 | 2.25 |
| Pista de asfalto bien conservada | 2.5-3.5 | 3-3.5 | 2-3.25 | 2.5-3 |
| Camino con superficie de tierra compactada, bien conservado | 3-5 | 3-4 | 2-3.5 | 2.5-3.5 |
| Camino con superficie de tierra, mal conservado y con baches | 5-7.5 | 4-5.5 | 5-7 | 3.5-5 |
| Camino de tierra, lodoso, mal mantenido y con baches | 10-12.5 | 7-9 | 8-11 | 7.5-10 |
| Camino con superficie terminada de grava y arena sueltas | 14-16 | 8-10 | 13-14.5 | 11-13 |
| Camino de tierra muy lodoso, con baches y superficie reblandecida | 17.5-20 | 10-12 | 15-20 | 14-17 |

T A B L A 3-5

COEFICIENTES DE TRACCION CORRESPONDIENTES A VARIOS TIPOS DE SUPERFICIES DE RODAMIENTO

| SUPERFICIE DE RODAMIENTO | LLANTAS DE HULE | TRANSITOS DE ORUGAS |
|--------------------------------|-----------------|---------------------|
| De concreto, seco, rugoso | 0.80 a 1.00 | 0.45 |
| Tierra negra arcillosa, seca | 0.50 a 0.70 | 0.90 |
| Tierra negra arcillosa, húmeda | 0.40 a 0.50 | 0.70 |
| Arena suelta y seca | 0.20 a 0.30 | 0.30 |
| Nieve dura | 0.20 | 0.15 a 0.35 |
| Hielo | 0.10 | 0.10 a 0.25 |
| Terreno enlodado | 0.15 | |

Los fabricantes de maquinaria al señalar la fuerza en el gancho para los tractores de orugas, lo hacen en base a la prueba Nebraska realizada sobre una superficie a nivel con resistencia al rodamiento de 110 lbs/Ton., o en el sistema métrico 55 kg/Ton. De acuerdo a lo anterior, cuando se opere un tractor en condiciones diferentes, la fuerza en el gancho consignada por los fabricantes deberá corregirse.

Por ejemplo: Sea un tractor D-8 para el cual los fabricantes consignan una fuerza en el gancho de 24 100 lbs. al transitar en 3a. velocidad. El tractor operando tiene un peso de 47 220 lbs. Si el camino sobre el que va a transitar el tractor tiene una resistencia al rodamiento de 200 lbs/Ton. y una pendiente positiva del 5%, la fuerza en el gancho disponible para esas condiciones sería de:

Peso del tractor operando = 47 220 lbs = 23.61 ton.cortas

Fuerza en el gancho en 3a. vel.:

24 100 - 23.61 (200 - 110) = 21 975 lbs.

Resistencia por pendiente:

23.61 x 20 x 5 = 2 361 lbs

Fuerza disponible en el gancho: 19 614 lbs.

PROBLEMAS.- Resolver los siguientes problemas del libro de Peurifoy capítulo 4: 4-1, 4-5, 4-9, 4-10 y 4-11.

a.2 EQUIPO Y RENDIMIENTOS

TRACTORES Y EQUIPO CONEXO

E S C R E P A S

Máquinas transportadoras que a la vez tienen capacidad para excavar, autocargarse, descargar y distribuir materiales en terrenos.

Son cajas montadas sobre ruedas neumáticas de baja presión y dotadas de una cuchilla frontal que realiza el corte en el terreno, introduciendo el material al interior de la caja, a través de una abertura localizada sobre la cuchilla cortadora y regulada por una compuerta móvil.

A) Escrepas.- Cajas excavadoras, remolcadas por tractor de orugas, accionadas por cables o hidráulicamente, normalmente están equipadas con 4 ruedas neumáticas.

Su empleo es conveniente en operaciones que implican acarreos cortos con superficies de rodamiento adversos.

Normalmente se pueden cargar con la fuerza del tractor eventualmente requieren el auxilio de tractor empujador.

B) Motoescrepas.- Remolques excavadores montados sobre dos ruedas y remolcadas por un tractor de ruedas que forma parte integral de la unidad.

Para su carga generalmente se requiere un tractor empujador.

Capacidad de las escrepas, depende de la capacidad volumétrica de las cajas de las mismas, completamente llena y al ras, o a su capacidad máxima cuando se carguen copeteadas sin exceder el límite en peso, la capacidad copeteada es sobre la base de un talud de reposo de 1:1, esto no es una regla generalizada ya que este ángulo de reposo depende del tipo de material.

Generalmente el material excavado con escrepa sufre un -- abundamiento menor que cuando son excavados con otros equipos.

El espesor de ataque de una escrepa varía de 10 a 20 cm.

Debido a la forma de llenado, los materiales que penetran en la caja se compactan en forma apreciable, razón por la cual el coeficiente de abundamiento es más reducido que si la excavación es ejecutada con otro tipo de equipos.

Si un material al ser excavado por una draga y depositado en camión abunda 30%, este mismo material excavado y cargado con escrepa probablemente su abundamiento solo sería de 20 a 25%.

Excavación y carga con escrepas y motoescrepas.

| CONDICIONES FAVORABLES | CONDICIONES DESFAVORABLES |
|--|--|
| Excavación en capas de tierra vegetal. | Excavación en arcillas pesada y húmeda. |
| Excavación de arcilla gredosa seca. | Excavación en arenas sueltas. |
| Excavación de gredas arenosas | Carga de cascajo suelto o grava. |
| Excavación de arcilla sin contenido -- elevado de humedad. | Excavación en arcillas densas en esquistos. |
| Materiales granulares compactados de grano fino y sin elevado contenido de humedad. | Excavación en conglomerados u otras rocas muy compactas. |
| Carga en pendiente descendente. | Excavación en roca o materiales granulares con apreciable contenido de fragmentos de roca. |
| Cuando se disponga de más de 60 m. para realizar la carga, no existiendo limitaciones que impidan la fácil maniobra de las máquinas. | excavación en superficies húmedas sobre las cuales patinan las máquinas. |
| Cuando la superficie de excavación esté uniforme, lisa, libre de hoyancos y marcas de rodadas. | Excavación en el sentido de pendientes ascendentes y en laderas de colinas. |
| Cuando la operación es auxiliada por un tractor empujador. | Carga en superficie de excavación que se encuentren muy accidentadas o que el material tenga muy poca capacidad de carga, originando el hundimiento de las orugas o llantas. |

Los rendimientos de escrepas son una función inversa a la resistencia al rodamiento y de las pendientes de los caminos de construcción, ya que la fase de acarreo es la que toma más tiempo en el ciclo de trabajo.

Tractor Empujador.- En las escrepas remolcadas por tractor de orugas solamente en forma eventual se requiere el uso del tractor empujador en tanto que en las motoescrepas por lo general es forzoso su empleo.

Número de escrepas que puede abastecer en forma efectiva y económica un tractor empujador.

Número de escrepas por empujador =

$$\frac{\text{Tiempo total del ciclo de la escrepa}}{\text{Tiempo del ciclo del empujador}}$$

El ciclo del tractor empujador incluye: a) carga de cada unidad (escrepa); b) maniobras necesarias para acomodarse detrás de la siguiente unidad de acarreo. Por experiencia se sabe que en condiciones promedio el ciclo completo de un tractor empujador suele ser de 1.5 a 2.0 minutos, del cual se puede considerar que el 50% corresponde a cada una de las operaciones que forman el ciclo.

Tiempos Fijos.- Son la suma de tiempos empleados en acomodo para cargar, carga, descarga y maniobras para iniciar regreso. Para condiciones normales promedio se pueden considerar los si --

güentes:

| | |
|---------------------------|-------------|
| Escrepas sin empujador | 2.0 minutos |
| Escrepas con empujador | 1.5 " |
| Motoescrepa con empujador | 1.5 " |

Tiempos variables.- Lo forma el recorrido de ida y vuelta de la escrepa, obteniéndose a partir de la velocidad promedio

$$V_m = \frac{V' \times V'' \times 2}{V' + V''}$$

V_m = velocidad promedio en el viaje redondo

V' = velocidad en el recorrido de ida

V'' = velocidad en el recorrido de regreso.

Rendimiento teórico

El rendimiento teórico de una escrepa está dado por la fórmula siguiente:

$$R = \frac{E \times V \times 60}{ca \times t}$$

En donde:

R = rendimiento expresado en unidades volumétricas (metros o yardas cúbicas) por hora.

E = Eficiencia general, que corresponde al factor de rendimiento de trabajo.

V = Capacidad geométrica de la caja de la escrepa, que puede ser al ras o copeteada.

ca = Coeficiente de abundamiento

t = tiempo total que dura un ciclo (tiempos fijos más tiempos variables).

Para obtener las velocidades a las que puede transitar una motoescropa, se pueden utilizar las gráficas de los fabricantes - como la que se indica a continuación, estas gráficas varían para cada tipo de máquina.

GRAFICA ESCREPA 5

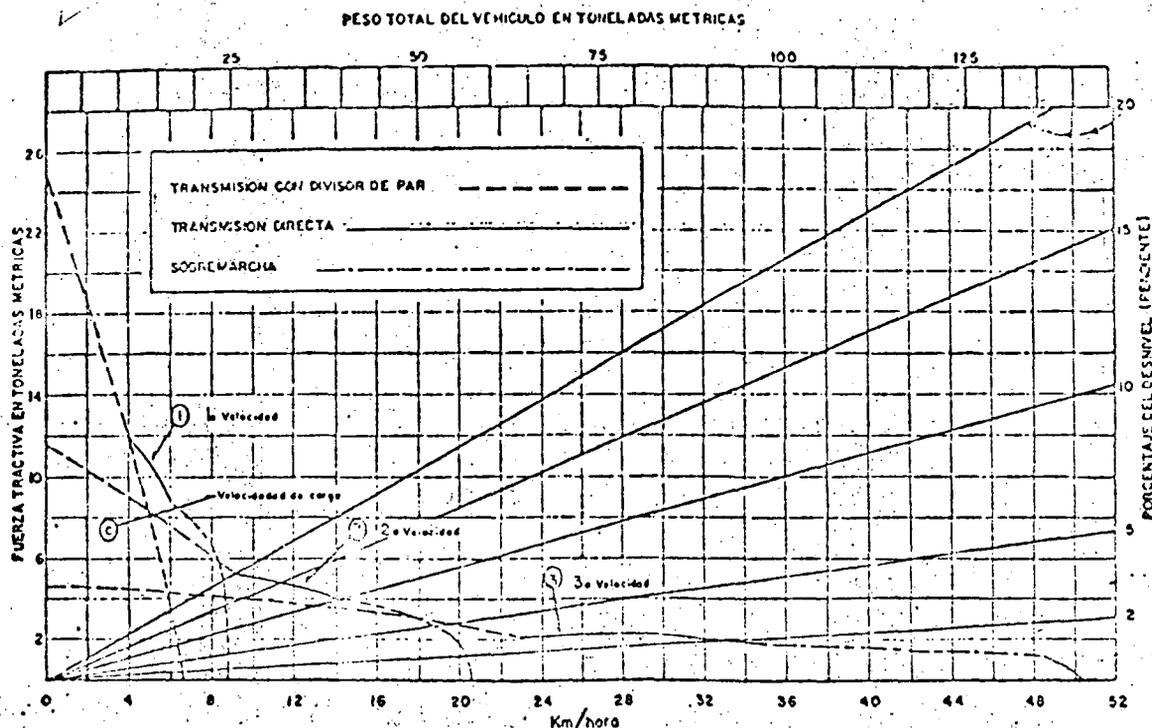


Fig 5-11- Velocidad y tracción de una escropa en función de su peso pendiente y resistencia al rodamiento (Caterpillar Tractor Co)
 (La tracción en los ruedas depende de las condiciones del suelo y del peso total sobre los ruedas propulsadas del tractor)

En forma práctica por cada 10 kilogramos por tonelada de resistencia al rodamiento, se considera 1% de pendiente, que sumada a la pendiente física nos da la pendiente virtual.

Forma de utilización

Partiendo del peso total de la escrepa ya sea cargada o vacía, se baja una línea hasta la línea inclinada que representa la pendiente virtual del camino. En la intersección de la línea vertical con la inclinada, se corre una línea horizontal hasta su intersección con la curva correspondiente a la velocidad máxima que se puede obtener para las condiciones del movimiento.

A las velocidades obtenidas de las gráficas se les deberá aplicar el factor de velocidad ya que las que se obtienen son velocidades teóricas.

Factor de Velocidad

El factor de velocidad lo integran los siguientes conceptos:

- a) La influencia de la velocidad inicial o si la máquina parte del reposo.
- b) Si el camino es de una o dos vías.
- c) Cruces con otras vías.
- d) Paso sobre puentes o cruces a desnivel.
- e) Limitaciones por medidas de seguridad.
- f) Existencia de curvas con poca visibilidad.

- g) Gran densidad de curvas.
- h) Cuando por el mismo camino circulan vehículos con velocidades de operación muy diferentes.
- i) Relación peso potencia de las máquinas.
- j) Pendiente del camino.

La tabla siguiente nos da los factores de velocidad que -- aplicados a las velocidades teóricas, se obtienen las velocidades reales.

Calificándose las condiciones del camino en favorables medias y adversas, de acuerdo con los factores enlistados y que integran el factor de velocidad.

FACTORES DE VELOCIDAD PARA DIVERSAS CONDICIONES DE TRANSITO APLICABLES A VEHICULOS DE ACARREO DE TERRACERIAS

| LONGITUD DEL CAMINO O TRAMO RECORRIDO | VEHICULO CON VELOCIDAD INICIAL | | | VEHICULO SIN VELOCIDAD INICIAL | | |
|--|--------------------------------|--------|----------|--------------------------------|--------|----------|
| | Favorables | Medias | Adversas | Favorables | Medias | Adversas |
| De 0 a 100 m. | 0.70 | 0.60 | 0.50 | 0.50 | 0.38 | 0.25 |
| de 100 a 225 m. | 0.75 | 0.67 | 0.60 | 0.60 | 0.48 | 0.35 |
| de 225 a 450 m. | 0.80 | 0.75 | 0.70 | 0.65 | 0.58 | 0.50 |
| de 450 a 750 m. | 0.80 | 0.78 | 0.75 | 0.70 | 0.65 | 0.60 |
| de 750 a 1000 m. | 0.85 | 0.83 | 0.80 | 0.75 | 0.70 | 0.65 |
| Más de 1000 m. | 0.90 | 0.85 | 0.80 | 0.85 | 0.78 | 0.70 |

En términos generales los factores de la tabla anterior se aplican para el acarreo de los equipos cargados.

Cuando transitan vacíos se pueden aplicar los valores siguientes:

Condiciones favorables 0.85 de velocidad máxima

Condiciones medias 0.80 de velocidad máxima

Condiciones adversas 0.75 de la velocidad máxima.

Si en un cierto recorrido transitando en vacío se presentan diversos factores de retraso, la velocidad de regreso (vacío) deberá calcularse aplicando, según proceda, algunos de los coeficientes de la tabla anterior.

TRACTORES

Son máquinas diseñadas para convertir la energía de sus motores en fuerza tractiva, para empujar o remolcar vehículos y servir de base para montar herramientas de desmonte, limpia, nivelación, etc.

Existen dos tipos principales:

1. Tractores de orugas. Cuando se requiere máxima potencia, sacrificando altas velocidades; utilización en terrenos accidentados o con poca capacidad de carga.
2. Tractores de ruedas neumáticas. Cuando se tengan superficies de rodamiento resistentes y bien conservadas, se logran altas

velocidades para acarreos largos; su potencia y fuerza tractiva son inferiores en comparación con las correspondientes a tractores de orugas.

Tractor de Orugas.

Para el tipo de trabajos de Zona de Riego el más usado es el de orugas.

El tractor de orugas forma siempre la avanzada de toda fuerza de construcción, pues realiza los trabajos preliminares de cualquier obra, caminos de acceso o construcción, desmontes, despalmes, etc.

La capacidad de los tractores se determina de acuerdo con la potencia y su tamaño o peso.

El peso multiplicado por el coeficiente de tracción o de adherencia da la máxima fuerza tractiva de una cierta superficie de rodamiento, independientemente de la potencia desarrollada por el motor del tractor.

La fuerza en el gancho se obtiene de restar el total de fuerza tractiva, la suma de todas las resistencias que se oponen al movimiento.

Para tractores de orugas en las normas de los fabricantes, la fuerza en la barra consignada considera una resistencia al rodamiento de 110 libras por tonelada (norma Nebraska). Esto no es válido para tractores de ruedas neumáticas.

Tractores de ruedas neumáticas

Su principal aplicación consiste en remolcar grandes volúmenes a largas distancias; son menos versátiles que los tractores de orugas, ya que su fuerza tractiva utilizable es menor y requieren para operar de superficies de rodamiento refinadas.

Puede ser de dos y de cuatro ruedas, siendo su capacidad - función de su tamaño (peso) y su potencia.

En general, en obras hidráulicas, los tractores de ruedas neumáticas se usan como unidades tractoras de escrepas y cajas de remolque.

D O Z E R

Dozer, se define como un tractor equipado con cuchilla empujadora.

| | | |
|-------|--------------|---|
| Dozer | Bulldozer - | Tractor equipado con una hoja fija |
| | Angledozer - | Tractor equipado con una hoja que puede girarse con respecto al eje longitudinal del tractor. |

Existen 3 tipos de cuchillas empujadoras: rectas, angulares y "U".

Aplicaciones.-

El rendimiento máximo de los Dozers se obtiene en movimientos y transportes a distancias menores de 100 m. y excavando en -

una distancia de 8 a 12 m. de preferencia en materiales cohesivos.

Se aplican en trabajos de:

Desmante, desenraice y deshierbe.

Construcción de brechas.

Excavación y acarreo de terracerías (100 m).

Formación de bordos.

Afine tosco en bordos y taludes

Relleno de trincheras, zanjas y dentellones

Como tractor empujador

Limpieza de bancos y retiro de desperdicios

Mantenimiento de caminos y brechas.

Rendimientos

Los rendimientos teóricos están dados por la siguiente fórmula:

$$R = \frac{E \times V \times Cc \times 50}{Ca \times t}$$

R = Rendimiento en metros cúbicos del material medido en banco

E = Eficiencia general o factor de rendimiento de trabajo.

V = Capacidad de carga de la hoja empujadora expresada en metros cúbicos, que es un volumen geométrico expresado por -

la fórmula:

$$V = \frac{L \quad h^2}{2 \tan}$$

L = Longitud de la hoja empujadora

h = altura de la misma

= ángulo de reposo del material

Ca = coeficiente de abudamiento

Cc = coeficiente de carga correspondiente al material
arrastrado.

0.8 para arena, grava, roca fragmentada, etc.

0.9 a 0.10 para tierra, arcilla, y otros materiales
cohesivos.

t = tiempo que emplea la máquina en un ciclo completo:-
excavación, acarreo hasta el sitio de tiro, viaje -
de regreso, cambios de velocidades.

El coeficiente 60 se incluye para expresar la hora de 60 -
minutos.

La fórmula anterior es aplicable a trabajos en terrenos --
planos. Cuando se trabaje en terrenos inclinados los rendimientos
se verán afectados de los coeficientes siguientes:

Cuesta abajo: Aumentan de un 2% a un 8% por cada uno por-
ciento de pendiente, según la clase y cohesión del material.

Cuesta arriba: Disminuye de 2% a 4% por cada uno por cien-
to de pendiente.

En términos generales y debido a la tendencia de todos los
materiales a escurrirse, por cada 30 metros adicionales a los 30-

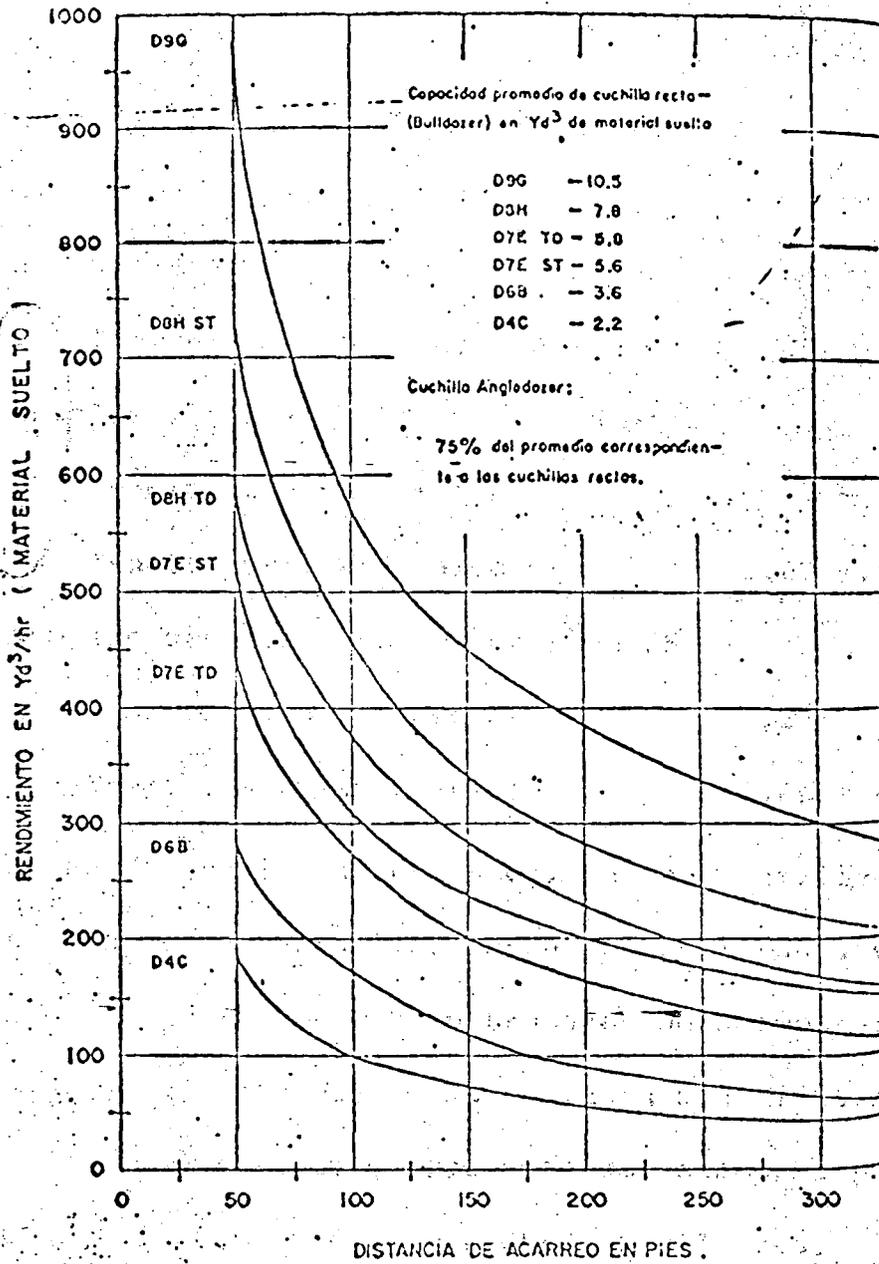
primeros, en forma práctica, se puede considerar una disminución en el rendimiento de 5%.

La distancia requerida por un tractor para excavar el volumen correspondiente a la capacidad de la cuchilla, es de 8 a 12 metros.

C I C L O

Basándose en observaciones estadísticas, el tiempo fijo correspondiente a cambios de velocidad y maniobras de bs Bulldozer y Angledozer un tiempo promedio de 0.15 a 0.25 minutos, según el tipo de trabajo recorrido. Generalmente el tramo de carga se recorre en primera, el viaje de ida en primera para distancias menores de 30 mts. y en segunda para distancias mayores; en segunda o tercera en reversa, según sea la distancia de recorrido.

En forma práctica se pueden obtener los rendimientos de excavación con tractor, utilizando las dos gráficas siguientes:

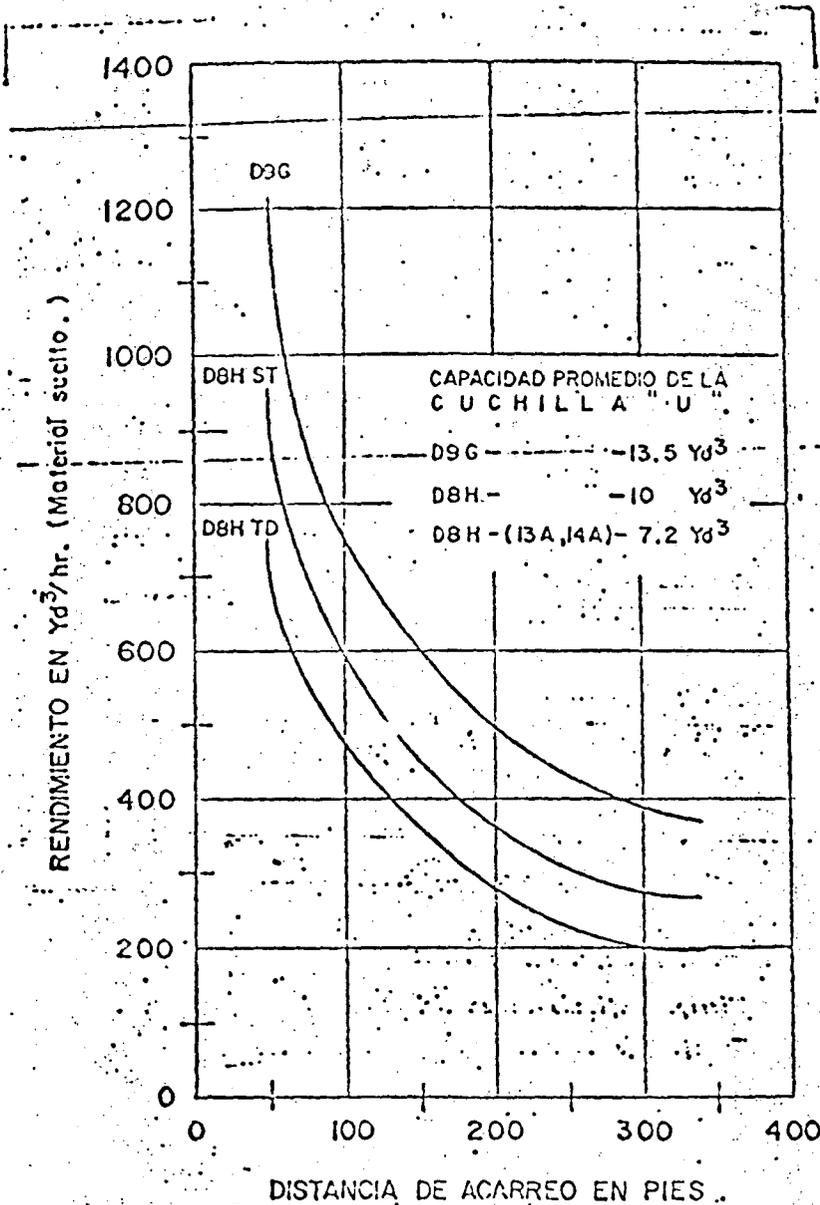


Rendimiento promedio de tractores equipados con hojas en-
ros (Bulldozer y Angulozozar. Caterpillar-Mexicana de tractores y mox)

7

RENDIMIENTOS PROMEDIO ESTADISTICOS.

11.6



Rendimiento promedio de cuchillos empujadoras tipo "U" (Caterpillar-Mexicana de Tractores y Maquinaria)

Las tablas anteriores consideran:

Que la excavación se realiza en un terreno horizontal, horas de 60 minutos, que el material no es previamente aflojado, el trabajo se ejecuta con una hoja recta de Bulldozer y que el coeficiente de carga es igual a 1.0.

DESMONTE

El tractor de orugas equipado como Bulldozer con hoja empujadora recta es el equipo más empleado en los trabajos de desmonte.

CLASIFICACION DEL MONTE

| DIMENSIONES DE ARBOLES | NUMERO DE ARBOLES POR HECTAREA | | |
|--|--------------------------------|----|----|
| | A | B | C |
| MONTE PESADO | | | |
| Arboles entre 50 y 75 cm de diámetro | 8 | 6 | 4 |
| Arboles entre 25 y 50 cm de diámetro | 20 | 15 | 10 |
| Arboles con diámetros menores de 25 cm | 80 | 70 | 60 |
| MONTE MEDIANO | | | |
| Arboles entre 50 y 75 cm de diámetro | 2 | 2 | 1 |
| Arboles entre 25 y 50 cm de diámetro | 10 | 5 | 3 |
| Arboles con diámetros menores de 25 cm | 60 | 50 | 40 |
| MONTE LIVIANO | | | |
| Arboles entre 25 y 50 cm de diámetro | 3 | 2 | 1 |
| Arboles con diámetros menores de 25 cm | 30 | 20 | 10 |

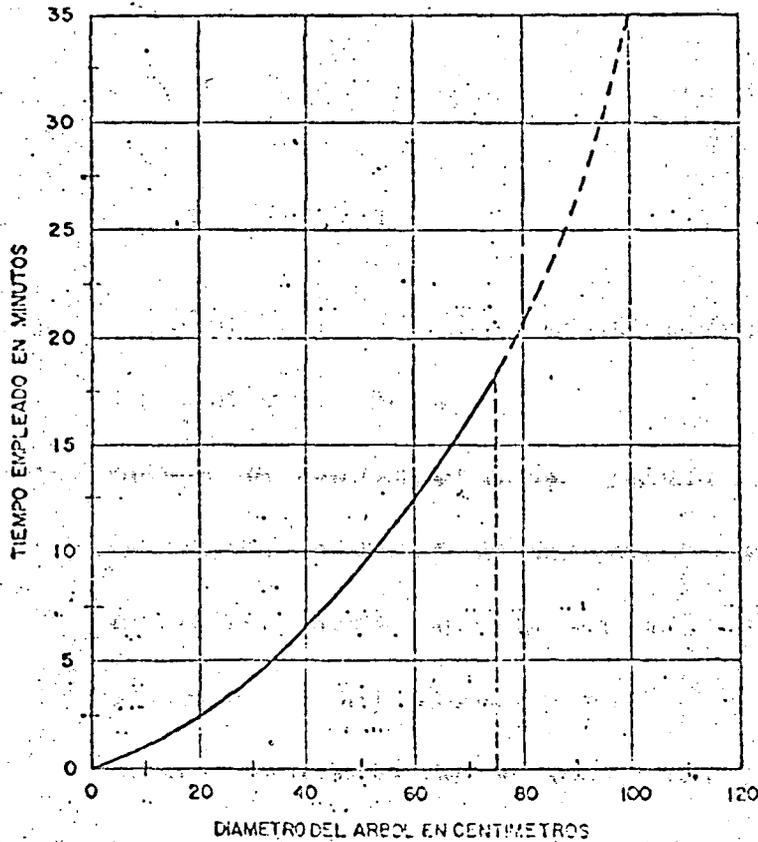
Rendimiento de desmonte, ejecutado con tractor D-8 para su aplicación deberán considerarse horas de 50 minutos.

- 1) Arboles entre 50 y 75 cm de diámetro
 - a) Tractor cortando raíces 6 min/árbol
 - b) Tractor tirando árboles 6 min/árbol
 - c) Tractor arrimando árboles 2.5 min/árbol
- 2) Arboles entre 25 y 50 cm de diámetro
 - a) Tractor tirando árboles 5 min/árbol
 - b) Tractor arrimando árboles 1.67 min/árbol
- 3) Arboles con diámetros menores de 25 cm.
 - a) Tractor tirando árboles 1.25 min/árbol
 - b) Tractor arrimando árboles 0.65 min/árbol

Para estudios aproximados, se puede utilizar la tabla siguiente, en forma tentativa, donde se consignan los rendimientos promedio de un tractor D-8 en trabajos de desmonte; acarreando el material producto del desmonte hasta una distancia promedio de 30 a 50 mts, amontonar el producto del desmonte para su quema, -- eliminación de desechos y maniobras auxiliares.

El procedimiento más recomendable para estudiar los rendimientos de desmonte, es haciendo muestreos, principalmente en montes con vegetación muy densa ya que su determinación previa es -- muy imprecisa.

(Tractor D-8)



ARADOS DESGARRADORES

La función fundamental de los arados desgarradores es la de roturar y escarificar los suelos, fragmentándolos hasta un grado tal que el material pueda ser removido, bien sea por medio de un bulldozer empujador de una escrepa o de cualquier otra máquina excavadora.

Para poder determinar la aplicabilidad de un arado y sus rendimientos, se pueden utilizar las dos gráficas que se indican-

a continuación; la primera indica las velocidades de las ondas -- sísmicas a través de diferentes materiales y el rendimiento índice (factibilidad de ataque).

La segunda nos da el rendimiento aflojando material en función de la velocidad de transmisión de las ondas sísmicas.

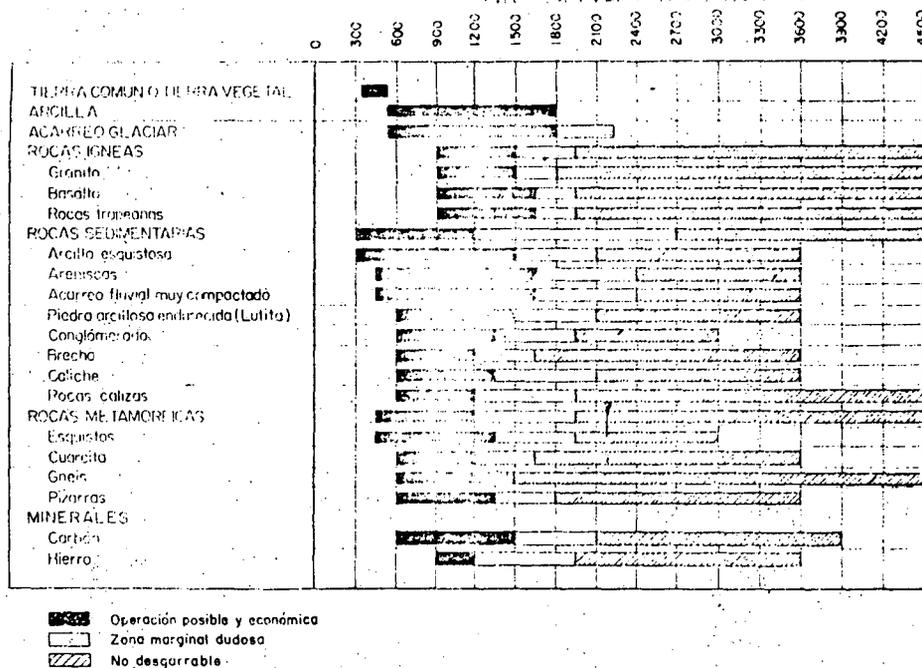
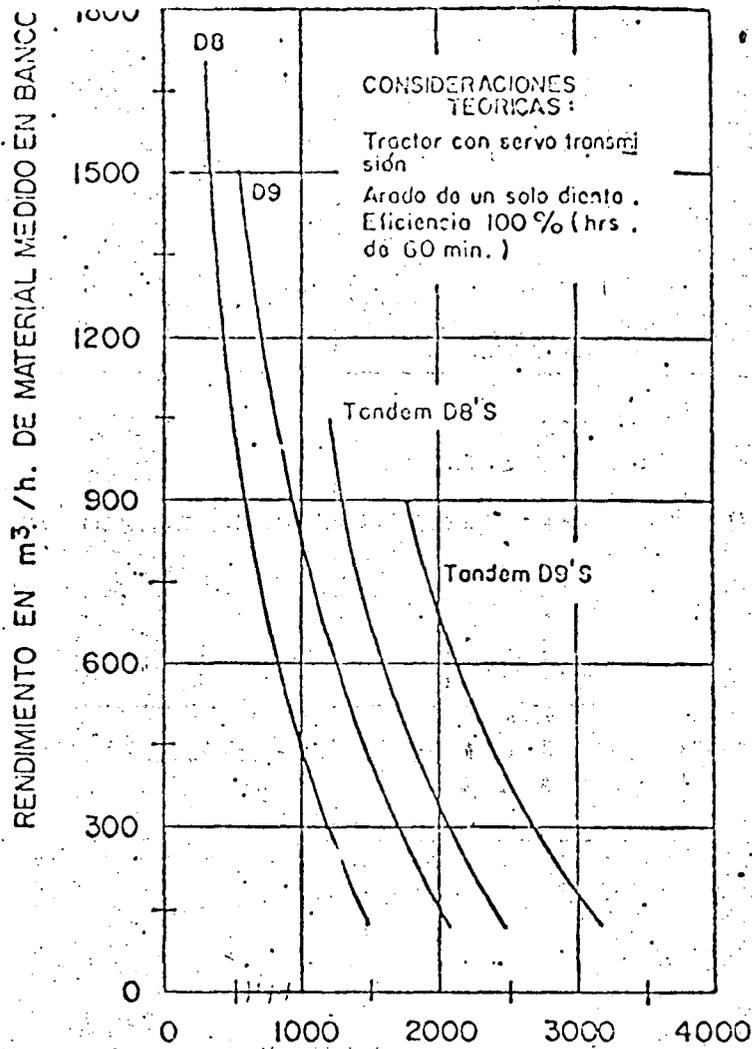


Fig. 5-35—Índice de rendimientos de arado desgarrador en función de las velocidades de ondas sísmicas. (Para un tractor D9, Arado No.9, o similares).



VELOCIDAD SISMICA (m. por seg.)
 Producción de arado No. 9 remolcado por tractor D-9 y No. 8 remolcado por tractor D8-H. (Caterpillar-Mexicana de Tractores y Maquinaria).

Para la determinación de rendimientos utilizando la última de las gráficas, deberá conocerse previamente la velocidad de propagación de las ondas sísmicas en la formación que se pretende excavar. Los rendimientos consignados en la citada gráfica son para condiciones ideales, por lo que para obtener los rendimientos reales, será necesario ajustarlos aplicando los coeficientes de corrección correspondientes, tanto por abundamiento como por efi-

ciencia en el trabajo.

El rendimiento teórico de un arado está dado por la fórmula

$$R = \frac{E \times V \times a \times h}{N}$$

En la que R = volumen de material aflojado medido en banco y expresado en m³/hora.

E = factor de rendimiento de trabajo

V = velocidad promedio de operación del tractor (m/hr)

a = ancho del zurco labrado por el diente o dientes.

h = penetración del arado en m.

N = número necesario de pasadas para aflojar el material

En la práctica conviene determinar el rendimiento mediante la gráfica, conociendo las características del material.

MOTOCONFORMADORAS

Las motoconformadoras son máquinas de aplicaciones múltiples, principalmente en trabajos de movimientos de terracerías, rasantes, afine de superficies de rodamiento o de terraplenes, escarificación, etc. En obras hidráulicas se emplean en escarificación y afine de terracerías, excavación de cunetas laterales para drenaje, desplazamiento y mezcla de áridos, solas o con asfalto, tendido y nivelación de capas asfálticas.

Rendimientos:

Teóricamente el rendimiento de una motoconformadora se calcula con la fórmula siguiente

$$\text{Tiempo total: } \frac{N \times D}{V \times E}$$

Tiempo total expresado en horas:

N = número de pasadas necesarias para ejecutar el trabajo.

D = distancia recorrida en cada pasada (en Km).

v = velocidad de régimen de operación durante el trabajo

E = factor de eficiencia en el trabajo

El factor de eficiencia, debido a que las motoconformadoras, con mucha frecuencia no están programadas para trabajar en forma balanceada con el resto del equipo, normalmente es bajo, del orden de 0.60 debido al alto porcentaje de tiempos parados, aunque deberá ajustarse para cada obra en particular.

La velocidad debe expresarse en km/hr. y tener presente que para cada pasada la velocidad debe ser más alta que la anterior.

En la tabla siguiente se consignan velocidades aproximadas-promedio de trabajo para motoconformadoras que corresponden a condiciones de trabajo normales y terreno favorable.

VELOCIDADES PROMEDIO DE DESPLAZAMIENTO DE
CONFORMADORAS Y MOTOCONFORMADORAS EN LA
EJECUCION DE TRABAJOS DIVERSOS: (1)

| TIPO DE TRABAJO | VELOCIDAD EMPLEANDO UN MODELO | |
|---|-------------------------------|-----------|
| | MEDIANO | PESADO |
| | Km./h. | Km./h. |
| Desbroce o desmonte muy ligero | 1.6 a 2.7 | 2.5 a 4.3 |
| Limpia de bancos de préstamo (retiro de capa vegetal) | 1.6 a 2.7 | 2.5 a 3 |
| Construcción de cunetas y terrepleno sobre espaldones | 1.6 a 2.7 | 2.5 a 4 |
| Afinación de taludes | 1.6 a 2.7 | 2.5 a 4 |
| Arrastre de tierras recién excavadas | 3 a 6 | 3 a 6 |
| Extendido y nivelación de materiales | 1.6 a 2.7 | 2.5 a 4 |
| Escarificación | 1.6 a 2.7 | 2.5 a 6 |
| Conservación de pavimentos asfálticos | 3 a 6 | 3 a 6 |
| Mezclado de materiales granulares | 4 a 8 | 4 a 8 |
| Trabajos de afinación y acabado de terreplenos | 2 a 4 | 2 a 4 |

(1) A fin de evitar confusiones, en el manejo de esta Tabla, debe tenerse presente que por lo general se requieren varias pasadas de la máquina para ejecutar un trabajo.

PALAS CARGADORAS.- (TRASCAVO)

Las palas cargadoras, son tractores equipados con cucharón excavador, montado sobre brazos articulados sujetos al tractor y que son accionados por medio de dispositivos hidráulicos.

Estas máquinas son muy útiles en excavaciones ligeras, explotación de bancos de préstamo, rezagado de túneles.

Rendimientos

El rendimiento teórico de una pala cargadora está dado por la siguiente ecuación:

$$R = \frac{V \times K \times 60}{C_a \times t} \times E$$

R = rendimiento de la máquina, expresado en metros cúbicos por hora, de material medido en banco.

V = capacidad nominal de cucharón expresado en metros cúbicos.

K = factor de llenado del cucharón correspondiente al material que se excave.

FACTORES DE LLENADO PARA CUCHARONES DE PALAS CARGADORAS.

| CAPACIDAD NOMINAL DEL CUCHARON: (Yd ³) | ¼ | 1 | 1 ½ | 2 | 2 ½ | 3 | 3 ½ | 4 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|
| MATERIAL EXCAVADO: | | | | | | | | |
| Arcilla húmeda o arenosa ligera | 1.15 | 1.15 | 1.15 | 1.16 | 1.16 | 1.16 | 1.20 | 1.22 |
| Arena o grava. | 0.93 | 0.93 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.98 | 1.02 | 1.02 |
| Tierra común compacta. | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.08 | 1.08 |
| Arcilla dura y tenaz. | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.12 | 1.12 | 1.12 | 1.16 | 1.18 |
| Arcilla cohesiva húmeda. | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.12 | 1.12 | 1.12 | 1.16 | 1.18 |
| Roca bien tronada. | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.91 | 0.95 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Roca mal tronada. | 0.60 | 0.70 | 0.70 | 0.80 | 0.80 | 0.90 | 0.95 | 0.95 |
| Escombros comunes con piedra y raíces. | 0.85 | 0.85 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.95 | 0.95 | 0.95 |

Co = factor o coeficiente de abundamiento del material excavado

t = tiempo empleado en realizar un ciclo completo de trabajo expresado en minutos.

E = factor de rendimiento de trabajo o eficiencia.

Ciclo de trabajo

Un ciclo de trabajo está integrado por los tiempos fijos y los variables.

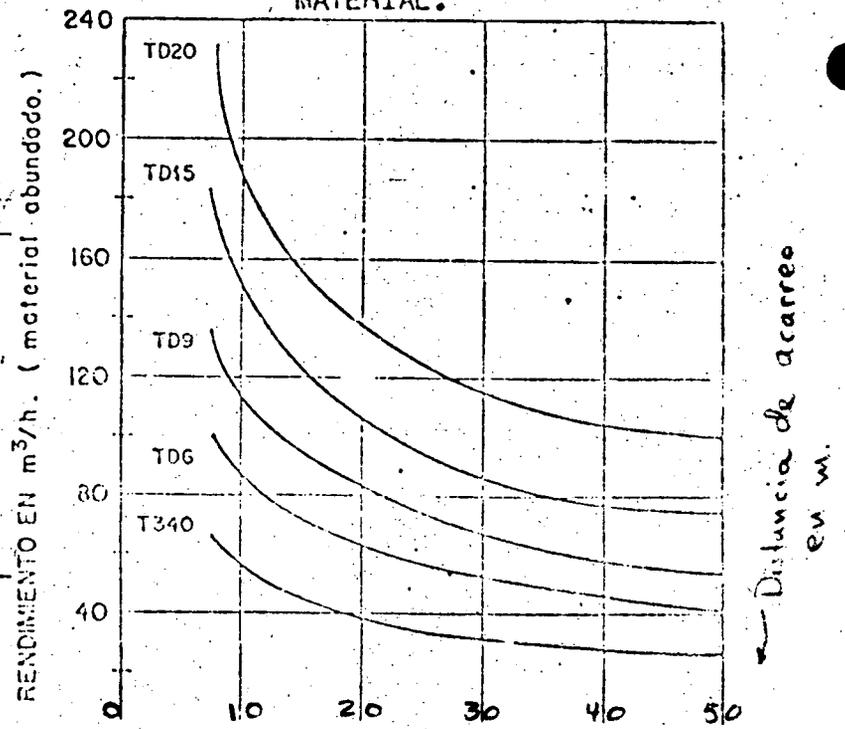
Tiempos fijos

- a) Operación de cargar el material en el frente de ataque.
- b) Giros o virajes del tractor durante los viajes de acercamiento y retirada del frente de excavación.
- c) Descarga del material sobre vehículos transportadores.

RENDIMIENTO DE PALAS CARGADORAS EXCAVANDO Y TRANSPORTANDO MATERIAL.

TIEMPO FIJO DEL CICLO DE TRABAJO DE PALAS CARGADORAS (minutos)

| TRABAJO EJECUTADO | TIPO DE TRANSMISION | |
|------------------------------------|---------------------|---------------|
| | Directa | Servo-motores |
| PALA EQUIPADA CON ORUGAS: | | |
| Excavando en material amontonado: | 0.35 | 0.25 |
| Excavación en banco: | 0.60 | 0.45 |
| PALA EQUIPADA CON NEUMATICOS: | | |
| Excavación de material amontonado: | | 0.20 |



Los valores de la tabla son teóricos, deberán multiplicarse por el factor de eficiencia.

Tiempos variables:

Los tiempos variables son los requeridos por la máquina para efectuar el recorrido de ida y regreso desde el frente de excavación hasta el sitio de descarga. (este proceso es poco usado).

En la gráfica siguiente se ilustran los rendimientos de diversas palas cargadoras International, en función de las distancias de acarreo.

Los valores consignados consideran:

- a) El rendimiento corresponde a material suelto.
- b) Eficiencia de 100%.
- c) Se considera que el cucharón se cargaba totalmente incluyendo "copete".
- d) Se consideró un tiempo fijo de 0.30 minutos para acarreos cortos y 0.36 minutos para acarreos largos.

Por lo anterior, los valores de la gráfica deberán afectarse de los factores de corrección correspondiente.

Cuando se pretenda atacar un banco de préstamo o almacenamiento donde los tiempos variables del ciclo tienden a cero, se pueden tomar los valores de la tabla que se indica a continuación, los cuales deberán afectarse del correspondiente factor de eficiencia para que se obtengan rendimientos promedio reales.

Rendimiento en metros cúbicos por hora de material abundado cargado en camiones por un "traxcavator".

| Potencia del motor en el volante en HP. | Equivalente para Caterpillar | Capacidad del cucharón en m3 | Cargando camiones de | | | |
|---|------------------------------|------------------------------|----------------------|------|------|--------|
| | | | 3 m3 | 4 m3 | 6 m3 | 7.5 m3 |
| 150 | 977 | 1.90 | | 255 | 246 | 254 |
| 100 | 955 | 1.34 | | 185 | 1.83 | |
| 50 | 933 | 0.83 | 85.5 | 86.5 | | |

Capacidad del camión = 4 a 6 veces capacidad de la pala.

MAQUINARIA PARA EXCAVACION

EXCAVADORAS CONVERTIBLES

Son máquinas diseñadas para su empleo en la ejecución de trabajos muy diversos en las que se requiere de la utilización de herramientas básicas diferentes, las cuales son intercambiables en la misma máquina, según que la máquina vaya a ser empleada como pala mecánica, retro-excavadora, grúa, draga de arrastre, excavadora de cucharón de almeja, martinete hincador, etc.

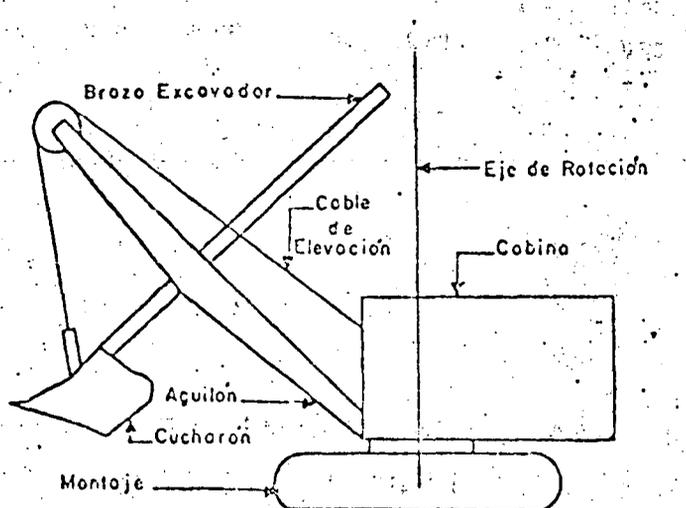
Las excavadoras pueden ser:

- a) Propulsión por orugas (la más usual)
- b) Autopropulsión sobre llantas neumáticas
- c) Montaje sobre camión.

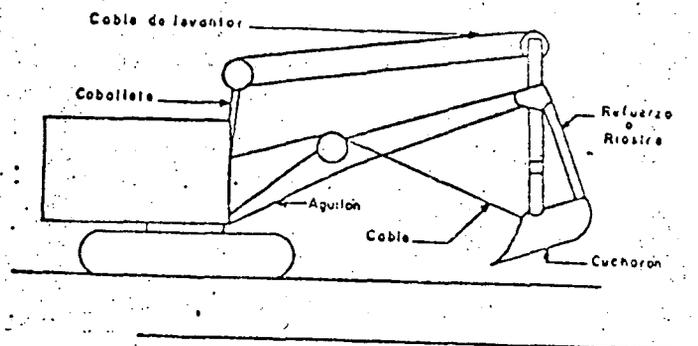
Tipos de aguilón o pluma:

- a) Aguilón de pala mecánica

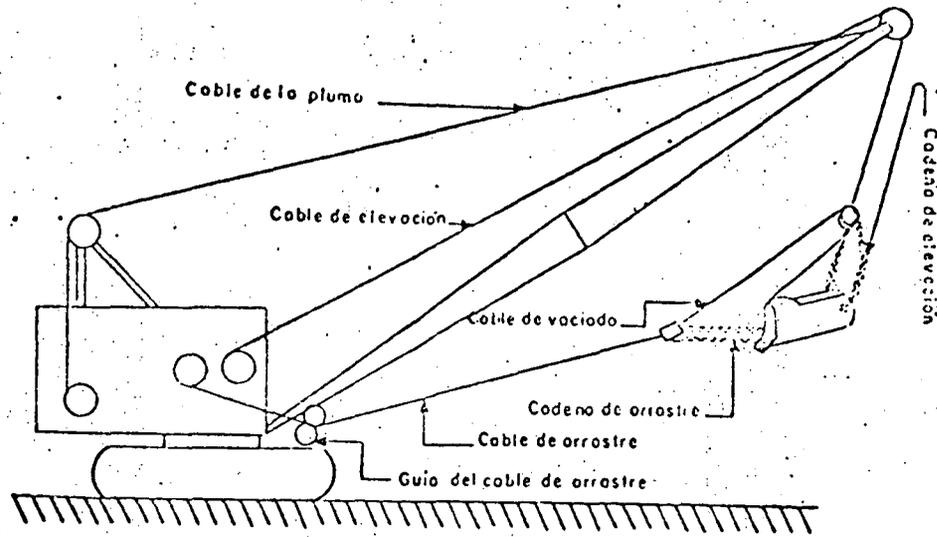
- b) Aguilón de grúa, que puede ser usado como grúa, -
 draga de arrastre, excavadora de cucharón de almeja,
 ja, como martinete, etc.
- c) Aguilón de pala retro-excavadora.



Partes básicas que integran el equipo frontal de una pala mecánica (Power Crane and Shovel Association)



Esquema ilustrando el equipo frontal de una pala retroexcavadora. (Power Crane and Shovel Association).



Esquema mostrando los accesorios que integran el equipo frontal de una draga de arrastre. (Power Crane and Shovel Association).

Para lograr buenos rendimientos con una máquina excavadora cargando camiones, la capacidad de la caja de estos, debe ser de 4 a 6 veces, la del cucharón y que los camiones se llenen con un número entero de baldes.

PALAS MECANICAS

Rendimientos:

Los rendimientos teóricos de una pala están dados por la siguiente ecuación:

$$R = \frac{3\ 600 \times V \times K \times E}{Ca \times t} \text{ (en m}^3\text{/hr)}$$

3 600 segundos de la hora.

V = capacidad del cucharón en m³

K = factor de llenado

Ca = Coeficiente de abundamiento del material excavado.

t = tiempo promedio empleado por la máquina en realizar -
un ciclo completo en segundos.

E = factor de rendimiento de trabajo.

EFICIENCIA EN EL TRABAJO

| Condiciones del trabajo | Excelente | Buena | Regular | Deficiente |
|-------------------------|-----------|-------|---------|------------|
| Buenas | 0.78 | 0.75 | 0.71 | 0.65 |
| Excelentes | 0.84 | 0.81 | 0.76 | 0.70 |
| Regulares | 0.72 | 0.69 | 0.65 | 0.60 |
| Deficientes | 0.63 | 0.61 | 0.57 | 0.52 |

FACTOR DE LLENADO PARA CUCHARONES DE PALAS MECANICAS.

| CAPACIDAD NOMINAL DEL CUCHARON: (Yd ³) | ¾ | 1 | 1 ¼ | 2 | 2 ½ | 3 | 3 ¾ | 4 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|
| MATERIAL EXCAVADO: | | | | | | | | |
| Arcilla húmeda o arenosa ligera | 1.15 | 1.15 | 1.15 | 1.16 | 1.16 | 1.16 | 1.20 | 1.22 |
| Arena o grava. | 0.93 | 0.93 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.98 | 1.02 | 1.02 |
| Tierra común compacta. | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.08 | 1.08 |
| Arcilla dura y tenaz. | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.12 | 1.12 | 1.12 | 1.16 | 1.18 |
| Arcilla cohesiva húmeda. | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.12 | 1.12 | 1.12 | 1.16 | 1.13 |
| Roca bien tronada. | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.91 | 0.95 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Roca mal tronada. | 0.60 | 0.70 | 0.70 | 0.80 | 0.80 | 0.90 | 0.95 | 0.95 |
| Escombros comunes con piedra y raíces. | 0.85 | 0.85 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.95 | 0.95 | 0.95 |

CICLOS DE EXCAVACION Y CARGA DE PALAS MECANICAS, A CARRERA OPTIMA DE CORTE, DIVERSOS ANGULOS DE GIRO, SIN PERDIDAS DE TIEMPO Y CON LOS CAMIONES AL MISMO NIVEL DE LA EXCAVADORA.

(Tiempos en segundos)

| TAMANO DEL CUCHARON | EXCAVACION FACIL Marga húmeda o arena arcillosa o suelta | | | | EXCAVACION MEDIA Tierra común o vegetal | | | | EXCAVACION DURA Arcilla dura, roca bien tronada. | | | |
|---------------------|---|-----|------|------|--|-----|------|------|---|-----|------|------|
| | 45° | 90° | 135° | 180° | 45° | 90° | 135° | 180° | 45° | 90° | 135° | 180° |
| ¾ | 12 | 16 | 19 | 22 | 15 | 19 | 23 | 26 | 19 | 24 | 29 | 33 |
| ½ | 12 | 16 | 19 | 22 | 15 | 19 | 23 | 26 | 19 | 24 | 29 | 33 |
| ¾ | 13 | 17 | 20 | 23 | 16 | 20 | 24 | 27 | 20 | 25 | 30 | 34 |
| 1 | 14 | 18 | 21 | 25 | 17 | 21 | 25 | 29 | 21 | 26 | 31 | 36 |
| 1 ¼ | 14 | 18 | 21 | 25 | 17 | 21 | 25 | 29 | 21 | 26 | 31 | 36 |
| 1 ½ | 15 | 19 | 23 | 27 | 18 | 23 | 27 | 31 | 22 | 28 | 33 | 38 |
| 1 ¾ | 16 | 20 | 24 | 28 | 19 | 24 | 28 | 32 | 23 | 29 | 34 | 39 |
| 2 | 17 | 21 | 25 | 30 | 20 | 25 | 29 | 34 | 24 | 30 | 35 | 41 |
| 2 ½ | 18 | 22 | 27 | 32 | 21 | 26 | 31 | 36 | 25 | 31 | 37 | 45 |

Para adaptar los rendimientos a la carrera real de corte se aplican los valores de las tablas que se indican a continuación:

CARRERA OPTIMA DE EXCAVACION CON PALAS MECANICAS
(Expresadas en piés)

| CLASE DE MATERIAL | CAPACIDAD NOMINAL DEL CUCHILARON EN Yd3: | | | | | | | | |
|---|--|-----|-----|-----|-------|-------|-------|------|-------|
| | 3/8 | 1/2 | 3/4 | 1 | 1 1/4 | 1 1/2 | 1 3/4 | 2 | 2 1/2 |
| Materiales sueltos, como margas, arena, greda | 3.8 | 4.6 | 5.3 | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 7.4 | 7.8 | 8.4 |
| Arena y grava | 3.8 | 4.6 | 5.3 | 6.0 | 6.5 | 7.0 | 7.4 | 7.8 | 8.4 |
| Tierra común o vegetal | 4.5 | 5.7 | 6.8 | 7.8 | 8.5 | 9.2 | 9.7 | 10.2 | 11.2 |
| Arcilla dura, tenáz. | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 | 9.8 | 10.7 | 11.5 | 12.2 | 13.3 |
| Arcilla húmeda, pegajosa | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 | 9.8 | 10.7 | 11.5 | 12.2 | 13.3 |

FACTOR DE CONVERSION POR CARRERA DE CORTE Y ANGULO DE GIRO,
PARA PALAS MECANICAS

| PORCENTAJE DE LA CARRERA OPTIMA | ANGULO DE GIRO EN GRADOS | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | 45 | 60 | 75 | 90 | 120 | 150 | 180 |
| 40 | 0.93 | 0.89 | 0.85 | 0.80 | 0.72 | 0.65 | 0.59 |
| 60 | 1.10 | 1.03 | 0.96 | 0.91 | 0.81 | 0.73 | 0.66 |
| 80 | 1.22 | 1.12 | 1.04 | 0.98 | 0.86 | 0.77 | 0.69 |
| 100 | 1.26 | 1.16 | 1.07 | 1.00 | 0.88 | 0.79 | 0.71 |
| 120 | 1.20 | 1.11 | 1.03 | 0.97 | 0.86 | 0.77 | 0.71 |
| 140 | 1.12 | 1.04 | 0.97 | 0.91 | 0.81 | 0.73 | 0.66 |
| 160 | 1.03 | 0.96 | 0.90 | 0.85 | 0.75 | 0.67 | 0.62 |

El porcentaje de la carrera óptima se obtiene dividiendo la carrera real entre la óptima.

La experiencia ha demostrado que resulta más práctico y conduce a resultados más satisfactorios, el estimar el rendimiento de las palas mecánicas, basándose en valores estadísticos representativos; con este objeto se elaboró la tabla siguiente:

RENDIMIENTOS IDEALES DE PALAS MECANICAS, EXPRESADOS EN YARDAS CUBICAS
POR HORA, DE MATERIAL MEDIDO EN BANCO

| CLASE DE MATERIAL | TAMANO NOMINAL DE LA PALA EN YARDAS | | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|---------------|---------------|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----|-----------------|
| | $\frac{3}{8}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{3}{4}$ | 1 | $1 \frac{1}{4}$ | $1 \frac{1}{2}$ | $1 \frac{3}{4}$ | 2 | $2 \frac{1}{2}$ |
| Marga húmeda o arcilla arenosa suelta. | 85 | 115 | 135 | 205 | 250 | 285 | 320 | 355 | 405 |
| Arena y grava | 80 | 110 | 155 | 200 | 230 | 270 | 300 | 330 | 390 |
| Tierra común | 70 | 95 | 135 | 175 | 210 | 240 | 270 | 300 | 350 |
| Arcilla dura y compacta. | 50 | 75 | 110 | 145 | 180 | 210 | 235 | 265 | 310 |
| Roca bien tronada | 40 | 60 | 95 | 125 | 155 | 180 | 205 | 230 | 275 |
| Tierra común contaminada con piedras y raíces | 30 | 50 | 80 | 105 | 150 | 155 | 130 | 200 | 245 |
| Arcilla húmeda y pegajosa. | 25 | 40 | 70 | 95 | 120 | 145 | 165 | 185 | 230 |
| Roca mal tronada en grandes bloques | 15 | 25 | 50 | 75 | 95 | 115 | 140 | 160 | 195 |

A los valores de la tabla anterior para obtener los valores reales, deberá afectárseles de los coeficientes de: carrera óptima de corte, giro, y factor de eficiencia o rendimiento de trabajo, ya que los valores consignados son para un giro de 90° y carrera óptima.

Rendimientos para trabajos de afine.

En taludes 1 a 1 un 60% del rendimiento normal.

En taludes 1.5 a 1 un 40% del rendimiento normal.

DRAGA DE ARRASTRE

La draga de arrastre es una excavadora convertible -- equipada con pluma de grúa, un balde de arrastre que acciona como cucharón excavador, un cable adicional que es el que ejerce la -- fuerza tractora sobre el balde y un dispositivo de guiado del cable de arrastre.

La pluma de una draga puede operarse a diversos ángulos de inclinación, aunque los fabricantes recomiendan que nunca se operen a ángulos menores de 30° ni mayores de 50° a 60°, operar una máquina fuera de estos límites, además de ser ineficiente puede ser peligroso.

En obras hidráulicas la aplicación más frecuente de -- una draga es la excavación de canales y drenes, eventualmente en la excavación de estructuras y frecuentemente también en la excavación de bancos de préstamo.

Rendimientos:

- a) Teórico.- Teóricamente el rendimiento de una draga está dado por la ecuación siguiente:

$$\text{Rendimiento} = \frac{3600 \times V \times K \times E}{C_a \times t}$$

El rendimiento está expresado en metros cúbicos por --

hora.

3 600 = segundos que integran una hora

V = capacidad del balde en metros cúbicos.

K = factor de llenado o de eficiencia del balde de arrastre, que depende de las dimensiones del mismo y las propiedades del material excavado.

Ca = Coeficiente abundamiento

t = tiempo empleado por la máquina en realizar un ciclo completo expresado en segundos.

E = factor de rendimiento de trabajo o eficiencia.

CICLOS DE TRABAJO DE DRAGAS DE ARRASTRE PARA DIFERENTES ANGULOS DE GIRO (EN SEGUNDOS) A PROFUNDIDAD

OPTIMA --

| TAMAÑO DEL BALDE. | EXCAVACION FACIL | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|-----|------|------|---------------|-----|------|------|---------------|-----|------|------|------------------------|-----|------|------|
| | Arcilla húmeda, - suelta, margas, etc. | | | | Arena o grava | | | | Tierra común. | | | | Arcilla dura compacta. | | | |
| Yd3. | 45° | 90° | 135° | 180° | 45° | 90° | 135° | 180° | 45° | 90° | 135° | 180° | 45° | 90° | 135° | 180° |
| 3/8 | 16 | 19 | 22 | 25 | 17 | 20 | 24 | 27 | 20 | 24 | 28 | 31 | | | | |
| 1/2 | 16 | 19 | 22 | 25 | 17 | 20 | 24 | 27 | 20 | 24 | 28 | 31 | | | | |
| 3/4 | 17 | 20 | 24 | 27 | 18 | 22 | 26 | 29 | 21 | 26 | 30 | 33 | 25 | 30 | 35 | 39 |
| 1 | 19 | 22 | 26 | 29 | 20 | 24 | 28 | 31 | 23 | 28 | 32 | 35 | 27 | 32 | 37 | 41 |
| 1 1/4 | 19 | 23 | 27 | 30 | 20 | 25 | 29 | 32 | 23 | 28 | 33 | 36 | 27 | 32 | 38 | 42 |
| 1 1/2 | 21 | 25 | 29 | 32 | 22 | 27 | 31 | 34 | 25 | 30 | 35 | 38 | 29 | 34 | 40 | 44 |
| 1 3/4 | 22 | 26 | 30 | 33 | 23 | 28 | 32 | 35 | 26 | 31 | 36 | 39 | 30 | 35 | 41 | 45 |
| 2 | 23 | 27 | 31 | 35 | 24 | 29 | 33 | 37 | 27 | 32 | 37 | 41 | 31 | 37 | 42 | 47 |
| 2 1/2 | 25 | 29 | 34 | 38 | 26 | 31 | 35 | 40 | 29 | 34 | 40 | 44 | 33 | 39 | 45 | 50 |

Cargando camiones el tiempo se incrementa en 10%

Con objeto de apegar los rendimientos obtenidos al --
 substituir los valores de las tablas anteriores en la fórmula pa-
 ra el rendimiento de dragas de arrastre, a las condiciones reales
 del trabajo, se deberán aplicar los factores de corrección corres-
 pondientes a profundidad de corte y ángulo de giro, a continuación
 se tabulan estos valores:

FACTOR DE LLENADO DE BALDES DE DRAGAS DE ARRASTRE

| CAPACIDAD NOMINAL DEL BALDE (Yd3.) | ¼ | 1 | 1 ½ | 2 | 2 ½ | 3 | 3 ½ | 4 | 4 ½ |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Arcilla ligera | | | | | | | | | |
| húmeda | 1.27 | 1.27 | 1.27 | 1.27 | 1.27 | 1.28 | 1.28 | 1.28 | 1.28 |
| Arena o grava | 0.93 | 0.94 | 0.97 | 1.00 | 1.00 | 1.02 | 1.02 | 1.02 | 1.02 |
| Tierra común | 1.06 | 1.06 | 1.07 | 1.07 | 1.07 | 1.07 | 1.07 | 1.07 | 1.07 |
| Arcilla dura | 1.03 | 1.03 | 1.04 | 1.05 | 1.05 | 1.07 | 1.07 | 1.07 | 1.07 |
| Arcilla mojada y pegajosa | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Roca en fragmen- tos pequeños | 0.80 | 0.80 | 0.85 | 0.85 | 0.90 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 |

COEFICIENTES DE ABUNDAMIENTO DE DIVERSOS MATERIALES

| MATERIAL | COEFICIENTES | |
|--|--------------|----------|
| | Límites | Promedio |
| Arena o grava limpias | 1.05 a 1.15 | 1.10 |
| Tierra y grava limpias mojadas | 1.10 a 1.20 | 1.15 |
| Capas de tierra vegetal | 1.10 a 1.20 | 1.15 |
| Tierra común | 1.20 a 1.40 | 1.30 |
| Margas arenosas | 1.10 a 1.30 | 1.20 |
| Margas arcillosas | 1.15 a 1.35 | 1.25 |
| Lodo de tierra común | 1.25 a 1.50 | 1.40 |
| Arcilla sin contaminaciones | 1.30 a 1.60 | 1.45 |
| Arcilla blanda, friable densa | 1.35 a 1.55 | 1.45 |
| Arcilla dura mezclada con pie- dras | | 1.50 |
| Roca bien tronada | 1.50 a 1.60 | 1.65 |
| Roca mal tronada en grandes trozos | 1.70 a 2.00 | 1.85 |
| Pizarra y arcillas esquistosas | | 1.65 |
| ROCAS TRAPEZICAS (Basalto, rio- | | |

CARRERA OPTIMA DE EXCAVACION CORRESPONDIENTE A DRAGAS DE ARRASTRE (EN PIES)

| CAPACIDAD NOMINAL DEL BALDE EN Yd3. | ¼ | ½ | ¾ | 1 | 1 ¼ | 1 ½ | 1 ¾ | 2 | 2 ½ |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| CLASE DE MATERIAL: | | | | | | | | | |
| Arcilla húmeda y suelta o marga | 5.0 | 5.5 | 6.0 | 6.6 | 7.0 | 7.4 | 7.7 | 8.0 | 8.5 |
| Arena o grava | 5.0 | 5.5 | 6.0 | 6.6 | 7.0 | 7.4 | 7.7 | 8.0 | 8.5 |
| Tierra común | 6.0 | 6.7 | 7.4 | 8.0 | 8.5 | 9.0 | 9.5 | 9.9 | 10.5 |
| Arcilla dura y compacta | 7.3 | 8.0 | 8.7 | 9.3 | 10.0 | 10.7 | 11.3 | 11.8 | 12.3 |
| Arcilla húmeda, pegajosa | 7.3 | 8.0 | 8.7 | 9.3 | 10.0 | 10.7 | 11.3 | 11.8 | 12.3 |

INFLUENCIA DE LA CARRERA DE CORTE Y ANGULO DE GIRO EN LOS RENDIMIENTOS DE DRAGAS DE ARRASTRE

| CARRERA DE CORTE EN PORCENTAJE DE LA OPTIMA | ANGULO DE GIRO EN GRADOS | | | | | | | |
|---|--------------------------|------|------|------|-------|------|------|------|
| | 30° | 45° | 60° | 75° | 90° | 120° | 150° | 180° |
| 20 | 1.06 | 0.99 | 0.94 | 0.90 | 0.87 | 0.81 | 0.75 | 0.70 |
| 40 | 1.17 | 1.08 | 1.02 | 0.97 | 0.93 | 0.85 | 0.78 | 0.72 |
| 60 | 1.24 | 1.13 | 1.06 | 1.01 | 0.97 | 0.88 | 0.80 | 0.74 |
| 80 | 1.29 | 1.17 | 1.09 | 1.04 | 0.99 | 0.90 | 0.82 | 0.76 |
| 100 | 1.32 | 1.18 | 1.11 | 1.05 | 1.00 | 0.91 | 0.83 | 0.77 |
| 120 | 1.29 | 1.17 | 1.09 | 1.03 | 0.985 | 0.90 | 0.82 | 0.76 |
| 140 | 1.25 | 1.14 | 1.06 | 1.00 | 0.96 | 0.88 | 0.81 | 0.75 |
| 160 | 1.20 | 1.10 | 1.02 | 0.97 | 0.93 | 0.85 | 0.79 | 0.73 |
| 180 | 1.15 | 1.05 | 0.98 | 0.94 | 0.90 | 0.82 | 0.76 | 0.71 |
| 200 | 1.10 | 1.00 | 0.94 | 0.90 | 0.87 | 0.79 | 0.73 | 0.69 |

Estos factores de corrección que aplicados al rendimiento óptimo para giro de 90° y profundidad óptima de corte, darán los rendimientos reales.

Para la aplicación de la fórmula para el rendimiento teórico de una draga, es conveniente tener presente que existe una pequeña diferencia entre la capacidad nominal y la real de los baldes. Estas diferencias se consignan en la tabla siguiente:

| Capacidad real del balde en Yd3. | Capacidad real del balde al ras en Yd3. |
|-------------------------------------|--|
| 3/8 | 0.407 |
| 1/2 | 0.631 |
| 3/4 | 0.889 |
| 1 | 1.186 |
| 1 1/4 | 1.445 |
| 1 1/2 | 1.741 |
| 1 3/4 | 1.963 |
| 2 | 2.222 |
| 2 1/4 | 2.483 |
| 2 1/2 | 2.742 |
| 2 3/4 | 3.333 |
| 3 | 3.533 |

b). Rendimientos prácticos tomando como base datos estadísticos

Se ha comprobado que se llega a resultados más --
prácticos, precisos y convenientes, por medio del empleo de valo-
res basados en observaciones estadísticas. En la tabla siguiente
se consignan valores estadísticos para el rendimiento de dragas.

RENDIMIENTOS OPTIMOS DE DRAGAS DE ARRASTRE CON PLUMA CORTA NORMAL, EXPRESADO EN YARDAS CUBICAS POR HORA (MATERIAL MEDIDO EN BANCO)

| CAPACIDAD NOMINAL DEL BALDE | M A T E R I A L E S | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|---------------|--------------|-------------------------|--------------------------|
| | Arcilla húmeda y suelta o masosa. | Arena o grava | Tierra común | Arcilla dura y compacta | Arcilla húmeda pegajosa. |
| 3/8 Yd3. | 70 | 65 | 55 | 35 | 20 |
| 1/2 Yd3. | 95 | 90 | 75 | 55 | 30 |
| 3/4 Yd3. | 130 | 125 | 105 | 90 | 55 |
| 1 Yd3. | 160 | 155 | 135 | 110 | 75 |
| 1 1/4 Yd3. | 195 | 185 | 165 | 135 | 95 |
| 1 1/2 Yd3. | 220 | 210 | 190 | 160 | 110 |
| 1 3/4 Yd3. | 245 | 235 | 210 | 180 | 130 |
| 2 Yd3. | 265 | 255 | 230 | 195 | 145 |
| 2 1/2 Yd3. | 305 | 295 | 265 | 230 | 175 |
| 3 Yd3. | 350 | 340 | 305 | 270 | 210 |
| 3 1/2 Yd3. | 390 | 380 | 340 | 305 | 240 |
| 4 Yd3. | 465 | 455 | 375 | 340 | 270 |
| 5 Yd3. | 540 | 530 | 445 | 410 | 330 |
| 6 Yd3. | 610 | 600 | 510 | 475 | 385 |

En los valores consignados en la tabla anterior se hacen las siguientes consideraciones:

- a) Profundidad óptima de corte.
- b) Angulo de giro igual a 90°
- c) Trabajo efectivo durante 60 minutos de la hora cronológica.
- d) Eficiencia 100%

Para obtener los rendimientos prácticos, deberán afectarse a los valores obtenidos de la tabla anterior, con los factores de eficiencia, profundidad de corte y giro, consignados en las tablas correspondientes, usados para aplicarse a los rendimientos teóricos.

Quando la descarga del material excavado por una -

draga sea depositado a bordo de cajas de vehículos de acarreo los valores de la tabla anterior deberán afectarse de un factor = 0.9

EQUIPO DE BARRENACION

COMPRESORAS.- PLANTAS PRODUCTORAS DE AIRE COMPRIMIDO

Las compresoras pueden ser estacionarias o portátiles. Capacidad de una compresora, se mide por la cantidad de aire comprimido que produce por minuto.

Las compresoras se les conoce por su capacidad de producción; así por ejemplo un compresor 600, quiere decir que es un compresor que produce 600 pies cúbicos por minuto de aire comprimido; todos los rendimientos están dados a una presión de 100-libras sobre pulgada cuadrada.

Perforadora neumática: Son máquinas diseñadas para perforar materiales duros a base de un movimiento combinado de impacto y rotación, transmitido a travez de una barra, que puede ser seccional o integral, a la broca o elemento de ataque. El material triturado por la broca, es expulsado a base de aire que -- circula por orificios que para este efecto, tienen las barras y -- las brocas.

En la construcción de zonas de riego, las perforadoras más comúnmente usadas son:

Perforadoras neumáticas de mano (pistolas)

Perforadoras neumáticas montadas sobre ruedas
(Wagon-drill)

Perforadoras neumáticas montadas sobre orugas
(Trac-dill).

La primera, la presión o empuje sobre la máquina - para lograr su avance la dá el operador, se usa para diámetros de perforación pequeños.

Para las dos últimas, la presión o empuje es ejercido por medios mecánicos.

Los rendimientos de barrenación para las perforadoras neumáticas están consignados en la tabla siguiente

Rendimientos promedio representativos de Barrenación con Perforadoras Neumáticas de Pistón recíprocante en metros por hora.

| Diámetro del Barreno | Calidad de la Roca | Perforadoras de Mano | Perforadoras con Alimentación Mecánica |
|----------------------|--------------------|----------------------|--|
| 1 1/4" | Suave | 5 a 6.5 | 10 a 15 |
| | Media | 3 a 4.5 | 8 a 12 |
| | Dura | 2 a 3.5 | 5 a 10 |
| 2 1/2" | Suave | 3.5 a 5 | 10 a 17 |
| | Media | 2.5 a 3.5 | 6.5 a 12 |
| | Dura | 1.5 a 3 | 5 a 10 |
| 3" | Suave | — o — | 10 a 17 |
| | Media | — o — | 5 a 10 |
| | Dura | — o — | 3 a 7 |
| 4" | Suave | — o — | 3.5 a 8.5 |
| | Media | — o — | 1.8 a 5 |
| | Dura | — o — | 0.7 a 3 |

Para clasificar las rocas en cuanto a su dureza, se puede tomar como guía la tabla siguiente:

Indice de la Dureza de algunas Rocas, referida a la Escala de Mohs.

| ROCA O MINERAL | INDICE DE DUREZA |
|-------------------------|------------------|
| Diamante | 10.0 |
| Cuarzo | 7.0 |
| Basalto | 7.0 |
| Horsteno | 6.5 |
| Feldespato | 6.2 |
| Gneises | 5.2 |
| ROCAS DURAS | |
| Esquistos | 5.0 |
| Magnetita | 4.2 |
| Granito | 4.0 |
| Areniscas | 3.8 |
| Dolomitas | 3.7 |
| Rocas calizas | 3.3 |
| ROCAS MEDIAS | |
| Pizarra | 3.1 |
| Lutitas | 3.1 |
| Calcita | 3.0 |
| Antracita | 3.0 |
| Mármol | 3.0 |
| ROCAS SUAVES | |
| Carbón bituminoso | 2.5 |
| Mica | 2.3 |
| Yeso | 2.0 |
| Talco | 1.0 |
| ROCAS MUY SUAVES | |

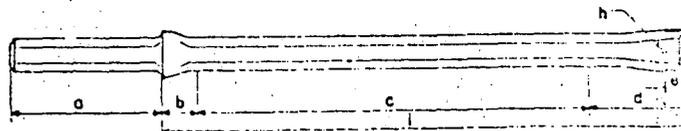
Un tipo de roca muy común son los conglomerados, cuya dureza depende, tanto del material que forma los granos aglutinados, como del que constituye el cementante. Los conglomerados suaves tienen una dureza del orden de 3.0 a 3.5, en tanto que los duros cementados con sílice, tienen una dureza del orden de 5 a 6.

Acero y brocas de barrenación

Acero integral: El acero integral está formado -- por una sola pieza en la que se encuentran incorporados todos los elementos de la "sarta de barrenación" como son:

- a) La espiga o zanco que es la pieza que se ajusta -- al broquero de la perforadora.
- b) El cuello o collar, que sirve como elemento de -- ajuste y soporte en el broquero y portaherramienta de la perforadora.
- c) El cuerpo o vástago del acero, que es de longitud variable según necesidades del caso.
- d) La correspondiente broca.
- e) El conducto de soplado o limpieza.

Esquema de una barrena integral, con inserto de metal duro (Broca tipo cincel)



- | | |
|-------------------|---|
| a espiga o zanco | e inserción de metal duro |
| b cuello o collar | h conducto de ventilación y circulación |
| c vástago | l largo de la barrena |
| d broca | |

Acero hueco seccional de barrenación

Por acero hueco seccional de barrenación se entienden barras de acero hueco dotadas con rosca en cada uno de sus extremos, las que son surtidas por los fabricantes en diámetros y longitudes variables para emplearse en barrenación muy profunda, acoplada cada barra a la subsecuente por medio de coples.

El acero seccional de barrenación, se instala en broqueros de la perforadora por medio de zancos adaptadores, que en su extremo libre se unen a la primera sección de acero por medio de un cople roscado.

En el extremo de la última barra se coloca la broca.

Consumos de Acero de barrenación

En la tabla que se indica a continuación nos da los rendimientos del acero de barrenación de acuerdo con la dureza del material perforado.

La barrenación se mide en metros lineales pero según sea la profundidad de un barreno la vida del acero de barrenación podrá ser variable, dependiendo de la relación existente entre dicha profundidad y la longitud de cada tramo de acero.

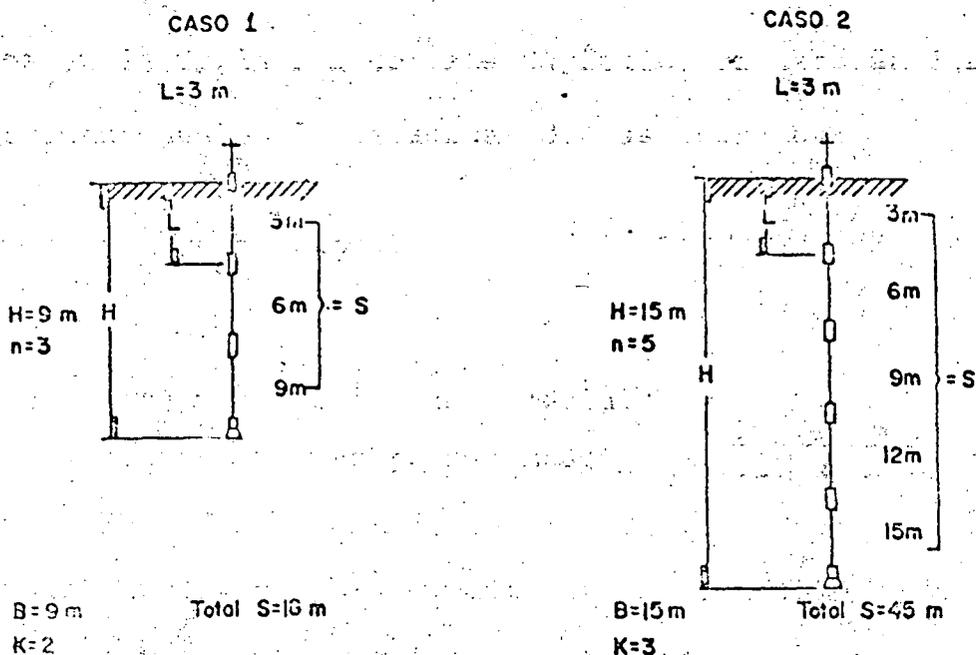
Valores índice de la vida económica promedio de aceros de barrenación integrales y seccionales (En metros).

| CLASE DE ROCA | V I D A |
|---|------------|
| MUY DURAS: | |
| Cuarzo, basalto y hematita: | 10 a 100 |
| Hortensio y feldespato: | 50 a 100 |
| MEDIANAMENTE DURAS: | |
| Gneises y conglomerados muy duros silicificados | 100 a 150 |
| Esquistos, granito, riolitas, andesitas y similares: | 150 a 200 |
| Areniscas duras y diabasa: | 200 a 250 |
| Areniscas suaves y similares: | 250 a 400 |
| SUAVES Y DESCOMPUESTAS: | |
| Areniscas muy suaves, dolomitas y rocas calizas, así como conglomerados suaves poco cementados y materiales granulares sueltos; rocas similares intemperizadas: | 400 a 800 |
| ROCAS MUY SUAVES | |
| Pizarras, lutitas, antracita, mármol, mica y carbón: | 600 a 1000 |

En tanto mayor sea el número de cambios de acero necesarios para barrenar un agujero hasta su profundidad total, menor será la vida del acero, expresado en "metros barra", ya que el valor medido en "metros barra" es completamente diferente del valor de metros de barrenación, si un barreno con profundidad total de 6 metros se practica empleando dos barras, la primera de 3 metros y la segunda de 6, tratándose de acero integral, es evidente que el acero de barrenación de la primera barra realizará un trabajo de 3 "metros-barra", en tanto que el segundo tramo lo realizará de 6 "metros-barra", lo que sumado arroja un total de

9 "metros-barra" contra 6 metros de barrenación.

En la figura siguiente se ilustra la relación existente entre el valor de metros de barrenación y "metros-barra" para el caso de realizar el trabajo empleando tramos seccionales de acero de barrenación.



La relación entre los valores "metros-barra" y metros de perforación, dependen del número de barras que se deben emplear en la horadación de un barreno determinado, de acuerdo con la fórmula siguiente

$$K = \frac{N + 1}{2}$$

K = factor de conversión para convertir los metros de barrenación a "metros-barra", siendo el valor "metros-barra" el representativo del trabajo efectivamente realizado para horadar un barreno.

N = Es el número de barras empleadas para barrenar un barreno, ya sea que se trate del número de cambios de acero, cuando se haga con acero integral, o de tramos cuando se haga con acero seccional.

Empleando el concepto "metros-barras" como representativo del trabajo real ejecutado, es posible utilizar varios índices consignados en la tabla de valores índices de la Vida Económica, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Vida del acero de barrenación} = \frac{\text{Valor índice de la vida económica}}{K}$$

Rendimientos de las brocas intercambiables. Como regla empírica se ha llegado a establecer que la vida de una broca de acero dotada con insertos de carburo de tungsteno de dureza apropiada a la formación geológica en que se utilice, es igual a su diámetro respectivo en pulgadas, multiplicado por 100 (cién) -- obteniéndose así su rendimiento en metros de barrenación, para condiciones de dureza media.

PROBLEMA TEMA "A" -

Se desea saber la fuerza necesaria de excavación para construir un terraplén formado de material impermeable, el cual tendrá un volumen de 94 000 m³ y se dispone de 30 días para ejecutarlo. El material será excavado de un banco ubicado a 370 m del centro de gravedad del terraplén, ligándolos un camino de construcción terminado en tierra compactada, con una superficie que estará bien conservada. El camino tiene pendiente positiva de 8% del banco al terraplén.

La excavación se hará con escrepas remolcadas por tractores.

Datos Tractor:

Potencia: 235 HP (232 CP)

Peso total operando: 47 220 lbs (21 419 kg)

| Velocidad de Engranaje | Velocidad de tránsito km/hr | Fuerza tractiva en Kgs. |
|------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Primera | 2.4 | 21 267 |
| Segunda | 3.1 | 16 464 |
| Tercera | 4.3 | 11 869 |
| Cuarta | 5.6 | 9 114 |
| Quinta | 7.4 | 6 897 |
| Sexta | 10.1 | 5 033 |

Datos Escrepa:

Capacidad copeteada: 24.5 yd³. (18.73 m³)

Capacidad límite por peso: 63 000 lbs (28 577 kgs)

Peso de escrepa cargada: 92 652 lbs (42 027 kgs)

Peso de escrepa vacía: 34 860 lbs (15 812 kgs)

Tomando en forma tentativa los valores consignados en la Tabla 3-3 de este Capítulo, se tendrán las siguientes limitaciones en la capacidad de las escrepas:

$$\text{medido en banco: } \frac{18.73 \text{ m}^3}{1.25} = 14.98 \text{ m}^3$$

$$\begin{array}{l} \text{Capacidad límite de material} \\ \text{medido en terraplén compacta} \\ \text{do:} \end{array} \frac{18.73 \text{ m}^3}{1.25 \times 1.18} = 12.69 \text{ m}^3$$

Capacidad límite por volumen: $14.98 \text{ m}^3 \times 1750 \text{ kg/m}^3 = 26\,215 \text{ kg.}$, que resulta menor que la capacidad límite de la escrepa, en peso. Por lo anterior, la capacidad limitativa de las escrepas es de 12.69 m³. medidas en el terraplén compactado (14.98 m³ medidos en el banco).

Suponiendo que en el banco de préstamo se dispondrá de la fuerza necesaria y suficiente consistente en tractores empujadores para facilitar la carga de las escrepas y que en el terraplén se dispondrá de la suficiente fuerza constructiva para acomodar y com -

pactar el material al mismo ritmo de la excavación y transportación, se tendrán los siguientes tiempos fijos:

| | |
|----------------------------------|-------------------|
| Tiempo de carga de cada escrepa: | 1.0 minuto |
| Tiempo de descarga y retorno : | <u>1.0 minuto</u> |
| TIEMPO FIJO TOTAL:..... | 2.0 minuto |

Por datos estadísticos se sabe (suposición) que las escrepas de la capacidad aquí considerada, cuando se encuentran auxiliadas por un tractor adicional empujador, (pusher) se cargan en un trayecto aproximadamente de 25 metros y se descargan en otros 25 metros, por lo que la distancia de acarreo será:

$$370 \text{ m} - (25 \text{ m} \times 2) = 320 \text{ m}$$

Para la superficie de rodamiento señalada y de acuerdo con lo consignado en la Tabla 3-4 de este Capítulo, se adopta una resistencia al rodamiento con valor de 4% (cuatro por ciento) para el tractor y de 3.5% (tres y medio por ciento) para las escrepas, referidas al peso de los mismos.

Deberá tenerse en cuenta que el camino tiene una pendiente positiva de 8% (ocho por ciento) del banco al terraplén, la cual retardará el movimiento del equipo en su recorrido de ida cargado y lo acelerará en su recorrido de regreso descargado.

Por otra parte, para la superficie de rodamiento de que se trata -

y considerando los tractores de orugas, se tendrá un coeficiente de tracción con valor promedio aproximado de 0.80 (tomando la Tabla 3-5), y por tanto, la máxima fuerza tractiva utilizable por el tractor será de:

$$21\ 419\ \text{kg} \times 0.80 = 17\ 135\ \text{Kg.}$$

de donde se deduce que, cuando el tractor opere en primera velocidad solamente podrá utilizar el:

$$\frac{17\ 135}{21\ 267} \times 100 = 80.57\% \text{ de su fuerza tractiva potencial, pues si se pretendiera aplicar mayor potencia el tractor patinaría.}$$

Para el movimiento del tractor se tendrán las siguientes resistencias a vencer:

| | | |
|-----------------------------|----------------------------------|-----------------|
| Resistencia al rodamiento: | $0.04 \times 21419\ \text{kg} =$ | 857 kg |
| Resistencia a la pendiente: | $0.08 \times 21419\ \text{kg} =$ | <u>1 714 kg</u> |
| | TOTAL: | 2 571 kg |

Con los datos anteriores se puede calcular la fuerza en el gancho de que dispondrá el tractor para remolcar su correspondiente es crepa, la cual es la diferencia de restar a la fuerza tractiva utilizable las resistencias que debe vencer el tractor para su propio movimiento:

| VELOCIDAD ENGRANADA | FUERZA TRACTIVA ÚTIL | RESISTENCIA AL RODAMIENTO | RESISTENCIA A LA PENDIENTE | FUERZA EN EL GANCHO | |
|---------------------|----------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------|------------|
| | | | | SUBIENDO | BAJANDO |
| Primera | 17,135 | 857 | 1714 | 14,564 | 17,135 (*) |
| Segunda | 16,464 | 857 | 1714 | 13,893 | 17,135 (*) |
| Tercera | 11,869 | 857 | 1714 | 9,298 | 12,726 |
| Cuarta | 9,114 | 857 | 1714 | 6,543 | 9,971 |
| Quinta | 6,897 | 857 | 1714 | 4,326 | 7,754 |
| Sexta | 5,053 | 857 | 1714 | 2,482 | 5,910 |

(*) Valor límite fijado por el coeficiente de tracción, arriba del cual la máquina deslizará patinando.

Ahora bien, cuando el equipo viaje cargado hacia el terraplén, la escrepa sufrirá las siguientes resistencias; las cuales deberán ser vencidas por el tractor:

$$\text{Resistencia al rodamiento: } 0.035 \times 42.027 = 1\,471 \text{ kg}$$

$$\text{Resistencia a la pendiente: } 0.080 \times 42.027 = \underline{3\,362} \text{ kg}$$

$$\text{TOTAL: } 4\,833 \text{ kg}$$

Por lo anterior, comparando la resistencia de la escrepa con la fuerza en el gancho del tractor disponible para sus diversas velocidades, se ve que la máxima velocidad a que podrá viajar el equipo cargado será de 5.6 kilómetros por hora, la cual corresponde a la cuarta velocidad en la caja de velocidades del tractor. La velocidad en quinta no es posible, ya que para tal posición en el tren de engranajes se dispondrá solo de una fuerza en el gancho con valor de 4 326 kg. que resulta inferior a la resistencia de la escrepa.

Por consiguiente, el recorrido de ida desde el banco hasta el terraplén con la escrepa cargada se hará en cuarta velocidad, o sea, a razón de 5.6 km por hora, lo cual llevará un tiempo de:

$$\frac{370 \text{ m} - (25 \text{ m} + 25 \text{ m})}{5600 \text{ m/hora}} \times \frac{1}{60} = 3.43 \text{ min.}$$

En el viaje de regreso con la escrepa vacía se tendrá la siguiente resistencia al movimiento de la escrepa:

| | | | |
|----------------------------|-------------------|---|----------------|
| Resistencia al rodamiento: | 0.035 x 15 812 kg | = | 553 kg |
| Resistencia por pendiente: | 0.080 x 15 812 kg | = | <u>1265 kg</u> |
| TOTAL: | | = | 712 kg |

El signo negativo indica que la escrepa por sí sola se podrá mover en virtud de la fuerza de gravedad.

Por consiguiente, el tractor podrá viajar de regreso remolcando la escrepa a su máxima velocidad (sexta) de 10.1 km/hora, tomando en el viaje de regreso un tiempo de :

$$\frac{320 \text{ m} \times 1}{10100 \text{ m/h} \times 60 \text{ min/h}} = 1.90 \text{ min.}$$

TIEMPO TOTAL POR CICLO:

| | |
|----------------------|-----------------|
| Carga de la escrepa | 1.00 min |
| Viaje de ida cargada | 3.43 min |
| Viaje de regreso | 1.90 min |
| Descarga y retorno | <u>1.00 min</u> |
| TOTAL: | 7.33 min. |

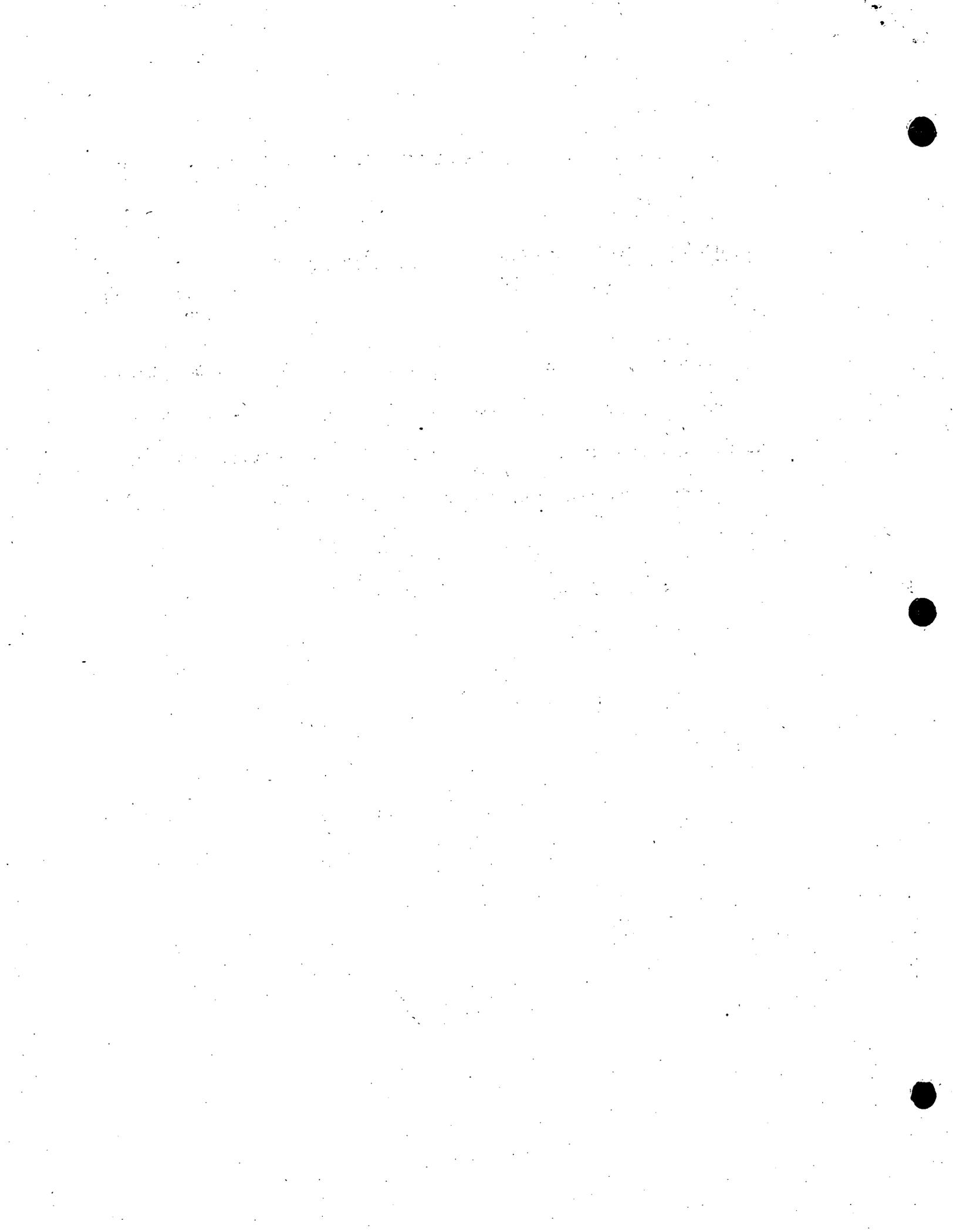
Considerando un FACTOR DE RENDIMIENTO DE 0.75, se tendrán un rendimiento de:

$$\frac{60 \text{ min/hr} \times 10 \text{ horas/día} \times 0.75 \times 12.69 \text{ m}^3/\text{viaje}}{7.33 \text{ minutos por viaje}} = 780 \text{ m}^3/\text{día.}$$

(material medido en terraplén)

Para excavar, transportar y colocar los 94 300 m³ del terraplén del ejemplo, en un plazo de 30 días efectivos de trabajo, considerando jornadas de 10 horas por día, se necesitará una fuerza mínima de excavación y transportación formada por:

$$\frac{94\ 300 \text{ m}^3 \text{ de terraplén}}{30 \text{ días} \times 780 \text{ m}^3/\text{escrepa/día}} = 4 \text{ escrepas}$$



CAPACITACION PARA INGENIEROS PROYECTISTAS DE ZONAS DE RIEGO

INTEGRACION Y PRESENTACION DE CONCURSOS

T E M A "D"

PRECIOS UNITARIOS

ING. GERARDO TENA OROZCO
NOVIEMBRE DE 1978



TEMA D.- PRECIOS UNITARIOS

d.1 DEFINICION

Se denomina "precio unitario" al precio resultante de dividir el monto total de las erogaciones que deba ejercer un Contratista para la ejecución de un cierto volumen de trabajo de acuerdo con las especificaciones y procedimientos de construcción más adecuado, más sus utilidades legítimas y los intereses del capital invertido, todo ello entre el volumen de trabajo ejecutado.

CARGOS QUE INTEGRAN UN PRECIO UNITARIO

- a) Cargos Directos
- b) Indirectos y utilidad

Cargos Directos son aquellos que intervienen directamente en la ejecución de un concepto de obra específico, como son

- Salarios
- Equipo
- Herramientas
- Materiales
- Combustibles y lubricantes

Cargos Indirectos son aquellos que no se pueden aplicar a un concepto específico:

Personal Técnico

Personal Administrativo

Personal de vigilancia

Transportes de equipo y personal

Campamento

Bodegas

Caminos de construcción (construcción y conservación)

Financiamiento, Fianzas, etc.

Es práctica generalizada que en el análisis de precios-unitarios únicamente se calculen los cargos directos. Los indirectos se expresan como un porcentaje (20%) de los cargos directos. A su vez, la utilidad del Contratista se calcula como un porcentaje (15%) del monto de los cargos directos más los indirectos.

SALARIOS

La República está dividida en zonas, con salarios mínimos diferentes, que se toman como base para obtener los salarios-correspondientes de todo el personal que interviene en forma directa en la ejecución de un concepto de obra, ya sea como operadores de los equipos de construcción o con la aplicación de la mano de obra.

Al salario diario por turno de 8 horas, se le agrega - la cuota para el pago del Seguro Social que es de 19.6875% sobre el salario mínimo y de 15.9375% para el salario del personal especializado, obteniéndose así el salario nominal que paga el Contratista.

Para obtener el coeficiente que hay que multiplicar -- por el salario nominal para obtener el salario real se consideraron de acuerdo con la Ley Federal del Trabajo:

| | |
|--|--------------|
| Días pagados al año | 365 |
| Días pagados por aguinaldo anual | 15 |
| Más 25% sobre los 6 días de vacaciones | <u>1.5</u> |
| SUMA: | 381.5 |

Para obtener los días laborables en el año, se descontaron a los 365 días del año los días no laborables que de acuerdo con la -- Ley Federal del Trabajo son:

| | |
|---------------|----------|
| Domingos | 52 |
| Vacaciones | 6 |
| Días festivos | <u>7</u> |
| | 65 |

Por lo que los días laborables en el año serán 300 y - las horas laborables que de acuerdo con la Ley Federal del Trabajo serán: 300 x 8 h/trno = 2 400 h.

El cargo horario por concepto de salarios es:

S x 381.5

2 400 h.

En el que S es el salario diario nominal

Obtención del cargo directo por salarios

Para que sea más claro lo haremos por medio de un ejemplo:

Obtener el costo por hora y por día de una cuadrilla formada por un cabo y 20 peones que van a ejecutar un trabajo de excavación.

La obra está en la Zona 33 (Sinaloa Sur, Pág. 85 Salarios Minimos) que tiene un salario mínimo de 32.50.

Salario cabo 54.00

Salario peón 32.50

Cuota S.S. cabo 54.00 x 0.159375 = 8.61

Cuota S.S. peón 32.50 x 0.196875 = 6.40

Salarios incluyendo S. S.

Cabo \$ 62.51/día

Peón \$ 38.90/día

Costo cuadrilla

Cabo 1 x 62.61 \$ 62.61/día

Peones 20 x 38.90 \$ 778.00/día

\$ 840.61/día

Cargo horario por concepto de salarios

$$\frac{\$ 840.61/\text{día} \times 381.5 \text{ días}}{2\ 400 \text{ h.}} = \$ 133.62/\text{h. cuadrilla}$$

Cargo diario por concepto de salarios

$$\frac{\$ 840.61/\text{día} \times 381.5 \text{ días}}{300 \text{ días}} = \$ 1\ 068.98/\text{día cuadrilla}$$

EQUIPO

Costo por hora de operación de una máquina

La práctica sugiere la conveniencia de estructurar todos los análisis de precios unitarios sobre la base del costo de operación por hora de las máquinas.

Cargos que integran un costo horario de una máquina.

a) Cargos fijos

- 1) Depreciación, que depende de la vida económica.
- 2) Intereses, impuestos y seguros.
- 3) Reparaciones.

La depreciación ocurre de acuerdo a una trayectoria de función lineal proporcional a la vida de la máquina. Si el valor original de una máquina es de \$ 100 000.00 y su vida económica es de 5 años, la depreciación ocurrirá como se indica:

| A iniciación del año | Valor de la máquina | Depreciación acumulativa | Fondo de amortización |
|----------------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|
| Primero | \$ 100 000.00 | \$ 0.00 | \$ 0.00 |
| Segundo | 80 000.00 | 20 000.00 | 20 000.00 |
| Tercero | 60 000.00 | 40 000.00 | 40 000.00 |
| Cuarto | 40 000.00 | 60 000.00 | 60 000.00 |
| Quinto | 20 000.00 | 80 000.00 | 80 000.00 |
| Sexto | 0.00 | 100 000.00 | 100 000.00 |

Para la máquina de referencia de este ejemplo, se tendrá una inversión promedio durante el período de su vida económica con valor de:

Suma de las cantidades de la columna segunda: \$ 300 000.00

Valor promedio de la máquina $\frac{\$ 300\,000.00}{5} = \$60\,000.00$

Valor promedio expresado como un porcentaje del costo original -- de adquisición:

$$\frac{\$ 60\,000.00 \times 100}{\$ 100\,000.00} = 60\%$$

Para la determinación de la inversión media anual de cualquier máquina, bastará emplear la fórmula siguiente:

Valor promedio anual de la máquina:

$$\frac{(n + 1)}{2n} \times 100 = \% \text{ del costo original de la misma.}$$

Fórmula en la cual "n" es el número de años de vida económica correspondiente a la máquina de que se trate.

De gran interés resulta conocer el promedio de inversión anual --

de una máquina, ya que lógicamente, los impuestos, intereses y seguros correspondientes a la misma se pagarán sobre la base de tal valor medio.

El cargo de Intereses, Impuestos y Seguros se tasa en 10% aplicable sobre la inversión media anual correspondiente al equipo de construcción.

Por lo que toca a reparaciones, este cargo se calcula como porcentaje anual con respecto al costo de adquisición de la maquinaria y varía con el tipo de la misma.

b) Consumos

Considerando:

1. Que el consumo de combustible de una máquina de combustión interna es uno de los elementos que se toman en cuenta para la determinación de los costos de hora máquina.
2. Que el consumo de combustible horario es función de gran número de factores no fácilmente mensurables entre los que pueden citarse: potencia de la máquina, ciclo de trabajo efectivo, experiencia de los operadores, condiciones mecánicas de diseño y operación; altura sobre el nivel del mar a la que opera, etc.
3. Que de acuerdo a lo expuesto en el considerando 2 es deseable obtener el consumo de combustible horario mediante medi-

ción directa del mismo, lo cual es muy difícil que lo puedan hacer las personas físicas que van a determinar costo de la hora, siendo sin embargo el proceso ideal.

4. Que existen grupos de máquinas cuyos ciclos de trabajo efectivo se pueden considerar cuantitativamente del mismo orden.

De lo expresado en los párrafos anteriores se deduce - que la forma precisa de obtener el consumo de combustible es por medición directa, pero como en la práctica, para efectos de análisis de precios unitarios este procedimiento es inoperante.

Para conocer previamente los consumos, se pueden utilizar la tabla de GRUPOS DE EQUIPOS, para obtener el grupo de máquina a la que pertenece la considerada.

A partir del grupo seleccionado y con la POTENCIA NOMINAL de la máquina considerada; expresada en Caballos de Potencia (H.P.), el consumo de combustible horario, en litros/hora estará dado por la ecuación que aparece en la siguiente tabla:

GRUPOS DE EQUIPOS.

| I | II | III | IV |
|-------------------------------------|---|---|---|
| Autoarmones | 1.- Bombas autoceb. | 1.- Bandas transportadoras portátiles y fijas. | 1.- Camiones de volteo en adelante. |
| - Motores fuera de - borda. | 2.- Camiones estacas hasta - de 6.5 ton. | 2.- Pavimentadora | 2.- Locomotoras |
| - Plantas eléctricas hasta 5 KW. | 3.- Camiones tanque hasta - 5 m ³ . | 3.- Bombas concreto | 3.- Motoescrapas. |
| | 4.- Camiones volteo hasta - 6.5 ton. | 4.- Camiones de vol- teo y estacas 6.5- a 12 ton. | 4.- Perforadoras de po- zo profundo. |
| | 5.- Compresoras, hasta - - - 1,200 p.c.m. | 5.- Camiones tanque - de más de 5 m ³ . | 5.- Palas. |
| | 6.- Mezcladoras concreto - portátiles hasta 165. | 6.- Dragas. | 6.- Retroexcavadora. |
| | 7.- Máquinas de soldar | 7.- Grúas | 7.- Tractores de arrastre y empuje. |
| | 8.- Motor estacionario has- ta 100 H.P. | 8.- Mezcladoras de - concreto estaciona- rias o montadas a - camión. | 8.- Rezagadoras. |
| | 9.- Motores marinos | 9.- Motocompactor. | 9.- Cargadores frontales |
| | 10.- Petrolizadora hasta 10 m ³ | 10.- Motoconformadora | |
| | 11.- Camioneta (Pick-Up) has- ta 1 ton. | 11.- Plantas eléctricas- mayores de 5 KW. | |
| | 12.- Vibradores. | 12.- Motores estaciona- rios de mas de 100 H.P. | |
| | 13.- Pisones | 13.- Compresoras de más - de 1,200 p.c.m. | |

COMBUSTIBLE UTILIZADO

| GRUPO | GASOLINA | | DIESEL | |
|-------|--------------|-------------|--------------|------------|
| | G en lts/hr. | Nn. en H.P. | D en lts/hr. | Nn en H.P. |
| I | G = 0.1020 x | H.P. nom. | D = 0.0688 x | H.P. nom. |
| II | G = 0.0893 x | H.P. nom. | D = 0.0620 x | H.P. nom. |
| III | G = 0.1108 x | H.P. nom. | D = 0.0774 x | H.P. nom. |
| IV | G = 0.153 x | H.P. nom. | D = 0.1032 x | H.P. nom. |

CONSIDERANDO:

1. Que el consumo de aceite lubricante horario es uno de los elementos que se toman en cuenta para la determinación del costo de hora máquina.
2. Que de acuerdo con observaciones efectuadas tanto en laboratorios como en el campo de la Ingeniería, el consumo de horario de aceite lubricante total es función de: a). La capacidad del carter de la máquina. b). Del tipo T de operación de la máquina entre dos cambios sucesivos de aceite. c). Del consumo del combustible utilizado.

SE PROPONE:

1. Para obtener el consumo horario de aceite lubricante total expresado como L_{gt} cuando el combustible utilizado sea gasolina y como L_{dt} cuando el combustible empleado sea Diesel y dados en litros/hora se utilicen una de las dos ecuaciones -

siguientes:

$$L_{gt} = \frac{C}{T} + 0.0075 G \quad \text{litros/hora para motores a Gasolina}$$

$$L_{dt} = \frac{C}{T} + 0.0095 D \quad \text{litros/hora para motores a Diesel}$$

en donde:

C = Capacidad del carter en litros

T = Tiempo de operación de la máquina entre dos cambios sucesivos de aceite lubricante en horas.

G = Consumo horario de gasolina en litros/hora

D = Consumo horario de diesel en litros/hora

Obteniéndose G o D como se indicó en el apartado correspondiente a consumo de combustible horario.

El cargo por consumo horario de llantas se obtiene dividiendo el costo de las mismas entre el número de horas de vida, que dependen de:

- a) Tipo de vehículo
- b) Velocidad
- c) Superficie de rodamiento
- d) Carga de operación
- e) Grado de las curvas
- f) Pendiente del camino
- g) Mantenimiento

Se deben calcular cargos en llantas por depreciación, intereses, seguros, impuestos y talleres.

c) Salarios

Se calcula este cargo como ya se indicó anteriormente.

ANALISIS DEL COSTO HORARIO DE UN TRACTOR D-8

DATOS:

| | |
|---|--|
| Valor de Adquisición..... | 1'146,840.00 |
| Valor de rescate..... | 10% |
| Vida Económica..... | 5 años de 2000 h/año |
| Motor (Por el tipo de combustible)..... | Diesel |
| Potencia Nominal..... | 270 H.P. |
| Salario del operador (de acuerdo con el Salario mínimo de la Zona)..... | \$ 70.00/día (Para salario mínimo = 32.50) |
| Costo de Gasolina..... | 0.85 |
| Costo de Diesel..... | 0.32 |
| Costo de Aceite..... | 6.00 |
| Porcentaje anual por intereses seguros y almacenaje..... | 6.81 |
| Porcentaje anual por mantenimiento y reparaciones.. | 15.00 |
| Capacidad del Carter..... | 33.1 Lts. |

Para el consumo de gasolina para el arranque del motor se pueden utilizar los valores de la tabla siguiente:

| Potencia Nominal del Motor en H.P. | Consumo de Gasolina en Lt./h. |
|------------------------------------|-------------------------------|
| 0 - 50 | 0.5 |
| 50 - 100 | 0.75 |
| 100 - 150 | 1.00 |
| 150 - 200 | 1.25 |
| 200 - 250 | 1.50 |
| 250 - 300 | 1.75 |
| 300 - 350 | 2.00 |
| 350 - 400 | 2.25 |
| 400 - 450..... | 2.50 |
| 450 - 500..... | 2.75 |

Cuando la potencia coincide con los número 50, 100, 150, etc. se debe tomar el consumo de gasolina con el límite superior.

| | | |
|---|------------|--|
| S. R. H. DIRECCION DE CONSTRUCCION. | OBRA: | HOJA No. _____ DE _____ |
| | UBICACION: | CALCULO _____ REVISO _____ FECHA _____ |

CLASE Y MODELO DE MAQUINA TRACTOR D-8 CON CUCHILLA ANGULABLE

VALOR DE ADQUISICION _____ \$ 1'146,840.00

EQUIPO ADICIONAL _____ \$ _____
SUMA _____ \$ 1'146,840.00

MENOS VALOR DE LLANTAS _____ \$ _____

VALOR A CONSIDERAR _____ \$ 1'146,840.00

MENOS 10 % VALOR DE RESCATE (VR) 114,684.00 \$ 114,684.00

VALOR POR DEPRECIAR (Vd) _____ \$ 1'032,156.00

VIDA ECONOMICA 5 AÑOS. HORAS DE TRABAJO POR AÑO 2000

MOTOR Diesel POTENCIA AL VOLANTE 270 HP

I.- CARGOS FIJOS SOBRE EL VALOR POR DEPRECIAR
POR AÑO:

| | | |
|------------------------------------|-------|---|
| a) DEPRECIACION | 20.00 | % |
| b) INTERESES, SEGUROS Y ALMACERAJE | 6.81 | % |
| c) MANTENIMIENTO Y REPARACIONES | 15.00 | % |
| SUMA | 41.81 | % |

POR HORA:

$41.81 \% \times \$ 1'032,156.00$ Vd = \$ 215.77 /h
2000 HORAS / AÑO

II.- CONSUMOS POR HORA

| COMBUSTIBLES | H P MOTOR | FACTOR | CONSUMO LT. | PRECIO/LT. | |
|------------------------------------|------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|
| a) GASOLINA | X | = | X \$ | = | \$ |
| b) DIESEL | <u>270</u> | X <u>0.1032</u> | = <u>27.86</u> | X \$ <u>0.32</u> | = \$ <u>8.92</u> |
| c) GASOLINA PARA MOTOR DE ARRANQUE | | | <u>1.75</u> | X \$ <u>0.85</u> | = \$ <u>1.49</u> |

LUBRICANTES

d) ACEITE CAMBIO CARTER 33.10 LT. = 0.331 X \$ 6.00 = \$ 1.99
100

ACEITE MOTOR

CONSUMO COMB. LT.

e) 0.0075 X _____ GASOLINA = _____ X \$ _____ = \$ _____

f) 0.0095 X 27.86 DIESEL = 0.26 X \$ 6.00 = \$ 1.56

SUMA COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES \$ 13.96

LLANTAS

g) LLANTAS POR Hr. VALOR ADQUISICION \$ _____ = \$ _____

Hs. DE VIDA

SUMA CONSUMOS \$ 13.96 /h

SALARIOS

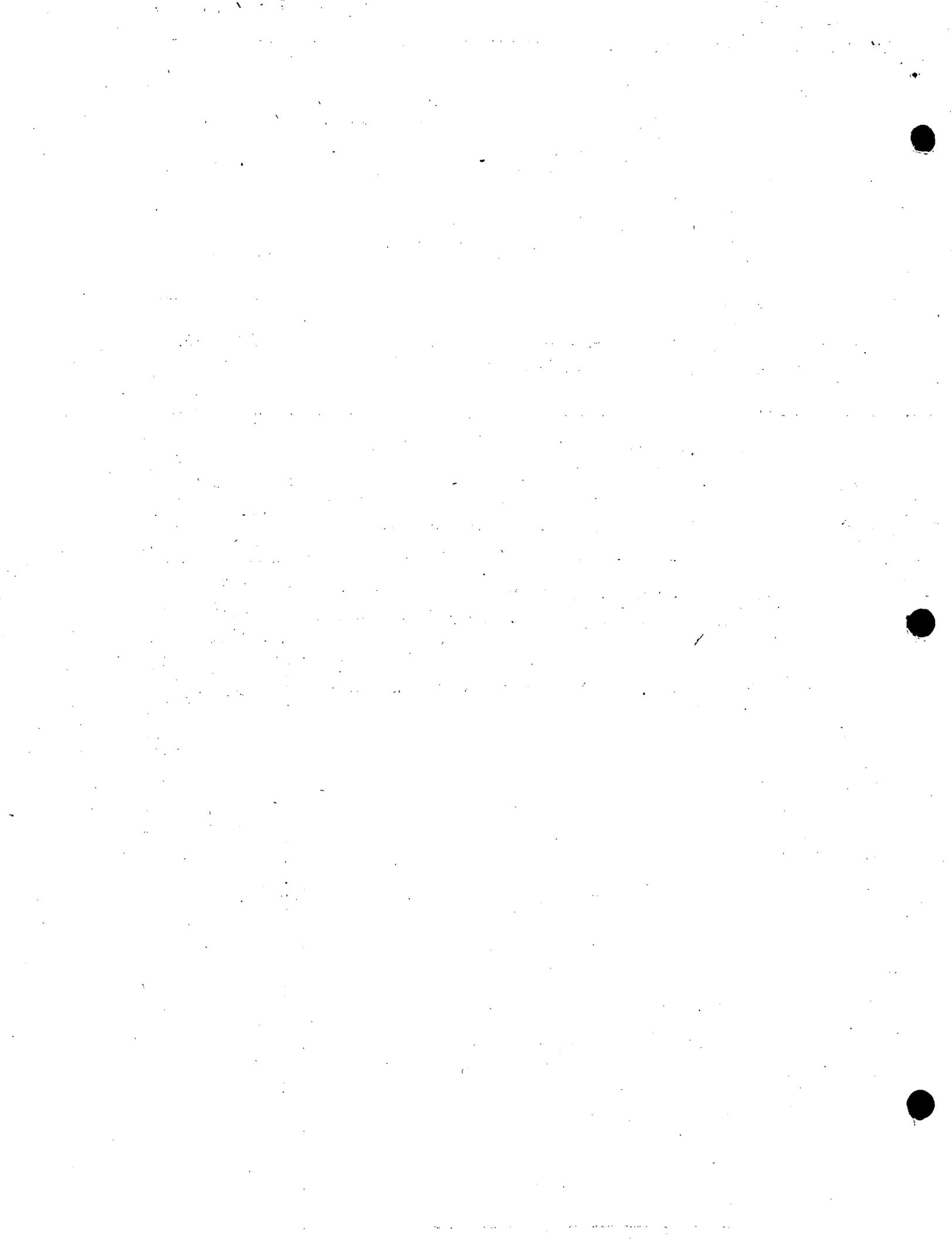
| PERSONAL | SAL. DIARIO | + CUOTA SEM. S.S. | TOTAL |
|----------------------------|-------------|-----------------------|----------|
| OPERADOR | \$ 70.00 | \$ 7 dias \$ 11.16 | \$ 81.16 |
| SUMAN LOS SALARIOS POR DIA | | | \$ 81.16 |

SALARIOS POR HORA:

$$\frac{\$ 81.16 \text{ SALARIOS/DIA} \times 381.5 \text{ DIAS/AÑO}}{2000 \text{ HORAS POR AÑO DE LA MAQUINA}} = \$ 15.48 /h$$

RESUMEN DE CARGOS DIRECTOS POR HORA

| | |
|--|--------------|
| I.- CARGOS FIJOS | \$ 215.77 |
| II.- CONSUMOS | \$ 13.96 |
| III.- SALARIOS | \$ 15.48 |
| Suman los cargos directos por hora | \$ 245.21 |
| MAS 38 % Por administración y utilidad | 93.18 |
| Total por hora efectiva de trabajo | \$ 338.39 /h |



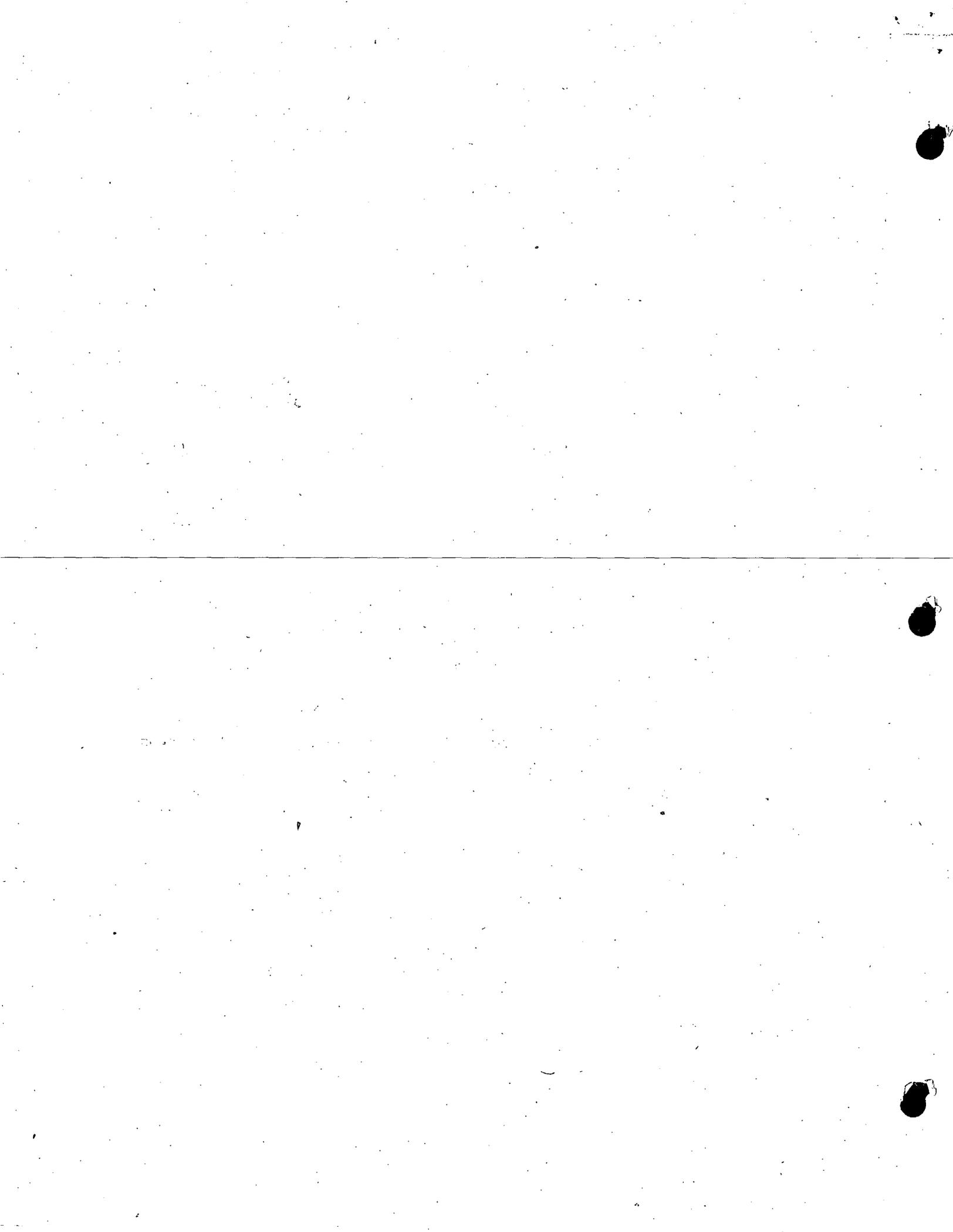
CAPACITACION PARA INGENIEROS PROYECTISTAS DE ZONAS DE RIEGO

INTEGRACION Y PRESENTACION DE CONCURSOS

T E M A "D"

d.2.) Resolución de problemas de Precios Unitarios

ING. GERARDO TENA OROZCO
Noviembre, 1978



Para la construcción de un dren se requiere despalar una franja de terreno de 80 mts., depositando el material producto del despalle a 20 mts. fuera de los límites de la zona despallada.

El carreo medio del material será de 40 mts. ya que se puede atacar del eje del Dren hacia los lados.

De la gráfica donde se consignan los rendimientos de un tractor excavando se observa que para una distancia de 40 mts. tenemos un rendimiento teórico de 375 Yd³/h para un tractor D-8 equipado con servo transmisión.

Costo horario tractor D-8..... \$ 245.21/h.

Rendimiento:

Factores.

- a) Eficiencia en el trabajo = 0.75
- b) para pasar a m³. = 0.765
- c) Para usar angledozer... = 0.75

$$R = 375 \text{ Yd}^3/\text{h.} \times 0.765 \times 0.75 \times 0.75 = 161 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Costo por m³.

$$\frac{\$ 245.21/\text{h}}{161 \text{ m}^3/\text{h}} = \dots\dots\dots \$ 1.52/\text{m}^3.$$

| | |
|-----------------------------|--------------------------|
| Suma cargos directos:- | \$ 1.52/m ³ . |
| 38% indirectos y utilidad:- | \$ 0.58 |
| Precio Unitario. | \$ 2.10/m ³ . |

OBTENER EL PRECIO UNITARIO POR M3. DE EXCAVACION
DE UN DREN.

1.-

La excavación se ejecutará con una draga con balde de 2 Yd3, auxiliada con un tractor D-8 para formación de rampas y descopete de bordos.

La profundidad media real de la excavación es de 2.50 mts.

Por las dimensiones de la pluma de la draga y la posición de los bordos con la excavación se requiere de un Giro de 120 grados para depositar el material en los bordos.

El material a excavar es tierra común.

Profundidad Optima = 3.02 mts.

RENTO:

El rendimiento Optimo para tierra común, de una draga de 2 Yd3, de acuerdo en banco es de 230 Yd3/h para Giro de 90 grados y profundidad Optima.

FACTORES A APLICAR:

a) Profundidad de corte y Giro.

Porcentaje del corte Optimo.

$$\frac{2.50 \text{ m}}{3.02 \text{ m}} = 0.83$$

Para un porcentaje de 0.83 y Giro de 120 grados el factor es: 0.9

b) para pasar de Yd3. a m3..... 0.765

c) eficiencia en el Trabajo..... 0.75

$$230 \text{ Yd3/h} \times 0.765 \text{ m3/Yd3.} \times 0.75 \times 0.9 = 118.8 \text{ m3/h.}$$

Costos Horarios.

Draga de 2 Yd3..... \$ 173.34/h. (para salario mínimo de 32.50)

Tractor D - 8..... \$ 245.21/h.

Para efectos de análisis de precios unitarios se puede considerar que un tractor D-8 puede auxiliar a 4 dragas para accesos y descofetar bordos.

Costo por m3.

a) CARGO POR DRAGA

$$\frac{\$ 173.34/h.}{118.8 \text{ m}^3/h.} = \dots\dots\dots \$ 1.46/m^3.$$

b) CARGO POR TRACTOR.

$$\frac{\$ 245.21/h.}{118.8 \text{ m}^3/h. \times 4} = \dots\dots\dots \$ 0.52/m^3.$$

| | |
|---------------------------|--------------------|
| Suma cargos directos | \$ 1.98/m3. |
| 38% indirectos y utilidad | \$ 0.75/m3. |
| PRECIO UNITARIO | \$ 2.73/m3. |

Obtener el precio unitario por m³., de terraplén compactado al 95% Proctor, formado de préstamo con acarreo total (circuitó completo) de 500 mts.

Equipo a utilizar y sus costos horarios:

| | |
|--|--------------|
| Motoescrapas caterpillar 621 de 14 Yd ³ al ras..... | \$ 258.35/h. |
| Tractor Caterpilla D-4..... | \$ 60.49/h. |
| Rodillo vibratorio liso..... | \$ 37.07/h. |
| Tractor D-8..... | \$ 243.86/h. |
| Camión Pipa de 5000 lts. operando..... | \$ 38.26/h. |
| Camión Pipa de 5000 lts. ocioso..... | \$ 23.97/h. |
| Bomba de 2"..... | \$ 12.32/h. |

1).- EXCAVACION, ACARREO A 250 mts. Y COLOCACION.

Ciclo de la Escrepa.

Datos Motoescrepa.

| | |
|-------------------------|------------|
| Vacia peso total..... | 23,320 Kg. |
| Cargada peso total..... | 45,080 kg. |

Resistencia al rendimiento: Suponiendo que el camino es tierra compactada bien conservada, para llantas de hule de baja presión, la resistencia al rodamiento varía de 2.5 a 3.5% del peso total de la máquina.

Suponiendo que el terreno tiene una pendiente de 5% y tomando un valor medio de la resistencia al rodamiento, se tiene un 3% del peso de la máquina, que sumado a la pendiente real tenemos una pendiente virtual de 8%.

Partiendo del peso total de la Motoescrepa cargada y para una pendiente de 8% obtenemos que puede transitar en 5a. velocidad a 16 Km/h.

Cuando la motoescrepa transita vacía de regreso en bajada, la velocidad se limitará por el espacio a recorrer y las condiciones de seguridad de la obra
FACTORES DE VELOCIDAD, para el tránsito cargado.

Para una distancia de 250 mts., vehículo con velocidad inicial y condiciones medias el factor = 0.75

$$\text{Velocidad real } 16 \text{ km./h} \times 0.75 = 12 \text{ km./h.}$$

$$\text{De regreso podemos suponer } = 20 \text{ km./h.}$$

Velocidad Media de recorrido:

$$V_m = \frac{2 \times 20 \text{ Km./h.} \times 12 \text{ km./h.}}{20 \text{ km./h.} + 12 \text{ km./h.}} = 15 \text{ Km./h.}$$

Tiempo de recorrido, ida y vuelta:

$$t = \frac{0.5 \text{ km.} \times 60 \text{ min./h.}}{15 \text{ Km./h.}} = 2 \text{ min.}$$

Ciclo completo:

$$\text{Tiempos fijos} \text{ ----- } 1.5 \text{ minutos.}$$

$$\text{Tiempos variables} \text{ ----- } 2.0 \text{ minutos.}$$

$$\text{-----} \\ 3.5 \text{ minutos.}$$

Número de Motoescrepas.

$$\frac{3.5}{1.5} = 2.3 \text{ Tomamos 2 escrepas.}$$

Rendimiento con un tractor y 2 escrepas.

Para medir el rendimiento en el terraplén, consideremos la capacidad al ras de la Motoescrepa y un coeficiente de reducción de volumen de 1.20

Rendimiento considerando un factor de eficiencia de 0.75.

Número de viajes por hora.

$$\frac{60}{3.5} = 17 \text{ Viajes.}$$

$$R = \frac{2 \times 17 \times 14 \text{ Yd}^3 \times 0.765 \times 0.75}{12} = 228 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Cargo por m³.

Costo Equipado por Hora.

| | | |
|------------|--|---------------------|
| 2 x 258.35 | | 516.70 |
| 1 x 243.86 | | 243.86 |
| | | <u>\$ 760.56/h.</u> |

$$\frac{\$ 760.56/\text{h.}}{228 \text{ m}^3/\text{h.}} = \underline{\hspace{2cm}} = \$ 3.29/\text{m}^3.$$

II).- CARGO POR AGUA.

La fuente de abastecimiento de agua está a 10 km. CARGA DE LA PIPA, con una bomba de 2" Ø, esta bomba de un gasto de 10,000 galones por hora.

$$\text{Tiempo de Carga} = \frac{5000 \text{ lts.} \times 60 \text{ min/h.}}{10,000 \times 3.785 \text{ lts./h.}} = 8 \text{ minutos.}$$

Considerándole a la carga una eficiencia del 75% el tiempo de carga es = $\frac{8}{0.75} = 10.7$ minutos.

CARGO POR BOMBA.

$$\frac{10.7 \text{ min.} \times \$ 12.32/\text{h.}}{60 \text{ min/h.} \times 5 \text{ m}^3} = \$ 0.44/\text{m}^3. \text{ (de agua)}$$

CARGO POR CAMION PARADO DURANTE LA CARGA.

$$\frac{10.7 \text{ min.} \times \$ 23.97/\text{h.}}{60 \text{ min./hora} \times 5 \text{ m}^3} = \$ 0.85/\text{m}^3. \text{ (de agua)}$$

Acarreo y Descarga. -

ida a 20 km/h.

$$t \text{ ida} = \frac{10 \text{ km}}{20 \text{ Km/h.}} = 0.50 \text{ h.}$$

Regreso a 30 km/h.

$$t \text{ regreso} = \frac{10 \text{ km.}}{30 \text{ km/h.}} = 0.33 \text{ h.}$$

$$\text{Total Acarre:} = 0.83 \text{ h.}$$

Descarga en el banco de arcilla. - Una pipa de 5000 lt. se puede des-
cargar en 15 minutos.

$$\text{Tiempo de descarga} \frac{15}{60} = 0.25$$

$$\text{Tiempo de acarreo y descarga} = 1.08 \text{ h.}$$

Cargo por m³. de agua por acarreo y descarga:

$$\frac{1.08 \text{ h.} \times \$ 38.62/\text{h.}}{5 \text{ m}^3} = \$ \frac{8.34}{5} / \text{m}^3.$$

Costo total por m³. de agua: \$9.63/m³. (incluyendo cargo por bomba y camión parado).

Cargo por m³. de terraplén.

Podemos considerar un consumo de 200 lts. por m³.

$$\$ 9.63/\text{m}^3. \text{ agua} \times 0.20 \text{ m}^3 \text{ agua}/\text{m}^3 \text{ terraplén} = \$ 1.93/\text{m}^3.$$

III).- CARGO POR COMPACTACION.

| EQUIPO | COSTO HORARIO. |
|-------------------------|----------------|
| T tractor D-4 | \$ 60.49/h. |
| Rodillo vibratorio liso | \$37.07/h. |
| | \$97.56/h. |

Rendimiento:

Ancho del rodillo _____ 1.90 m.

Espesor de las capas ya compactadas.... 20 cm.

Velocidad de compactación _____ 4 km/h.

FACTORES.

Eficiencia _____ 0.75

Traslapes _____ 0.90

Consideramos que la compactación requerida es 95% y se especifican 10 pasadas para lograrla.

$$R = \frac{4000 \text{ m/h.} \times 1.90 \text{ m} \times 0.20 \times 0.75 \times 0.90}{10 \text{ pasadas}} = 102.6 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Cargo Por m3 Compactado.

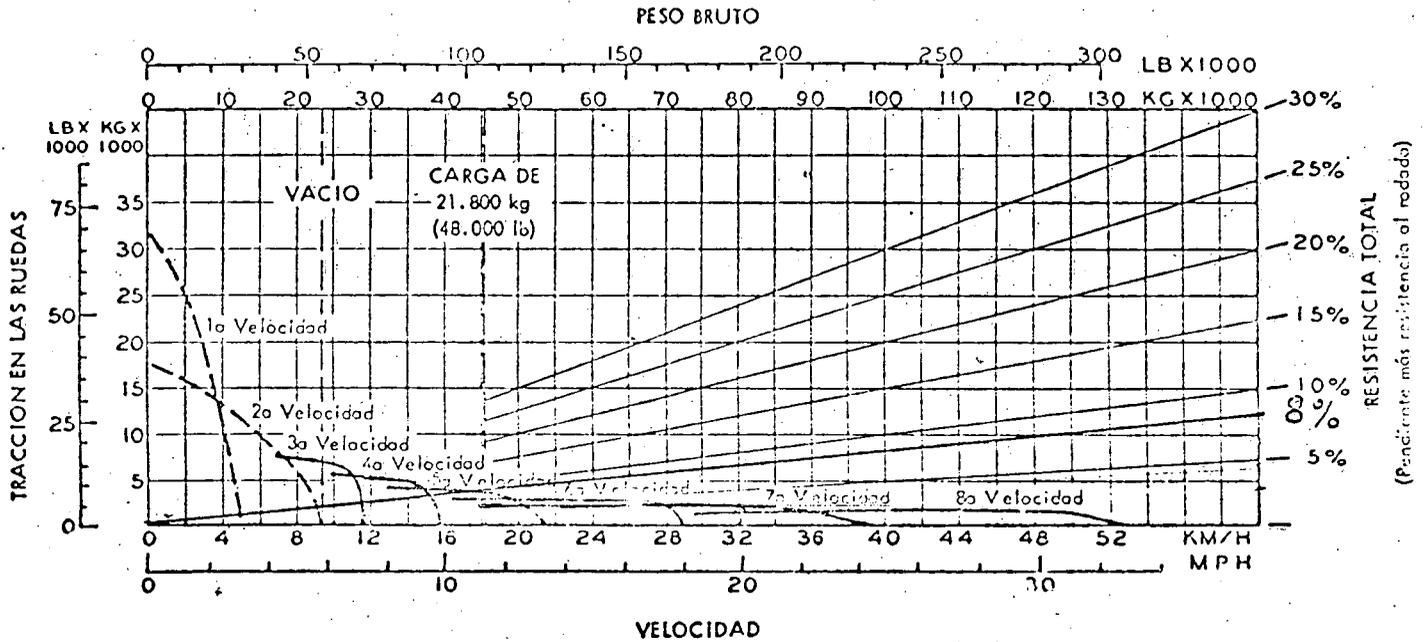
$$\frac{\$ 97.56/\text{hr.}}{102.6 \text{ m}^3/\text{h.}} = \underline{\hspace{10em}} \$ 0.95/\text{m}^3.$$

Suma de Cargos Directos _____ \$ 6.17/m3.

38% Indirectos y Utilidad _____ \$ 2.34/m3.

PRECIOS UNITARIO:- _____ \$ 8.51/m3.

FENDIENTE-VELOCIDAD-TRACCION



MANDO CON CONVERTIDOR DE TORCION - - - - -

TRANSMISION DIRECTA —————

Cómo determinar el rendimiento en pendientes: A partir del peso bruto, descienda hasta el % de resistencia total. (La resistencia total es igual al % de la pendiente existente más el 1% por cada 10 kg/tonelada métrica al rodado -- 20 lb/tonelada.) Partiendo del punto peso-pendiente, avance horizontalmente hasta la curva con la gama de velocidad más alta obtenible, y luego descienda hasta la velocidad máxima. La tracción en las ruedas depende de las condiciones del suelo y del peso total sobre las ruedas propulsadas.

Los materiales y especificaciones están sujetos a cambios sin previo aviso.

CATERPILLAR

Caterpillar y Cat son Marcas Registradas de Caterpillar Tractor

Rendimiento:

Ancho del rodillo _____ 1.90 m.

Espesor de las capas ya compactadas.... 20 cm.

Velocidad de compactación _____ 4 km/h.

FACTORES.

Eficiencia _____ 0.75

Traslapes _____ 0.90

Consideramos que la compactación requerida es 95% y se especifican 10 pasadas para lograrla.

$$R = \frac{4000 \text{ m/h.} \times 1.90 \text{ m} \times 0.20 \times 0.75 \times 0.90}{10 \text{ pasadas}} = 102.6 \text{ m}^3/\text{h.}$$

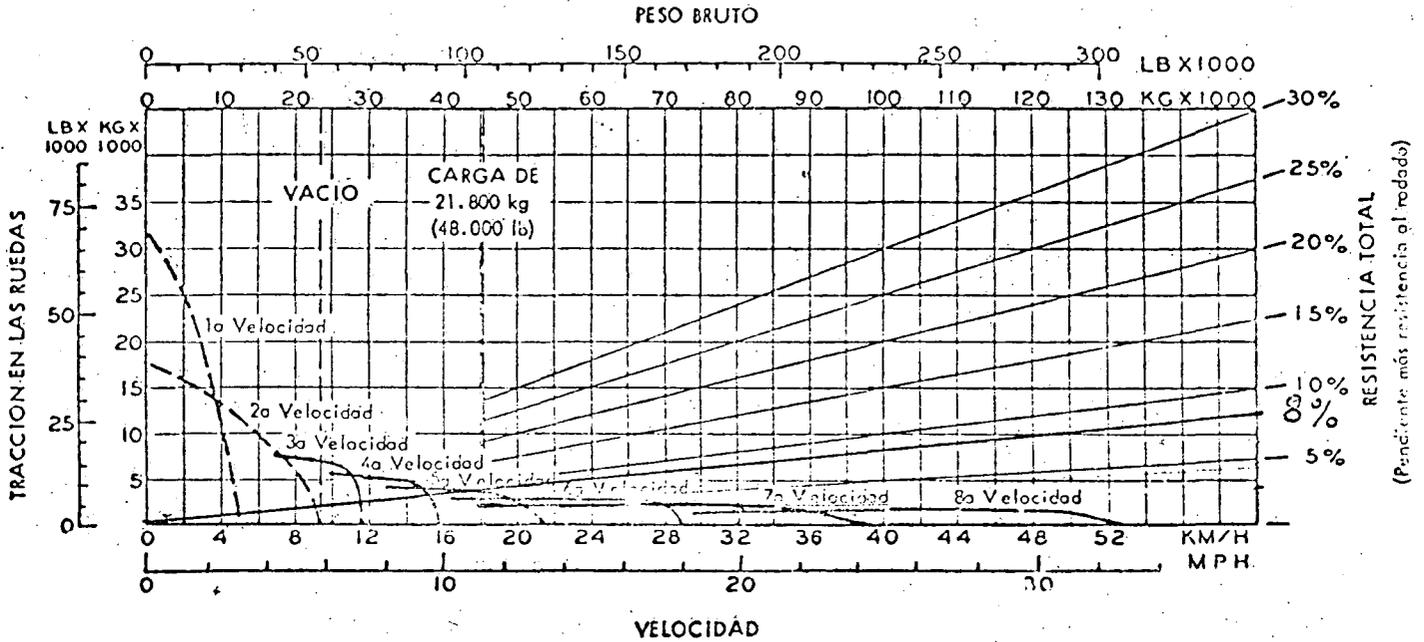
Carga Por m³ Compactado.

$$\frac{\$ 97.56/\text{hr.}}{102.6 \text{ m}^3/\text{h.}} = \underline{\hspace{10em}} \quad \$ 0.95/\text{m}^3.$$

Suma de Cargos Directos _____ \$ 6.17/m³.38% Indirectos y Utilidad _____ \$ 2.34/m³.

PRECIOS UNITARIO:- _____ \$ 8.51/m³.

PENDIENTE-VELOCIDAD-TRACCION



MANDO CON CONVERTIDOR DE TORCION -----

TRANSMISION DIRECTA -----

Cómo determinar el rendimiento en pendientes: A partir del peso bruto, descienda hasta el % de resistencia total. (La resistencia total es igual al % de la pendiente existente más el 1% por cada 10 kg/tonelada métrica al rodado -- 20 lb/tonelada.) Partiendo del punto peso-pendiente, avance horizontalmente hasta la curva con la gama de velocidad más alta obtenible, y luego descienda hasta la velocidad máxima. La tracción en las ruedas depende de las condiciones del suelo y del peso total sobre las ruedas propulsadas.

Los materiales y especificaciones están sujetos a cambios sin previo aviso.

CATERPILLAR

Caterpillar y Cat son Marcas Registradas de Caterpillar Tractor

Obtener el precio unitario por m³ de excavación de un canal, que va a ser revestido de concreto y se requiere el afine a mano de la sección y el producto de la excavación se deberá retirar en camiones, a una distancia de 1 Km.

DATOS DEL PROYECTO.

El material a excavar es arcilla dura y compacta.

La profundidad media de la excavación es de 1.70 m.

El volumen de excavación por metro lineal de canal es de ^{22.6} 20 m³, el volumen de afine a mano por metro de canal es de 2.6 m³, considerando un espesor de excavación para afine de 0.20 mts.

El Giro que requiere ejecutar la draga para depositar el material en los camiones es de 150 grados.

Draga de 2 yd³ _____ \$ 173.34/h.

Camión volteo F-600 de 4 m³ _____ \$ 37.42/h.

1).- CARGO POR EXCAVACION CON DRAGA:

RENDIMIENTO DRAGA:

Para arcilla dura y compacta y draga con bote de 2 yd³, la profundidad óptima es de _____ 3.60 m.

El rendimiento optimo para Giro de 90 grados y profundidad optima es de _____ 195 yd³/h.

Factores .

a) Por profundidad de corte y giro, para un porcentaje de la profundidad optima de 1.70 m. $\frac{1.70}{3.60} = 0.47$ y giro de 150 grados el factor es _____ 0.79

b) Por eficiencia 0.75

c) Para pasar de yd³. a m³ _____ 0.765

d) Por carga a camión _____ 0.90

$$R = 195 \text{ Yd}^3/\text{h.} \times 0.79 \times 0.75 \times 0.765 \times 0.90 = 79.5 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Si en cada metro de canal tenemos ^{22.6} 20 m³. de excavación de los cuales 2.6 m³. son de afine, por cada m³. excavado tendremos.

a) $\frac{20}{22.6} = \text{-----} 88\%$ de excavación con Draga.

b) $\text{-----} 12\%$ de excavación a mano.

Cargo por m³. de excavación con draga.

$$\frac{\$ 173.34/\text{h.}}{79.5 \text{ m}^3/\text{h.}} \times 0.88 \text{ -----} \$ 1.92/\text{m}^3.$$

II).- CARGO POR EXCAVACION A MANO.

a) Excavación

Cuadrilla para ejecutar la excavación.

| | Salario. | S.S. | Total sin - 7o. día |
|-----------|----------|-------|------------------------|
| 1 Cabo | 54.00 | 8.61 | 62.61 |
| 10 Peones | 325.00 | 64.00 | 389.00 |
| | | | <u>451.61/día.</u> |

Cargo horario incluyendo 7o. día.

$$\frac{\$ 451.61/\text{día} \times 381.5}{2400} = \$ 71.79/\text{hora.}$$

Rendimiento de un peón excavando a mano.

Podemos suponer que un peon, excavando arcilla dura y compacta, arrojando el producto de la excavación a la plantilla del canal, para que previamente sea extraído con la Draga.

Rendimiento teórico = 3 m³/turno.

Como factor de corrección para las operaciones manuales es considerar= que para cada hora de trabajo se trabaja efectivamente 50 minutos.

$$\frac{50}{60} = 0.83$$

Rendimiento efectivo por hora cuadrilla.

$$\frac{5 \text{ m}^3/\text{turno peon} \times 10 \text{ peones} \times 0.833}{8 \text{ horas/turno.}} = 5.2 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Cargo por m³. de excavación a mano.

$$\text{a) } \frac{\$ 71.79/\text{hora}}{5.2 \text{ m}^3/\text{hora}} \times 0.12 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ 1.66/m}^3.$$

b) Cargo por herramientas.

Podemos considerar el 3% del cargo por mano de obra.

$$\$ 1.66/\text{m}^3. \times 0.03 = \underline{\hspace{2cm}} \$0.05/\text{m}^3.$$

c) Cargo por extracción del producto de la excavación a mano.

Se ejecutará con la misma draga y podemos considerar el mismo rendimiento que para la excavación, por ser un volumen pequeño y requerirse se ejecute con el cuidado suficiente para no maltratar la sección que ya está afinada (El rendimiento debía ser mayor ya que el material ya está aflojado).

$$\frac{\$ 173.34/\text{h.}}{79.5 \text{ m}^3/\text{h.}} \times 0.12 = \underline{\hspace{2cm}} \$0.26/\text{m}^3.$$

III).- ACARREO DEL MATERIAL A 1 KM.

Ciclo de los Camiones.

Capacidad del camión medido en banco.

El abudamiento de la arcilla dura y compactada lo podemos considerar. de 1.3.

$$\frac{4 \text{ m}^3}{1.3} = 3.08 \text{ m}^3. \text{ en banco.}$$

Tiempo de Carga.

$$\rightarrow \frac{3.08 \text{ m}^3 \times 60 \text{ min./h.}}{79.5 \text{ m}^3/\text{h.}} = \underline{\hspace{2cm}} 2.32 \text{ min.}$$

Acarreo de Ida a 15 km/h. cargado.

$$\frac{1 \text{ Km.} \times 60 \text{ min/h.}}{15 \text{ Km.}} = \underline{\hspace{2cm}} 4.00 \text{ min.}$$

Regreso vacío a 30 Km/h.

$$\frac{1 \text{ Km.} \times 60 \text{ min/h.}}{30 \text{ Km/h.}} = 2.00 \text{ min.}$$

Acomodo y Descarga. 1.00 min.
9.32 min.

Número de Camiones.

$$\frac{\text{Ciclo total: } 9.32 \text{ min.}}{\text{tiempo de carga: } 2.32 \text{ min.}} = 4 \text{ Camiones.}$$

CARGO POR ACARREO.

$$\frac{4 \text{ Camiones} \times \$37.42/\text{h.}}{79.5 \text{ m}^3/\text{h.}} = \$ 1.88/\text{m}^3.$$

Sumas Cargos Directos \$ 5.77/m³.

38% Indirecto y Utilidad \$ 2.19/m³.

PRECIO UNITARIO \$ 7.96/m³.

OBTENER EL PRECIO UNITARIO POR METRO CUBICO DE CONCRETO EN REVESTIMIENTO DE CANALES, CON LOS SIGUIENTES DATOS:

Obtención de grava por trituración, del banco de roca a la trituradora y clasificadora 500 m. de aquí a la planta de concreto 9 km.

Arena.- Obtención de banco natural, acarreo a la planta cribadora 1 km.- de aquí al lugar de dosificación del concreto, 20 km.

Cemento de la Estación del Ferrocarril al lugar de dosificación, tenemos un acarreo de 40 km.

Agua.- El sitio de abastecimiento del agua, se tiene a 4 km. de la planta de concreto.

De la planta de concreto al centro de gravedad de la colocación de concreto es de 4 km.

EQUIPO NECESARIO

| | |
|---|--------------|
| Compresor 600 | \$ 111.52/h. |
| Perforadora con orugas Trac Drill 3100..... | \$ 91.07/h. |
| Pala mecánica de 3/4 yd3..... | \$ 130.67/h. |
| Tractor D-8..... | \$ 243.86/h. |
| Camión F-600 Volteo, operando..... | \$ 37.42/h. |
| Camión F-600 Volteo, ocioso..... | \$ 22.59/h. |
| Planta trituradora..... | \$ 532.52/h. |
| Traxcavo Caterpillar 941 de 1½ yd3..... | \$ 73.28/h. |

###...

| | |
|--|--------------|
| Camión F-600 redilas, operando..... | \$ 35.53/h. |
| Camión F-600 redilas, ocioso..... | \$ 20.88/h. |
| Dosificadora Torres T2CM..... | \$ 113.19/h. |
| Camión Revolvedora 6 yd ³ | \$ 99.32/h. |
| Colocadora de concreto..... | \$ 354.19/h. |

I).- OBTENCIÓN DE AGREGADOS.-

a).- G r a v a:

Utilizaremos para la explotación del banco de roca, un Compresor 600 y un Trac Drill 3400. El consumo de aire del Trac Drill es de 525-550 p.c.m., por lo tanto usaremos una sola perforadora con el compresor.

El rendimiento efectivo de perforación, lo podemos considerar de 12 ml/h. Como usaremos barrenos de 2½" y el material a obtener debe ser de dimensiones pequeñas para la trituración, podemos considerar una separación entre barrenos de 1.60 m.

No se requiere despalma.

1.- Cargo por barrenación:

| | |
|-----------------|---------------------|
| Compresor..... | \$ 111.52/h. |
| Trac Drill..... | \$ 91.07/h. |
| S u m a: | \$ 202.59/h. |

$$\frac{\$ 202.59/h}{12 \text{ ml/h} \times 3.24 \text{ m}^3/\text{ml}} = \$ 5.21/\text{m}^3.$$

2.- Acero de barrenación y brocas:

El frente del banco lo suponemos de 6.5 m.

Utilizaremos barras de 1½" y de 3.65 de longitud (esta máquina — puede operar con barras hasta de 4.47 m).

Costo acero de barrenación:

| | |
|--------------------------------------|----------------|
| Barrenos de 1½" y 3.65 de largo..... | \$ 718.75/Pza. |
| Coples..... | \$ 162.50/Pza. |
| Zanco..... | \$ 368.75/Pza. |

Cargo por coples y zanco.- Como usaremos 2 barras, necesitamos 1 - cople únicamente, el zanco y el cople le podemos considerar una vida de 500 m.

Como barrenaremos 7.00 para lograr 6.50 efectivos, tenemos un factor de $\frac{7.00}{6.50}$ =

Cargo por m3 de roca en banco.-

- Cople..... \$ 162.50/Pza.
- Zanco..... \$ 368.75/Pza.
- \$ 531.25/Pza.

$$\frac{\$ 531.25}{500 \times 3.24 \text{ m}^3/\text{h}} \times \frac{7.00}{6.50} = \$ 0.36/\text{m}^3.$$

Cargo por barrenos:

Vida útil teórica 250 m.

Factor de corrección para 2 barras.

$$K = \frac{1 + 2}{2} = 1.5$$

$$R \text{ efectivo} = \frac{250 \text{ m.}}{1.5} = 167 \text{ m.}$$

Cargo por m3 de roca en banco.

$$\frac{\$ 718.75/\text{Pza.}}{167 \text{ m.} \times 3.24 \text{ m}^3/\text{m.}} \times \frac{7.00}{6.50} = \$ 1.44/\text{m}^3.$$

Cargo por brocas.

Costo broca 2 1/2" ø \$ 662.50/Pza.

Rendimiento: 250 m.

Cargo por m3 de roca en banco.

$$\frac{\$ 662.50/\text{Pza.}}{250 \text{ m} \times 3.24 \text{ m}^3/\text{m}} \times \frac{7.00}{6.50} = \$ 0.89/\text{m}^3.$$

///...

3.- Carga, Poblado y Tronado:

4.-

Cuadrilla para Poblado y Tronado

| | Salario | S.S. | Total sin 7° día |
|------------|----------|---------|---------------------|
| 1 Poblador | \$ 47.00 | \$ 7.49 | \$ 54.49/día |
| 1 Cargador | 37.00 | 5.90 | 42.90/día |
| 1 Ayudante | 33.00 | 5.26 | <u>38.26/día</u> |
| S U M A | | | 135.65/día |

$$\frac{\$ 135.65/\text{día} \times 381.5}{2400} = \$ 21.56/\text{hora}$$

Rendimiento cuadrilla 60 m³/h.

Cargo por m³.

$$\frac{\$ 21.56/\text{hora}}{60 \text{ m}^3/\text{h}} = \$ 0.36/\text{m}^3.$$

Explosivos y Accesorios:

Consumo de explosivos 0.4 k/m³.

25% de Dinamita.

75% de Mexamón.

Costo Materiales

| | |
|-----------|--------------|
| Dinamita | \$ 9.00/Kg. |
| Mexamón | \$ 3.50/Kg. |
| Estopines | \$ 5.00/Pza. |
| Alambre | \$ 0.50/m. |

Cargos por m³.

$$\text{Dinamita } 0.4 \times 0.25 \times 9.00 = \$ 0.90/\text{m}^3.$$

$$\text{Mexamón } 0.4 \times 0.75 \times 3.50 = \$ 1.05/\text{m}^3.$$

###...

Estopines 1 por barreno:

$$\frac{\$ 5.00/\text{Pza.}}{6.50 \times 3.24 \text{ m}^3/\text{m}} = \$ 0.24/\text{m}^3.$$

Alambre de conexión y conducción:

$$\frac{9 \text{ m}/\text{barreno}}{6.50 \text{ m} \times 3.24 \text{ m}^3/\text{m}} = \$ 0.43/\text{m}^3.$$

SUMA DE CARGOS POR BARRENACION, POBLADO Y TRONADO.

- 1.- Barrenación..... \$ 5.21/m3.
 - 2.- Acero de barrenación y brocas \$ 2.69/m3.
 - 3.- Carga, poblado y tronado..... \$ 2.98/m3.
- S u m a: \$ 10.88/m3.

Por ser material para trituración, podemos considerar que en el banco únicamente se desperdicia un 5%.

Costo de barrenación, poblado y tronado hasta la trituradora.

$$\$ 10.88/\text{m}^3. \times 1.05 = \$ 11.42/\text{m}^3.$$

4.- Carga y acarreo a la trituradora.

Para la carga utilizaremos una pala de 3/4 yd3, auxiliada por 1/3 de Tractor D-8, en selección y amontonamiento.

| | | |
|-----------------|---------------|--------------------|
| 1 Pala 3/4 yd3 | 130.67 | \$ 130.67/h. |
| 1/3 Tractor D-8 | <u>243.85</u> | <u>\$ 81.29/h.</u> |
| | 3 | \$ 211.96/h. |

Rendimiento Pala:

Por ser en banco podemos considerar profundidad óptima y giro de 90°.

R = 95 yd3/h (medido abundado).

###...

Si le consideramos un abudamiento de 60% para medir un banco ya sin el factor 1.05 pues la carga es de material aprovechable.

$$R = \frac{95 \text{ yd}^3/\text{h}}{1.6} = 59.4 \text{ yd}^3/\text{h}.$$

Factores de corrección:

$$\text{Eficiencia} \quad 0.75$$

$$\text{Para pasar a m}^3 \quad 0.765$$

$$R = 59.4 \text{ yd}^3/\text{h} \times 0.765 \times 0.75 = 34.1 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Medido en banco original.

Cargo por selección y carga:

$$\frac{\$ 211.96/\text{h}}{34.1 \text{ m}^3/\text{h}} = \$ 6.22/\text{m}^3.$$

Acarreo a la trituradora.

Capacidad del camión medido en el banco original.

$$\frac{4 \text{ m}^3}{1.6} = 2.5 \text{ m}^3.$$

$$\text{Tiempo de carga} \quad \frac{2.5 \text{ m}^3}{34.1 \text{ m}^3/\text{h}} = .07 \text{ h}.$$

Acarreo, cargado 10 km/h.

$$\frac{0.5 \text{ km.}}{10 \text{ km/h.}} = .05 \text{ h}.$$

Regreso vacío 15 km/h

$$\frac{0.5 \text{ km.}}{15 \text{ km/h.}} = .03 \text{ h}.$$

Acomodo y descarga.

$$\frac{1 \text{ min.}}{60 \text{ min/h.}} = .02 \text{ h}.$$

$$\text{S u m a:} \quad = .17 \text{ h}.$$

###...

Cargo por m3.

$$\frac{0.17 \times \$37.42/h}{2.5 \text{ m}^3} = \$ 2.54/m^3$$

Cargo por suministro de roca en la trituradora:

1 a 3.- Barrenación, poblado y tronado\$ 11.42/m³

4.- Selección, cargo y acarreo a la trituradora..... $\frac{8.76/m^3}{}$
Suma \$ 20.18/m³ (en banco)

Para obtener el costo por m3 de grava podemos considerar un factor de:

$$\frac{2500 \text{ Kg/m}^3 \text{ de roca}}{1600 \text{ kg/m}^3 \text{ de grava}} = 1.56$$

Cargo por m3 de grava:

$$\frac{\$20.18/m^3}{1.56} =$$

\$ 12.94/m³

5.- Trituración y clasificación.

Las instalaciones y retiro de la planta trituradora y clasificadora; las podemos suponer en 60 000.00, considerando que se produzcan 30 000 m³ de grava.

Por m3 de grava:

$$\frac{\$60\ 000.00}{30\ 000 \text{ m}^3} = \$ 2.00/m^3$$

Cargo por trituración:

Costo horario planta trituradora y clasificadora;

\$532.52/h.

Rendimiento de 40 a 50 m³/h.

Tomamos 45 m³/h.

Cargo por m3.

$$\frac{\$ 532.52/h}{45 \text{ m}^3/h} = 11.83/m^3$$

6.- Carga en los patios de almacenamiento y acarreo a la Dosificadora
9 km.

Carga con un traxcavo Caterpillar 941

Costo horario \$ 73.28/h.

Rendimiento en la carga.

Teórico 86.5 m³/h.

Usaremos únicamente el factor de eficiencia = 0.75, ya que la carga es en banco.

$$R = 86.5 \text{ m}^3/\text{h} \times 0.75 = 65 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Carga por carga:

$$\frac{\$ 73.28/\text{h.}}{65 \text{ m}^3/\text{h.}} = \$ 1.13/\text{m}^3.$$

A c a r r e o:

Ciclo de los camiones:

T. de carga:

$$\frac{4 \text{ m}^3 \times 60}{65 \text{ m}^3/\text{h.}} = 3.7 \text{ min.}$$

Acarreo cargado 20 km/h.

$$T = \frac{9 \text{ km} \times 60 \text{ min/h.}}{20 \text{ km/h.}} = 27.0 \text{ min.}$$

Regreso vacío 30 km/h.

$$T = \frac{9 \text{ km} \times 60 \text{ min/h.}}{30 \text{ km/h.}} = 18.0 \text{ min.}$$

Descarga y maniobras: = 1.0 min.

Tiempo ciclo total: = 49.7 min.

///...

Cargo por Acarreo:

$$\frac{\$ 37.42/h \times 49.7 \text{ min.}}{4 \text{ m}^3 \quad 60 \text{ min/h.}} = \textcircled{\$ 7.75/m^3.}$$

Resumen costo grava puesta en la Planta de Concretos:

Consideramos un desperdicio en la trituración del 10%.

| | POR M3 DE PIEDRA | POR M3 DE GRAVA |
|---|----------------------|---------------------|
| 1 a 4.- Piedra puesta en la trituradora..... | \$ 12.94/m3 x 1.10 = | \$ 14.23/m3. |
| 5.- TRITURACION Y CLASIFICACION: | | |
| Instalaciones..... | | \$ 2.00/m3. |
| Trituración..... | \$ 11.83/m3 x 1.10 = | \$ 13.00/m3. |
| 6.- CARGA Y ACARREO A DOSIFICA- DORA: | | |
| Carga..... | | \$ 1.13/m3. |
| Acarreo | | \$ 7.75/m3. |
| | S U M A: | \$ 38.11/m3. |

Cargo de Grava por m3 de Concreto:

Se requieren 0.85 m3 de grava/m3 de concreto.

$$\$ 38.11/m^3 \text{ grava} \times 0.85 \text{ m}^3 \text{ grava/m}^3 \text{ concreto} = \$ 32.39/m^3.$$

0.- A r e n a:

1).- Extracción con Tractor D-8.

Le suponemos al tractor un acarreo de 40 mts.

R. teórico 375 yd3/h.

Factores:

| | |
|------------|-------|
| Eficiencia | 0.75 |
| Por Angle | 0.75 |
| Paso a m3. | 0.765 |

R. Efectivo $375 \text{ yd}^3/\text{h} \times 0.75 \times 0.765 \times 0.75 = 161.36 \text{ m}^3/\text{h}.$

Costo horario Tractor D-8 \$ 243.86/h.

Cargo por Extracción:

$$\frac{\$ 243.86/\text{h.}}{161.36 \text{ m}^3/\text{h.}} = \$ 1.51/\text{m}^3.$$

2).- Carga con traxcavo Caterpillar 941.

R. teórico = 86.5 m³/h.

R. efectivo. = 86.5 m³/h x 0.75 = 65 m³/h.

Cargo por carga:

$$\frac{\$ 73.28/\text{h.}}{65 \text{ m}^3/\text{h.}} = \$ 1.13/\text{m}^3.$$

3).- Acarreo a Planta Cribadora 1 km.

Ciclo camiones:

$$\text{Tiempo de carga. } \frac{4 \text{ m}^3 \times 60 \text{ min/h.}}{65 \text{ m}^3/\text{h.}} = 3.7 \text{ min.}$$

Acarreo cargado 15 km/h.

$$t = \frac{1 \text{ km} \times 60 \text{ min/h.}}{15 \text{ km/h.}} = 4.0 \text{ min.}$$

Regreso vacío 25 km/h.

$$t = \frac{1 \text{ km} \times 60 \text{ min/h.}}{25 \text{ km/h.}} = 2.4 \text{ min.}$$

Maniobras y descarga. = 1.0 min.

Tiempo ciclo total: = 11.1 min.

Cargo por m³.

$$\frac{11.1 \text{ min} \times \$ 37.42/\text{h}}{60 \text{ min/h.} \times 4 \text{ m}^3} = \$ 1.73/\text{m}^3.$$

4).- Cribado.

Instalaciones:

Suponemos un costo de instalaciones de \$ 30,000.00 y que se requiera procesar 20,000 m³ de arena.

Cargo por m³.

$$\frac{\$ 30,000.00}{20,000 \text{ m}^3} = \$ 1.50/\text{m}^3.$$

Cargo por cribado:

Costo cribadora \$ 85.00/h.

Rendimiento 15 m³/h.

$$\frac{\$ 85.00/\text{h.}}{15 \text{ m}^3/\text{h.}} = \$ 5.67/\text{m}^3.$$

5).- Carga y acarreo a Dosificadora 20 km.

Cargo por carga con traxcavo 941.

Costo horario \$ 73.28/h.

R. efectivo 65 m³/h.

$$\frac{\$ 73.28/\text{h.}}{65 \text{ m}^3/\text{h.}} = \$ 1.13/\text{m}^3.$$

A c a r r e o .

Ciclo de los camiones:

$$\text{tiempo de carga } \frac{4 \text{ m}^3 \times 60 \text{ min/h.}}{65 \text{ m}^3/\text{h}} = 3.7 \text{ min.}$$

Acarreo cargado a 20 km./h.

$$\text{Tiempo de acarreo } \frac{20 \text{ km.} \times 60 \text{ min/h}}{20 \text{ km/h.}} = 60.0 \text{ min.}$$

###...

Regreso vacío a 30 km./h.

$$\text{Tiempo de regreso} \frac{20 \text{ km.} \times 60 \text{ min/h}}{30 \text{ km/h.}} = 40.0 \text{ min.}$$

$$\text{Descarga y maniobras} = 1.0 \text{ min.}$$

$$104.7 \text{ min.}$$

Cargo por m³.

$$\frac{104.7 \text{ min.} \times \$ 37.42/\text{h.}}{60 \text{ min/h.} \quad 4 \text{ m}^3} = \$ 16.32/\text{m}^3.$$

Resumen costo arena puesta en la Planta de Concreto.

Podemos considerar para la arena un 15% de desperdicio en la cribada.

| | | | |
|--------------------------------------|--------------------------|--------|----------------------------|
| 1).- Extracción | \$ 1.51/m ³ . | x 1.15 | = \$ 1.74/m ³ . |
| 2).- Carga | \$ 1.13/m ³ . | x 1.15 | = \$ 1.30/m ³ . |
| 3).- Acarreo a cribadora | \$ 1.73/m ³ . | x 1.15 | = \$ 1.99/m ³ . |
| 4).- Cribado. | | | |
| Instalaciones | \$ 1.50/m ³ . | | \$ 1.50/m ³ . |
| Cribado | \$ 5.67/m ³ . | x 1.15 | = \$ 6.52/m ³ . |
| 5).- Carga y acarreo a Dosificadora: | | | |
| Carga | \$ 1.13/m ³ | | \$ 1.13/m ³ . |
| Acarreo | \$ 16.32/m ³ | | \$ 16.32/m ³ . |

CARGO TOTAL POR M³ DE ARENA = \$ 30.50/m³.

Cargo de arena por m³ de Concreto.

Consumo 0.45 m³ arena/m³ concreto.

$$\$ 30.50/\text{m}^3 \text{ arena} \times 0.45 \text{ m}^3 \text{ arena/m}^3 \text{ concreto} = \$ 13.73/\text{m}^3.$$

II).- CEMENTO.

Se requiere de 2 maniobras de carga y 2 de descarga con un acarreo de 40 (cuarenta) kilómetros, para situar el cemento en la Dosificadora, pasando por la bodega.

| | Salario | S. S. | Total sin 7° día |
|-----------|---------|-------|---------------------|
| 1 Cabo | 54.00 | 8.61 | \$ 62.61 |
| 10 Peones | 325.00 | 64.00 | \$ <u>389.00</u> |
| S u m a: | | | \$ 451.61/día |

Incluyendo 7° día.

$$\frac{\$ 451.61/\text{día} \times 381.5}{2400} = \$ 71.79/\text{h.}$$

Rendimiento de un peón.

Cargando cemento 1.1 ton/h.

Descargando cemento 1.7 ton/h.

Cargo por las 2 maniobras de carga.

$$\frac{2 \times \$ 71.79/\text{h.}}{1.1 \text{ ton/h} \times 10} = \$ 13.05/\text{ton.}$$

Cargo por las 2 maniobras de descarga:

$$\frac{2 \times \$ 71.79/\text{h.}}{1.7 \text{ ton/h} \times 10} = \$ 8.45/\text{ton.}$$

Camión parado en carga y descarga:

Tiempo de carga por maniobra.

$$\frac{5 \text{ ton.}}{1.1 \text{ t/h} \times 10} = 0.45 \text{ h/maniobra.}$$

Cargo por tonelada 2 maniobras:

$$\frac{2 \times 0.45 \text{ h} \times \$ 20.88/\text{h}}{5 \text{ ton.}} = \$ 3.76/\text{ton.}$$

Tiempo de descarga por maniobra:

$$\frac{5 \text{ ton.}}{1.7 \text{ t/h} \times 10} = 0.29 \text{ h/maniobra}$$

Cargo por tonelada 2 maniobras:

$$\frac{2 \times 0.29 \text{ h} \times \$ 20.88/\text{h}}{5 \text{ ton.}} = \$ 2.42/\text{ton.}$$

Acarreo 40 km.

Velocidad cargado 25 km/h.

Velocidad vacío 40 km/h.

Tiempo de acarreo:

Ida:

$$\frac{40 \text{ km.}}{25 \text{ km/h.}} = 1.6 \text{ h.}$$

Regreso

$$\frac{40 \text{ km.}}{40 \text{ km/h.}} = 1.0 \text{ h.}$$

$$\text{Tiempo total: } 2.6 \text{ h.}$$

Cargo por Acarreo:

$$\frac{2.6 \text{ h} \times \$ 35.53/\text{h}}{5 \text{ ton.}} = \$ 18.48/\text{ton.}$$

Cargo total por maniobras del cemento:

| | |
|--------------------------------------|----------------------|
| Cargas..... | \$ 13.05/ton. |
| Descargas..... | \$ 8.45/ton. |
| Camión parado en car- gas..... | \$ 3.76/ton. |
| Camión parado en des- cargas..... | \$ 2.42/ton. |
| Acarreo..... | \$ <u>18.48/ton.</u> |

S u m a: \$ 46.16/ton.

///...

Cargo por maniobras del cemento por m³ de concreto:

Le suponemos un consumo de cemento de 300 kg/m³.

$$\$ 46.16/\text{ton} \times 0.3 \text{ ton}/\text{m}^3.$$

$$= \$ 13.85/\text{m}^3.$$

III).- A G U A.-

Carga de la pipa:

La bomba de 2" ϕ tiene un gasto de 10,000 galones por hora.

$$\text{Tiempo de carga} \frac{5000 \text{ lt} \times 60 \text{ min/h}}{10,000 \times 3.785 \text{ lt/h.}} = 8 \text{ min.}$$

Con una eficiencia de 0.75

$$\frac{8}{0.75} = 10.7 \text{ min.}$$

Cargo por Bomba:

$$\frac{10.7 \text{ min.} \times \$ 12.32/\text{h.}}{60 \text{ min/h.} \times 5 \text{ m}^3} = \$ 0.44/\text{m}^3.$$

Cargo por camión parado durante la carga:

$$\frac{10.7 \text{ min} \times \$ 23.97/\text{h.}}{60 \text{ min/h} \times 5 \text{ m}^3} = \$ 0.85/\text{m}^3.$$

Acarreo y descarga:

Ida a 15 km/h.

$$\text{Tiempo ida:} \frac{4 \text{ km} \times 60 \text{ min/h.}}{15 \text{ km/h}} = 16.00 \text{ min.}$$

Regreso a 25 km/h.

$$\text{Tiempo regreso} \frac{4 \text{ km} \times 60 \text{ min/h}}{25 \text{ km/h}} = 9.60 \text{ min.}$$

$$\text{Descarga.} = \underline{15.00 \text{ min.}}$$

$$\text{Tiempo ciclo total:} = 40.60 \text{ min.}$$

Cargo por m3:

$$\frac{40.60 \text{ min} \times \$ 39.62/\text{h.}}{60 \text{ min/h.} \quad 5 \text{ m3.}} = \underline{\underline{\$ 5.23/\text{m3.}}}$$

$$\text{CARGO TOTAL POR M3 DE AGUA} = \underline{\underline{\$ 5.67/\text{m3.}}}$$

Por m3 de concreto, podemos considerar un consumo de 500 lts.

Cargo por m3 de concreto.

$$0.5 \text{ m3 agua/m3 concreto} \times \$ 5.67/\text{m3 agua} = \underline{\underline{\$ 2.84/\text{m3.}}}$$

IV).- DOSIFICACION Y ACARREO.-

Equipo:

| | |
|-----------------------------------|--------------|
| Dosificadora Torres T20M | \$ 113.19/h. |
| Rendimiento Dosificadora 20 m3/h. | |
| Traxcavo 941 | \$ 73.28/h. |
| Camión Revolvedora 6 yd3 | \$ 99.32/h. |

Intalaciones:

Suponemos \$ 40,000.00 como costo de las instalaciones y se van a producir 60,000 m3 de concreto.

$$\frac{\$ 40,000.00}{60,000 \text{ m3}} = \$ \text{0.67/m3.}$$

Ciclo del camión:

Tiempo de carga 10.00 min (2 min. en dosificación
8 min. en carga).

Ac a r r e o:

Ida 15 km./h.

$$\frac{4 \text{ km.} \times 60 \text{ min/h.}}{15 \text{ km./h.}} = 16.00 \text{ min}$$

###...

Regreso 25 km./h.

$$\frac{4 \text{ km.} \times 60 \text{ min/h.}}{25 \text{ km./h.}} = 9.60 \text{ min.}$$

Descarga 5.00 min.

Acomodo y virajes 1.50 min.

Tiempo ciclo total: 42.10 min.

Número de Camiones:

$$\frac{42.10 \text{ min.}}{10.00 \text{ min.}} = 4.2 \text{ camiones.}$$

Usaremos 4 camiones.

Producción de los camiones:

Le consideramos un factor de eficiencia de 0.75 por la sincronización de los camiones con la Dosificadora y la Colocadora.

$$\frac{60 \text{ min/h} \times 6 \text{ yd}^3 \times 0.765 \times 4 \times 0.75}{42.1 \text{ min.}} = 19.5 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Limitaremos la producción de los camiones a la capacidad de la Dosificadora (20 m³/h)

CARGO POR DOSIFICACION, MEZCLADO Y ACARREG.

Dosificadora \$ 113.19/h.

Traxcavo \$ 73.28/h.

4 Camiones revolvedora \$ 397.28/h.

S U M A: \$ 583.75/h.

$$\frac{\$ 583.75/h}{20 \text{ m}^3/h.}$$

$$= \$ 29.19/\text{m}^3.$$

///...

| | |
|--------------------------------------|--------------------|
| Instalaciones..... | \$ 0.67/m3. |
| Dosificación, Mezclado y Acarreo.... | \$ 29.19/m3. |
| | <u>\$ 29.86/m3</u> |

V).- COLOCACION.-

Se usará una colocadora de concreto que tiene una producción de 40 yd³/h., considerando el mismo factor de 0.75 por eficiencia.

$$40 \text{ yd}^3/\text{h} \times 0.765 \times 0.75 = 22.95 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Cargo por Colocación:

Ajustamos la colocación al volumen dosificado 20 m³/h.

Costo horario colocadora \$ 354.19/h.

$$\frac{\$ 354.19/\text{h.}}{20 \text{ m}^3/\text{h.}}$$

\$ 17.71/m³.

VI).- RAYADO.-

El rayado transversal lo hacen 2 peones con una cercha y el longitudinal 4 peones que van sobre la colocadora.

| | Salario | S. S. | TOTAL sin 7° día |
|----------|-----------|----------|---------------------|
| 6 Peones | \$ 195.00 | \$ 38.40 | \$ 233.40 |

Incluyendo 7° día:

$$\frac{\$ 233.40/\text{día} \times 381.5}{2400} = \$ 37.10/\text{h.}$$

Cargo por m³:

$$\frac{\$ 37.10/\text{h.}}{20 \text{ m}^3/\text{h.}}$$

\$ 1.86/m³.

Material:

Costo \$ 2.50/litro
 Rendimiento 4 m²/litro.
 Para un espesor de 0.10 mts.

Número de m² por litro:

$$4 \text{ m}^2/\text{litro} \times 0.10 \text{ m}^3/\text{m}^2 = 0.4 \text{ m}^3/\text{litro}.$$

Cargo por m³.

$$\frac{\$ 2.50/\text{litro}}{0.4 \text{ m}^3/\text{litro}}$$

\$ 6.25/m³.

Mano de Obra:

1 Albañil de 2a. rinde 50 m²/h.

Cargo por Mano de Obra.
 Salario

S. S.

Total
 sin 7º día

Albañil \$ 37.00

\$ 5.90

\$ 42.90

$$\frac{\$ 42.90/\text{día} \times 381.5}{2400}$$

\$ 6.82/h.

$$\frac{\$ 6.82/\text{h.}}{50 \text{ m}^2/\text{h} \times 0.1 \text{ m}^3/\text{m}^2}$$

\$ 1.36/m³.

VIII).- SOBRECULOCACION 5% DE CONCEPTOS I) A V).

$$.05 \times \$ 110.38/\text{m}^3.$$

\$ 5.52/m³.

IX).- CEMENTO EN SOBRECULOCACION.

Costo cemento \$ 300.00/ton.

Consumo 0.3 ton.cemento/m³ concreto.

$$\$ 300.00/\text{ton} \times 0.3 \text{ ton.cemento}/\text{m}^3 \text{ concreto} \times .05 = \$ 4.50/\text{m}^3.$$

###...

RESUMEN FINAL:

I).- AGREGADOS.

| | | |
|------------|--------------|-------------|
| Grava..... | \$ 32.39/m3. | |
| Arena..... | 13.73/m3. | \$ 46.12/m3 |

II).- CEMENTO 13.85/m3

III).- AGUA 2.84/m3

IV).- DOSIFICACION YACARREO 29.86/m3

V).- COLOCACION 17.71/m3

VI).- RAYADO 1.86/m3

VII).- CURADO 7.61/m3

VIII).- SOBRECOCACION 5% I) A V) 5.52/m3

IX).- CEMENTO DE SOBRECOCACION.

| | |
|--------------------------------------|---------|
| 0.3 t/m3 x \$300.00/ton. x 0.05..... | 4.50/m3 |
|--------------------------------------|---------|

| | |
|-----------------------------|--------------|
| SUMA CARGOS DIRECTOS: | \$ 129.87/m3 |
|-----------------------------|--------------|

| | |
|-----------------------------------|----------|
| 38% INDIRECTOS Y UTILIDAD : | 49.35/m3 |
|-----------------------------------|----------|

| | |
|-------------------|--------------|
| PRECIO UNITARIO : | \$ 179.22/m3 |
|-------------------|--------------|

Obtener el precio unitario por m3 de mampostería para revestimiento de un canal sin incluir el suministro del cemento.

La roca será producto de banco de préstamo, que requiere despallar un metro y el frente del banco es de 5 metros.

La arena será de banco natural cribado y cargado a mano, el banco se encuentra a 15 kms de la obra.

El banco de roca está a 5 kms de la obra

El abastecimiento de agua está a 3 kms.

Para las maniobras del cemento se considerará que = la estación del ferrocarril está a 30 kms.

| <u>EQUIPO</u> | <u>COSTO HORARIO</u> |
|-------------------------------------|----------------------|
| Compresor 600 p.c.m. | \$ 111.52/h |
| Pistolas S58 | \$ 16.37/h |
| Pala mecánica 3/4 yd3. | \$ 130.67/h |
| Camión F600 volteo operando..... | \$ 37.42/h |
| Camión F600 volteo ocioso | \$ 22.59/h |
| Camión Pipa 5 000 lts operando..... | \$ 38.62/h |
| Camión pipa 5.000 lts ocioso..... | \$ 23.97/h |
| Bomba de 2" ø | \$ 12.32/h |
| Tractor D-8 | \$ 243.86/h |
| Camión redilas 5 ton. operando..... | \$ 35.53/h |
| Camión redilas 5 ton ocioso..... | \$ 20.88/h |

1) OBTENCION DE ROCA

a) DESPALME

El material producto del despálme se depositará a una distancia de 40 metros del centro de gravedad del banco al sitio de tiro.

Lo ejecutaremos con un tractor D-8.

En la tabla de rendimiento de un tractor D-8 excavando y para una distancia de acarreo medio de 40 mts obtenemos un rendimiento teórico de:

$$R = 375 \text{ yd}^3.$$

Factores:

| | |
|-----------------|-------|
| Eficiencia | 0.75 |
| Por Angle | 0.75 |
| Para pasar a m3 | 0.765 |
| Abundamiento | 1.20 |

$$R \text{ efectivo} = \frac{375 \text{ yd}^3/h \times 0.75 \times 0.75 \times 0.765}{1.20} = 134 \text{ m}^3/h$$

Considerando un frente del banco de roca de 5 mts y que un m3 de roca en banco nos da un m3 de mampostería, ya que el 30% que ocupa el mortero se puede considerar al equivalente del desperdicio.

El cargo por m3 de mampostería por concepto de despálme es:

$$\frac{\$ 243.86/h}{134 \text{ m}^3/h \times 5 \text{ m}^3 \text{ de roca/m}^3 \text{ despalme}} = \$ 0.36/\text{m}^3$$

b) EXPLOTACION BANCO DE ROCA

1) Barrenación

Costo de los barrenos integrales de 1" y corte de 1 1/2" ø con longitudes de:

| Long. en mts. | C o s t o |
|---------------|-----------|
| 0.8 | 347.50 |
| 1.6 | 380.00 |
| 2.4 | 411.25 |
| 3.2 | 443.75 |
| 4.0 | 475.00 |
| 4.8 | 507.00 |
| 5.6 | 538.75 |

Usaremos para la perforación un compresor 600 y pistolas S.58, ya que cada una de estas consume poco menos de 100 p.c.m. cada una.

Velocidad de perforación:

Podemos considerar el valor consignado en la tabla de rendimientos promedio de barrenación por diámetro de 1 3/4" y para roca de dureza media.

$$R = 3.75 \text{ m/h}$$

Considerando para este diámetro una separación entre

barrenos de 1.20 m.

Cargo por m³

Por compresor

$$\frac{\$ 111.52/h}{6 \times 3.75 \text{ m} \times 1.2 \times 1.2} \times \frac{5.5 \text{ m barrenados}}{5.0 \text{ m efectivos}} = \$ 3.78/m^3$$

Por pistolas

$$\frac{\$ 16.65/h}{3.75 \text{ m} \times 1.2 \times 1.2} \times \frac{5.5}{5} = \$ 3.33/m^3$$

Acero de barrenación

Para aprovechar 5 mts de profundidad se necesita barrenar aproximadamente 5.5 mts., para esto usaremos barras desde 0.8 hasta 5.6 mts. necesitando hacerse 6 cambios.

Para el rendimiento teórico del acero de barrenación podemos considerar 250 mts.

Factor de corrección

$$K = \frac{6 + 1}{2} = 3.5$$

$$\text{Rendimiento efectivo} = \frac{250 \text{ mts}}{3.5} = 71.4 \text{ mts.}$$

Consideramos el valor de la barra de 4.0 mts por ser intermedio.

Cargo por m³

$$\frac{\$ 475.00}{71.4 \text{ mts} \times 1.2 \times 1.2} \times \frac{5}{5.0} = \$ 5.8/m^3$$

2) Poblado y tronado

Una cuadrilla compuesta de un poblador, un cargador y un ayudante, pueden preparar para tronar 50 m³/h.

Costo cuadrilla

| | Salario | S.S. | Total sin 7° día |
|-----------------|-------------|------------|-------------------|
| 1 poblador_____ | 47.00 _____ | 7.49 _____ | 54.49 |
| 1 cargador_____ | 37.00 _____ | 5.90 _____ | 42.90 |
| 1 ayudante_____ | 33.00 _____ | 5.26 _____ | 38.26 |
| | | | <u>135.65/día</u> |

Considerando 7° día

$$\frac{\$ 135.65/\text{día} \times 381.5}{2400} = \underline{\$ 21.56/\text{hora}}$$

Cargo por m³

$$\frac{\$ 21.56/\text{hora}}{50 \text{ m}^3/\text{h}} = \underline{\$ 0.43/\text{m}^3}$$

3) Consumo de explosivos y accesorios

Podemos considerar un consumo de explosivos de 0.4 kg/m³, de los cuales 25% de dinamita y 75% de Mexamon.

Materiales por m³

Costo dinamita \$ 9.00/kg

Costo mexamon \$ 3.50/kg

Dinamita:

0.4 x 0.25 x \$ 9.00/kg \$ 0.90/m3

Mexaamon

0.4 x 0.75 x \$ 3.50/kg \$ 1.05/m3

Estópinos uno por barreno

Costo estópinos \$ 5.00/pieza

$\frac{\$ 5.00/pieza}{5 m \times 1.2 \times 1.2} = \$ 0.69/m3$

Alambre de conexión y conducción

Costo por metro \$ 0.50/m

$\frac{7 mts/barreno \times \$ 0.50/m}{5 m \times 1.2 \times 1.2} = \$ 0.48/m3$

C) CARGA Y ACARREO

Para seleccionar la roca, separar desperdicio y -
cargar, podemos utilizar:

| | | | | |
|-----------------|-------|-------------|-------|---------------------|
| 1 Pala 3/4 yd3 | _____ | \$ 130.67/h | _____ | \$ 130.67/h |
| 1/3 tractor D-8 | _____ | \$ 243.86/h | _____ | \$ 81.29/h |
| | | | | <u>\$ 211.96/m3</u> |

Rendimiento Pala

Rendimiento para roca bien tronada

Podemos considerar profundidad óptima y giro de -
90 grados

R = 95 yd3/h (de material medido en banco)

En este caso se considera como banco el material ya tomado, abundado.

Factores de corrección

| | |
|------------------------------|-------|
| Eficiencia | 0.75 |
| Para pasar a m ³ | 0.765 |
| Para medir en la mampostería | 0.85 |

Se considera que un m³ suelto o en camión nos da 0.85 m³ de mampostería.

Cargo por selección y carga

$$R \text{ efectivo} = 95 \text{ yd}^3/\text{h} \times 0.75 \times 0.765 \times 0.85 = 46 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\frac{211.96/\text{h}}{46 \text{ m}^3/\text{h}} \quad \$ \quad 4.61/\text{m}^3$$

Acarreo

Ciclo de camiones

$$4 \text{ m}^3 \times 0.85 = 3.40 \text{ m}^3$$

t. de carga

$$\frac{3.40 \text{ m}^3 \times 60 \text{ min/h}}{46 \text{ m}^3/\text{h}} \quad 4.4 \text{ min}$$

Acarreo cargado a 20 km/h

$$\frac{5 \text{ km} \times 60}{20 \text{ km/h}} \quad 15.0 \text{ min}$$

Acarreo vacío a 30 km/h

$$\frac{5 \text{ km} \times 60}{30 \text{ km/h}} \quad 10.0 \text{ min.}$$

Acomodo y descarga

1.0 min

30.4 min

Costo por acarreo

$$\frac{30.4 \text{ min} \times \$ 37.42/\text{h}}{60 \text{ min/h} \times 3.40 \text{ m}^3} = \$ 5.57/\text{m}^3$$

RESUMEN PUNTO 1 OBTENCION Y ACARREO DE ROCA

| | |
|------------------------------|-------------------------------|
| a) Despalme | \$ 0.36/m ³ |
| b) Explotación banco de roca | |
| 1. Barrenación | \$ 12.19/m ³ |
| 2. Poblado y tronado | \$ 0.43/m ³ |
| 3. Explosivos y accesorios | \$ 3.13/m ³ |
| c) Carga y acarreo | \$ <u>10.18/m³</u> |
| | \$ 26.29/m ³ |

II) A R E N A

a) Extracción y paso por la criba, estas dos manio
bras las podemos considerar dentro de una sola operación.

Estos los ejecutaremos a mano.

| Cuadrilla | Salarios | S.S. | Total sin 7° día |
|-----------|----------|-------|------------------|
| 1 Cabo | 54.00 | 8.61 | 62.61 |
| 10 Peones | 325.00 | 64.00 | 389.00 |
| | | | \$ 351.61/día |

Incluyendo 7° día

$$\frac{\$ 451.61/\text{día} \times 381.5}{2400} = \$ 71.79/\text{hora}$$

Rendimiento de un peon, extrayendo arena y pasándola a través de la criba, lo podemos considerar de 0.80 m³/h, que -- aplicándole el coeficiente de eficiencia o corrección horario nos da un rendimiento efectivo de:

$$R = 0.80 \text{ m}^3/\text{h} \times 0.833 = 0.67 \text{ m}^3/\text{h}$$

Cargo por m³ de extracción y cribado

$$\frac{\$ 71.79/\text{h cuadrilla}}{0.67 \text{ m}^3/\text{h peon} \times 10 \text{ peones}} = 10.71/\text{m}^3 \text{ de arena}$$

b) Carga o camión

Rendimiento peon cargando camión = 1.15 m³/h, aplicando factor 0.83.

$$R = 1.15 \text{ m}^3/\text{h} \times 0.33 = 0.96 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Cargo por carga

$$\frac{\$ 71.79/\text{h}}{0.96 \text{ m}^3/\text{h} \times 10} = \$ 7.48/\text{m}^3 \text{ de arena}$$

c) Camión parado durante la carga

Para el tiempo de carga suponemos que por limitaciones de espacio cada camión es cargado por 5 peones.

t de carga

$$\frac{4 \text{ m}^3}{5 \times 0.96/\text{m}^3/\text{h}} = 0.83 \text{ h}$$

Cargo por camión parado

$$\frac{\$ 22.59/h \times 0.83 h}{4 m^3} = \$ 4.69/m^3 \text{ arena.}$$

d) Acarreo a 15 km

Velocidad cargado 20 km/h

Velocidad vacío 40 km/h.

Tiempo de ida

$$\frac{15 \text{ km}}{20 \text{ km/h}} = 0.75/h$$

Tiempo de regreso

$$\frac{15 \text{ km}}{40 \text{ km/h}} = 0.38; \quad 0.38 \text{ h} + 0.75 \text{ h} = 1.13 \text{ h.}$$

Cargo por acarreo

$$\frac{1.13 \text{ h} \times \$ 37.42/h}{4 m^3} = \$ 10.57/m^3 \text{ de arena}$$

RESUMEN COSTO ARENA

| | |
|------------------------------|-------------------------------|
| a) Extracción y cribado | \$ 10.71/m ³ |
| b) Carga a camión | \$ 7.48/m ³ |
| c) Camión parado en la carga | \$ 4.69/m ³ |
| d) Acarreo | \$ <u>10.45/m³</u> |
| | \$ 33.45/m ³ |

Cargo por m³ de mampostería

Se consumen 0.3 m³/arena por m³ de mampostería, podemos considerar un 5% de desperdicio.

$$\$ 33.45/m^3 \times 0.3 \times 1.05 = \$ 10.54/m^3$$

III) AGUA, OBTENCION Y ACARREO A 3 KM.

a) Carga con bomba de 2" ø

Rendimiento de la bomba de 2" : 10 000 galones por hora

Tiempo de carga

$$\frac{5\ 000\ \text{lbs} \times 60\ \text{min/h}}{10\ 000 \times 3.785\ \text{lbs/h}} = 8\ \text{min}$$

Considerando una eficiencia del 75%

$$\frac{8}{0.75} = 10.7\ \text{minutos}$$

Cargo por bomba

$$\frac{10.7\ \text{min} \times 12.32/\text{h}}{60\ \text{min/h} \times 5\ \text{m}^3} = \$\ 0.44/\text{m}^3$$

b) Camión parado durante la carga

$$\frac{10.7\ \text{min} \times \$\ 23.97/\text{h}}{60\ \text{min/h} \times 5\ \text{m}^3} = \$\ 0.85/\text{m}^3$$

c) Acarreo y descarga

Ida a 15 km/h

$$t\ \text{ida} \frac{3\ \text{km}}{15\ \text{km/h}} = 0.2\ \text{h}$$

Regreso a 25 km/h

$$t\ \text{regreso} \frac{3\ \text{km}}{25\ \text{km/h}} = 0.12\ \text{h}$$

Ida y regreso = 0.32 h

Descarga 15 minutos

$$\frac{15\ \text{min}}{60\ \text{min/h}} = 0.25\ \text{h}$$

Tiempo total 0.57 h

Cargo por m3 de agua

$$\frac{0.57 \text{ h} \times \$ 38.62/\text{h}}{5 \text{ m}^3} = \$ 4.40/\text{m}^3 \text{ de agua}$$

RESUMEN AGUA

| | |
|------------------------------|----------------------|
| a) Carga | \$ 0.44/m3 |
| b) Camión parado en la carga | 0.85/m3 |
| c) Acarreo y descarga | <u>4.40/m3</u> |
| | \$ 5.69 m3 (de agua) |

Un m3 de mampostería consume 0.5 m3 de agua incluyen do la necesaria para mojar las piedras y humedecer el talud.

Cargo por m3 de mampostería

$$\$ 5.69/\text{m}^3 \times 0.5 \quad \$ 2.85/\text{m}^3$$

IV) MANIOBRAS DEL CEMENTO

El cemento se entrega al contratista en la estación- L.A.B. los carros del ferrocarril, dentro del precio unitario de be incluir:

Descarga del FF.CC. al camión, acarreo a la bodega - de la obra, descarga en la bodega, carga de la bodega al camión, acarreo al sitio de utilización y descarga.

De acuerdo con lo anterior, tendremos dos maniobras- de carga y descarga y 30 km de acarreo total.

a) Maniobras de carga y descarga

Se ejecutarán con una cuadrilla de 1 cabo y 10 peones

| Costo cuadrilla | Salarios | S.S. | Total sin 7° día |
|-----------------|----------|-------|------------------|
| 1 cabo | 54.00 | 8.61 | 62.61 |
| 10 peones | 325.00 | 64.00 | 389.00 |
| | | | \$ 451.61/h |

Incluyendo 7° día

$$\frac{\$ 451.61/\text{día} \times 381.5}{2400} = 71.79/\text{hora}$$

Rendimiento de un peón

Cargando cemento 1.1 t/h

descargando cemento 1.7 t/h

Cargo por maniobras de carga

$$\frac{2 \times \$ 71.79/\text{h}}{1.1 \text{ t/h} \times 10} = 13.05/\text{ton}$$

Cargo por maniobras de descarga

$$\frac{2 \times \$ 71.79/\text{h}}{1.7 \text{ t/h} \times 10} = \$ 8.45/\text{ton.}$$

b) Camión parado en cargas y descargas

Tiempo de carga por maniobra

$$\frac{5 \text{ ton}}{1.1 \text{ t/h} \times 10} = 0.45 \text{ h/maniobra}$$

Cargo por tonelada (dos maniobras)

$$\frac{2 \times 0.45 \text{ h} \times \$ 20.88/\text{h}}{5 \text{ ton}} = \$ 3.76/\text{ton.}$$

Tiempo de descarga por maniobra

$$\frac{5 \text{ ton}}{1.7 \text{ t/h} \times 10} = 0.29/\text{h maniobra}$$

Cargo por tonelada (dos maniobras)

$$\frac{2 \times 0.29 \text{ h} \times \$ 20.88/\text{h}}{5 \text{ ton}} = \$ 2.42/\text{ton}$$

c) Acarreo

Velocidad cargado 25 km/h

Velocidad vacio 40 km/h

Tiempo de acarreo

Ida

$$\frac{30 \text{ km}}{25 \text{ km/h}} = 1.2 \text{ h}$$

Regreso

$$\frac{30 \text{ km}}{40 \text{ km/h}} = 0.75 \text{ h}$$

$$1.95 \text{ h}$$

Cargo por tonelada

$$\frac{1.95 \text{ h} \times \$ 35.53/\text{h}}{5 \text{ ton}} = \$ 13.86/\text{ton}$$

RESUMEN CEMENTO

| | |
|--|--------------|
| a) Maniobras de carga y descarga | \$ 21.50/ton |
| b) Camión parado en cargas y descargas | \$ 6.18/ton |
| c) Acarreo | \$ 13.86/ton |
| | <hr/> |
| SUMA | \$ 41.54/ton |

Consideramos un consumo de medio de 110 Kg/m3 de mampostería.

Cargo por m3 de mampostería

\$ 41.54/ton x 0.110 ton/m3 = \$ 4.57/m3

V) FABRICACION DE LA MAMPOSTERIA

La cuadrilla para la fabricación de la mampostería la forman:

1 albañil

1.5 peones

El medio peon es para la fabricación del mortero, se considera que puede abastecer a 2 albañiles.

Costo Cuadrilla

| | Salario | S.S. | Total sin 7° día |
|------------|---------|------|------------------|
| 1 Albañil | 43.00 | 6.85 | \$ 49.85/día |
| 1.5 peones | 48.75 | 9.60 | \$ 58.35/día |
| | | | \$ 108.20/día |

Por 7° día

\$ $\frac{108.20/día \times 381.5}{300}$ = 137.59/día

Rendimiento cuadrilla

Podemos considerar que esta cuadrilla puede fabricar 2.5 m3/día (efectivo)

Cargo por m3

$$\frac{\$ 137.59/\text{día}}{2.5 \text{ m}^3/\text{día}} = \$ 55.04/\text{m}^3$$

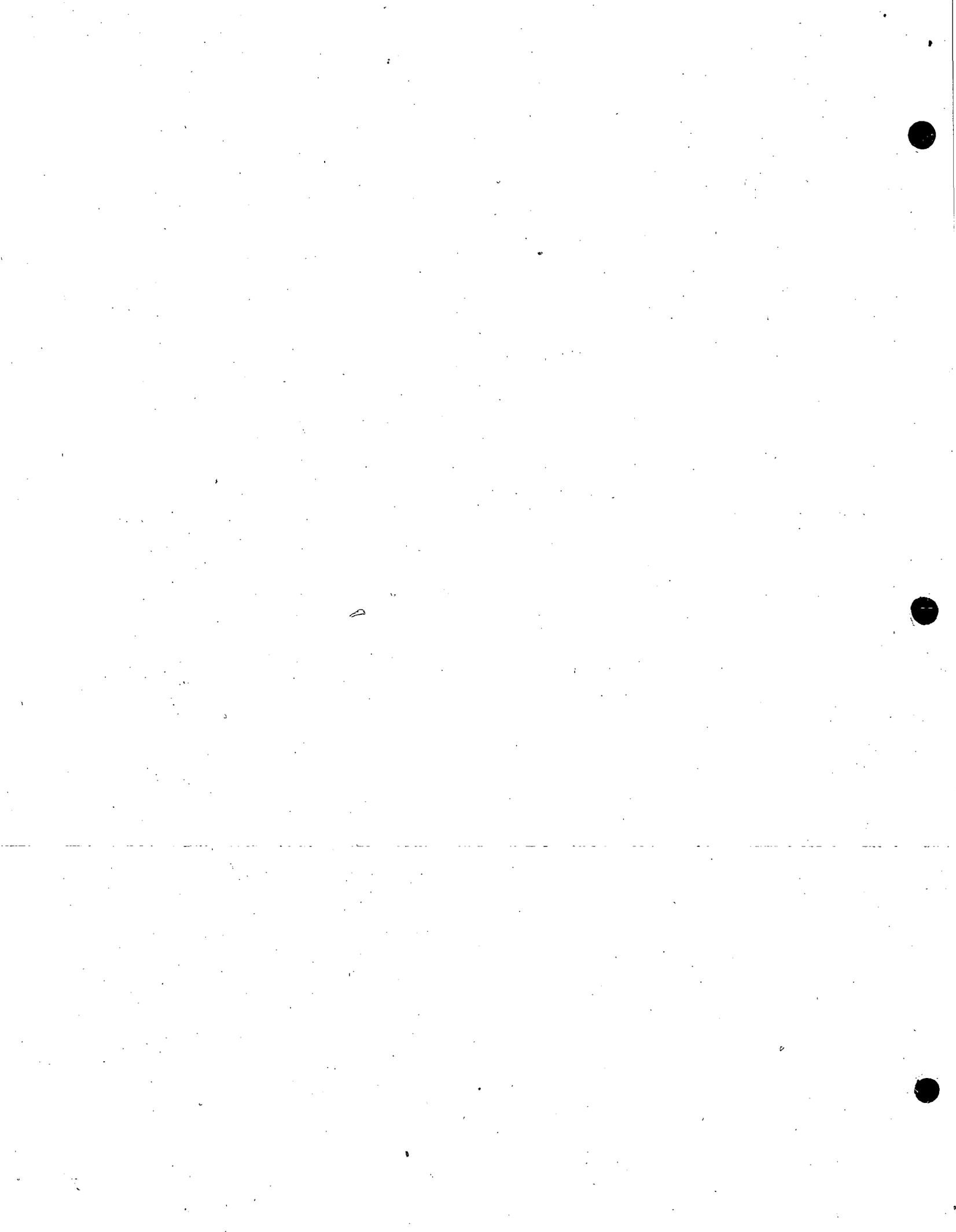
R E S U M E N

| | | |
|------|---------------------------|--------------|
| I) | Obtención de roca | \$ 26.29/m3 |
| II) | Arena | 10.54/m3 |
| III) | Agua | 2.85/m3 |
| IV) | Cemento | 4.57/m3 |
| V) | Fabricación | 55.04/m3 |
| | Suma cargos directos | \$ 99.29/m3 |
| | Indirectos y utilidad 38% | 37.70/m3 |
| | | <hr/> |
| | | \$ 136.99/m3 |

CAPACITACION PARA INGENIEROS PROYECTISTAS DE ZONAS
DE RIEGO, SARH

EL METODO DE LA RUTA CRITICA

CARLOS TERCERO BONIFAZ
Noviembre, 1978



EL METODO DE LA RUTA CRITICA

Por el Ing. Civil *Carlos TERCERO BONIFAZ.*

INTRODUCCION

Estos apuntes tienen, como objeto principal, servir de guía a todas aquellas personas que estén aplicando el Método de la Ruta Crítica, o vayan a aplicarlo.

No se pretende que sea un libro de texto, sino más bien una herramienta de trabajo, sobre todo cuando se esté siguiendo el sistema manual.

Toda persona que desee ampliar sus conocimientos, tanto en la forma de funcionamiento del método, como en los fundamentos matemáticos, puede hacerlo por medio de la bibliografía que se presenta al final de los apuntes, por lo que no entraremos en detalle en los métodos matemáticos. Sólo trataremos de dejar clara la aplicación manual, que es de mucha utilidad sobre todo para aquellas personas que por encontrarse en las obras, no consigan fácil acceso a la computadora electrónica, que facilita grandemente la aplicación del sistema.

1. *Qué es el Método de la Ruta Crítica.*

Es un sistema lógico y racional de planeación, programación y control, que permite a todas las personas que intervienen en la realización de un proyecto ver cuál es el modo más conveniente de ejecutarlo, programarlo en fechas de calendario y controlarlo más eficientemente que como se hacía con el sistema tradicional de barras.

Este método no modifica al sistema de programación, sino más bien da lugar a que se haga de una manera más ordenada y por consiguiente con mejores resultados. En él se planean simultáneamente y se programan todas las actividades que intervienen en la realización de un trabajo cualquiera, introduciendo actividades que normalmente se omiten en un programa de barras, como son proyectos,

adquisiciones, compras, etc., y que son indispensables para que pueda ejecutarse y terminarse la obra en el plazo fijado.

El método de la Ruta Crítica que también recibe el nombre de Camino Crítico, nos permite conocer cuáles actividades, dentro de todas las que forman un proyecto, son las que definen la duración total del proyecto. Estas actividades, encadenadas una después de la otra, son las que marcan la ruta crítica ya que cualquier adelanto o atraso en alguna de ellas, origina un adelanto o atraso en la terminación total del proyecto.

Por medio de un ejemplo se podrá comprender mejor cuál es esta Ruta Crítica.

Supóngase un viaje al extranjero, sea de placer o de negocios. Para poderlo realizar haremos primero un plan general que puede ser como sigue:

1. Conseguir el permiso en la dependencia a la que pertenecemos.
2. Conseguir dinero para realizar el viaje.
3. Mandar arreglar el coche.
4. Sacar el pasaporte.
5. Mandar hacer ropa.
6. Tiempo de traslado al sitio de destino.

Después de haber hecho nuestro plan general, vamos a programarlo por el Método de la Ruta Crítica para saber qué tiempo nos van a tomar todas estas actividades y por consiguiente cuándo vamos a llegar a nuestro sitio de destino.

Cada una de las actividades quedará representada por una flecha que nos indica el sentido en el que se va a desarrollar ésta. Hay que tomar muy en cuenta que esta flecha no es vector ni tiene dimensiones escalares, que puede tener cualquier sentido, ser recta o curva, hacia arriba o hacia abajo, o sea que nos representa gráficamente el desarrollo de nuestra actividad.

De acuerdo con este criterio nuestro plan a seguir quedará representado como se muestra en la Fig. 1.

Como se puede observar queda representada gráficamente nuestra planeación del viaje mostrando

tiempo de duración de nuestro plan, este camino, permiso, ropa, traslado, es el que recibe el nombre de Camino, Trayectoria o Ruta Crítica.

Los otros 2 caminos: permiso-dinero-coche-traslado y permiso-dinero-pasaporte-traslado tienen

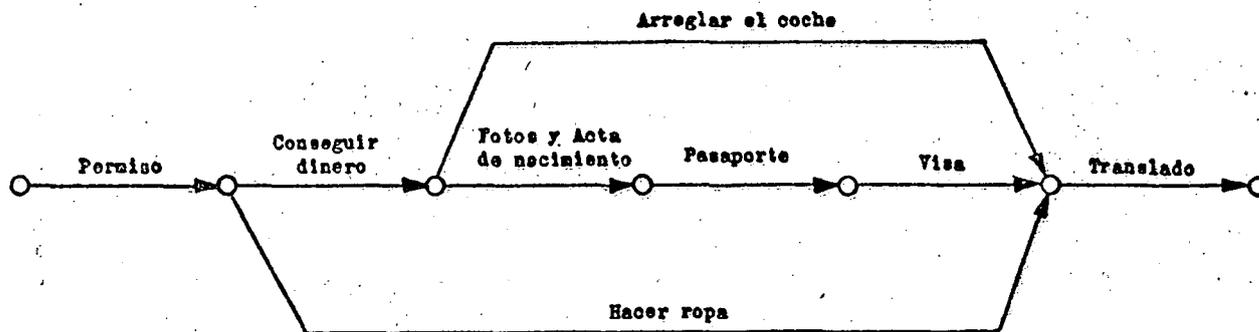


FIGURA 1.

las secuencias de cada una de las actividades, ya que no se podrá realizar una de ellas si antes no se han terminado aquellas que le anteceden y que son requisito indispensable para iniciar la que se está analizando.

Después de estar seguros de que el plan representado gráficamente como se indica es el correcto, pasamos a analizar y valorar cuánto tiempo es necesario emplear en cada una de esas actividades.

| | |
|--------------------------------|---------|
| La actividad permisos nos toma | 1 día |
| Conseguir dinero suficiente | 2 días |
| Fotos y acta de nacimiento | 2 días |
| Pasaporte | 1 día |
| Visa | 1 día |
| Arreglar el coche | 7 días |
| Mandar hacer ropa | 15 días |
| Traslado al sitio | 4 días |

Estas cantidades las ponemos arriba de sus flechas correspondientes y nos queda perfectamente bien definida la actividad y su duración.

Como siguiente paso vamos a determinar cuál es el tiempo necesario para llegar al sitio del viaje. Para esto basta con sumar el tiempo empleado en cada uno de los diferentes caminos a seguir y vemos que por el camino del arreglo del coche tardaremos 10 días para iniciar el traslado.

Por el camino del pasaporte, 7 días.

Por el camino de la ropa, 16 días.

Así es que como tardamos 4 días en el traslado llegaremos al sitio en 20 días.

El camino más largo es aquel que nos indica el

una duración menor; cualquier atraso en estos caminos mientras no pasa de 20 días no nos produce atraso en la duración total, por lo tanto tienen margen u holgura, o sea que no son críticos.

Si deseamos acortar la duración total nos bastará con acortar cualquiera de las actividades críticas para lograr disminuir el tiempo total, sin necesidad de cambiar para nada las duraciones de las actividades no críticas.

Los números encerrados en círculo nos indican la fecha de iniciación más próxima o primera, en que se pueden realizar las que nacen en los círculos que limitan las flechas que representan a cada actividad.

Haciendo un somero examen de estas fechas podemos concluir que las actividades dentro de la Ruta Crítica tienen forzosamente que iniciarse en esas fechas, si se desea realizar el proyecto en la fecha que nos marca el final del proceso; y que las no críticas pueden iniciarse posteriormente a esa fecha de iniciación primera sin afectar la duración total del proyecto.

De esta manera tan simple es como se trabaja con este sistema, pudiendo conocer de una manera sencilla qué actividades son críticas o claves, y cuáles no lo son y qué grado de importancia, por lo que respecta al tiempo, tienen con respecto a las que son críticas.

Las ventajas principales que se obtienen trabajando con este sistema, comparadas con el sistema tradicional de barras para programación, son innumerables, aquí sólo mencionaremos las principales:

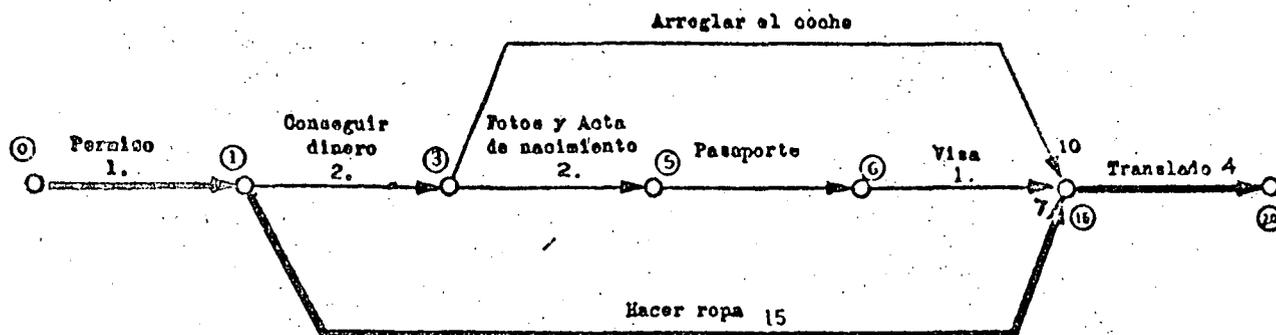


FIGURA 2.

1. El plan de trabajo queda representado gráficamente por medio del diagrama de flechas, que hace más fácil de interpretar el criterio que siguió la persona que trazó el plan, lo cual es bastante más difícil con el sistema de barras.

2. Al poder conocer cuáles actividades son críticas y cuáles no, se puede hacer una programación con fechas calendario, más racional, de acuerdo con las necesidades, recursos por utilizar, plan de inversiones, etc., que con el sistema de barras.

3. Por lo que respecta al control del trabajo, es más sencillo de ejecutar, ya que se ha observado que sólo un 10% del total de actividades son críticas, en la mayoría de los casos, por lo que éstas se vigilarán en primer grado de importancia. Los demás serán de segundo grado, aunque sin dejar por esto de ser también importantes. En el caso del diagrama de barras se tienen que vigilar todas las actividades.

4. Para los directivos de una obra es más fácil poder tomar una decisión, sobre todo en caso de atraso, concentrando la atención en las actividades críticas.

Finalmente son unas cuantas de las ventajas que se obtienen por medio del sistema de la Ruta Crítica. Posteriormente se irán analizando otras ventajas más, que hacen que este sistema sea superior, en cuanto a los resultados que de él se pueden obtener, a los métodos tradicionales de planeación, programación y control.

Significado de las iniciales C.P.M. y PERT.

El significado de las iniciales por las que se conoce al sistema son: *Critical Path Method* (Método de la Ruta Crítica), *Program Evaluation and Review Technique* (Técnica de Valuación y Revisión del Programa).

El origen de ambos sistemas data de 1957. En ese tiempo la Marina de los Estados Unidos estaba trabajando en el Proyecto Polaris, teniendo que controlar a 3,000 proveedores.

Por el lado de la Marina se originó el PERT que está basado en leyes de probabilidades para la valuación de los tiempos de ejecución de cada actividad. Por el lado de la Remington Rand y la DuPont, se originó el C.P.M., en el que el tiempo de ejecución está estimado de acuerdo con la experiencia.

Ambos sistemas son muy similares; se obtiene la ruta crítica y las holguras de las actividades no críticas por el mismo procedimiento, partiendo de un diagrama de flechas.

La Marina de los EE. UU. afirma que con el uso del sistema, se logró una ganancia de dos años en el plazo fijado. A la fecha se tiene noticia de las diversas aplicaciones del sistema, en actividades totalmente ajenas a la ingeniería, como son en una operación de corazón, en la fabricación del modelo 63 de una marca de automóviles, en una fábrica de pan, etc.

2. Forma de trabajo.

Para lograr buenos resultados con la aplicación del método, es necesario seguir una rutina con objeto de sistematizarlo.

El orden a seguir es el siguiente:

1. Lista de actividades. Se deben poner en forma de lista todas las actividades que forman un proyecto, no importando si están en orden o no.

2. Secuencias. Se analiza cada una de las actividades del punto N° 1 indicando la secuencia que deben seguir.

3. Dibujo del diagrama. Consiste en mostrar gráficamente por medio de flechas las secuencias antes analizadas.

4. Valuación de tiempos. Se calcula el tiempo de duración de cada actividad, independientemente de las secuencias.

5. Obtención de Ruta Crítica y holguras. Se obtienen de acuerdo con los datos de los puntos anteriores.

6. Análisis. Se estudia si el tiempo de duración total obtenido en el punto 5 es el deseado o si es necesario modificar secuencias o tiempo de duración de las actividades para obtener el tiempo especificado.

7. Compresión del tiempo en función del costo. Cuando es necesario reducir el tiempo de duración de una o varias actividades con objeto de disminuir el tiempo total, se deberá hacer en función de la curva de costo directo de cada una de ellas.

8. Revisión y control. Un programa se debe mantener vivo mediante su revisión y control de ejecución periódica, para analizar qué sucede cuando se atrase o se adelante una actividad, y qué tan importante es este atraso o adelanto.

DESCRIPCION DE CADA CONCEPTO

1. *Lista de actividades.* Para poder ejecutar un proyecto es necesario conocer de qué actividades consta, y es muy conveniente colocarlas en una lista con objeto de no dejar a la memoria de una o varias personas los conceptos que forman el trabajo.

Esta lista de actividades se puede hacer a partir de conceptos generales, y ya definidos éstos se desglosarán en conceptos detallados tanto como se desee. Es muy importante hacer hincapié en que en esta lista deben estar incluidos todos los conceptos que forman el proyecto.

Los podemos dividir en tres grandes grupos:

1º Proyectos: generales, detallados, estudios, anteproyectos, etc.

2º Trámites: administrativos, especificaciones, concursos, fabricaciones, adquisiciones, transportes a la obra, inspección, etc.

3º Ejecución: todas aquellas actividades que pertenecen directamente a la ejecución, como son levantamientos detallados, caminos de acceso, construcción de cada parte que forma el proyecto, etc. Si el proyecto no es netamente ingenieril, a este grupo pueden pertenecer todas las actividades que no estén comprendidas dentro de los 2 grupos anteriores.

Al hacer la lista de actividades no es necesario que se tome en cuenta ni la cantidad de trabajo por ejecutar ni el tiempo en el que se deban efectuar, bastará con contestar la siguiente pregunta:

¿Qué vamos a hacer?

No es indispensable que la lista de actividades guarde un cierto orden, pero si es indispensable que en ella aparezcan todos los conceptos de que consta el proyecto, dependiendo del grado de detalle con que se desee elaborar el programa, sea que se trate de un programa general, o que se trate de programas detallados de cada concepto que forma el programa general.

2. *Secuencias.* Después de haber elaborado la lista de actividades como se indica en párrafos anteriores y de tener la seguridad que no se ha pasado por alto ningún concepto, se debe hacer un análisis de las secuencias de cada una de las actividades para poder contestar la pregunta:

¿Cómo lo vamos a hacer?

Teniendo como base la lista de actividades, se debe hacer el análisis de cada una por separado, y para esto bastará con tomar en cuenta estas condiciones:

a) ¿Qué actividad antecede inmediatamente a la analizada? Es decir, que para poder realizar la actividad de que se trata, es necesario que antes se hayan terminado alguna o algunas de las actividades de la lista, requisito indispensable para poder iniciar la actividad en estudio. Así, para poder colocar la cimbra de un cimiento es necesario antes hacer la excavación en donde va a alojarse.

b) ¿Qué actividad sigue inmediatamente a la analizada? O sea, después de haber realizado la actividad que estamos analizando, podrán empezar inmediatamente otras que tienen como requisito indispensable a la que está en estudio, así en el ejemplo anterior, después de haber colocado la cimbra, podremos colar el concreto del cimiento.

Estas dos condiciones son indispensables para poder establecer correctamente las secuencias de nuestro trabajo.

Es muy conveniente que se analicen las actividades una por una por separado, y que se coloque la secuencia de cada actividad en una lista, o en una tabla con objeto de no dejar a la memoria las secuencias, que nos servirán para hacer un buen diagrama de flechas, base fundamental del sistema.

Hay actividades que no son requisito indispensable anterior o posterior para la realización de una determinada actividad. A éstas las podemos considerar como *simultáneas*.

Para elaborar estas secuencias tampoco es necesario tomar en cuenta el tiempo de ejecución de las actividades. Esta fase se puede considerar como la planeación integral del proyecto por ejecutar.

Al establecer las secuencias se deben tomar en cuenta las siguientes limitaciones:

1. Limitación física. Depende de la naturaleza del proyecto.
2. Limitaciones de recursos. Dependen de los recursos de que se disponga para realizar el trabajo, éstos pueden ser de personal, equipo, etc.
3. Limitación por decisiones del responsable del proyecto.

Como se puede observar, las secuencias sólo pueden darlas personas con experiencia, conocimiento y criterio suficientes en ese tipo de trabajo, con objeto de que los resultados que se obtengan sean satisfactorios. Sería absurdo pensar en lograr una planeación correcta, si está hecha por personas que desconocen la forma como se deba desarrollar el proyecto en estudio.

Es por eso que al elaborar las secuencias deben concurrir los responsables de cada actividad para que indiquen qué requisitos se deben satisfacer en el desarrollo de la que les corresponde.

En el siguiente capítulo se indican dos formas de dejar establecidas por escrito las secuencias, sea en forma de lista o sea en forma de tabla.

3. Dibujo del diagrama.

El diagrama de flechas o diagrama de actividades, es la representación gráfica de la planeación del proyecto.

El éxito del sistema radica en una buena elaboración del diagrama de actividades, que debe estar basado en la lista de éstas con sus secuencias correspondientes. Es por eso que en este capítulo vamos a sentar las bases para una correcta elaboración. Se puede afirmar con seguridad que esta parte es la que les ha costado más trabajo a aquellas personas que empiezan a tratar con el método.

Un diagrama debe estar formado por actividades, y por eventos o nudos.

Una actividad queda representada por una flecha cuya dirección indica el sentido en el que se desarrolla la actividad, así el principio de la flecha nos marca la iniciación, y la punta la terminación.

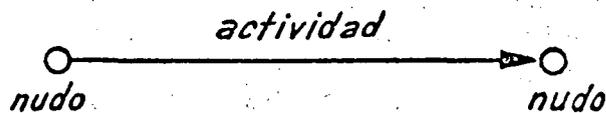
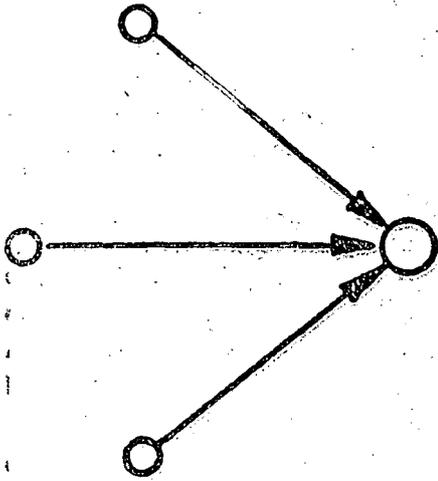


FIGURA 3

Las actividades quedan limitadas por nudos o eventos, que son acontecimientos que suceden cuando principian o terminan una o varias actividades que concurren a ese nudo o evento, en lo sucesivo lo denominaremos nudo.

Así a un nudo podrán llegar varias actividades y salir otras, que están limitadas por nudos.



Las flechas no deben tener medida, y no importa su forma, pueden ser rectas o curvas, ascendentes o descendentes, estar en una línea o ser quebradas, no están a escala ni son vectores, sirven sola-

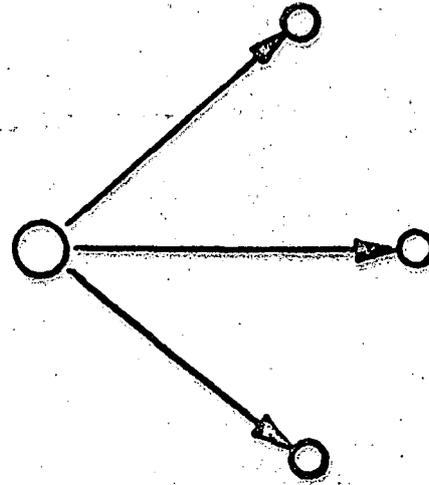
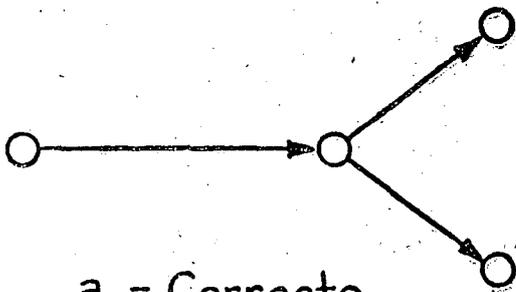
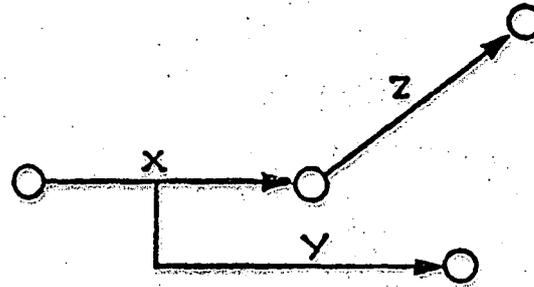


FIGURA 4

mente para representar tanto el sentido en que se desarrolla la actividad, como la secuencia o relación que tiene con otras.



a.- Correcto



b.- Incorrecto

FIGURA 5

La única condición que deben cumplir las flechas, es que representen fielmente nuestro plan, y que una actividad no puede empezar hasta que no esté terminada la que le antecede, no deben salir flechas a la mitad de otra, sólo pueden llegar o salir de los eventos o nudos.

El caso de la Fig. 5 b es muy común, nos indicaría que la actividad Y puede empezar cuando se ha ejecutado un cierto porcentaje de la actividad X. Para que quede correctamente interpretado, nos bastará con dividir a X en porcentajes, entonces se podría decir que Y puede empezar cuando se haya ejecutado, por ejemplo, un 60% de X.

Esta condición la podemos representar como se indica en la Fig. Núm. 6.

También muy frecuentemente sucede que una actividad es posterior a otras dos, y que una tercera sólo es posterior a una de ellas:

C es posterior a A y B.

D es posterior sólo a A.

Para poder hacer la representación correcta, es necesario hacer uso de un artificio que llamaremos:

Actividades de Liga o ficticias (*Dummy*) cuya duración es cero sirven para indicar la liga que

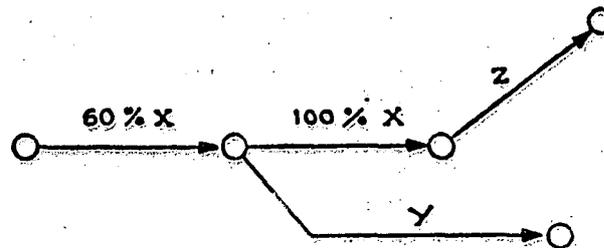
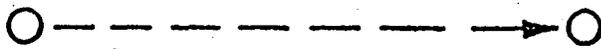


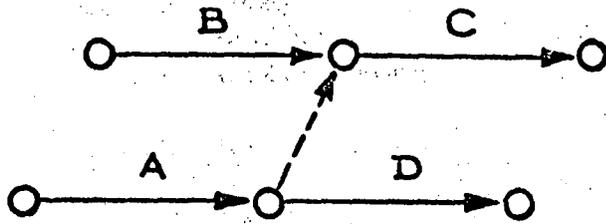
FIGURA 6

pueda existir entre dos actividades, de manera de conservar la secuencia del plan propuesto.



Actividad de Liga o ficticia

FIGURA 6 bis

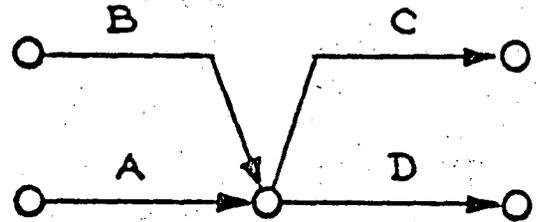


a) -- Correcto

Estas actividades de liga quedan representadas por flechas punteadas.

Actividad de Liga o ficticia

Haciendo uso de las ligas el plan propuesto lo podemos representar de la siguiente forma:



b) -- Incorrecto

FIGURA 7

La Fig. 7 b es incorrecta pues nos indica que C es posterior a A y B, pero D también es posterior a A y B, que no coincide con el plan de que D sólo sea posterior a A.

Para dejar en claro el uso correcto que se debe hacer de las ligas veamos el siguiente ejemplo:

Se tiene que levantar una columna metálica que está apoyada sobre un cimiento.

Lista de actividades:

1. Excavar cimiento.
2. Hacer cimiento.
3. Fabricar y transportar la columna al sitio de erección.
4. Colocar la columna en su sitio.
5. Rellenar la excavación del cimiento.

La secuencia será:

| Concepto | Antes | Después |
|--------------------|------------------|------------------------|
| 1. Excavación | | 2. Cimiento |
| 2. Cimiento | 1. Excavación | 4. Colocar. |
| | | 5. Rellenar |
| 3. Fab. y trans. | | 4. Colocar en su sitio |
| 4. Colocar columna | 2. Cimiento | |
| | 3. Fab. y trans. | |
| 5. Relleno | 2. Cimiento | |

El diagrama de actividades queda:

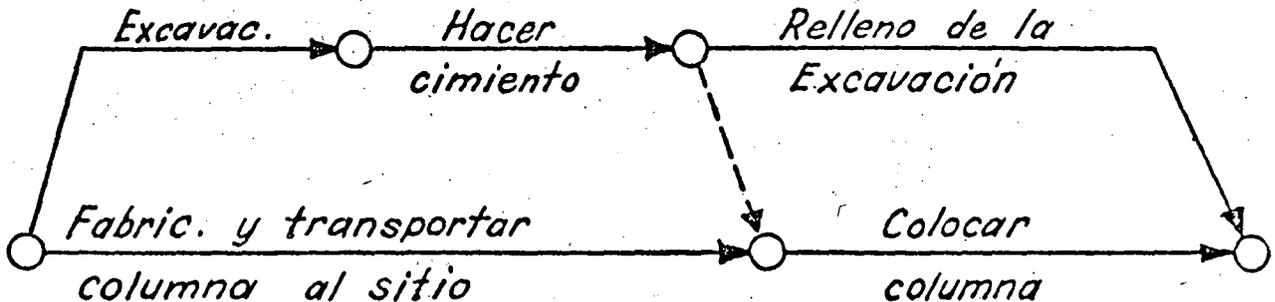


FIGURA 8

Revisando el diagrama vemos que está de acuerdo con la secuencia propuesta. De no haber hecho

uso de la actividad de liga se habría caído en el error de hacer depender el relleno, de la fabrica-

ción y transporte de la columna, además de la construcción del cimiento, lo que sería incorrecto, pues no cumple con las condiciones del plan.

En el uso correcto de las actividades de liga radica el éxito de la elaboración de un diagrama, que represente la realidad de nuestro proyecto estudiado con la lista de actividades, y sus secuencias correspondientes.

De la elaboración correcta del diagrama de actividades depende que los resultados que de él se obtengan sean satisfactorios. Por eso es muy importante que después de haberlo elaborado se revise concienzudamente, hasta que se tenga la seguridad de que está representando íntegramente la planeación del proyecto.

Es muy común, sobre todo al principio, que los diagramas estén mal trazados, pero con un poco de tiempo se adquiere la habilidad necesaria para ir corrigiendo los pequeños errores que se presenten. En donde estriba principalmente la dificultad, es en el uso correcto de las actividades de liga.

Como se dice en párrafos anteriores en muchas ocasiones no es conveniente ni necesario terminar totalmente una actividad, para poder iniciar la que

aconsejable ir colocando en cada actividad parcial la cantidad acumulada; así, si se trata de porcentaje y está dividido en 20% cada una, se pondrá 20%, 40%, 60%, 80%, 100%.

De esta manera para poder conocer la cantidad que corresponde a esta actividad, bastará con leer la inmediata anterior. De otra manera, para saber el total que se lleva hasta la actividad que se está leyendo, se tendría que sumar desde el principio, lo que puede ser muy laborioso, si se trata de un diagrama con un número considerable de actividades.

Para dejar en claro el uso de las actividades de liga veamos el siguiente ejemplo:

Se trata de hacer una excavación en donde irá alojado un cimiento.

Primer caso.

Quando se termina toda la excavación antes de iniciar la cimbra, y el concreto se coloca después de terminar ésta.

Quando se excava el 50%, para colocar el 50%



FIGURA 9

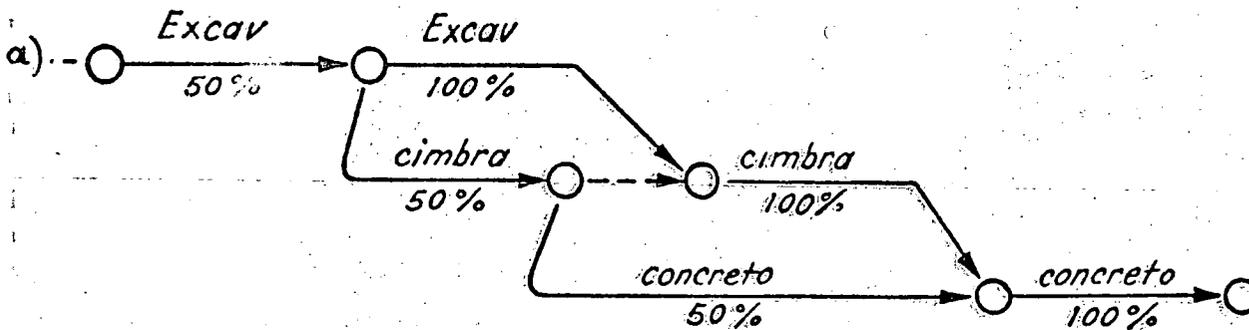


FIGURA 9 bis

sigue inmediatamente. Para representar esta condición se divide en partes proporcionales, sea que se use un porcentaje de la actividad total o que una parte del total sea la unidad longitud, volumen, etc., o una parte de la cantidad de obra por hacer.

Para comodidad de lectura en el diagrama, es

de la cimbra, y posteriormente el 50% de concreto; ya terminados estos primeros 50% respectivos se harán los siguientes 50% para completar el trabajo.

Otra forma de representarlo:

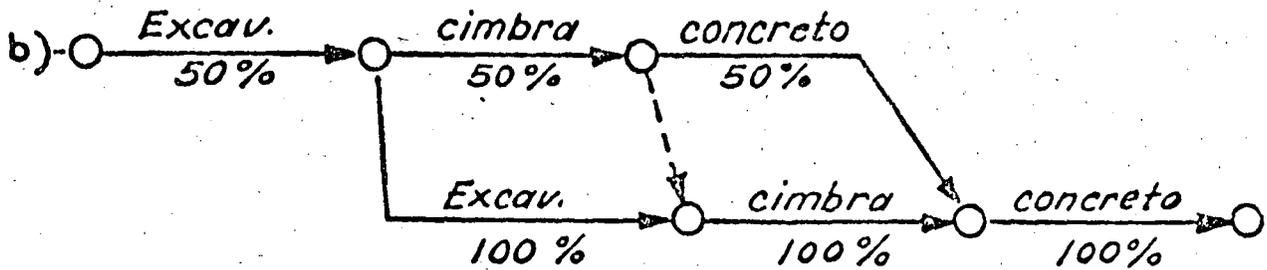


FIGURA 10

Segundo caso.

Cualquiera de estas dos formas es correcta. El caso a) tiene la ventaja de que en el mismo renglón está el concepto excavación, en el siguiente el concepto cimbra y en el último el de concreto. En el caso b) cada renglón muestra toda la secuencia para cada parte parcial del trabajo completo. El usar una u otra forma dependerá de la conve-

Como regla para verificar si el diagrama se está elaborando correctamente, cuando a un nudo llegan 2 ó más actividades y de él salen 2 ó más actividades, se debe checar si todas las que llegan al nudo son requisito anterior para las actividades que se originan en el nudo. Si alguna de las que llegan es requisito solamente para una de las que

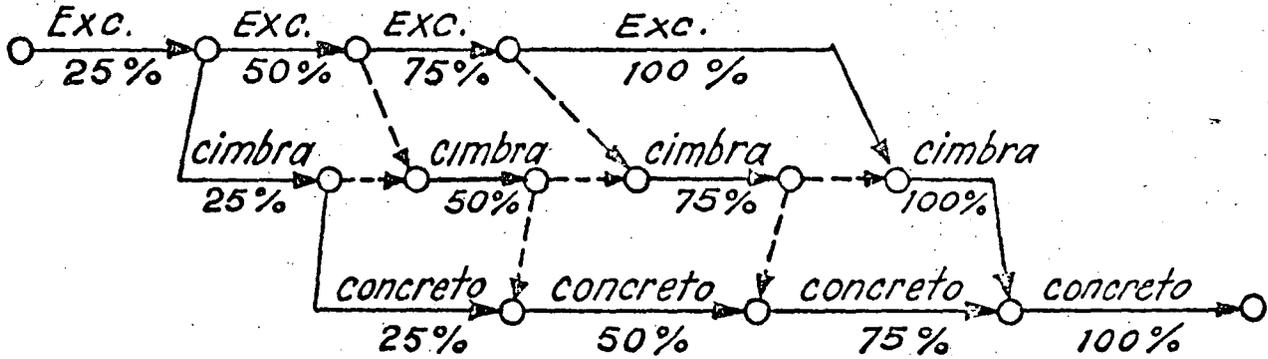


FIGURA 11

nencia de quien elabore el diagrama ya que de cualquier manera se obtiene el mismo resultado.

salen, se deberán separar por medio de actividades de liga, que dejen definida correctamente la secuencia, como se muestra en la Fig. 12.

Tercer caso.

Cada concepto se ejecuta en 25%.

De preferencia, la persona que establece las secuencias debe hacer el diagrama de actividades. En caso de que no suceda así, es necesario que esa persona sea la que revise cuidadosamente el

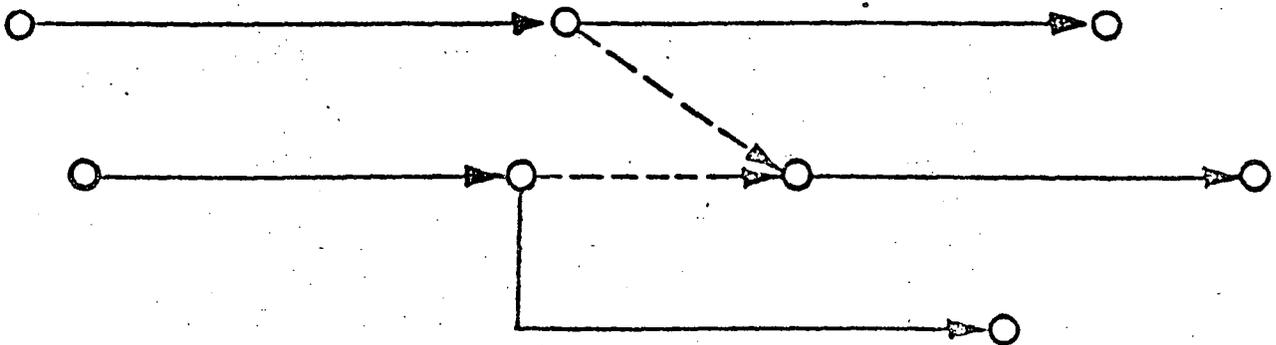


FIGURA 12

diagrama, con objeto de que represente correctamente la planeación propuesta.

En párrafos anteriores se ha hablado de subdividir las actividades en porcentajes, en la práctica esta subdivisión se podrá hacer en fracciones de la cantidad total de obra por ejecutar, sea en volumen, longitud, superficie, etc.

Tabla de secuencias y lista de secuencias

Aun cuando muchas personas prefieren dibujar el diagrama a partir de la lista de actividades, estableciendo la secuencia al dibujar cada actividad,

Lista de actividades con secuencias

En la lista de actividades, elaboradas como se indicó en la parte primera de los apuntes, se dejan dos columnas para indicar en una "Antes", y en la otra "Después", de manera similar a como se hizo en el ejemplo de la Fig. 8. Bastará con colocar en seguida de cada actividad, el número de la que le sea posterior, en la columna "Después".

Ya establecidas las secuencias por medio de cualquiera de los dos sistemas antes descritos, es mucho más fácil dibujar el diagrama, que si se pasa

TABLA DE SECUENCIAS

| Después \ Antes | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | X | | X |
| 2 | | | | | X | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | X | X | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | X | | | | |

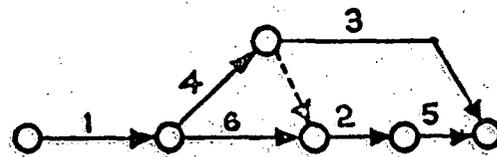


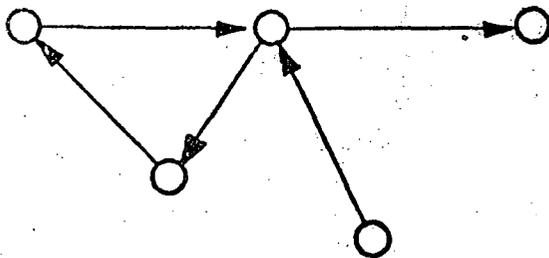
FIGURA 12 bis

es aconsejable hacer uso de cualquiera de estas dos formas para establecer la secuencia.

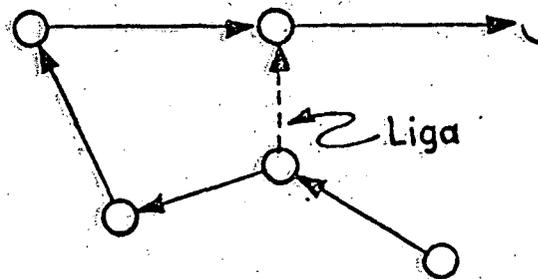
En esta tabla se indican con una cruz en los renglones, las actividades que siguen inmediatamente a la analizada; y en las columnas, las que inmediatamente anteceden. La numeración del primer renglón, es la misma que la de la primera columna, y corresponde a la numeración arbitraria que se le dé a la lista de actividades.

directamente de la lista, estableciendo secuencias al dibujar.

Al dibujar el diagrama se debe evitar que se produzcan circuitos cerrados o loops, ya que al hacer el cálculo de tiempos se establecería un círculo vicioso. La forma de evitar que esto suceda es separando por medio de actividades de liga las que producirían el circuito cerrado.



a) Incorrecto



b) Correcto

FIGURA 13

Ligas y nudos ficticios

Las ligas y nudos ficticios se presentan cuando dos actividades parten de un mismo nudo y llegan juntas a otro.

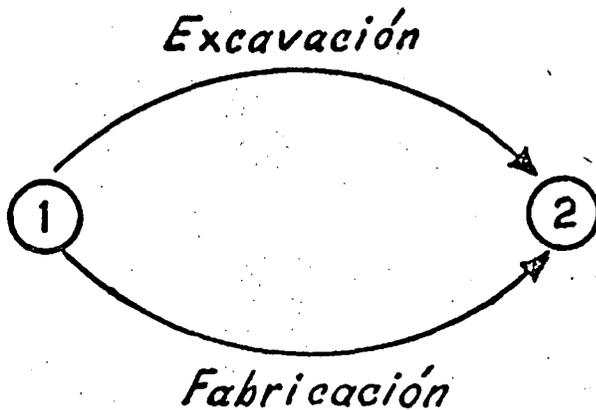


FIGURA 13 bis

Como los nudos quedan numerados para el cálculo, se prestaría a confusión el que dos actividades diferentes queden limitadas por los mismos números.

1-2 Excavación

1-2 Fabricación

Para evitar esta situación se introduce un nudo ficticio que separe a cada actividad. En la figura 14 el nudo 2 es ficticio.

1-2 Excavación

1-3 Fabricación

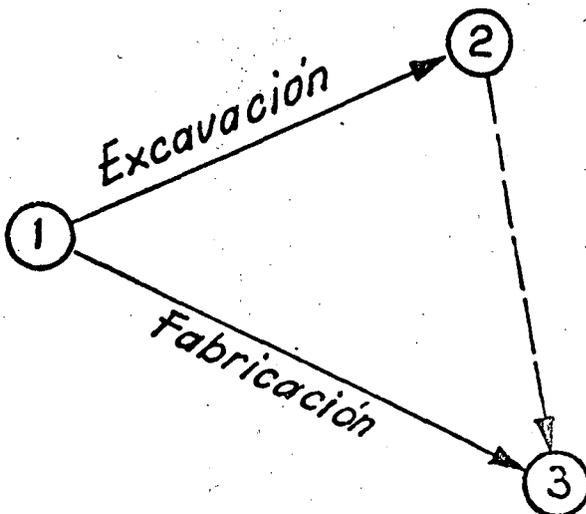


FIGURA 14

Al terminar de dibujar el diagrama, se debe hacer una revisión cuidadosa y si sobran actividades de liga se deben quitar, salvo en el caso de que se presenten nudos ficticios que deben dejarse por construcción.

Un diagrama siempre debe empezar en un nudo y terminar en un nudo, nunca deben quedar nudos sueltos, si esto sucede, significa que a la actividad que principia en el nudo suelto no le antecede ninguna otra y, por lo tanto, se debe unir con el nudo de origen. Si el nudo suelto está al final de una actividad, significa que no hay nada que sea posterior, por lo que se debe unir el nudo final del diagrama.

Hay que hacer notar que en el diagrama estamos mostrando solamente el plan de trabajo sin pensar en absoluto en fechas en las que se deban iniciar o terminar las actividades.

4. Valuación de tiempos.

Quién debe hacerla.

La valuación de los tiempos de duración de las actividades, la deben hacer las personas que tengan experiencia suficiente en el tipo de actividad a que se refiere cada concepto de la lista. Deberá estar de acuerdo con los recursos de que se disponga, así como las otras limitaciones que quedaron establecidas al hablar de las secuencias. De la correcta valuación de tiempos de duración dependerá que se puedan obtener resultados acordes a la realidad.

Esta valuación no debe hacerse tomando en cuenta las fechas probables en que se deseen ejecutar los trabajos con respecto al calendario sino en tiempo absoluto, estimando la cantidad de obra por ejecutar de acuerdo con los rendimientos del equipo o el procedimiento a seguir.

Importancia de una buena valuación.

La determinación del tiempo de duración es muy conveniente que se haga con duraciones normales, en jornadas de 8 horas de trabajo. El objeto de hacerlo de esta manera es el poder disponer de margen para hacer acortamientos en la duración de la actividad aumentando las horas de trabajo. En el capítulo correspondiente a la compresión de tiempos en función del costo directo veremos con más detalle esta conveniencia de usar tiempos normales. En ocasiones, debido a que en ciertos tipos de trabajo las jornadas son de más de 8 horas, los tiempos de duración se deberán valuar de acuerdo con ese criterio.

Por lo tanto, la valuación de tiempos deberá ser hecha por los responsables de los trabajos, que son los que realmente conocen el problema.

5. Obtención de la Ruta Crítica.

Hasta este punto el proceso se ha dedicado a hacer la planeación del proyecto. Con los datos obtenidos de dicha planeación ya se puede hacer fácilmente la programación con fechas de calendario, puesto que ya se tienen los datos necesarios, como son: el plan de trabajo mostrado gráficamente, mediante el diagrama de actividades, y los tiempos de duración de cada actividad por separado.

La forma de representar gráficamente estos dos conceptos es:

Sobre la flecha que representa a cada actividad se pondrá su descripción, y sobre ésta el tiempo de duración que le corresponde, en la unidad de tiempo, escogida previamente.

Es indispensable que los tiempos de duración se indiquen en la misma unidad de tiempo en todo el proceso.

También se puede indicar la cantidad de recursos empleados para poder ejecutar una actividad, ya sea equipo, brigadas de trabajo, costo directo, etcétera, aunque para el proceso sólo basta con conocer el tiempo de duración.

Como para que una actividad pueda realizarse es necesario que se hayan ejecutado todas las que son requisito inmediato anterior, pasaremos a determinar el tiempo de duración de un proceso cualquiera.

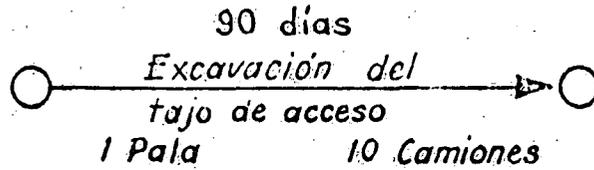


FIGURA 14 bis

Para esto y con objeto de auxiliarnos en el cálculo manual, es necesario numerar los nudos, de manera que las actividades queden definidas por su iniciación y su terminación.

Al nudo de iniciación lo denominaremos i

Al nudo de terminación lo denominaremos j

Al tiempo de duración de la actividad t_{ij}

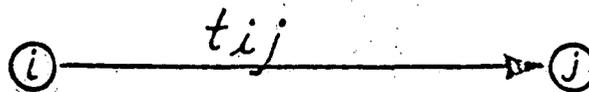


FIGURA 14 C

Hay que hacer notar que la i de una actividad es igual a la j de todas las que inmediatamente le anteceden, y que la j de esa actividad es igual a la i de todas las que se originan al terminar la actividad en estudio.

De acuerdo con lo antes expuesto nos bastará con ir determinando las fechas en que se irán realizando cada uno de los eventos de que consta el proyecto, para determinar el tiempo de duración total del proceso y las fechas de iniciación y terminación de los eventos.

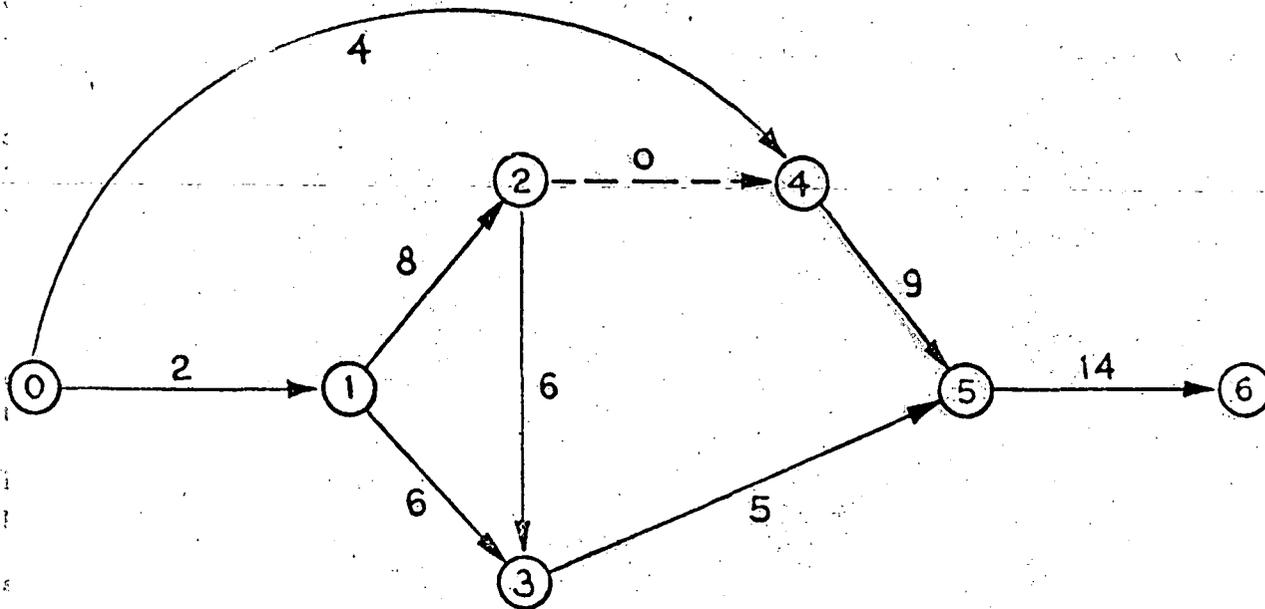


FIGURA 15

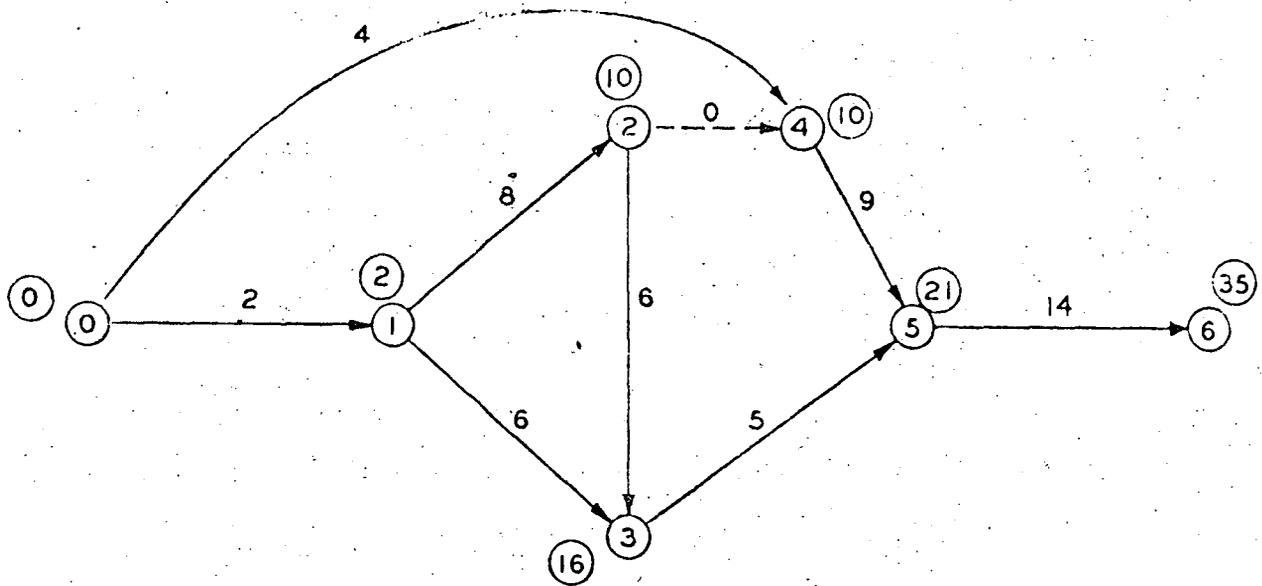


FIGURA 16

Con objeto de que quede suficientemente claro el sistema de trabajo, desarrollaremos un ejemplo cualquiera.

De acuerdo con el diagrama mostrado en la Fig. 15, el primer paso consistirá en averiguar cuál es la fecha primera o más próxima en que se puedan iniciar las actividades.

Para eso suponemos que el proceso que principia en el nudo 0, se inicia en la fecha cero, que por comodidad la encerramos dentro de un círculo colocado sobre el nudo. Si en el nudo 0 se inicia el proceso, la actividad 0-1 se terminará en la fecha 2 que se colocará sobre el nudo 1 encerrada en un círculo (Fig. 16). Como el nudo 1 es origen de las actividades 1-2 y 1-3, éstas terminarán el día 10 y 8 respectivamente, la primera se coloca sobre el nudo 2 encerrada en un círculo, ya que a este nudo llega solamente una actividad. Sobre el nudo 3 no se coloca la fecha 8 puesto que llegan a él dos actividades y hasta este momento no es posible saber si la realización del evento 3 se produce en esta fecha. Esta nos indicaría la iniciación primera de la actividad 3-5, que no puede comenzar hasta que se hayan terminado las actividades 2-3 y 1-3, requisito anterior para ésta.

Para averiguar la fecha primera de iniciación de la 3-5 vemos que la 2-6 termina en la fecha 16, pues se inicia en la 10 y dura 6, así que la fecha primera del evento 3 será la fecha 16 la que nos marcará la actividad 1-3 y no la 8. Esa fecha 16 la colocamos sobre el nudo 3 encerrada en un círculo.

Haciendo estas consideraciones se observa que en el nudo 4 tenemos la misma condición, aun cuando la 2-4 tenga valor de cero, así es que sobre el nudo 4 se colocará la fecha 10 encerrada en un círculo. Lo mismo sucede en el nudo 5, el tiempo más largo llega a este nudo por la actividad 3-5 que es de 21 mientras que por la 4-5 sólo llega el tiempo 19; así que la actividad 5-6 se podrá iniciar hasta la fecha 21 para terminar el 35; y éste será el tiempo total de duración del proceso.

Como regla: Para obtener la fecha primera de realización de un evento se colocará la cantidad mayor que llegue a él por uno de los distintos caminos que concurren a ese nudo.

En la Fig. 16 se muestran encerradas en círculos las fechas primeras de iniciación de todas las actividades que salen de los nudos respectivos.

Suponiendo que el tiempo de duración total del proyecto, 35 unidades de tiempo, es el correcto, pasemos a obtener cuál es la fecha última o más tardía de realización de los eventos, con objeto de no retrasar la duración del proyecto.

Para esto seguiremos la misma secuela empleada en el proceso anterior, sólo que principiaremos a partir de la fecha 35 encerrada en un rectángulo sobre el nudo 6. Fig. 17.

Para que el proceso termine en la fecha 35 la actividad 5-6 deberá empezar cuando más tarde 14 unidades menos, o sea la fecha 21, que se coloca sobre el nudo 5 encerrada en un rectángulo. La fecha última en que se podrá realizar el evento 4 será 21 menos 9 o sea, la fecha 12. Esta es la fe-

na más tardía o última en que deberán terminarse todas las actividades que llegan a este nudo 4 con objeto de no retrasar la terminación del proyecto.

La fecha última del evento 3 será la 16 puesto que la actividad 3-5 tiene 5 unidades de duración. Esta fecha se encierra en un rectángulo sobre el nudo 3. Al analizar el nudo 2 vemos que hay 2 caminos que salen de él, o sea las actividades 2-3 y 2-4, la fecha última en que se deberá realizar el nudo 2 para no retrasar el proyecto debe ser la fecha 10 encerrada en un rectángulo, sobre el nudo 2. No obstante que por el camino 2-4 se indica que la fecha última de iniciación de la liga (con duración cero) es la fecha 12, el evento 2 no podrá realizarse después de la fecha 10, pues retrasaría a la actividad 2-3 y por consiguiente a todo el proceso.

En el nudo 1 se presenta la misma situación debido a que de él salen las actividades 1-2 y 1-3. La fecha última del evento 1 nos la marca la actividad 1-2 que tiene duración 8; por lo tanto, esta fecha que es 2, la colocamos sobre el nudo 1 encerrada en un rectángulo. Finalmente la fecha última del evento 0, será cero, encerrado en un rectángulo.

Como regla: Para obtener la fecha última de realización de un evento se colocará la cantidad menor que llegue a él, por los distintos caminos que salen del nudo, cuando se está restando a partir del nudo final.

En la Fig. 17 se muestran las fechas primera y última de realización de los eventos encerradas en círculo y en cuadro respectivamente. El uso de esta

notación tiene la ventaja de poder localizar fácilmente de qué fecha se trata aunque se podría usar otra, si facilitara más la diferenciación.

Analizando la Fig. 17 vemos que hay eventos en los que las fechas primera y última coinciden o sea que son *Nudos Críticos* ya que sólo en esa fecha pueden realizarse si se desea que el proyecto no se retrase; en cambio hay nudos como el 4, que tiene fechas diferentes o sea que no son críticos.

Las actividades que marcan la fecha de realización de los *Nudos Críticos*, son *Actividades Críticas*, y el camino que se puede seguir a lo largo de las actividades críticas recibe el nombre de *Ruta Crítica* que en la Fig. 17 queda marcado con la línea más gruesa, siguiendo la ruta 0-1-2-3-5-6.

Las actividades 0-4, 1-3 y 4-5 son actividades *No Críticas*, ya que pueden retrasarse dentro de ciertos límites sin afectar la duración total del proyecto. También estas actividades no es necesario que principien en la fecha primera que marca el nudo de iniciación de ellas, pueden tener una fecha posterior de iniciación, con la única condición de que no retrasen la iniciación de las que inmediatamente le siguen, o sea que tienen un cierto margen u holgura, de retraso sin afectar el proyecto.

En la Fig. 17, si la actividad 1-3 empieza en la fecha 2 que marca el nudo 1 terminará en la fecha 8, puesto que su duración es 6, pero puede terminar cuando más tarde en la fecha 16 que marca el nudo 3, por lo tanto, se puede retrasar hasta 8 días sin modificar la iniciación de la 3-5, que inmediatamente le sigue, o también se podrá iniciar como fecha última el 10, en lugar del 2 y termi-

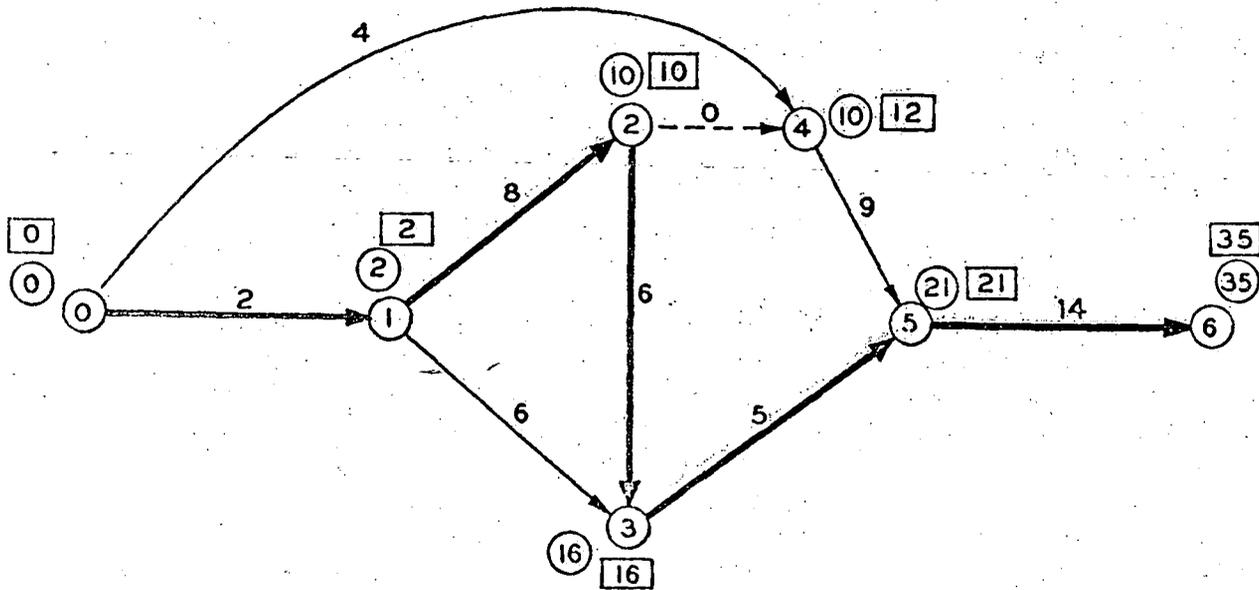


FIGURA 17

ará el 16, por lo que vemos que tiene 8 unidades de margen u holgura.

En las actividades no críticas podemos diferenciar tres grupos de holguras:

- Sean: P = fecha primera del nudo
- U = fecha última del nudo
- t_{ij} = duración de la actividad

Entonces a) *Holgura total (Total float)*; es la cantidad de tiempo que se puede retrasar una actividad sin afectar la terminación del proyecto:

ción una cantidad igual a la que nos marca la holgura independiente, cosa que en muchas ocasiones es impracticable económicamente, pero no por eso deja de ser útil el conocimiento de este tipo de holgura.

De acuerdo con los datos del ejemplo de la Fig. 17, y con las definiciones de los tres diferentes tipos de holgura se puede elaborar la siguiente tabla en la que queden concentrados los datos del programa obtenido por medio del diagrama y los tiempos de duración de cada actividad.

| Actividad | DESCRIPCION | Cantidad | Duración actividad | H. T. | H. L. | H. I. | FECHA PRIM. | | FECHA ULTIM. | | Grado de importancia | A cargo de |
|-----------|-------------|----------|--------------------|-------|-------|-------|-------------|-------|--------------|-------|----------------------|------------|
| | | | | | | | Inic. | Term. | Inic. | Term. | | |
| 0-1 | | | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | Crit. | |
| 1-2 | | | 8 | 0 | 0 | 0 | 2 | 10 | 2 | 10 | Crit. | |
| 2-3 | | | 6 | 0 | 0 | 0 | 10 | 16 | 10 | 16 | Crit. | |
| 1-3 | | | 6 | 8 | 8 | 8 | 2 | 8 | 10 | 16 | 2° | |
| 3-5 | | | 5 | 0 | 0 | 0 | 16 | 21 | 16 | 21 | Crit. | |
| 0-4 | | | 4 | 8 | 6 | 6 | 0 | 4 | 8 | 12 | 2° | |
| 2-4 | | | 0 | 2 | 0 | 0 | 10 | 10 | 12 | 12 | — | |
| 4-5 | | | 9 | 2 | 2 | 0 | 10 | 19 | 12 | 21 | 1° | |
| 5-6 | | | 14 | 0 | 0 | 0 | 21 | 35 | 21 | 35 | Crit. | |

b) *Holgura libre (Free float)*; es la cantidad de tiempo que se puede retrasar una actividad sin afectar la fecha primera de iniciación de las que inmediatamente le siguen:

c) *Holgura independiente (Independent float)*; es la cantidad de tiempo que se puede retrasar una actividad sin afectar la fecha última de las que le preceden y la primera de las que le siguen:

Conviene observar que en la anotación americana se usa:

- E = Earliest, en vez de fecha primera — P y
- L = Latest, para la fecha última — U

Tanto la holgura libre como la independiente siempre deben ser menores o iguales a la holgura total.

En muchas ocasiones la holgura independiente puede ser negativa, esto nos indica que para conservar la fecha primera de iniciación de las que inmediatamente le siguen, si la actividad se inicia en su fecha última, tendremos que acortar la dura-

Por lo que respecta al uso de las holguras es muy peligroso permitir que una actividad utilice toda la holgura total, ya que si así sucede todas las actividades que inmediatamente le siguen automáticamente se vuelven críticas. Esto no sucede en el caso de las holguras libres o independientes que se pueden usar completamente sin afectar la terminación total del proyecto, por definición.

Por lo que respecta a las actividades críticas, cualquier atraso afecta la terminación total, y cualquier adelanto produce una ganancia en la terminación. Cuando se trata de acortar la duración total, bastará con acortar alguna o algunas de las actividades críticas; hasta una cantidad igual a la holgura total más corta de las actividades no críticas.

En el ejemplo la ruta crítica hasta el nudo 5 se podrá acortar 2 unidades, sin afectar la duración de las actividades no críticas, logrando de esta manera una duración total de 33 unidades, pero se vuelve crítica la actividad 4-5 y la holgura total de la 0-4 se disminuye en dos unidades.

Si el acortamiento se hace en la actividad 3-5, la holgura total de la 1-3 no se afectará, pero si se hace antes del nudo 3, la holgura total de la 1-3 se disminuye una cantidad igual a la cantidad acortada hasta ese nudo.

Las holguras son para usarse, pero teniendo cuidado de no sobrepasarlas, ya que la innovación que presenta el método, es precisamente el conocer cuáles actividades son críticas, y cuáles no lo son, y el margen u holgura de que se puede disponer en estas últimas; de esta manera se podrá hacer una programación en fechas, lógica, racional, y sobre todo, económica, ya que se tiene la facilidad de poder hacer una repartición adecuada de los recursos disponibles. También el control del trabajo se podrá hacer más eficientemente, sabiendo que las actividades no críticas tienen un determinado margen de retraso sin afectar tanto la terminación total, como las iniciaciones de las que inmediatamente siguen, dependiendo de la holgura de que se quiera disponer. Así, si en el desarrollo del trabajo se prevé un atraso que afecte a la terminación se pueden tomar las providencias necesarias acortando alguna o algunas de las actividades que siguen, pudiendo escoger con bastante anticipación las más adecuadas.

6. Análisis de los resultados.

Después de haber obtenido el tiempo de duración total del proyecto se deberá analizar si está dentro del plazo prefijado para su ejecución; de no suceder así, se deberá modificar el plan de trabajo.

Esta modificación puede ser de dos formas:

- a) Modificación de secuencias.
- b) Modificación de la duración de las actividades.

La modificación no deberá ser forzosamente en todas las actividades, en muchas ocasiones bastará que se haga solamente en aquellas que están dentro de la ruta crítica, con una pequeña variación de la secuencia o de los tiempos, logrando de esta manera obtener la duración total deseada. Por consiguiente, se deberá volver a hacer el cálculo de la ruta crítica y sus holguras correspondientes, para poder establecer el nuevo programa de operación que deberá ser con el que se trabaje.

La forma más adecuada de hacer la reducción de tiempos, es referirla a su costo directo. Sabemos que al disminuir el tiempo de duración de una ac-

tividad que está realizándose en condiciones normales de trabajo, el costo directo aumenta, pues será necesario usar más equipo, trabajar tiempo extra, etc. Este acortamiento no lo podemos hacer de un modo indefinido, tendrá un límite cuando al tratar de disminuir más el tiempo, el costo directo tienda a ser infinito, y esto es lógico; pues el caso extremo sería tratar de hacer la actividad en un tiempo cero, lo que es totalmente imposible.

El costo directo con respecto al tiempo lo podemos representar por medio de la siguiente gráfica, que tiene los siguientes puntos característicos.

A un tiempo normal, o sea cuando se está trabajando en condiciones normales, le corresponderá un cierto costo normal; pero al ir disminuyendo el tiempo, el costo irá aumentando, hasta llegar a un cierto punto que es el tiempo límite, al cual le corresponde un costo mayor que el normal, llamado costo límite, a partir del cual tiende a hacerse infinito.

Al cociente que resulta de dividir la diferencia de costos entre la diferencia de tiempos lo llamaremos Pendiente de Costos.

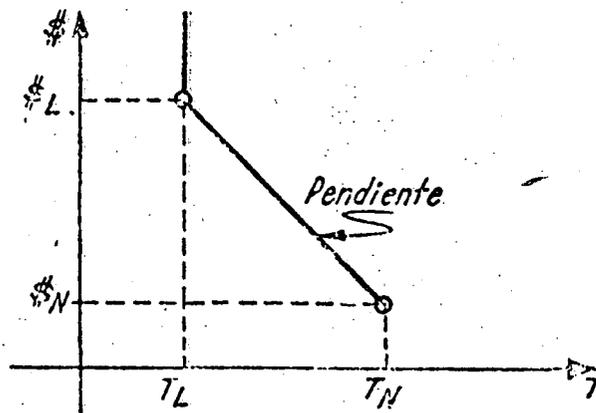


FIGURA 18

De acuerdo con las ideas antes expresadas, si tratamos de acortar la duración de alguna o algunas de las actividades, se deberá hacer en aquellas cuya pendiente de costos sea menor, ya que de esta manera podremos lograr un mayor acortamiento, con un menor incremento de costo. Así, si tenemos una actividad cuya pendiente de costos sea de \$1.000/día y otra de \$200/día, el acortamiento lo debemos hacer en la segunda, ya que por cada día de acortamiento de la primera, podremos acortar cinco días la segunda.

En el siguiente capítulo veremos un procedimiento que nos permita hacer el mayor acortamiento del tiempo, con el menor incremento del costo, basado en la teoría de Fulkerson para obtener el flujo a través de una red.

DIBUJO DEL DIAGRAMA DE BARRAS O DE GANTT

Con la tabla de tiempos obtenida conforme se indicó en el capítulo anterior, se puede fácilmente obtener el diagrama de barras usado comúnmen-

te para hacer la programación de trabajos; pero con la ventaja de que está obtenido de una planeación correctamente establecida, y representada gráficamente con el diagrama de flechas.

En este diagrama de barras quedarán representadas con barra llena las actividades críticas, y con barra asciurada, las no críticas, las holguras se pueden representar con barras en blanco, a continuación de las actividades no críticas.

En seguida se muestra en diagrama de barras, el programa de la Fig. 17 que está de acuerdo con la tabla de la pág. 97.

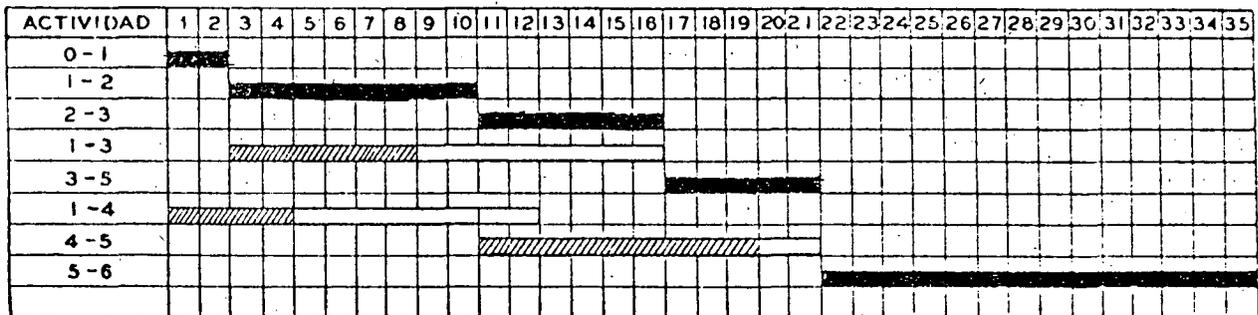


FIGURA 18 bis

Las actividades no críticas quedan dibujadas; en el diagrama de barras en su fecha primera de realización con objeto de mostrar gráficamente las holguras y poder disponer de ellas según se necesite, tomando en cuenta que al disponer de una parte de la holgura total, esta cantidad se disminuirá en las holguras totales de todas las actividades que inmediatamente le siguen, hasta llegar a un punto crítico, a partir del cual la holgura total se vuelve cero.

Repartición de recursos, haciendo uso de las holguras

Para hacer una repartición de recursos, se debe hacer uso de las holguras de las actividades no críticas de tal manera que no se llegue a una solución desbalanceada de los recursos. Se deberá procurar por el contrario que los trabajos se inicien con re-

ursos bajos y posteriormente suban a un máximo, económicamente determinado, para volver a disminuir, al finalizar el proyecto.

El decir recursos, significa elementos de trabajo, ya sean obreros, equipo, inversiones, etc., que deberán estar de acuerdo con los ingresos y egresos a la obra. En muchas ocasiones se llegan a presentar situaciones de falta de fondos en un momento dado. Esto es debido principalmente a que se tienen concentraciones de inversiones muy fuertes, que sobrepasan a la cantidad presupuestada. Si se hace una repartición lógica de recursos de acuerdo con las holguras disponibles, es muy posible llegar a prever anticipadamente la cantidad de recursos requeridos, así como también cuando éstos sobran en la obra, sobre todo por lo que se refiere a equipos o gente.

Veamos un ejemplo con repartición de recursos haciendo uso de las holguras.

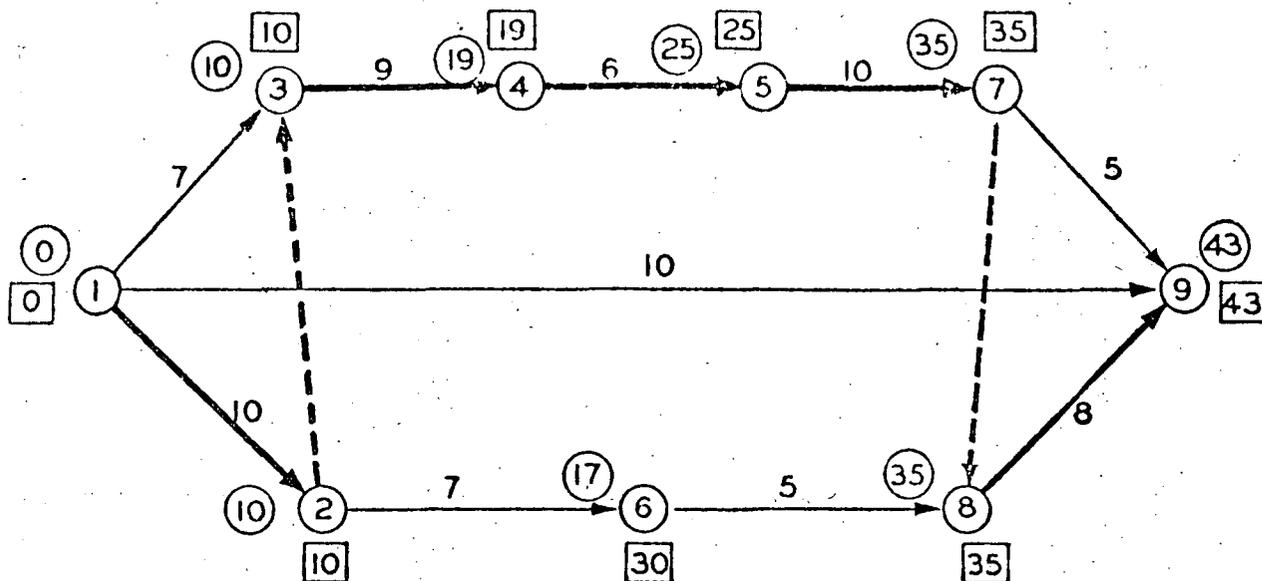


FIGURA 19

La tabla de tiempos quedará:

| Actividad | EQUIPO | Personal | Duración | H. T. | FECHA PRIMERA | | FECHA ULTIMA | | Grado de importancia |
|-----------|--------|----------|----------|-------|---------------|-------|--------------|-------|----------------------|
| | | | | | Inic. | Term. | Inic. | Term. | |
| 1-2 | | 5 | 10 | 0 | 0 | 10 | 0 | 10 | • |
| 1-3 | | 4 | 7 | 3 | 0 | 7 | 3 | 10 | 1° |
| 3-4 | Pala | 2 | 9 | 0 | 10 | 19 | 10 | 19 | • |
| 4-5 | | 7 | | 0 | 19 | 25 | 19 | 25 | • |
| 2-6 | Pala | 2 | 7 | 13 | 10 | 17 | 23 | 30 | 2° |
| 5-7 | | 4 | 10 | 0 | 25 | 35 | 25 | 35 | • |
| 6-8 | | 3 | 5 | 13 | 17 | 22 | 30 | 35 | 2° |
| 7-9 | | 4 | 5 | 3 | 35 | 40 | 38 | 43 | 1° |
| 8-9 | | 5 | 8 | 0 | 35 | 43 | 35 | 43 | • |
| 1-9 | | 7 | 10 | 33 | 0 | 10 | 33 | 43 | 3° |

Para hacer una repartición adecuada, se hará primero la programación de las actividades críticas y posteriormente las no críticas en orden de importancia o sea primero las que tengan una holgura total más pequeña y luego, sucesivamente según vayan creciendo las holguras.

Analizando la tabla de tiempos se ve que las actividades 3-4 y 2-6 requieren una pala cada una, y que principian en la misma fecha; pero la 3-4 es crítica y la 2-6 no es crítica.

Suponiendo que sólo se dispone de una pala, primero se utilizará en la 3-4 y se analizará si la actividad 2-6 se puede retrasar 9 días; como tiene una holgura total de 13 días, sí es factible iniciarla el día 19 para terminarla el 26, quedándole todavía 4 días de holgura total; la holgura total de la que inmediatamente le sigue, la 6-8, se disminuirá también para quedar en 4 días.

La tabla de tiempos correspondientes a estas tres actividades quedará:

| Act. | Equipo | Brigada | Durac. | H. T. | Primera | | Ultima | |
|------|--------|---------|--------|-------|---------|----|--------|----|
| | | | | | I | T | I | T |
| 3-4 | Pala | 2 | 9 | 0 | 10 | 19 | 10 | 19 |
| 2-6 | Pala | 2 | 7 | 4 | 19 | 26 | 23 | 30 |
| 6-8 | | 3 | 5 | 4 | 26 | 29 | 30 | 35 |

De acuerdo con estos datos, como equipo total se necesita sólo una pala, que hará primero el trabajo de la actividad 3-4 y luego se pasará a ejecutar la actividad 2-6 sin modificar la secuela ni los tiempos de duración de cada actividad.

Así como se hizo la repartición del trabajo para el caso particular de la pala en el ejemplo anterior, se puede hacer una distribución de las brigadas de obreros, de las inversiones mensuales, etcétera, con objeto de hacer una distribución más económica y racional.

Este sistema de repartición de recursos es igual al comúnmente usado, con el sistema tradicional de barras, pero con la ventaja de que ahora se puede disponer de la movilidad debida a las holguras en las actividades no críticas, y de que si en ocasiones se tuvieran fuertes concentraciones de recursos, se puede aumentar la duración de actividades no críticas, disminuyendo la cantidad de recursos en alguna de ellas, con el objeto de disminuir la concentración, siempre y cuando no se sobrepasen las holguras totales.

También puede suceder que al hacer repartición de recursos sea necesario que alguna actividad disponga de su holgura total convirtiéndose en crítica. En realidad esta situación no presenta ningún impedimento, solamente aumentará el número de actividades críticas que se deberán vigilar con el debido cuidado de atención, por lo que respecta al tiempo, para no producir un atraso en la terminación total del proyecto. Asimismo todas las actividades que siguen a aquella que se volvió crítica serán también críticas pues la holgura total se anula; por lo que es muy conveniente, de ser posible, que se procure que esa actividad, de la que se dispuso de toda su holgura total, sea una de las que lleguen a un nudo crítico, de esta manera sólo ella se volverá crítica ya que no afecta a ninguna otra.

En el ejemplo anterior las actividades 6-8, ó 7-9 serán las más convenientes de pasarse a críticas, si la repartición de recursos así lo requiere, pues al

disponer de su holgura total no afectan a ninguna otra.

Forma de introducir los días no laborables y fechas límite al elaborar el programa con fechas calendario.

Una forma conveniente de introducir los días no laborables al programa con fechas de calendario, cuando la valuación de tiempos se ha hecho en tiempo efectivo de trabajo, es contar los días sucesivos sin los días no laborables; así si el trabajo se inicia en lunes, el sexto día efectivo será el sábado, y el séptimo día será el siguiente lunes, y así sucesivamente.

Cuando el programa abarca varios meses y aún más de un año, se puede considerar que en un mes de calendario, se trabaja un promedio de 25 días efectivos; eso dependerá de las condiciones propias de cada caso particular, pero para un primer programa general de trabajos, la aproximación que se puede obtener, es suficiente.

Cuando se tiene un límite de tiempo forzado para terminar una parte del proyecto, o cuando por condiciones especiales existe un cierto lapso de tiempo durante el año, en que no es posible trabajar en una parte del proyecto, como puede ser el caso de temporada de crecientes que impiden trabajar en el lecho de un río, se pueden tomar algunas de las siguientes decisiones si al elaborar el programa calendario ciertas actividades caen dentro de ese lapso:

a) Acortar esa parte del proyecto de tal manera que los trabajos se ejecuten antes del límite de tiempo como puede ser el caso de la terminación de un vertedor, en el que es factible que las crecientes pasen por él y no convenga que esto suceda cuando esté parcialmente terminado. Se deberán acelerar algunos trabajos de manera que se esté en posibilidad de cumplir esa restricción, o sea que se analizará una ruta crítica parcial limitada.

b) Posponer la fecha de iniciación de una parte de las actividades que no puedan suspenderse, para ejecutarlas tan pronto se termine el período de tiempo en que no sea posible trabajar.

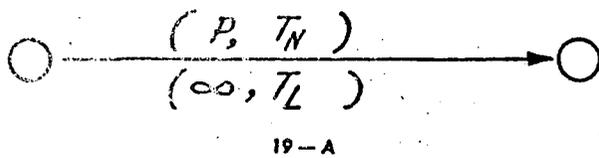
7. Compresión de Tiempos en función del Costo.

Como se vio en el capítulo anterior cuando se trata de comprimir la duración total del proyecto, se deberán reducir las duraciones de las actividades críticas; y de éstas, las que tengan una pendiente de costo menor, pues de esta manera se logra

acortar la duración total, con un incremento de costo lo más bajo posible.

Existe un procedimiento que nos permite obtener el máximo acortamiento con el mínimo incremento en el costo, que está basado en la teoría para encontrar el flujo a través de una red, de D. R. Fulkerson. La teoría matemática es bastante complicada, pero en estos apuntes se indicará cuál es el procedimiento empleado para el cálculo manual.

Para esto, recordando que de la curva de costos mostrada en el capítulo anterior se puede obtener la pendiente de costos, en el diagrama de flechas se exprese de la siguiente manera:



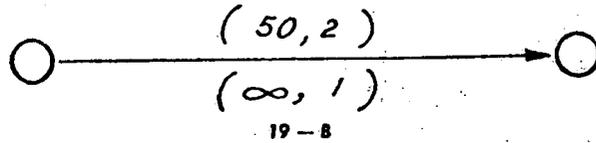
En la parte superior se indica que a partir del tiempo normal T_N se inicia la curva con una determinada pendiente p , y en la parte inferior de la flecha se indica que a partir del tiempo límite T_L la pendiente se convierte en infinita.

Así, si para una actividad tenemos:

Tiempo Normal 2
Tiempo Límite 1
Costo Normal 200
Costo Límite 250

$$\text{Pendiente} = \frac{250 - 200}{2 - 1} = 50$$

Quedará representado como sigue:

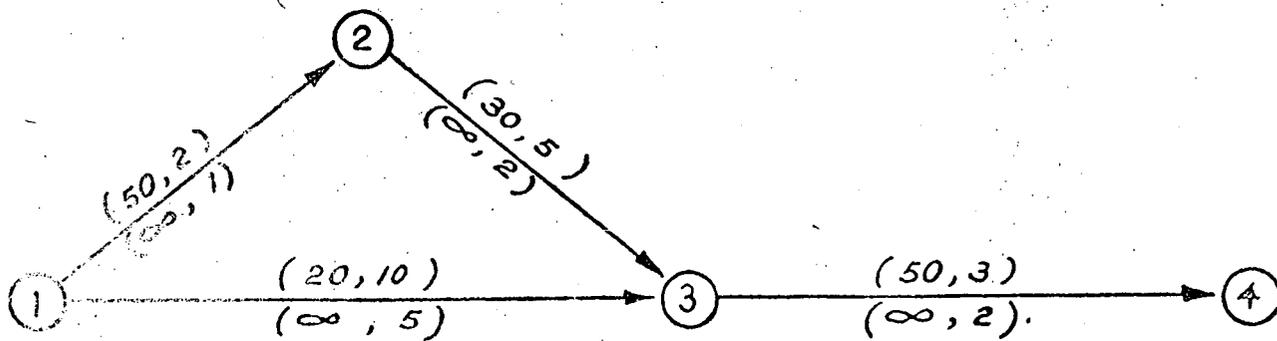


Para poder comprender el procedimiento se considera que la actividad está formada por dos tubos, el superior con una capacidad igual a su pendiente de costos y el inferior con una capacidad infinita, y que el flujo se efectúa primero por la rama superior hasta llegar a su capacidad, y posteriormente el flujo pasará por la rama inferior, con capacidad infinita. En el primer caso, el tiempo empleado será el correspondiente al tiempo normal, y en el segundo caso el tiempo empleado estará comprendido entre el tiempo normal y el tiempo límite.

Vamos a considerar el siguiente ejemplo:

| | ACTIVIDAD | S_N | S_L | T_N | T_L | Pendiente |
|-----|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| 1-2 | Excavar zanja..... | 200 | 250 | 2 | 1 | 50 |
| 2-3 | Preparar el fondo..... | 500 | 590 | 5 | 2 | 30 |
| 1-3 | Fabricación y transporte tubo.... | 1 000 | 1 100 | 10 | 5 | 20 |
| 3-4 | Cobrar el tubo..... | 300 | 350 | 3 | 2 | 50 |

En el diagrama siguiente quedan representadas sobre cada flecha las pendientes de costo correspondientes como se indica en la Fig. 20 A.

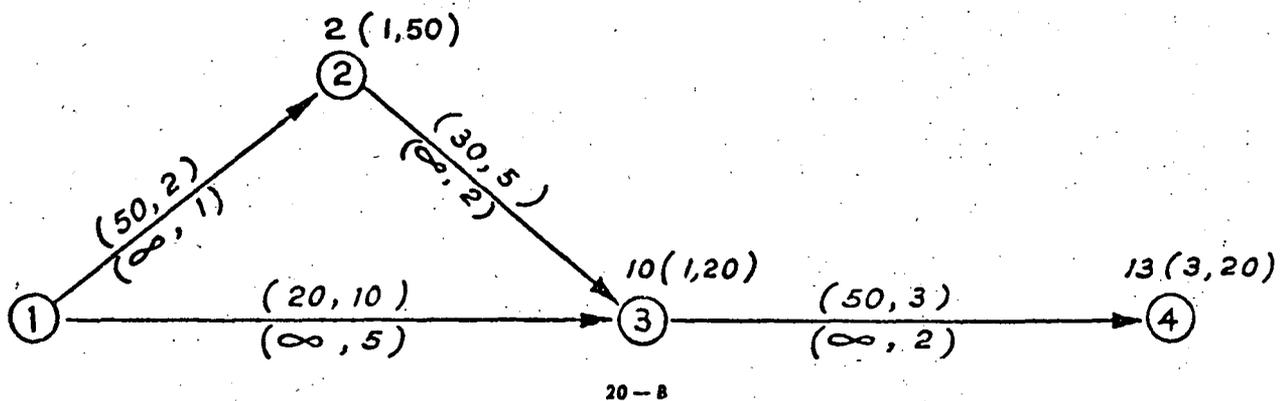


El problema consiste en obtener el flujo que pasa a través de la ruta más larga. Inicialmente el flujo se hará en el sentido de las flechas.

Para esto se coloca una etiqueta sobre cada nudo $T(i,p)$, siendo: T el tiempo primero de iniciación, de igual manera que cuando se obtiene ruta crítica, i el nudo de donde viene el flujo, p la pendiente o flujo que llega al nudo, del nudo anterior, que servirá para referencias futuras.

El nudo 1 es el de origen y se supone que sale de él un flujo infinito, el tiempo de iniciación será cero.

El nudo 2 quedará etiquetado como se indica en la Fig. 20 B, ya que primero se debe utilizar el



Las etiquetas en los nudos nos indican de cuál nudo viene el flujo y cuál es el tiempo máximo de duración, o sea nos indica la ruta crítica que será la 1-3-4.

Las duraciones de las actividades que hacen que el proyecto tenga una duración total de 13 días, se colocan como se indica en la tabla al final del ejemplo. El flujo total que pasa a través de la red es de 20 se coloca sobre las actividades que

tiempo mayor. La etiqueta quedará $2(1,50)$ que se lee: a un tiempo de 2 viniendo del nudo 1 pasará un gasto de 50 que es la capacidad de la rama superior.

Al pasar al nudo 3 se ve que hay 2 caminos para llegar a él, pero el tiempo más largo llegará por la actividad 1-3 que es de 10 días, por lo que la etiqueta será $10(1,20)$ siendo 20 la capacidad de la rama superior de la actividad 1-3.

Finalmente la etiqueta del nudo 4 será $13(3,20)$ ya que aun cuando la capacidad de la actividad 3-4 es de 50, sólo pueden pasar 20, que es la que sale del nudo 3.

marcan la duración total, así la etiqueta del nudo 4 indica que el flujo viene del nudo 3 con capacidad de 20 que se coloca encerrada en un círculo, en la rama superior junto a la etiqueta de la actividad pues todavía no se satura su capacidad. La etiqueta del nudo 3 indica que el flujo de 20 viene del nudo 1, que se coloca junto a la etiqueta de la actividad 1-3 en círculo. Se borran las etiquetas de los nudos quedando el diagrama como se indica en la Fig. 21.

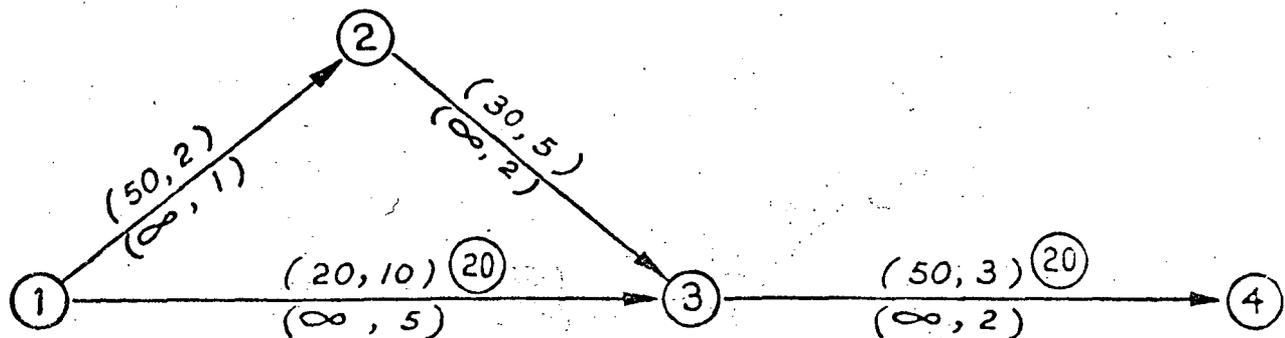


FIGURA 21

La capacidad del diagrama queda como sigue:

La actividad 1-3 podrá pasar un flujo de capacidad infinita en un tiempo de 5, pues ya se saturó su capacidad normal: la actividad 3-4 tendrá una capacidad de 50 menos 20, o sea 30 unidades de flujo en un tiempo de 3, más un flujo infinito en un tiempo de 2.

De acuerdo con estas nuevas capacidades, se vuelven a etiquetar los nudos como en el paso anterior. El nudo 2 queda etiquetado 2(1,50) como antes. El nudo 3 queda etiquetado 7(2,30), ya que la duración de la 1-3 es ahora de 5 por haberse saturado su capacidad normal. El nudo 4 por lo tanto queda etiquetado como 10(3,30). Las nuevas etiquetas quedan mostradas en la Fig. 22.

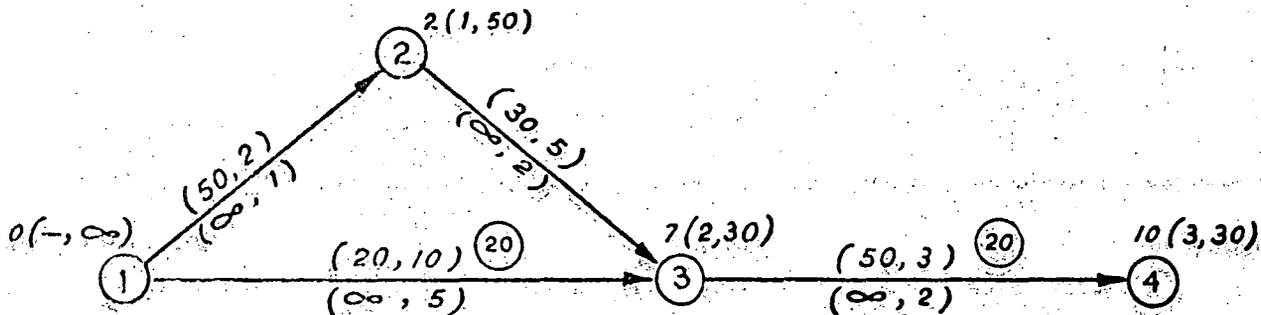


FIGURA 22

La Fig. 22 indica que la nueva duración total es de 10 días, y esto se logra haciendo que la actividad 1-3 tenga una duración de 7 días, quedando las demás con el mismo tiempo de duración normal, como aparece en la tabla; el flujo total que pasa por la red será de 50 ya que en el paso

anterior era de 20 y en este paso, de 30. Las etiquetas de los nudos indican de cuál viene el flujo, que se coloca en la rama correspondiente sumándole el flujo anterior en caso de que exista. El diagrama queda como se muestra en la Fig. 23, en la que se borran las etiquetas.

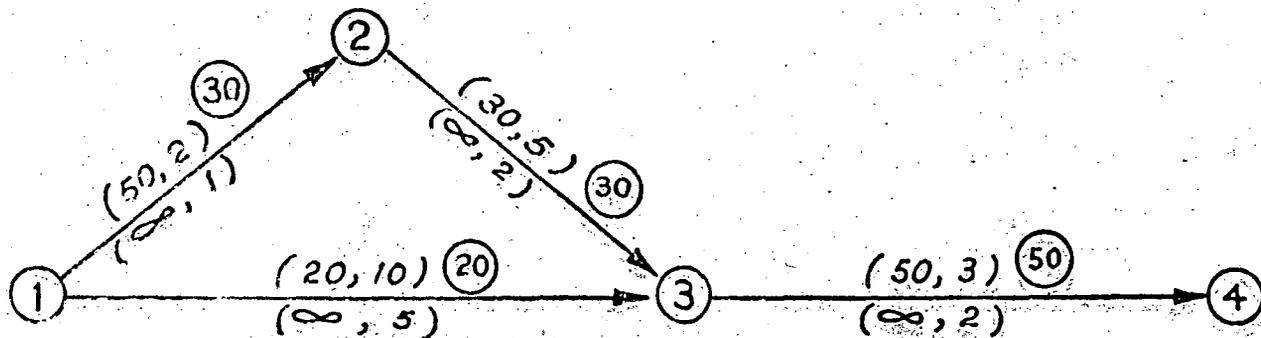


FIGURA 23

Etiquetando nuevamente los nudos, de acuerdo con la Fig. 23, el resultado queda representado en la Fig. 24.

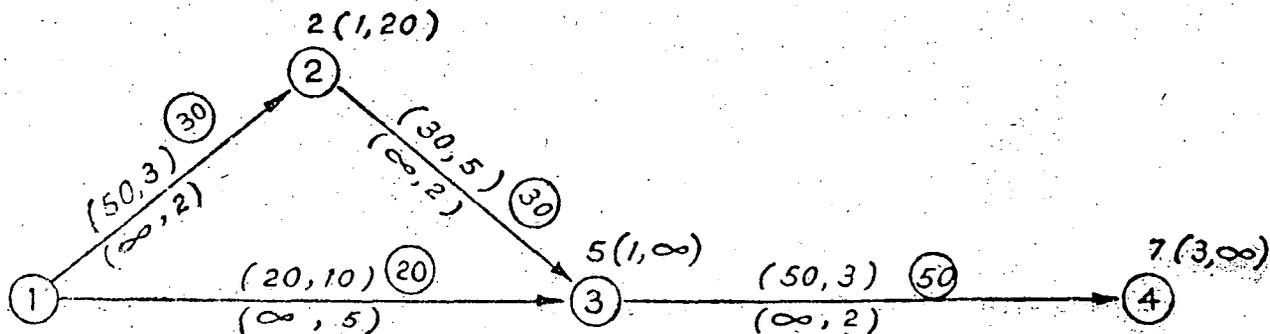


FIGURA 24

De la Fig. 24 se concluye que la duración total ahora es de 7 días, que se logrará de la manera más económica, haciendo la actividad 1-2 en 2 días, la actividad 1-3 en 5 días, la actividad 2-3 en 3 días y la actividad 3-4 en 2 días. Los resultados se muestran en la tabla. El proceso se termina cuando pasa un flujo infinito por toda la red, hasta el nudo final.

| Act. \ Tiempo Durac. Proc. | 13 | 10 | 7 |
|----------------------------|----|----|-----------------|
| 1-2 | 2 | 2 | 2 |
| 2-3 | 5 | 5 | 3 |
| 1-3 | 10 | 7 | 5 |
| 3-4 | 3 | 3 | 2 |
| FLUJO TOTAL | 20 | 50 | ∞/∞ |

El costo total para 13 días será la suma de costos normales de todas las actividades que es de \$2,000. El costo por día de acortamiento de 13 a 10 días será igual al Flujo Total, para 13, que es de \$20/día por lo que el costo total aumentará a \$2,060. De 10 a 7 días se tiene un flujo de \$50/día, luego el costo total para 7 días será de \$2,210. Esto se puede comprobar sumándole al costo total para la duración normal, el costo de las actividades acortadas. Así, para 10 días de duración la actividad 1-3 se acortó de 10 a 7, o sea 3 días, la pendiente de costos de esta actividad es de \$20/día, o sea que habrá un incremento de \$60. Para 7 días de duración total, la actividad 2-3 se acortó 2 días, la 1-3, 5 días, y la 3-4, 1 día, lo que multiplicado por sus respectivos costos nos dará un incremento de \$250 en total.

La curva de costo directo queda representada en Fig. 25.

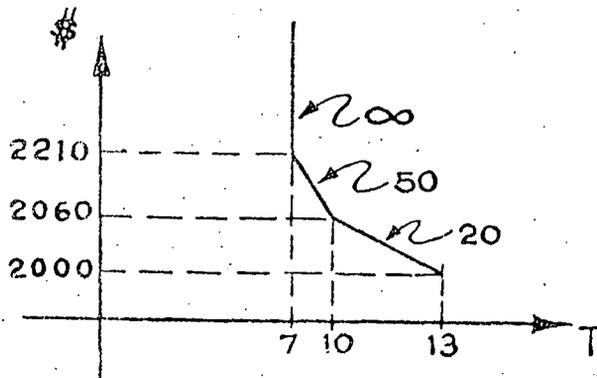


FIGURA 25

Si a esta curva de Costo Directo se le suma la de Costo Indirecto obtendremos la de Costo Total, que indica la duración para la cual el costo total es mínimo.

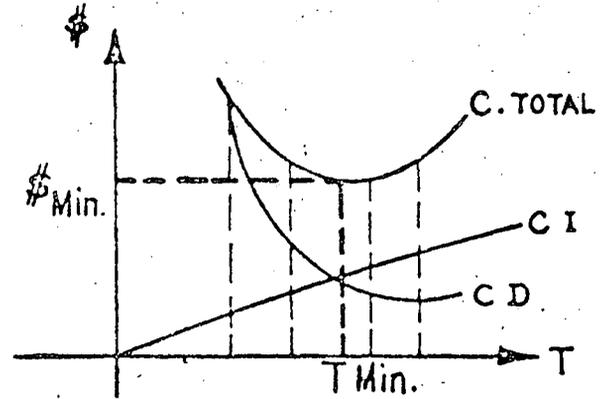


FIGURA 26

Las reglas a seguir en el cálculo manual del flujo a través de una red, para obtener el mínimo incremento de costo, se pueden resumir después de elaborar el diagrama, representando en cada flecha la pendiente de costo como se indica en párrafos anteriores, a saber:

1. Supóngase que el diagrama de flechas está constituido por tubos, con una determinada capacidad de gasto que se puede transportar en un determinado tiempo, indicado por las etiquetas en las flechas. Así (a, b) significa que una capacidad a se puede transportar en un cierto tiempo b.

2. Considérese cada nudo en turno, determinando el tiempo más largo para llegar a él, que transportara la capacidad que es acarreada en ese tiempo. Muéstrase esta información en el diagrama etiquetando el nudo, con el siguiente tipo de etiqueta:

$T(i, p)$: en donde T es el tiempo empleado para llegar al nudo; i es el nudo de donde proviene ese tiempo, y p es la capacidad acarreada en ese tiempo. Continúe de esta manera hasta llegar al nudo final etiquetándolo. En esta última etiqueta queda mostrado el tiempo de duración total que pasó a través de la red.

3. Colóquense en una tabla los tiempos de duración de cada actividad para que el proyecto tenga la duración total indicada en el último nudo.

4. Calcúlese el incremento de costo correspondiente al tiempo de terminación de las dos siguientes maneras:

a) El incremento de costo será igual al flujo total correspondiente a la duración del paso anterior,

multiplicado por la diferencia de tiempos de la duración anterior menos el de la duración del paso analizado.

b) Como comprobación del punto a), el incremento de costo correspondiente a la duración analizada, será igual a la suma de incremento de costo de cada actividad, que se obtiene multiplicando la diferencia de duraciones entre la duración normal y la duración necesaria de esa actividad para que el proceso tenga una duración igual a la total, por la pendiente de costo de cada actividad.

Si los pasos a) y b) no checan, se cometió un error al etiquetar los nudos, o al obtener la duración de cada actividad, por lo que se debe revisar el proceso.

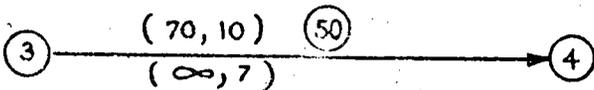
5. Redúzcase la capacidad de la red, en la misma cantidad que llega al nudo final. Esto se puede hacer fácilmente regresando desde el nudo final. El nudo final indica la capacidad total acarreada, y cada nudo indica de qué nudo anterior viene esa capacidad.

6. Bórrense las etiquetas de los nudos.

7. Repítase el proceso hasta que llegue al nudo final una capacidad infinita, con lo cual termina el proceso.

Se pueden presentar 3 casos al ejecutar el proceso.

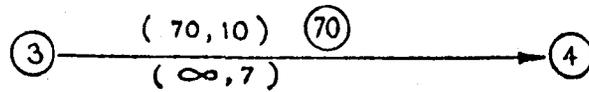
a) Cuando la capacidad normal no ha sido agotada.



26-A

Todavía resta una capacidad normal de 20 en un tiempo de 10.

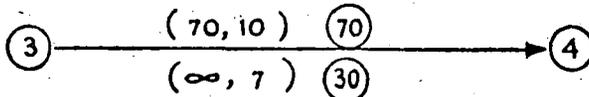
b) Cuando la capacidad total ha sido agotada.



26-B

El tiempo de duración puede estar comprendido entre 10 y 7.

c) La capacidad normal ha sido agotada y el flujo pasa por la rama inferior.



26-C

En este caso la duración de la actividad será de 7 días.

Cuando se presenta una situación similar al caso b), se puede hacer uso de un flujo invertido. La forma de hacerlo es que al etiquetar el nudo correspondiente a esa actividad, se pone una interrogación, y al llegar al nudo final, si el flujo que llega al final no pasa por esa actividad, se obtiene la duración que deba tener esa actividad para que toda la ruta tenga un tiempo igual a la duración total, o sea, que se obliga a que esa ruta sea también crítica.

Para comprenderlo mejor, considérese el siguiente ejemplo:

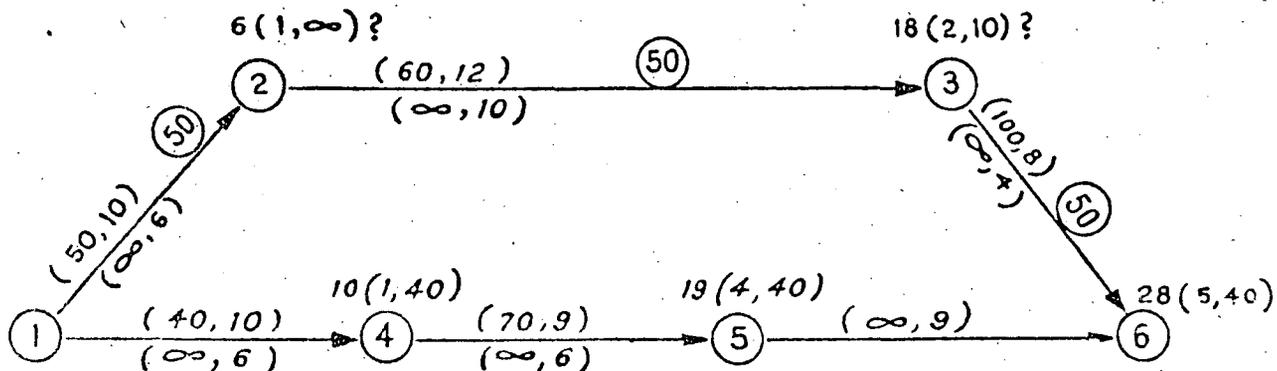
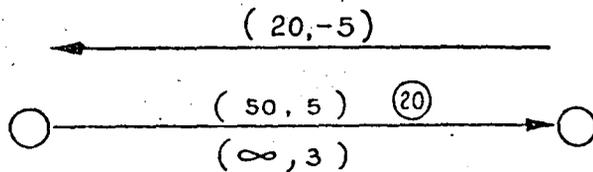


FIGURA 27

La única actividad del grupo b) en la Fig. 27 es la 1-2, la etiqueta del nudo 2 se pone con interrogación, así como la del nudo 3, puesto que 3 proviene de 2.

Checando con flujo contrario vemos que el nudo 3 puede etiquetarse 20(8,50) y que el nudo 2 queda 8(3,50). Si se sigue este procedimiento es muy fácil encontrar el resultado cuando ocurre un flujo contrario. Así vemos que la actividad 1-2 se puede hacer en 8 días, habiendo logrado un acortamiento sólo de 2 y no de 4, si la duración fuera de 6 como originalmente se había etiquetado.

Para poder ejecutar el flujo contrario hay que tener en cuenta que si una actividad ha tenido un flujo previo de a en un tiempo b podrá tener un flujo contrario de a en un tiempo b .



Con este procedimiento se puede presentar el flujo en ambos sentidos, con objeto de poder determinar el tiempo más largo que llega al nudo, independientemente del sentido de las flechas del diagrama. Bastará con hacer la consideración del párrafo anterior.

Así en la Fig. 27 el camino que nos determina el tiempo mayor del nudo 2 será el 1-4-5-6-3-2 y no el 1-2.

Para dejar en claro este concepto analizamos el siguiente ejemplo.

Nota: la etiqueta del nudo 2 en la Fig. 28.5 está incorrecta, debe decir 1(1,00), y no 4(1,00).

Nótese que en la Fig. 28.5 en el nudo 4 se tiene doble etiqueta, puesto que a él se llega en el mismo tiempo, por dos caminos, que son el 2-4, y el 13-4, por lo que el flujo total será la suma de los dos flujos, o sea, 20, así que al efectuar el regreso del flujo, se debe hacer por ambos caminos.

8. Revisión y Control del Programa.

Para muchas personas, la aplicación del método, consiste solamente en determinar la Ruta Crítica y definir las actividades no críticas, pero en realidad, se puede considerar que éste es solamente el primer paso del proceso, puesto que para obtener re-

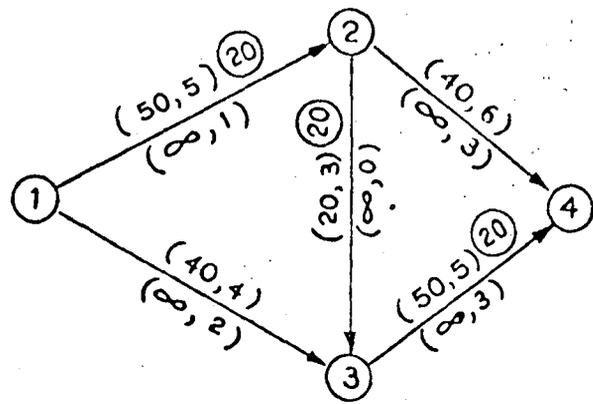


FIGURA 28

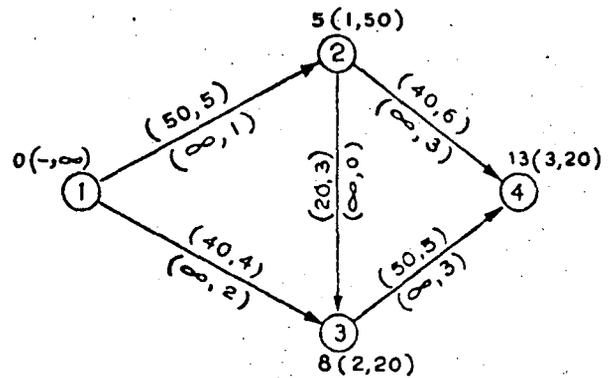


FIGURA 28.1-1er. Paso.

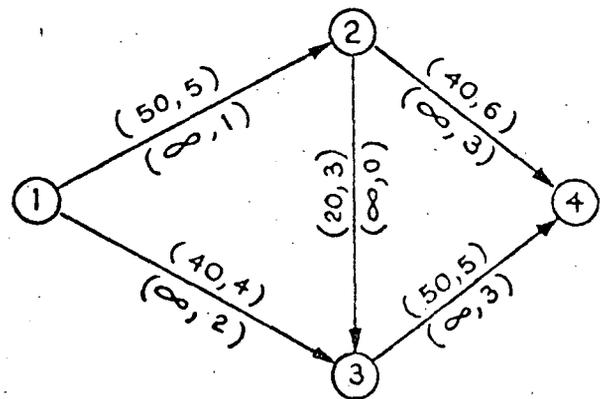


FIGURA 28.2-2º Paso.

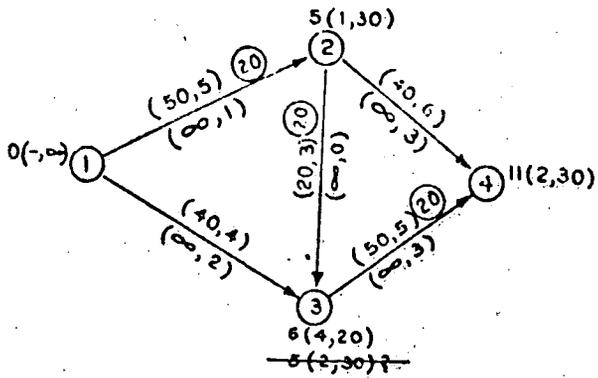


FIGURA 28.3-3er. Paso.

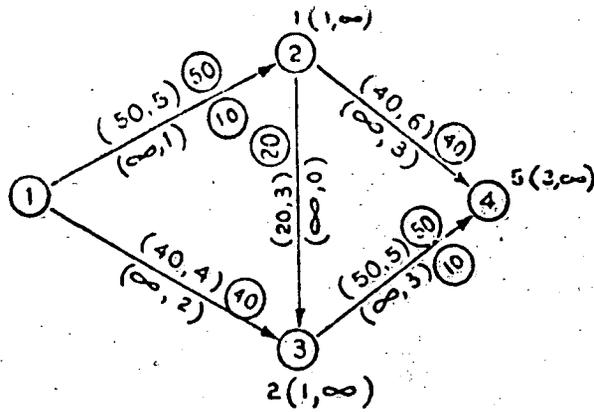


FIGURA 28.6-6º Paso final.

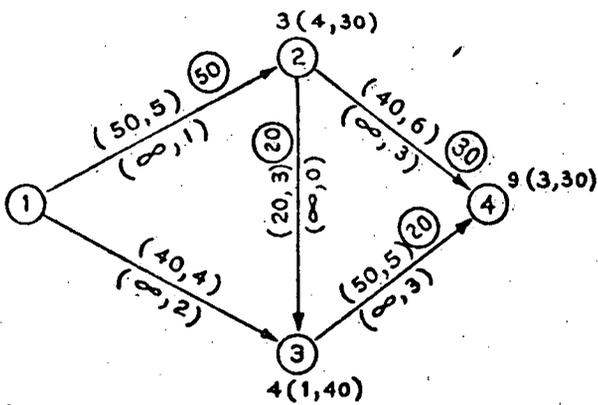


FIGURA 28.4-4º Paso.

| Tiempo Durac. Proc. | 13 | 11 | 9 | 7 | 5 |
|---------------------|----|----|----|-----|---|
| Act. | | | | | |
| 1-2 | 5 | 5 | 3 | 1 | 1 |
| 2-3 | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 1-3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 2-4 | 6 | 6 | 6 | 6 | 4 |
| 3-4 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 |
| FLUJO TOTAL | 20 | 50 | 80 | 100 | ∞ |

sultados que sean realmente útiles, es necesario considerar que el sistema es y debe ser un método dinámico, o sea que siempre debe estar vivo, por medio de un control adecuado de su ejecución, ya que de esta manera se podrán checar las estimaciones que originalmente se hicieron, tanto al determinar las secuencias, como al valuar los tiempos y costos correspondientes, para ir poniendo al día el programa, por medio de reportes elaborados adecuadamente.

Existen varios procedimientos para elaborar estos reportes, que dependerán básicamente del tipo de trabajo que se esté ejecutando. Aquí en seguida se expondrá uno de ellos que puede ser de utilidad.

Si se representa por medio de una gráfica la forma en que se desarrolla una actividad, se podrá observar que sigue una forma similar a la mostrada en la Fig. 29.

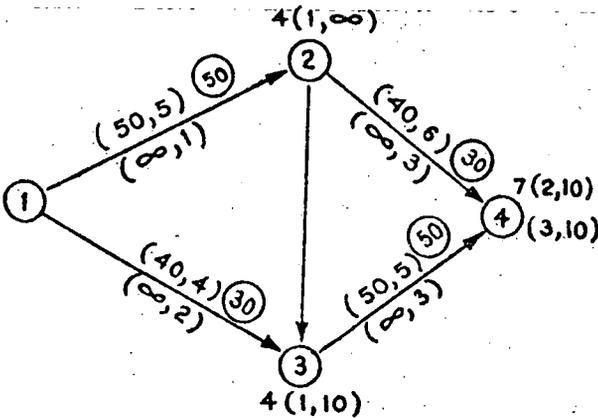


FIGURA 28.5-5º Paso.

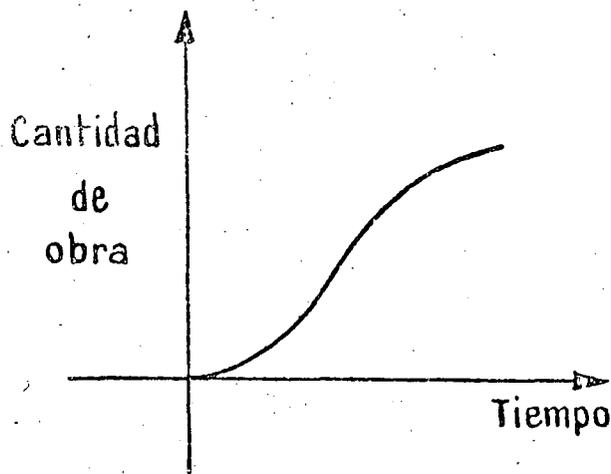


FIGURA 29

Al inicio, la pendiente es normalmente suave debido a los preparativos, entrenamiento de equipo, de personal, etc.

Al ir aumentando el tiempo la pendiente va creciendo hasta llegar a un determinado momento en que empieza a decrecer. Esto puede ser debido a muchos factores, como el retiro parcial de equipo o de gente.

Esta curva podrá ser variable, dependiendo del tipo de actividad de que se trate, en particular. En muchas ocasiones es difícil poder determinar con precisión la forma de esta curva, pues puede depender de una cantidad considerable de factores.

Cuando no sea posible determinar con cierta facilidad la forma de la curva de avance de trabajo, para efecto de control, se puede representar en una gráfica el avance medio propuesto, como se indica en la Fig. 30.

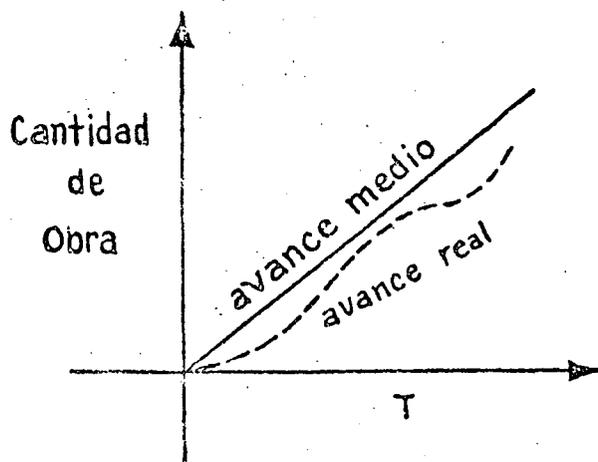


FIGURA 30

Para efectos de control, se llevará una gráfica de avances reales, superpuesta a esta gráfica de avances medios, que indicará la forma en que se está ejecutando el trabajo, ya en condiciones reales, y se puede por lo tanto, determinar en un momento dado si el avance está más o menos dentro de la previsión, teniendo en cuenta que se deberá obtener una curva similar a la indicada en la Fig. 29. De no suceder así, por ejemplo, si al 40% del tiempo la curva de avance real no tiende a subir sino que sigue con una pendiente suave, el trabajo está sufriendo un atraso, y es necesario investigar las causas por las que se está produciendo, para prever las medidas necesarias para remediarlo, con la ventaja de poder hacer una extrapolación, que aun cuando sea muy gruesa, puede dar una idea del tiempo de terminación, al seguir ejecutándose el trabajo, bajo esta condición de atraso.

Como con el método de la Ruta Crítica, se puede analizar la importancia que tiene cada actividad, con respecto al tiempo de duración total del proyecto, conociendo las holguras de cada trabajo se puede tomar una decisión adecuada, en cada caso en particular, cuando se producen atrasos, que pueden ser o no de trascendencia, de acuerdo con el grado de importancia de las actividades. Así, si una actividad sufre algún retraso, y se puede determinar de una manera gruesa, por extrapolación, el tiempo de terminación, si está dentro de su holgura bastará con verificar en cuánto se va a reducir ésta y cómo afecta esa reducción en las actividades que dependen de ella, aunque no sean inmediatas posteriores. Sabiendo cuánto afecta este retraso, se pueden tomar las medidas necesarias para remediarlo, y en caso de que no sea posible hacerlo en la actividad retrasada, si se puede prever lo que es necesario hacer en las actividades que siguen, con objeto de no volverlas críticas o semicríticas.

Si el atraso se produce en actividades críticas, es más fácil poder tomar una decisión adecuada, disponiendo de recursos en actividades no críticas, de preferencia las de mayor holgura, para subsanar el atraso, si no en esa actividad, en cualquiera otra posterior, a la que la reducirá el tiempo de ejecución con un incremento de recursos. Aún más, si se conocen las curvas de costos directos, de las actividades que siguen, se procurará acortar aquellas cuya pendiente de costos sea menor, aunque se aumente la duración de la actividad no crítica, de la cual se dispuso de una parte de sus recursos, sin sobrepasar la holgura total. Lo que se debe hacer, es de manera similar al caso mencionado en el párrafo anterior, o sea, se deben modificar las

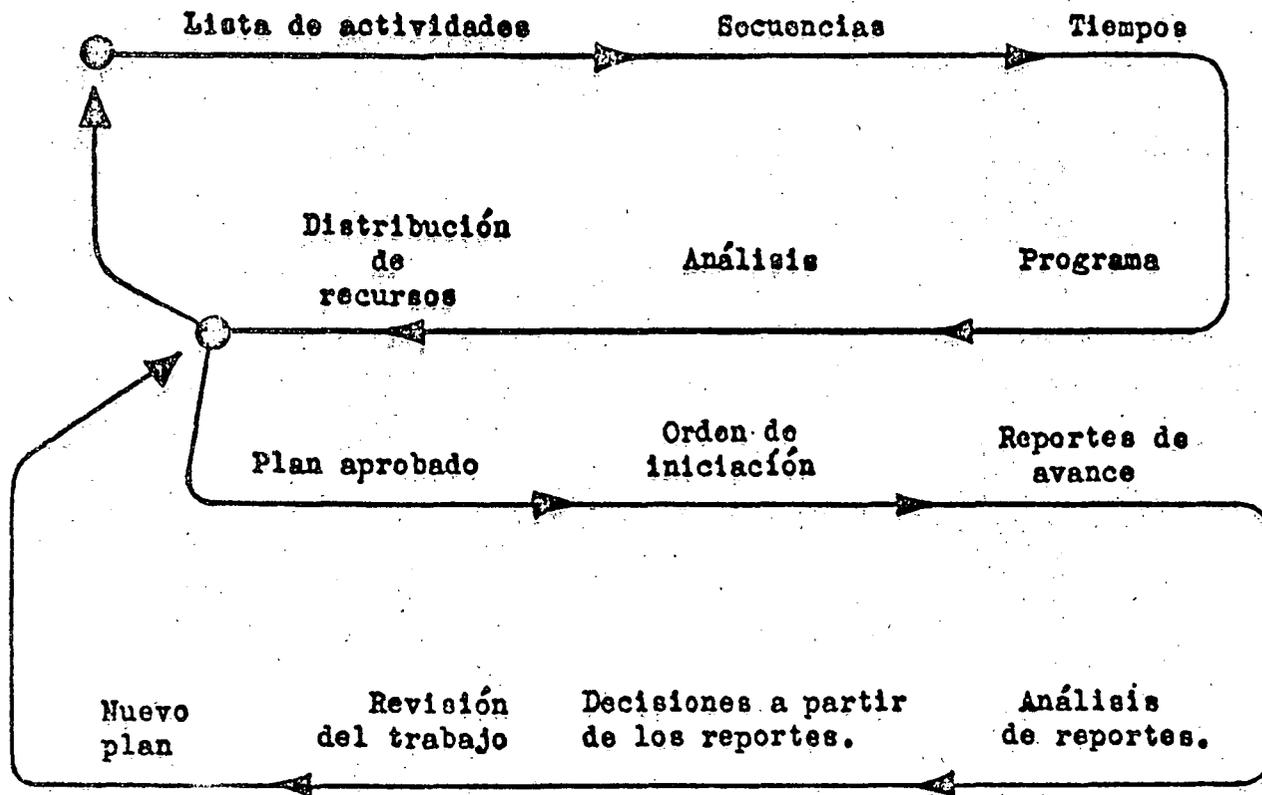
alguna de las actividades que resulten afectadas por el alargamiento en la actividad afectada.

De esta manera en muchas ocasiones se logra quitar el problema que puede provocar un atraso, sin necesidad de aumentar la cantidad de recursos disponibles en el proyecto, bastará con hacer una redistribución adecuada de los recursos disponibles, que en la mayoría de los casos son limitados, y que en caso necesario habría que importarlos a la obra dando ocasión a un atraso mayor, por la dificultad que se tendría en adquirirlos con urgencia. Esto se puede evitar haciendo un uso correcto

y racional de las holguras, y por consiguiente de los recursos disponibles.

Como se menciona al principio, para lograr resultados realmente satisfactorios, el método de la Trayectoria Crítica debe ser empleado para Planificación, Programación y Control de todas las actividades que intervienen en la realización de un proyecto, sin descuidar ninguno de estos tres aspectos que acabamos de analizar.

Este método lo podemos representar gráficamente mediante el ciclo dinámico siguiente:



9. Breve explicación del método PERT.

Como se menciona al final del Capítulo Primero existe otro método similar al de la Ruta Crítica (CMP) que tuvo su origen en la Marina de los Estados Unidos de América. Este método recibe el nombre de PERT (*Program Evaluation and Review Technique*).

La diferencia básica con el método de CPM radica en la forma de valuar los tiempos de ejecución de las actividades.

Para el CPM el tiempo de duración es uno solo, que está obtenido de la experiencia de las personas que hacen la estimación.

Para el PERT, la valuación del tiempo de ejecución de cada actividad, se hace utilizando la teoría de leyes de probabilidades. Es por lo tanto un procedimiento más realista que el CPM.

Para obtener el tiempo más probable de ejecución de cada actividad y por lo tanto, el tiempo más probable de ejecución total del proceso, se estiman, de acuerdo con datos estadísticos 3 tiempos:

El tiempo optimista es aquel tiempo más corto posible en el que la actividad puede ejecutarse.

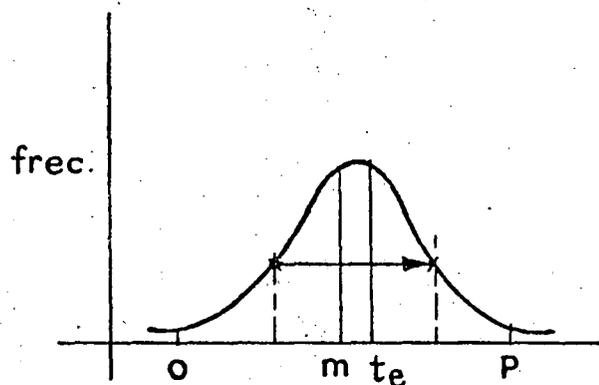
El tiempo medio, es aquel tiempo que puede ocurrir más a menudo, si la actividad se ejecuta varias

veces, exactamente en las mismas condiciones de trabajo.

Y el tiempo pesimista, es el tiempo más largo en que una actividad puede ejecutarse; puede ser aquel que se presenta una vez cada cien.

Estos tres tiempos pueden quedar representados por medio de una gráfica de frecuencias que recibe el nombre de Campana de Gauss.

En el diagrama de actividades, se deberán dibujar sobre cada flecha los tres tiempos estimados.



El tiempo más probable de ejecución de las actividades se puede obtener mediante la expresión:

$$te = \frac{o + 4m + p}{6}$$

Este es el tiempo con el que se trabaja para obtener los mismos resultados analizados en capítulos anteriores, o sea ruta crítica, y actividades no críticas con sus respectivas holguras, sólo hay que tomar muy en cuenta que los datos obtenidos corresponden a tiempos más probables de ejecución, que están sujetos a variación. Esta variación deberá estar dentro de ciertos límites dados por la expresión.

$$S = \frac{p-o}{6}$$

Que recibe el nombre de dispersión (*standard deviation*).

Si el valor de S es muy grande indicará que la estimación de los tiempos optimista y pesimista ha sido muy sobrada, y que es posible lograr un acortamiento en la duración de la actividad. Si por el contrario el valor de S es pequeño significará que

las estimaciones han sido hechas dentro de valores reales, y que no es factible hacer acortamientos de tiempo de consideración.

Por lo tanto, las actividades críticas, y las actividades no críticas producirán unas determinadas fechas, primera y última, de realización de los eventos, que serán las más probables dentro de los límites que marca la dispersión de aquellas actividades que determinan la fecha de aquéllos.

Para el método PERT es indispensable el control minucioso de la ejecución de cada actividad, así como la revisión continua del programa de trabajo.

10. Uso de computadoras electrónicas. Ventajas sobre el cálculo manual.

Como se ha visto, en el Método de la Ruta Crítica la técnica matemática no presenta problema para su manejo, pues aun cuando está basado en teorías perfectamente analizadas, se reduce a un sistema de sumas y restas que deben seguir una determinada rutina, ya sea para el análisis de Ruta Crítica, como para resolver el problema de Costos.

El problema, por lo tanto, se reduce a un problema mecánico. El cálculo manual es conveniente sin gran dificultad o posibilidad de error, en proyectos del orden de 150 a 200 actividades, o cuando por lejanía del proyecto sea difícil tener fácil acceso a computadoras electrónicas de cálculo, que solucionan el problema a grandes velocidades con la seguridad de no cometer errores.

Para tener una idea del tiempo de procesamiento, después de elaborar el diagrama y hacer las estimaciones de tiempo correspondientes, que es, y debe ser una labor netamente humana, el cálculo del programa, sin llegar a obtener el diagrama de barras, de un proyecto de 400 actividades podrá ejecutarse en unas 4 a 6 horas efectivas, con grandes posibilidades de error. En una computadora electrónica adecuada, el problema podrá ser resuelto en unos 4 minutos, y el programa de barras dado por la computadora en otros 3 o 4 minutos más.

El uso de computadoras electrónicas, para resolver problemas de Ruta Crítica, es bastante simple, ya que no es necesario elaborar las instrucciones a la máquina, pues en la mayor parte de las computadoras comerciales, existentes en México, se tienen ya las instrucciones propias, sea que se trate de CPM o de PERT.

Las instrucciones de máquina para CPM, de las computadoras IBM recibe el nombre LESS.

Con esta gran ventaja bastará sólo con dar los siguientes datos, para perforar tarjetas o grabar cinta, de acuerdo con el tipo de computadora existente:

Los datos deberán ser:

- i nudo inicial de la actividad.
- j nudo final de la actividad.
- t tiempo de duración de la actividad.

Si se desea se puede dar la descripción de la actividad.

Con estos datos basta para que la computadora pueda analizarlos, y dar resultados en forma de tabla, similar a la usada en el cálculo manual.

La gran ventaja que se tiene con el uso de computadoras, es la de poder hacer el análisis de varias alternativas, hasta llegar a la solución adecuada, empleando un mínimo de tiempo, siempre y cuando las secuencias mostradas en el diagrama y los tiempos de ejecución estén correctamente estimados.

BIBLIOGRAFIA

¹ KELLEY, J. E. JR. Y WALKER, M. R. *Critical Path Planning and Scheduling*. Proc. Eastern Joint Computer Conference, 160-173. Boston. Diciembre 1-3, 1959.

² FULKERSON, D. R. *A Network Flow Computation for Project Cost Curves Management Science*. Vol. 7. N° 2. Enero, 1961.

³ KELLEY, J. E. JR. *Critical Path Planning and Scheduling*. Mathematical Basis Operation Research. Vol. 9. N° 3. Mayo-Junio, 1961.

⁴ *GE 225 and CPM for Precise Project Planning*. General Electric Computed Dept. Phoenix, Arizona, Christensen Borge M.

⁵ *Publicaciones PERT*. Superintendencia de Documentos. Government Printing Office. Washington 25, D. C.

⁶ *Manual de Información General de PERT*. IBM.

⁷ *Aplicando el CPM*. R. L. Martino. Revista Control Engineering. Febrero, 1963.

⁸ *A non-computer approach to the CPM for the Construction Industry*. Depto. de Ingeniería Civil. Stanford University, Calif.

⁹ *Notas de lectura sobre CPS*. Lloyd Cutcliffe. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge 39, Massachusetts.

A P E N D I C E

ESTUDIO POR MEDIO DE LA TRAYECTORIA CRITICA PARA EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE UNA ZONA DE RIEGO

Con el fin de programar y planear las actividades que intervienen en el levantamiento topográfico de una zona de riego según las especificaciones que señala el Instructivo para Levantamientos Topográficos de la Dirección de Estudios y Proyectos, se empleó el Método de la Trayectoria Crítica.

Las condiciones de trabajo que se consideraron para esta programación, son las que generalmente se presentan en esta clase de trabajos, es decir, terrenos con vegetación exuberante, personal con experiencia suficiente, equipo necesario para la atención debida de los trabajos y el avance de éstos, el que normalmente se logra en la actualidad en las Brigadas de Estudios. Para la organización de las brigadas de brecha, trazo, nivelación y plan-

cheta, se consideraron formadas adecuadamente para el avance óptimo con el mínimo de personal.

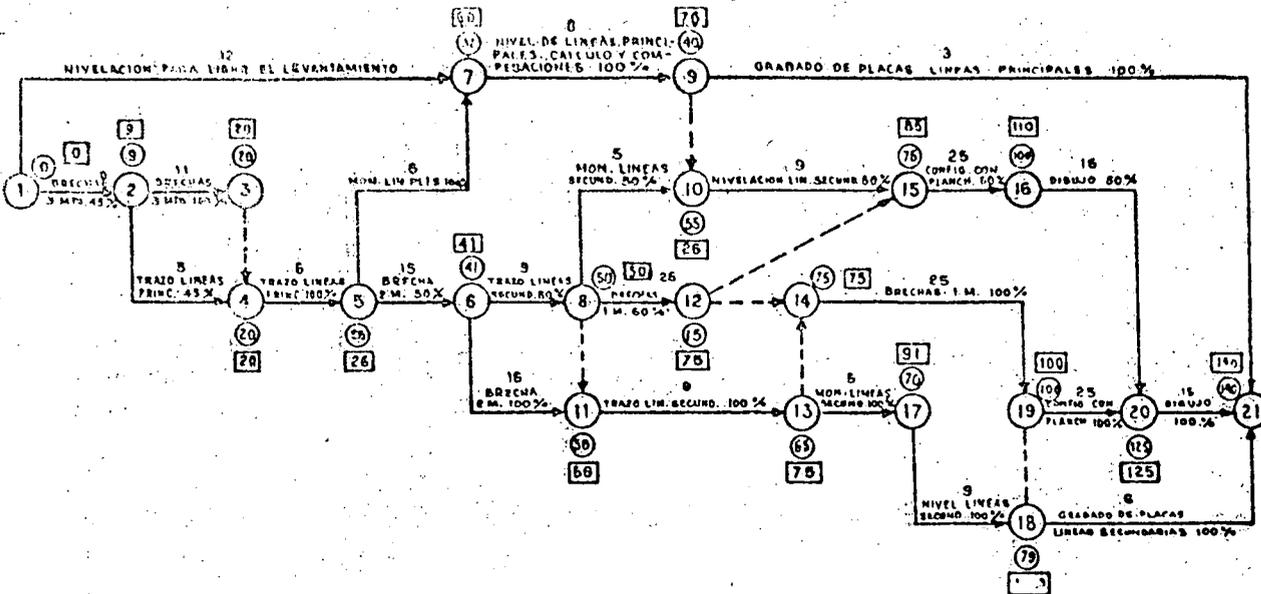
El sistema para el levantamiento tiene como apoyo principal una cuadrícula rectangular topográfica establecida con tránsito y cinta, formada por cuadros de 5 × 5 kilómetros con líneas intermedias paralelas cada kilómetro; estas líneas forman la cuadrícula, se monumentan cada kilómetro y después se nivelan de perfil con nivel fijo.

La configuración del terreno y la fijación de detalles se realiza por medio de la plancheta o tránsito y estadía, a escala 1:5 000, mediante brechas de antejo apoyadas en la cuadrícula que permitan el acceso al configurador y estadaleros.

LISTA DE SECUENCIAS PARA EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE UNA ZONA DE RIEGO DE 10.000 HA.

| Número de la actividad | DESCRIPCION | SECUENCIAS INMEDIATAS | | DURACION EN DIAS |
|------------------------|--|-----------------------|---------|------------------|
| | | Antes | Después | |
| 1 | Nivelación diferencial para liga del levantamiento..... | — | 9 | 12 |
| 2 | Apertura de brechas principales de 3 m. de ancho en 45 %..... | — | 6-3 | 9 |
| 3 | Apertura de brechas principales de 3 m. de ancho en 100 %..... | 2 | 7 | 11 |
| 4 | Apertura de brechas secundarias de 2 m. de ancho en 50 %..... | 7 | 10 | 15 |
| 5 | Apertura de brechas secundarias de 2 m. de ancho en 100 %..... | 4 | 11 | 15 |
| 6 | Trazo de líneas principales en 45 %..... | 2 | 7 | 5 |
| 7 | Trazo de líneas principales en 100 %..... | 2-6 | 8-4 | 6 |
| 8 | Monumentación de líneas principales en 100 %..... | 7 | 9 | 6 |
| 9 | Nivelación de líneas principales, su cálculo y compensación en 100 %..... | 1-8 | 16-20 | 8 |
| 10 | Trazo de líneas secundarias en 50 %..... | 4 | 5-14-12 | 9 |
| 11 | Trazo de líneas secundarias en 100 %..... | 5-10 | 15-13 | 9 |
| 12 | Apertura de brechas de 1 m. de ancho para el levantamiento con plancheta en 50 %..... | 10 | 13-18 | 25 |
| 13 | Apertura de brechas de 1 m. de ancho para el levantamiento con plancheta en 100 %..... | 11-12 | 19 | 25 |
| 14 | Monumentación de líneas secundarias en 50 %..... | 10 | 16 | 5 |
| 15 | Monumentación de líneas secundarias en 100 %..... | 11 | 17 | 5 |
| 16 | Nivelación de líneas secundarias, su cálculo y compensación, y preparación de hojas de plancheta en 50 %..... | 14 | 18 | 9 |
| 17 | Nivelación de líneas secundarias, su cálculo y compensación, y preparación de hojas para plancheta en 100 %..... | 15 | 19-21 | 9 |
| 18 | Configuración y levantamiento de detalles con plancheta en 50%..... | 12-16 | 19-22 | 25 |
| 19 | Configuración y levantamiento de detalles con plancheta en 100%..... | 13-17 | 23 | 25 |
| 20 | Grabado placas de monumentos de líneas principales en 100 %..... | 9 | — | 3 |
| 21 | Grabado placas de monumentos de líneas secundarias en 100 %..... | 17 | — | 6 |
| 22 | Dibujo de planos en 50 %..... | 18 | 23 | 15 |
| 23 | Dibujo de planos en 100 %..... | 18-19 | — | 15 |

DIAGRAMA DE FLECHAS



FECHAS

| ACTIVIDAD CRÍTICA | LISTA DE ACTIVIDADES | NUMERO DE ACTIVIDAD | | Duración. | INICIACIÓN | | TERMINACIÓN | | Holgura | |
|-------------------|--------------------------------|---------------------|-----|-----------|------------|--------|-------------|--------|---------|--------|
| | | i | j | | Primera | Ultima | Primera | Ultima | Total | Libre |
| XX | Brecha 3 m. 45 % | 001 | 002 | 009 | 000000 | 000000 | 000009 | 000009 | 000000 | 000000 |
| XX | Brecha 3 m. 100 % | 002 | 003 | 011 | 000009 | 000009 | 000020 | 000020 | 000000 | 000000 |
| | Trazo líneas principales 45 % | 002 | 004 | 005 | 000009 | 000015 | 000014 | 000020 | 000006 | 000006 |
| XX | Virtual | 003 | 001 | 000 | 000020 | 000020 | 000020 | 000020 | 000000 | 000000 |
| XX | Trazo líneas principales 100 % | 004 | 005 | 006 | 000020 | 000020 | 000026 | 000026 | 000000 | 000000 |
| XX | Brecha 2 m. 50 % | 005 | 006 | 015 | 000026 | 000026 | 000041 | 000041 | 000000 | 000000 |
| | Nivelación para ligar Lev. | 001 | 007 | 012 | 000000 | 000020 | 000012 | 000032 | 000020 | 000020 |
| XX | Mon. de líneas Sec. 100 % | 005 | 007 | 006 | 000026 | 000026 | 000032 | 000032 | 000000 | 000000 |
| XX | Trazo líneas Secund. 50 % | 006 | 008 | 009 | 000041 | 000041 | 000050 | 000050 | 000000 | 000000 |
| XX | Nivel líneas principales | 007 | 009 | 008 | 000032 | 000032 | 000040 | 000040 | 000000 | 000000 |
| XX | Mon líneas Secund. 50 % | 008 | 010 | 005 | 000050 | 000050 | 000055 | 000055 | 000000 | 000000 |
| | Virtual | 009 | 010 | 000 | 000040 | 000055 | 000040 | 000055 | 000015 | 000015 |
| XX | Brecha 2 m. 100 % | 006 | 011 | 015 | 000041 | 000041 | 000056 | 000056 | 000000 | 000000 |
| | Virtual | 008 | 011 | 000 | 000050 | 000056 | 000050 | 000056 | 000006 | 000006 |
| XX | Brecha 1 m. 50 % | 008 | 012 | 025 | 000050 | 000050 | 000075 | 000075 | 000000 | 000000 |
| XX | Trazo líneas Secund. 100 % | 011 | 013 | 009 | 000056 | 000056 | 000065 | 000065 | 000000 | 000000 |
| | Virtual | 012 | 014 | 000 | 000060 | 000075 | 000060 | 000075 | 000015 | 000005 |
| | Virtual | 013 | 014 | 000 | 000065 | 000075 | 000065 | 000075 | 000010 | 000000 |
| | Nivel líneas Secund. 50 % | 010 | 015 | 009 | 000055 | 000066 | 000064 | 000075 | 000011 | 000000 |
| | Virtual | 012 | 015 | 000 | 000060 | 000075 | 000060 | 000075 | 000015 | 000004 |
| | Configuración Planch. 50 % | 015 | 016 | 025 | 000064 | 000075 | 000089 | 000100 | 000011 | 000000 |
| XX | Mon. líneas Secund. 100 % | 013 | 017 | 005 | 000065 | 000065 | 000070 | 000070 | 000000 | 000000 |
| XX | Nivel líneas Secund. 100 % | 017 | 018 | 009 | 000070 | 000070 | 000079 | 000079 | 000000 | 000000 |
| | Brecha 1 m. 100 % | 014 | 019 | 025 | 000065 | 000075 | 000090 | 000100 | 000010 | 000011 |
| | Virtual | 018 | 019 | 000 | 000079 | 000100 | 000079 | 000100 | 000021 | 000000 |
| | Dibujo 50 % | 016 | 020 | 015 | 000089 | 000110 | 000104 | 000125 | 000021 | 000000 |
| | Configuración Planch. 100 % | 019 | 020 | 025 | 000079 | 000100 | 000104 | 000125 | 000021 | 000000 |
| | Grab. Plac. Lín. Princ. 100 % | 009 | 021 | 003 | 000110 | 000137 | 000043 | 000140 | 000007 | 000000 |
| | Grab. Plac. Lín. Sec. 100 % | 018 | 021 | 006 | 000079 | 000134 | 000085 | 000140 | 000055 | 000034 |
| | Dibujo 100 % | 020 | 021 | 015 | 000104 | 000125 | 000119 | 000140 | 000021 | 000000 |

TABLA DE TIEMPOS

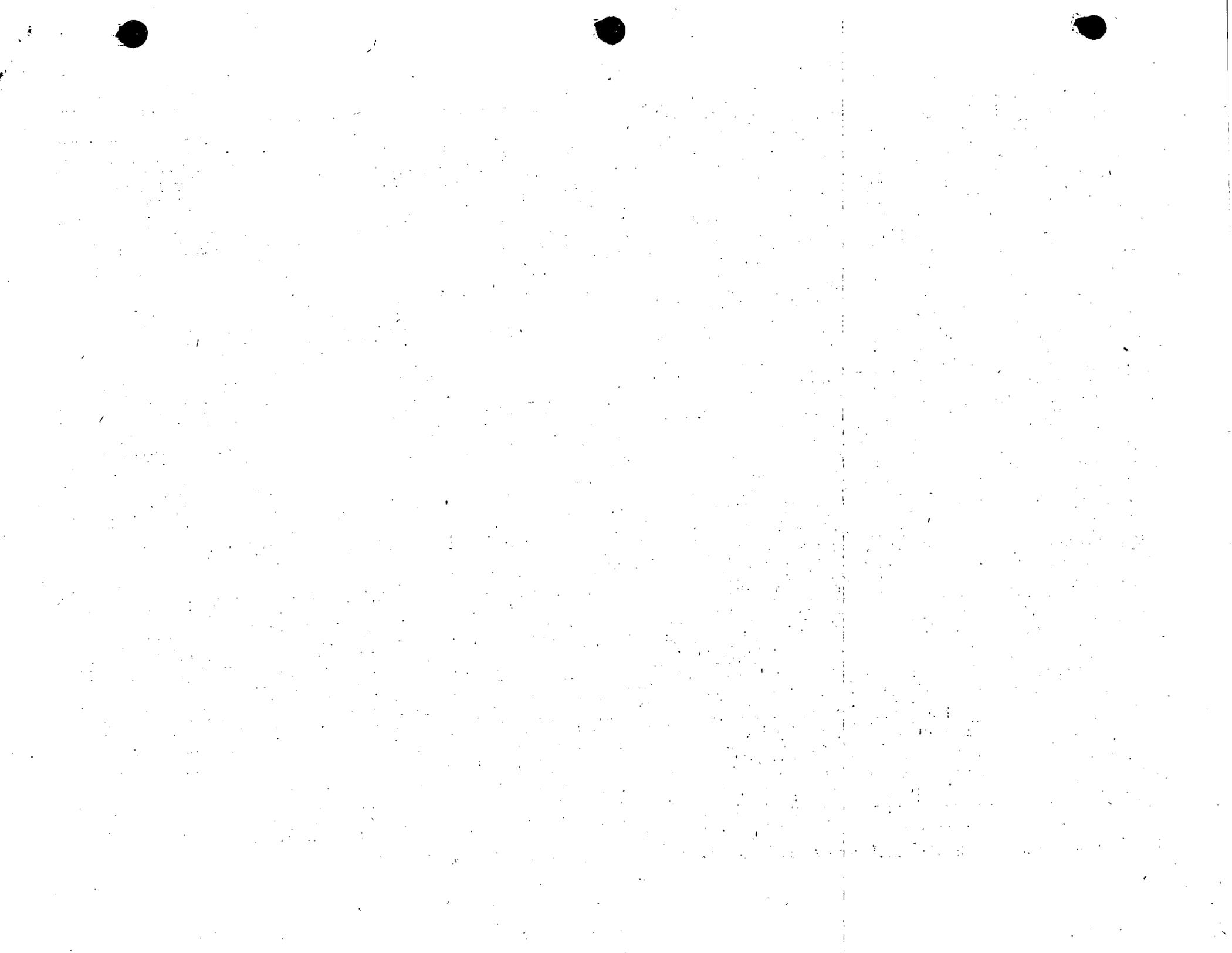
| ACTIV | DESCRIPCION | CANT. OBRAS | DURAC. DIAS | HT | HL | HT | Fecha Pri. | | Fecha ult. | | GDO. IMP. | R | DIAGRAMA DE BARRAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|------------------------|-------------|-------------|----|----|-----|------------|-------------------|------------|-----|-----------|---|--------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | | | | | I | T | I | T | | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 | 135 | 140 |
| | | | | | | | 1-7 | Nivel ligar Laut. | | 12 | | | 56 | 20 | 20 | 0 | 12 | 56 | 68 | 7° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1-2 | Brecha 3 mt. | 45% | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 9 | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-3 | " | 100% | 11 | 0 | 0 | 0 | 9 | 20 | 9 | 20 | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3-4 | Flecha de Liga | | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 20 | 20 | 20 | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4-5 | Trazo Lin. Pal. | 100% | 6 | 0 | 0 | 0 | 20 | 26 | 20 | 26 | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-4 | " | 45% | 5 | 6 | 6 | 6 | 9 | 14 | 15 | 20 | 1° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5-6 | Brecha 2 mt. | 50% | 15 | 0 | 0 | 0 | 26 | 41 | 26 | 41 | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5-7 | Mon. Lin. Sec. | 100% | 6 | 36 | 0 | 0 | 26 | 32 | 62 | 68 | 5° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6-8 | Trazo Lin. Sec. | 50% | 9 | 0 | 0 | 0 | 41 | 50 | 41 | 50 | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6-11 | Brecha 2 mt. | 100% | 15 | 10 | 0 | 0 | 41 | 56 | 51 | 66 | 2° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7-9 | Nivel Lineas Pales. | | 8 | 36 | 0 | -36 | 32 | 40 | 68 | 76 | 5° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8-10 | Mon. Lineas Sec. | 50% | 5 | 21 | 0 | 0 | 50 | 55 | 71 | 76 | 4° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8-11 | Flecha de Liga | | 0 | 16 | 6 | 6 | 50 | 50 | 66 | 66 | 3° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8-12 | Brecha int. | 50% | 25 | 0 | 0 | 0 | 50 | 75 | 50 | 75 | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9-10 | Flecha de Liga | | 0 | 36 | 15 | -21 | 40 | 40 | 76 | 76 | 5° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9-21 | Grabar Placas Plus. | | 3 | 97 | 97 | 61 | 40 | 43 | 137 | 140 | 8° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10-15 | Nivel Lin. Sec. | 50% | 9 | 21 | 11 | -10 | 55 | 69 | 76 | 85 | 4° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11-13 | Trazo Lin. Sec. | 100% | 9 | 10 | 0 | -10 | 56 | 65 | 66 | 75 | 2° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12-14 | Flecha de Liga | | 0 | 0 | 0 | 0 | 75 | 75 | 75 | 75 | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12-15 | Flecha de Liga | | 0 | 10 | 0 | 0 | 75 | 75 | 85 | 85 | 2° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13-14 | Flecha de Liga | | 0 | 10 | 10 | 0 | 65 | 65 | 75 | 75 | 2° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13-17 | Mon. Lin. Sec. | 100% | 5 | 21 | 0 | -10 | 65 | 70 | 86 | 91 | 4° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14-19 | Brecha int. | 100% | 25 | 0 | 0 | 0 | 75 | 100 | 75 | 100 | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15-16 | Conf. Planch. | 50% | 25 | 10 | 0 | -10 | 75 | 100 | 85 | 110 | 2° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16-20 | Dibujo | 50% | 15 | 10 | 10 | 10 | 100 | 115 | 110 | 125 | 2° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17-18 | Nivel Lin. Sec. | 100% | 9 | 21 | 21 | 21 | 70 | 79 | 91 | 100 | 4° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18-19 | Flecha de Liga | | 0 | 21 | 21 | 0 | 79 | 79 | 100 | 100 | 4° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19-20 | Conf. Planch. | 100% | 25 | 0 | 0 | 0 | 100 | 125 | 100 | 125 | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18-21 | Grabar Plac. Lin. Sec. | 100% | 6 | 55 | 55 | 34 | 79 | 85 | 134 | 140 | 6° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20-21 | Dibujo | 100% | 15 | 0 | 0 | 0 | 125 | 140 | 125 | 140 | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

+ Activ. critica

Activ. NO critica con holgura total

Fecha última de iniciación





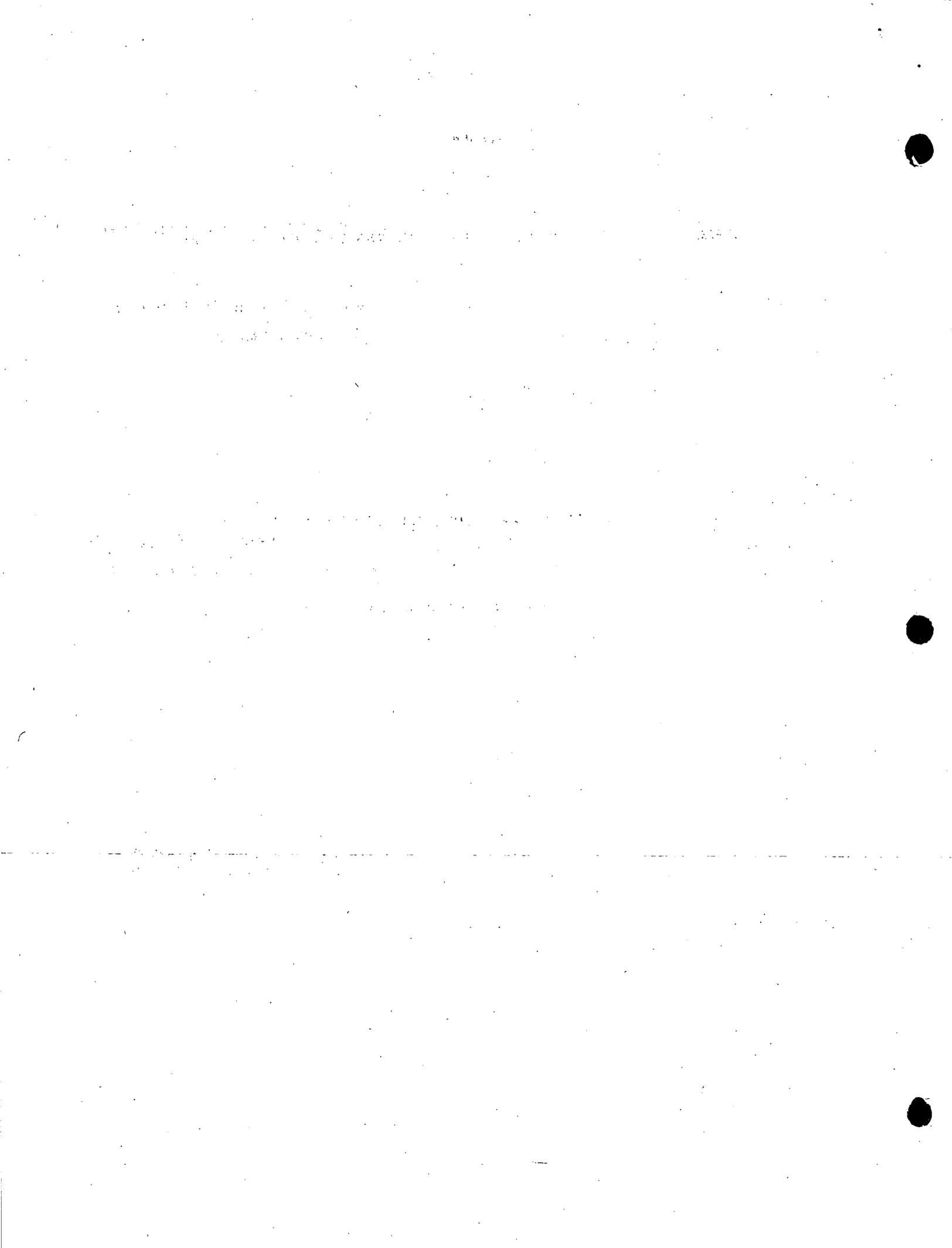
CAPACITACION PARA INGENIEROS PROYECTISTAS DE ZONAS DE RIEGO

INTEGRACION Y PRESENTACION DE CONCURSOS

T E M A "A"

a.3.) Resolución de Problemas

ING. GERARDO TENA OROZCO
Noviembre, 1978



P R O B L E M A S

S. Gerardo Tena Orozco.-

MOTOESCREPAS:

Para una Motoescrepa con las características que se indican a continuación, --
encontrar:

a).- La máxima velocidad en que puede subir una pendiente física de 5% y con --
el camino con una resistencia al rodamiento de 50 kg/tonelada.

I).- Máxima velocidad cargada.

II).- Máxima velocidad vacía.

b).- Si se tiene un acarreo de 500 mts. y las motoescrepas tienen velocidad --
inicial, para un camino en condiciones de conservación medias, obtener las
velocidades reales a que pueden transitar.

I).- Velocidad real cargada.

II).- Velocidad real vacía.

DATOS MOTOESCREPA:

| | |
|-------------------------|------------------|
| Vacía.- Peso total..... | 21.9 ton. |
| Capacidad de carga..... | <u>19.0 ton.</u> |
| Peso total | 40.9 ton. |

///...

S O L U C I O N

a).- Con el peso total 40.9 ton. y una pendiente virtual de 10% (5% de pendiente real y 5% equivalente a resistencia al rodamiento) obtenemos:

I).- Máxima velocidad cargada = 14 Km/h en 2a. velocidad.

Con peso de 21.9 ton. y pendiente virtual de 10%.

II).- Podrá transitar en 2a. a 20 km/h.
y en 3a. en sobre marcha a 32 km/h.

b).- Para un acarreo de 500 mts. y condiciones medias, el factor es 0.78.

$$I).- 14 \text{ km./h} \times 0.78 = 10.92 \text{ km/h.}$$

$$II).- 20 \text{ km/h} \times 0.78 = 15.60 \text{ km/h.}$$

$$32 \text{ km/h} \times 0.78 = 24.96 \text{ km/h.}$$

D R A G A

W

Tenemos una draga excavando un dren en arcilla dura y el producto de la Excavación lo está depositando en camiones, la posición de la Draga en relación con los camiones obliga a que se tenga un Giro de 180 grados, la profundidad media de la excavación está a dos metros, las condiciones de la dirección de la obra son buenas y las condiciones del trabajo son también buenas, la capacidad del bote de la draga es de 1 3/4 Yd³.

Obtener para este trabajo los rendimientos efectivos con las que trabajará la --
Draga.

a).- Aplicando la fórmula teórica.

b).- Utilizando las tablas de rendimientos.

a).

$$R = \frac{3600 \times V \times K \times E}{C_a \times t.}$$

$$V = 1.34 \text{ m}^3 \text{ (teoría) } - 1.50 \text{ (práctica)}$$

$$K = 1.045$$

$$E = 0.75$$

$$C_a = \text{Tomamos el valor medio consignado para arcilla sin contaminaciones} = 1.45$$

$$t = \text{Para arcilla dura compactada, Giro de 180 grados y cargando camiones tenemos:}$$

$$45 \text{ seg.} \times 1.10 = 49.5 \text{ seg.}$$

$$R = \frac{3600 \times 1.5 \text{ m}^3 \times 1.045 \times 0.75}{1.45 \times 49.5 \text{ Seg.}} = 58.97 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Adicionalmente debemos hacer la corrección por profundidad de corte ya que la --
corrección por giro se incluyo en el ciclo.

Porcentaje de la profundidad optima de corte: profundidad optima de corte (o carrera optima de corte) para arcilla dura y compacta y cucharon de 1 3/4 Yd³. --
(11.3 pies) = 3.44 mts.

$$\frac{2.00 \text{ mts.}}{3.44 \text{ mts.}} = 0.58$$

Con este valor y angulo correspondiente a 90 grados (ya que la corrección por Giro ya se efectuó) obtenemos un factor de:

$$= 0.97$$

Aplicándole este factor al rendimiento obtenido tendremos el rendimiento real:

$$R = 58.97 \text{ m}^3/\text{h.} \times 0.97 = \underline{57.2 \text{ m}^3/\text{h.}}$$

b) utilizando las tablas de rendimientos obtenemos que el rendimiento teórico de una draga de 1 3/4 Yd³, de capacidad excavando arcilla dura y compactadas es de:

$$R = 180 \text{ Yd}^3/\text{h. (medido en banco)}$$

Factores a aplicar:

$$\text{Por carga a camión} = 0.9$$

$$\text{Por profundidad de corte y Giro para un porcentaje de la carrera optima de 0.58...} = 0.74$$

$$\text{Por eficiencia en el trabajo...} = 0.75$$

$$\text{Por cambio a m}^3\text{:...} = 0.765$$

$$R = 180 \text{ Yd}^3/\text{h.} \times 0.765 \text{ m}^3/\text{Yd}^3. \times 0.74 \times 0.75 \times 0.9 =$$

$$R = \underline{68.78 \text{ m}^3/\text{h.}}$$

5

PALA MECANICA

I) Obtener el rendimiento de una Pala Mecánica excavando en un Banco de arena y grava.

a) Utilizando la fórmula

b) Utilizando la gráfica de rendimientos.

Datos:

Pala con cucharón de 2 Yd³.

Factor de rendimiento o eficiencia en el trabajo para condiciones de Dirección Buenas y condiciones del trabajo regulares.

Coefficiente de abundamiento 1.10.- Angulo de Giro = 90 grados.

a)
$$R = \frac{3600 \times V \times K \times E}{C_a \times t}$$

$V = 1.53 \text{ m}^3$

$K = 0.96$

$E = 0.69$

$C_a = 1.10$

$t = 21 \text{ Seg.}$

$$R = \frac{3600 \times 1.53 \text{ m}^3 \times 0.96 \times 0.69}{1.10 \times 21 \text{ Seg.}} = 157.9 \text{ m}^3/\text{h.}$$

b) Apoyando la gráfica de rendimiento.

R teórico = 330 Yd³/h. para Giro de 90 grados y carrera optima

$$R = \frac{330 \text{ Yd}^3/\text{h.} \times 0.765 \text{ m}^3/\text{Yd}^3. \times 0.69}{1.1} = 158.4 \text{ m}^3/\text{h.}$$

II) Con los datos obtenidos en el ejemplo anterior, obtener los rendimientos para un Giro de 120 grados y carrera de corte de 2.00 mts.

De la tabla de carrera óptima obtenemos que para arena y grava y cucharón de 2 Yd3, la carrera óptima de corte es de 7.8 pies = 2.38 mts.

Porcentaje de la carrera óptima:

$$\frac{2.00 \text{ mts.}}{2.38 \text{ mts.}} = 0.84$$

Para un porcentaje de la carrera óptima de 0.84 y Giro de 120 grados obtenemos un factor de corección = 0.865.

Rendimientos:

a) $157.9 \text{ m}^3/\text{h.} \times 0.865 = 136.58 \text{ m}^3/\text{h.}$

b) $158.4 \text{ m}^3/\text{h.} \times 0.865 = 137.02 \text{ m}^3/\text{h.}$

MOTOCONFORMADORA

Rendimiento de una motoconformadora extendiendo en capas material previamente excavado y amontonado por un tractor con objeto de formar un terraplén.

Suponemos que el material se está colocando en capas de 30 cm. (abundado) y que se requiere de 4 pasadas de la motoconformadora para cada capa.

Para este ejemplo usaremos una motoconformadora HUBER 1700 que tiene una cuchilla de 3.96 mts. de largo.

Tiempo total requerido por la motoconformadora en extender una capa del ancho de la cuchilla de la máquina y de un kilómetro de longitud.

$$t = \frac{N \times D}{V \times E}$$

$$N = 4$$

$$D = 1 \text{ Km.}$$

V = Tomando el valor medio correspondiente a extendido y nivelación de materiales, utilizando un modelo pesado, de 2.5 a 4 Km/h. -- Promedio = 3.25 Km/h., consideramos la velocidad constante en las tres pasadas.

$$E = 0.75$$

$$T = \frac{4 \times 1 \text{ Km.}}{3.25 \text{ Km/h.} \times 0.75} = 1.64 \text{ hr.}$$

Volumen de la franja conformada.

$$1000 \text{ m} \times 3.96 \text{ m.} \times 0.30 \text{ m.} \times 0.80 = 950 \text{ m}^3.$$

El factor 0.80, es por traslape de las capas conformada y que la cuchilla generalmente no se lleva normal al eje del camino.

Rendimiento horario:

$$R = \frac{950 \text{ m}^3.}{1.64 \text{ h.}} = 579 \text{ m}^3/\text{h.} \text{ (abundados)}$$

TRASCAVO

Obtener el rendimiento de una pala cargadora con cucharón de 13/4 Yd³. extra - yendo material de un banco de préstamo y cargando a camión.

- a).- Aplicando la fórmula
- b).- Aplicando la tabla de rendimientos.

Datos:

El material excavado es: Arcilla cohesiva húmeda con un abundamiento de 30%.

$$a).- R = \frac{V \times K \times 60}{C_a \times t} \times E$$

$$V = 1.75 \text{ Yd}^3. \times 0.765 \text{ m}^3/\text{Yd}^3. = 1.34 \text{ m}^3.$$

$$K = \text{para } 1 \frac{3}{4} \text{ tomamos el valor medio entre } 1 \frac{1}{2} \text{ y } 2 \text{ Yd}^3. = 1.11$$

$$C_a = 1.3$$

$$t = 0.45$$

$$E = 0.75$$

$$R = \frac{1.34 \text{ m}^3. \times 1.11 \times 60 \text{ min./h.} \times 0.75}{1.3 \times 0.45 \text{ min.}}$$

$$R = 114.4 \text{ m}^3/\text{h. (medido en banco)}$$

$$b).- R \text{ teoria} = 185 \text{ m}^3/\text{h.}$$

$$\frac{185 \text{ m}^3/\text{h.} \times 0.75}{1.3} = 106.7 \text{ m}^3/\text{h. (medido en banco)}$$

Desmante utilizando Tractor D-8

Tiempo requerido por un tractor, desmontando y retirando el producto a 40 mts. fuera de la zona desmontada.

a).- Arboles de 60 cm. \varnothing

14.5 min/árbol

b).- Arboles de 50 cm. \varnothing

6.67 min/árbol

c).- Arboles de 20 cm. \varnothing

1.9 min/árbol

Utilizando la gráfica.

a).- 15 min.

b).- 8 min.

c).- 2.5 min.

de un Tractor excavando un préstamo lateral para formar un -

3:

3 con S.T.

de acarreo 100 pies.

utilizando:

a).- Angledozer

b).- Bulldozer

460 = 460 yd³/h.

eficiencia de trabajo = 0.75

a).- Angledozer

$460 \times 0.765 \text{ m}^3/\text{yd}^3 \times 0.75 \text{ (Eficiencia)} \times 0.75 \text{ (Angle)}$

$R = 197.94 \text{ m}^3/\text{h. (Abundado)}$

b).- Bulldozer

$460 \times 0.765 \text{ m}^3/\text{yd}^3 \times 0.75 \text{ (Eficiencia)}$

$R = 263.92 \text{ m}^3/\text{h (Abundado)}$

//

Rendimientos aflojando materiales, utilizando Arado No. 8 y Tractor D-8

a).- Cuando se tiene como dato la velocidad de las ondas sísmicas.

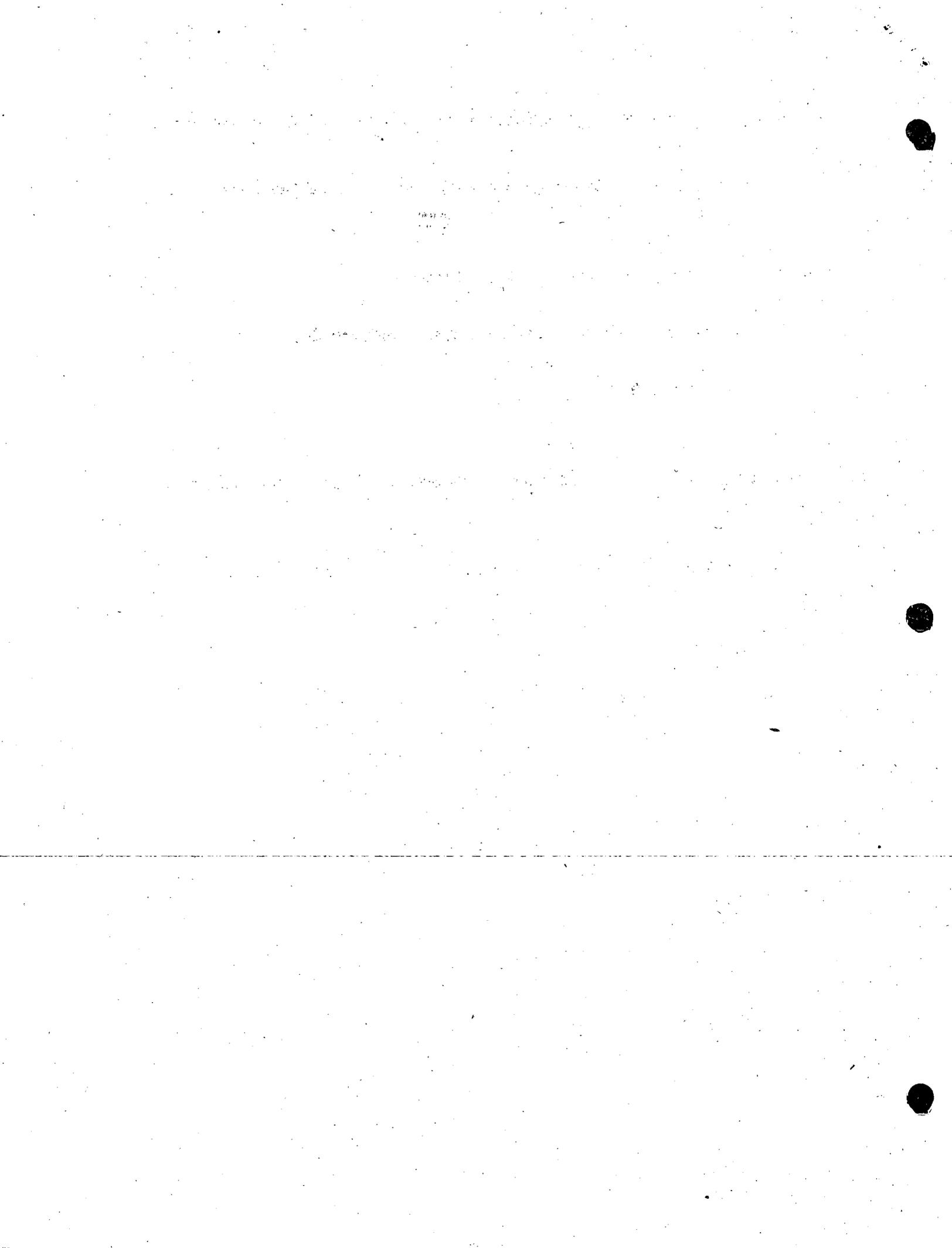
Para un material con una velocidad de 900 m/seg.

Utilizando la gráfica obtenemos un rendimiento teórico de:

$$R = 500 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Para obtener el rendimiento práctico, aplicamos un factor de eficiencia de 0.75.

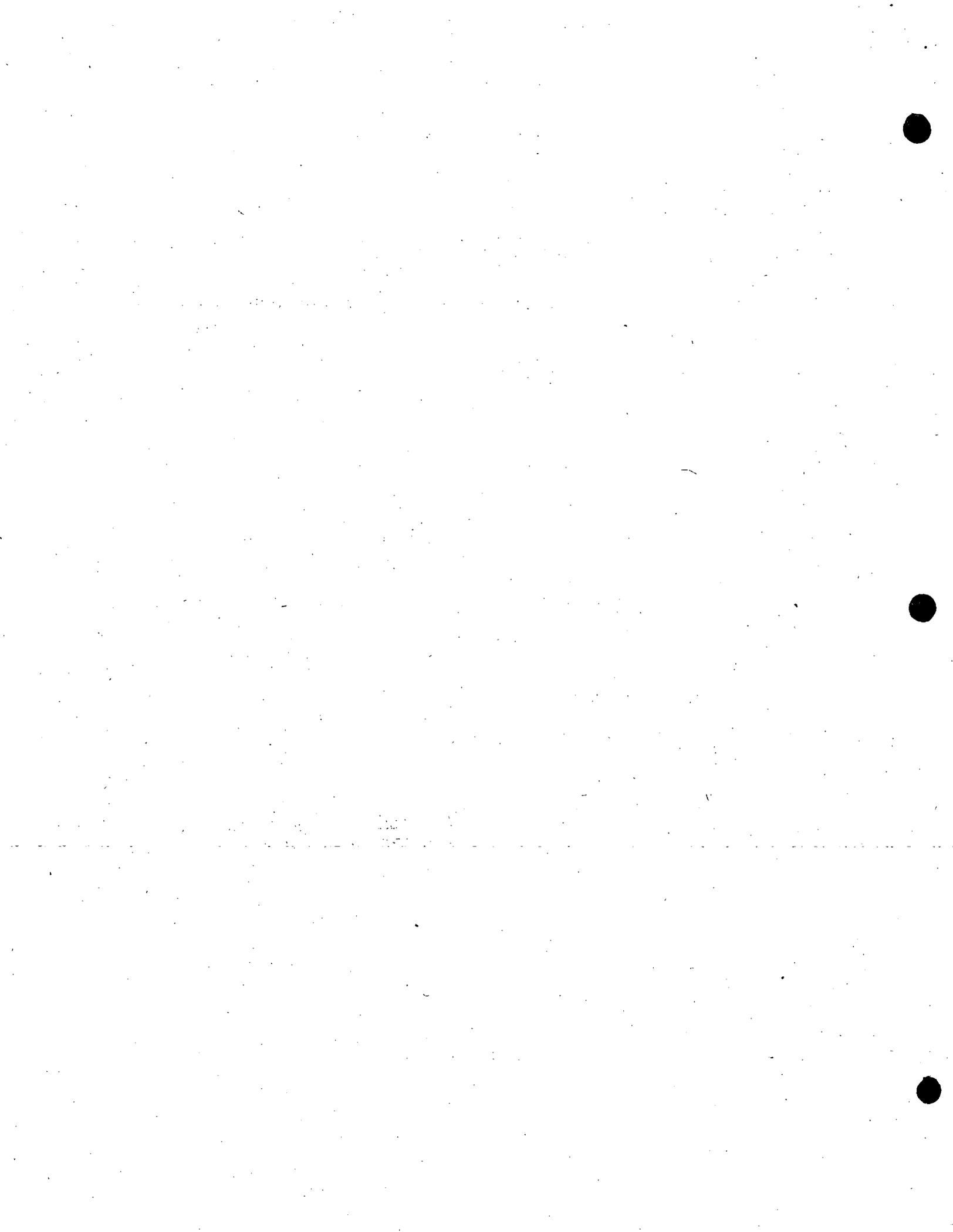
$$R = 500 \text{ m}^3/\text{h} \times 0.75 = 375 \text{ m}^3/\text{h}.$$



CAPACITACION PARA INGENIEROS PROYECTISTAS DE ZONAS DE RIEGO

DOCUMENTACION Y MECANISMO DEL CONCURSO
GENERALIDADES

ING. GERARDO TENA OROZCO
NOVIEMBRE DE 1978



DOCUMENTACION Y MECANISMO DE CONCURSO - GENERALIDADES.

El objetivo de esta materia es capacitar al alumno para que sepa preparar la documentación necesaria para efectuar el concurso de una obra determinada.

Se entiende por concurso el conjunto de datos, planos, informes, indicaciones, cantidades de obra, etc. que será necesario proporcionar a cada una de las Compañías Constructoras que la Secretaría previamente ha invitado para que coticen el monto de la obra por ejecutar. Una de ellas será declarada ganadora por haber hecho la cotización más conveniente, según el criterio de la S.R.H.

Partes integrantes de la documentación para concurso:

- A) Cuaderno de planos.
- B) Catálogo de Conceptos de Trabajo con Cantidades de Obra.
- C) Cuaderno de documentación para Contrato.
- D) Especificaciones de los Conceptos de Trabajo.
- E) Programa de Construcción.

CUADERNO DE PLANOS.- Todas las obras por construirse requieren de un proyecto completo, es decir, de un conjunto de planos en donde se muestren detalladamente cada una de las características de la obra en cuestión. Paracumplir con el objetivo señalado será necesario incluir los siguientes tipos de planos:

a) PLANOS GENERALES

DE LA REPUBLICA.- En él se ubica la región del sitio de la obra, indicando las distancias de este lugar a las poblaciones importantes más cercanas y a las que servirán como centros de adquisición de los materiales de construcción para la obra.

PIANO DE LOCALIZACION DE BANCOS DE MATERIALES.- En éstos se muestran los sitios en que se localizan los materiales por emplear, tales como: roca, grava, arena, arcilla, material inerte, etc., para construcción de terracerías, enrocamientos, revestimientos de caminos y elaboración de concretos. En estos planos aparecerán los volúmenes aprovechables y características propias de cada uno de los materiales.

PLANTA DEL CONJUNTO DE LA OBRA. Es conveniente indicar en este plano las vías de comunicación existentes en la zona, arroyos, ríos y otros detalles que se consideren de importancia.

b) PLANOS DE DETALLE

Estos planos mostrarán precisamente todos los detalles que definen el tipo específico de obra por ejecutar, pudiendo tratarse de cualquiera de los siguientes:

ZONAS DE RIEGO, se incluyen canales, drenes y sus estructuras conexas como represas, tomas laterales, tomas granja, sifones, alcantarillas, puentes, desagües, etc.

PRESAS DERIVADORAS, que incluyen plano de manejo del río histograma de la corriente, obra de toma, estructura de limpia, sección vertedora.

PRESAS DE ALMACENAMIENTO, que incluyen obra de desvío, plano general de la cortina, obra de control y excedencias, obra de toma, tajo de salida, etc.

c) PLANOS AUXILIARES

Son los planos mediante los cuales se proporciona información adicional sobre las condiciones presentes en el lugar de ejecución de los trabajos: Planos de niveles freáticos, planos de perfiles estratigráficos, planos topográficos.

d) PLANOS COMPLEMENTARIOS

Son aquellos que se refieren a las partes complementarias del proyecto como son compuertas, mecanismos elevadores, tuberías, señalamientos, etc.

e) CASAS DE CABALLERO

Con este nombre genérico queremos indicar aquellos planos en donde se muestran los detalles para la construcción de la casa-habitación que se destinará al operador encargado de mecanismos y vigilancia en cualquier obra de que se trate.

(a hoja 3)

CATALOGO DE CONCEPTOS DE TRABAJO CON CANTIDADES DE OBRA

En el Catálogo se consiguen todas y cada una de las actividades que deberá ejecutar el Contratista para llevar a cabo la completa realización de la obra. Contiene primeramente el concepto o denominación de cada actividad, designando la unidad correspondiente en que se medirá y la cantidad estimada. En las últimas columnas se deja el espacio en blanco para que se anoten los Precios Unitarios que cotice cada Contratista. Deberá tenerse especial atención para que no se ~~ex~~cluya ningún concepto necesario para la construcción y que las cantidades estimadas sean lo más aproximadas a la realidad con el objeto de evitar reclamaciones y/o negociaciones posteriores.

CUADERNO DE DOCUMENTACION PARA CONTRATO

En este se contienen una serie de disposiciones legales a las que se sujetará el Contrato respectivo. Generalmente no se hace en la obra ya que se trata de temas que no competen a la Residencia.

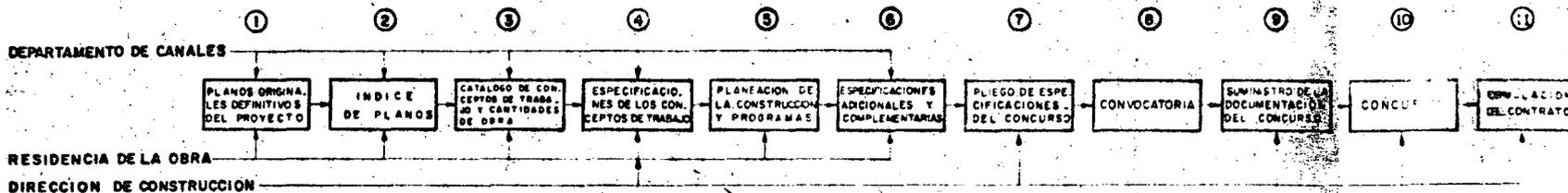
ESPECIFICACIONES DE LOS CONCEPTOS DE TRABAJO

Esta parte de la documentación resulta de un carácter muy importante ya que se refiere a las estipulaciones que deben respetarse al efectuar cada una de las actividades necesarias para la realización de la obra, en su redacción se fijarán las condiciones precisas y en forma detallada de los trabajos a ejecutar para que el Contratista pueda fijar el precio unitario correspondiente.

PROGRAMA DE CONSTRUCCION

La obra por ejecutar deberá programarse para que las -- actividades comprendidas se desarrollen en forma coordinada -- dentro de un plazo determinado. La forma de elaborar esta pro gramación se hará de acuerdo con el método denominado Ruta -- Crítica, en la cual se indican la secuencia y tiempo en que de- berá realizarse cada una de las actividades involucradas.

SECUENCIA PARA LA FORMACION DE LA DOCUMENTACION DE CONCURSO



(Véase 4.-)
 1.-Especialización regional
 2.-Plano general de la obra.
 3.-Plantes y perfiles.
 4.-Especialización barcos - material.
 5.-Planes estructurales.
 6.-Planes diversos de detalle.
 7.-Planes diversos.
 8.-Planes de equipo eléctrico.

(Véase 4.-)
 Para integrar el catálogo de conceptos de trabajo y cantidades de obra, deberá seguirse el orden y clasificación de conceptos que se indica en la publicación "Conceptos Principales de Trabajo" Tomo I del Catálogo, poniendo para cada concepto de trabajo la cantidad de obra por ejecutar.

(Véase 4B)
 En la formulación de las Especificaciones de los Conceptos de Trabajo del Catálogo correspondiente, pueden quedar involucrados en una misma especificación, todos los conceptos de trabajo (debiendo indicarlos expresamente) que regulan el mismo procedimiento de construcción; las mismas operaciones principales, así como las obligaciones del Contratista y la misma forma de medición y pago del trabajo ejecutado. Véase "Conceptos Principales de Trabajo", Especificaciones, Tomos II y III.

(Véase 6.-)
 A.- Esquema base.
 Ad.- Programa General de construcción.

(Véase 1C)
 a.- Referencia a las Especificaciones.
 b.- Lo que incluyen los precios del Catálogo.
 c.- Líneas del proyecto.
 d.- Cantidades de trabajo.
 e.- Naturaleza del terreno.
 f.- Acarreo.
 g.- Sobreelevaciones.
 h.- Coordinación entre las excavaciones y la utilización de los materiales.
 i.- Interferencia con los servicios de riego.
 j.- Abastecimiento de agua.
 k.- Materiales que proporcionará el Contratista.
 l.- Indemnizaciones.
 m.- Personal del Contratista.
 n.- Obras provisionales.
 o.- Bancos de material.
 p.- Trabajos complementarios y obligatorios dentro del contrato.
 q.- Formulación del programa.
 r.- Manejo y control del río durante la construcción.
 s.-
 t.-

(Véase 5.-)
 A.- Pliego de Especificaciones del Concurso.
 a.- Referencias.
 b.- Antecedentes, objeto de las especificaciones y definición de términos.
 c.- Especificaciones normales de concurso.
 d.- Especificaciones Particulares del Concurso.
 e.- Relación de Anexos al Pliego de Especificaciones para el Concurso.

1 2 3 4 5 6 7

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS
 DIRECCION GENERAL DE GRANDES IRRIGACIONES Y CONTROL DE RIOS
 CARRANZA, COAHUILA DE ZARAGOZA

DOCUMENTACION DE CONCURSO

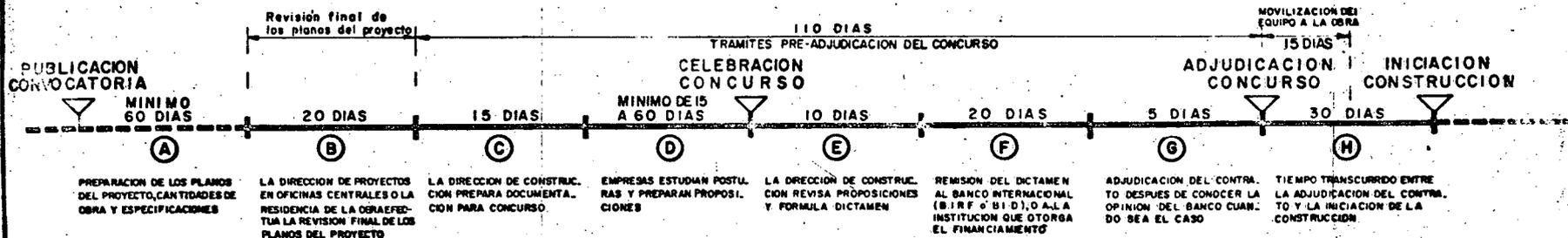
Concursa: **RECONSTRUCCION DE LA BARRERA DE CONTROL DE RIOS EN LA ZONA DE LA BARRERA DE CONTROL DE RIOS EN LA ZONA DE LA BARRERA DE CONTROL DE RIOS**

Aprobó: _____

MÉDICO DE LEGISLACIÓN: _____

L. NUNO

SECUENCIA DE LAS ETAPAS QUE INTEGRAN EL CONCURSO



Publicación de la Convocatoria.— La Secretaría de a conocer los trabajos por realizar mediante la publicación de la Convocatoria en los diarios más importantes y de mayor circulación, invitando a las compañías interesadas a que se registren y tener opción a concursar, quienes al hacerle, deberán proporcionar la información respecto a su equipo de trabajo su capacidad económica, responsabilidad técnica, etc.; con esta información y las aclaraciones necesarias, la Secretaría puede formar la selección de Contratistas idóneos que con su capacidad técnica y experiencia, puedan disponer oportunamente del equipo necesario y adecuado, y también que su capacidad económica permita la iniciación y terminación de la obra en el tiempo previsto en los programas de trabajo sin contratiempos perjudiciales a los intereses de la Secretaría.

- (A) Dependiendo de la amplitud de la obra que se concursa, en un tiempo mínimo de 60 días deberán formularse los planos del proyecto, ya sea en Oficinas Centrales de la Dirección de Proyectos de Grande Irrigación o en la Residencia de la Obra con la asesoría de la Dirección, así como el Catálogo de Conceptos de Trabajo y Cantidades de Obra y las Especificaciones de los Conceptos de Trabajo.
- (B) La Dirección de Proyectos de Grande Irrigación en Oficinas Centrales o la Residencia de la Obra según sea el caso, efectúan la revisión final de los planos del proyecto, el Catálogo de Conceptos de Trabajo y Cantidades de Obra, las Especificaciones de los Conceptos de Trabajo y las Especificaciones Adicionales y Complementarias.
- (C) La Dirección de Construcción de Grande Irrigación prepara y revisa los cuadernos del Proyecto, de las Especificaciones y en general toda la documentación que integra el concurso de la obra por construir, para proporcionarlos a las Empresas invitadas a concursar según la selección de Contratistas que la S.R.H. hubiese hecho de los que se registraron con motivo de la Convocatoria.
- (D) En este lapso, las Empresas deberán estudiar y analizar la información y datos del concurso; preparar su participación en él, visitando previamente el sitio de la obra y enterándose ampliamente de las condiciones del trabajo por ejecutar, de las especificaciones y de toda la documentación que integra el concurso; haciendo toda clase de preguntas y aclaraciones pertinentes relativas al proyecto y a la región donde se ubica la obra.
- Celebración del Concurso.**— La celebración del Concurso (Verificación del Concurso) es la ceremonia de recepción de las Proposiciones de los Contratistas en la fecha y hora fijadas por las autoridades de la Secretaría.
- (E) En el tiempo indicado en el esquema, la Dirección de Construcción hará la revisión de las proposiciones presentadas y aceptadas, formulando el dictamen correspondiente.
- (F) Cuando se trate de contratos para construcción de obras financiadas con fondos del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, la Secretaría remite el dictamen relativo a las proposiciones a las Oficinas Centrales de dicho Banco en la Ciudad de Washington, E.U.A., quien deberá emitir su resolución definitiva. El mismo procedimiento se sigue con el B.I.D. A partir de la fecha de adjudicación del Contrato y como etapa inicial de los trabajos de construcción, el Contratista o Empresa dispondrán de 15 días para proceder a la movilización del equipo, traslado a la obra de personal necesario, instalación de oficinas, campamentos, etc.
- (G) Conocidos los puntos de vista y resolución definitiva del Banco, se prepara la documentación para la adjudicación del Contrato a la Empresa ganadora del Concurso.

NOTAS: Cuando la construcción de la obra a que se refiere la convocatoria se hace con Fondos Fiscales o con Fondos de Crédito Interno, el tiempo mínimo de la etapa (D) es de 15 días y la etapa (F) queda sin efecto.

Quando la construcción de la obra se hace con financiamiento del Banco Internacional de Construcción y Fomento (B.I.R.F.), la etapa (D) es de 30 días cuando todos participantes en el Concurso son de nacionalidad mexicana y de 60 días cuando alguno de los concursantes es de nacionalidad extranjera. Para el caso donde interviene el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la etapa (D) es de 30 y 45 días respectivamente.

| | | |
|--|-------------------|--------------------|
| SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS | | |
| DIRECCION GENERAL DE GRANDE IRRIGACION Y CONTROL DE RIOS DIRECCION DE PROYECTOS - DEPARTAMENTO DE CANALES | | |
| LICITACION PUBLICA INTERNACIONAL DEL CONCURSO | | |
| Conforme: _____ | | |
| JEFE DEL DEPTO. | DIR. DE PROYECTOS | CONSULTIVO TECNICO |
| DIRECTOR GENERAL | | Aprobo: _____ |
| | | SECRETARIO |
| MEXICO, D. F. SEPT-1971 | | ANEXO — C |

CONCEPTO 1.1.6.- TUBERIA ARMCO O SIMILAR

CONCEPTO 1.1.6.1.- SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBERIA NUEVA
ARMCO O SIMILAR DE 91 CM (36") DE DIAME-
TRO CALIBRE 12.

Por el precio unitario consignado para este concepto en el Catálogo, el Contratista deberá suministrar en el sitio de su colocación los tubos nuevos que sean requeridos según -- los planos de proyecto u órdenes del Ingeniero, así como sus - bandas de acoplamiento para el junteo de los tubos y todos los herrajes que sean necesarios para su completa instalación.

El contratista podrá adquirir la tubería ARMCO aquí-referida o tubería similar que ofrezca las mismas condiciones- de durabilidad, resistencia y calidad en general, a satisfac - ción del Ingeniero, transportándola a una distancia que se re- quiera para situarla en el lugar de su colocación, tomando el- debido cuidado en el manejo durante el transporte que evite da - ños o deterioros de la misma. Dicha tubería será recibida en- el sitio de su colocación a satisfacción del Ingeniero, quien- podrá aceptarla o rechazarla según el estado en que se encuen- tre al recibirla.

El Contratista deberá suministrar la tubería confor- me a las necesidades de la obra u órdenes del Ingeniero.

En caso de utilizarse la tubería ARMCO indicada en - este concepto, será la del tipo galvanizado corrugada y rema - chada, de calibre indicado y con doble capa asfáltica.

En ningún caso se podrá instalar la tubería en pre - sencia de aguas y sólo se colocará cuando la excavación se ha - ya efectuado de acuerdo con las indicaciones de los planos de- proyecto y/o las órdenes del Ingeniero.

Para efectos de pago se medirá la tubería sumministra - da e instalada por el Contratista y recibida a satisfacción - del Ingeniero expresando dicha medida en metros y aplicándose - a la misma el Precio Unitario correspondiente según el diáme - tro de la tubería para obtener la compensación al Contratista.

SUMINISTRO Y COLOCACION DE TRABES PRECOLADAS PARA PUNTES PRES FORZADOS.

CONCEPTO 3.4.2.7.- Trabe precolada de 15.50 m. de longitud.

CONCEPTO 3.4.2.8.- Trabe precolada de 12.50 m. de longitud.

Por el Precio Unitario consignado en el Catálogo para este concepto, el Contratista suministrará y colocará en los sitios de su utilización el número de traves precoladas preesforzadas que se requieran en los puentes que se indiquen en los planos, de acuerdo con las Especificaciones correspondientes y las órdenes del Ingeniero.

El Precio Unitario incluye la fabricación y colocación de las traves suministrando todos los materiales excepto el cemento y el fierro de refuerzo que serán proporcionados por la Secretaría, debiendo suministrar el Contratista el alambre y cables de preesfuerzo indicados en los planos de proyecto respectivos. El Contratista podrá variar las características del acero de preesfuerzo y el sistema de anclaje o adquirir las traves comerciales en planta, siempre y cuando las características de resistencia y calidad sean equivalentes y aceptadas previamente por el Ingeniero.

Para efectos de pago se tomará en cuenta el número de traves de cada tamaño suministradas y colocadas a satisfacción del Ingeniero, aplicándose a esta cantidad el Precio Unitario estipulado en el Catálogo para este concepto.

CONCEPTO. 3.4.4.7 Desmantelamiento y reinstalación de compuertas y mecanismos.

Por el precio unitario consignado para este Concepto, el Contratista desmantelará y reinstalará las compuertas y sus mecanismos de operación, que a juicio del Ingeniero requieran ser sometidas a reparación, reposición o rectificación total, de partes o de instalación.

Las maniobras a que se refiere el párrafo anterior comprenden además el suministro y colocación de todas las piezas dañadas o defectuosas -- que impidan el correcto funcionamiento de las compuertas y sus mecanismos; -- demolición y reposición del concreto que se requiera, tanto para el desmantelamiento y reinstalación de las compuertas en represas y obra de toma, -- como para corregir defectos en la estructura si los hubiere; suministro e -- instalación de sellos y herrajes necesarios; suministro y aplicación de pintura anticorrosiva, altamente resistente a los efectos del agua y la intemperie; mano de obra, acarreos, carga y descarga de materiales, herramienta y equipo necesarios para la ejecución de los trabajos descritos, los cuales deberán satisfacer las necesidades de la obra.

Para efectos de pago se considerará en kilogramos el peso de las -- compuertas desmanteladas y reinstaladas a satisfacción del Ingeniero.

CONCEPTOS 2.2.3.5. Y 3.3.3.5. COLOCACION DE SELLO EN LAS JUNTAS DE CONTRACCION DE LOS REVESTIMIENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO EN CANALES.

Por el precio unitario estipulado en el catálogo para estos conceptos, el Contratista colocará los materiales de relleno de las juntas de contracción de los revestimientos del canal situados en las ranuras correspondientes, según lo indican los planos de proyecto.

El Contratista deberá hacer los trabajos preliminares para la colocación del sello, eliminación de humedad, así como la limpieza de la junta a satisfacción del Ingeniero.

Los materiales de sello serán suministrados por la Secretaría en la Estación Ferroviaria más cercana al sitio de las obras, o en cualquier otro sitio que la Secretaría y el Contratista convengan, siendo por cuenta del Contratista todas las maniobras de descarga, almacenamiento y transporte hasta el lugar de su colocación, así como las mermas de los materiales y de las demoras de las descargas de los mismos. El Contratista hará las mezclas necesarias que a juicio del Ingeniero se requieran y lo aplicará en la ranura previamente ejecutada a su satisfacción.

El material deberá colocarse en la ranura antes de efectuarse el curado de concreto.

Para efectos de pago se determinará la longitud en metros de juntas rellenas a satisfacción del Ingeniero. A la longitud anterior se le aplicará el precio unitario correspondiente.

CONCEPTO 1.2.8.1.- SUMINISTRO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE ---
MADERA.

Por el Precio Unitario estipulado para este concep -
to, el Contratista hará las siguientes operaciones:

Construirá las estructuras de madera de acuerdo con -
lo que señale el proyecto o las órdenes del Ingeniero, debiendo -
el Contratista suministrar en el sitio de la construcción, todos -
los materiales necesarios: madera, clavos y herrajes en general, -
así como la mano de obra que se requiere.

La madera que suministre el Contratista deberá ser -
de primera calidad y a juicio del Ingeniero en buenas condiciones -
de trabajo, sana, no deformada ni torcida, con grietas finas y nu -
dos sanos en tal número que la suma de los diámetros de todos --
ellos no exceda del doble del diámetro del nudo máximo admisible -
de acuerdo con las Especificaciones Generales y con la disposición
y dimensiones que se indiquen en el proyecto o de acuerdo con las
órdenes del Ingeniero.

Para efectos de pago, el Ingeniero determinará en me -
tros cúbicos con aproximación de un decimal, el volumen de madera
colocada a su entera satisfacción y conforme a las dimensiones --
mostradas en el proyecto, aplicándose a dicho volumen el Precio -
Unitario estipulado en el Catálogo para obtener la compensación -
al Contratista.

FUNCIÓN

| | | | |
|-----------|---|-----------------------|----------|
| 2 | <u>CANAL PRINCIPAL.-</u> | | |
| 2.1 | <u>TERRACERIAS.-</u> | | |
| 2.1.1 | <u>DESMONTE.-</u> | | |
| 2.1.1.1 | Desmante, desenraice, desyerbe y limpia del terreno para propósitos de construcción. | Hs. | 1,184 |
| 2.1.2 | <u>EXCAVACIONES.-</u> | | |
| 2.1.2.1 | Excavación en cualquier material para formar la cubeta del canal. | M3. | 133,378 |
| 2.1.2.2 | Excavación en cualquier material en los tajos. | M3. | 48,578 |
| 2.1.2.3 | Excavaciones en cualquier material para formación de contracunetas. | M3. | 5,840 |
| 2.1.3 | <u>CONSTRUCCION DE BORDOS Y TERRAPLENES.-</u> | | |
| 2.1.3.1 | Terraplén para bordos y caminos formado con material obtenido de préstamo con acarreo. | | |
| 2.1.3.1.2 | Mayor que 50 y hasta 100 metros. | M3. | 53,885 |
| 2.1.3.1.3 | Mayor que 100 y hasta 500 metros. | M3. | 13,471 |
| 2.1.3.2 | Compensación adicional por compactación de los terraplenes construidos, según los Conceptos - números 2.1.2.1; 2.1.2.2; 2.1.2.3 y 2.1.3.1 | M3. | 67,357 |
| 2.1.3.3 | Reventimiento de caminos con acarreo libre. | | |
| 2.1.3.3.3 | Mayor que 500 y hasta 1,000 metros. | M3. | 18,648.0 |
| 2.1.4 | <u>ACARREO DE TERRACERIAS.-</u> | | |
| 2.1.4.2 | Acarreo de materiales utilizados en el Concepto 2.1.3.3.3 en los kilómetros subsecuentes al primero. | ³ M-Km. | 186,480 |
| 2.3 | <u>ESTRUCTURAS EN GENERAL.-</u> | | |
| 2.3.1 | <u>TERRACERIAS PARA ESTRUCTURAS.-</u> | | |
| 2.3.1.2 | Excavaciones en cualquier material para alojar las estructuras. | M3. | 7,629 |
| 2.3.1.3 | Relleno sin compactar, de cualquier material — excepto roca proveniente de excavaciones previas. | M3. | 495 |
| 2.3.1.5 | Relleno compactado, de cualquier material excepto roca proveniente de excavaciones previas. | M3. | 2,477 |
| 2.3.1.8 | Relleno de enrocamiento, con material proveniente de bancos de préstamo. | M3. | 100 |
| 2.3.1.9 | Rellenos de grava, o grava y arena, inclusive — " Drenes " " Lloraderos " y " Filtros ". | M3. | 30 |

| C O N C E P T O | | UNIDAD | CANTIDAD |
|-----------------|--|------------------|----------|
| CLASIFICACION | ENUNCIADO | | |
| 2.3.2 | <u>FABRICACION Y COLOCACION DE MATERIALES MANUFACTURADOS PARA ESTRUCTURAS.-</u> | | |
| 2.3.2.2 | Mamposterias para estructuras, inclusive zampeados con mortero. | M3. | 4,474 |
| 2.3.2.3 | Fabricación y colocación de concreto común. | M3. | 3,458 |
| 2.3.2.4 | Fabricación y colocación de concreto ciclópeo. | M3. | 50 |
| 2.3.2.5 | Colocación de fierro de refuerzo para concreto. | Kg. | 270,461 |
| 2.3.3 | <u>ACERO ESTRUCTURAL.-</u> | | |
| 2.3.3.1 | Suministro y colocación de acero estructural. | Kg. | 250 |
| 2.3.4 | <u>COMPUERTAS Y MECANISMOS.-</u> | | |
| 2.3.4.1 | Suministro y colocación de compuertas radiales. | Kg. | 10,328 |
| 2.3.4.2 | Suministro y colocación de compuertas deslizantes. | Kg. | 4,940 |
| 2.3.5 | <u>CONCEPTOS DIVERSOS.-</u> | | |
| 2.3.5.1 | Suministro y colocación de junta asfáltica de 2 (dos) centímetros de espesor. | M ² . | 20 |
| 2.3.5.2 | Suministro y colocación de sello de hule de 3 bulbos o de cloruro de polivinilo corrugado. | M. | 44 |
| 2.3.5.3 | Suministro y colocación de barandales de tubo de fierro galvanizado de 5.08 cm. (2") de diámetro nominal. | Kg. | 1,790 |
| 2.3.5.5 | Suministro y colocación de tubo de fierro galvanizado de 6.35 cm. (2½") de diámetro nominal para lloraderos. | Pza. | 50 |
| 2.4 | <u>SAJONES Y CONDUCTOS CUBIERTOS.-</u> | | |
| 2.4.1 | <u>TERRACERIAS PARA SIFONES Y CONDUCTOS CUBIERTOS.-</u> | | |
| 2.4.1.1 | Desmante, desmontaje, desyerbe y limpia del terreno para propósitos de construcción. | Ba. | 2 |
| 2.4. | Excavaciones en cualquier material para alojar los sifones y conductos cubiertos. | M3. | 2,352 |
| 2.4.1.3 | Relleno sin compactar, de cualquier material excepto roca, proveniente de excavaciones previas. | M3. | 344 |
| 2.4.1.5 | Relleno compactado, de cualquier material excepto roca, proveniente de excavaciones previas. | M3. | 1,377 |
| 2.4.2 | <u>FABRICACION Y COLOCACION DE MATERIALES MANUFACTURADOS PARA SIFONES Y CONDUCTOS CUBIERTOS.-</u> | | |
| 2.4.2.2 | Mampostería para sifones y conductos cubiertos, inclusive zampeados con mortero. | M3. | 453 |
| 2.4.2.3 | Fabricación y colocación de concreto común. | M3. | 730 |
| 2.4.2.5 | Colocación de fierro de refuerzo para concreto. | Kg. | 70,448 |
| 2.4.4 | <u>CONCEPTOS DIVERSOS.-</u> | | |
| 2.4.4.1 | Suministro y colocación de junta asfáltica de 2 (dos) centímetros de espesor. | M ² . | 46 |

| C O N C E P T O | | UNIDAD | CANTIDAD |
|-----------------|--|--------|----------|
| CLASIFICACION | ENUNCIADO | | |
| 2.4.4.2. | Suministro y colocación de sello de hule de 3 bulbos o de cloruro de polivinilo corrugado. | M. | 176 |
| 2.4.4.3. | Suministro y colocación de barandales de tubo de fierro galvanizado de 5.08 cm. (2") de diámetro, nominal. | Kg. | 2,340 |
| 3 | <u>ZONA DE RIEGO.-</u> | | |
| 3.1 | <u>TERRACERIAS PARA CANALES.-</u> | | |
| 3.1.1. | <u>DESMONTE.-</u> | | |
| 3.1.1.1. | Desmante, desenrúce, desyerbe y limpia del terreno para propósitos de construcción. | Ha. | 188 |
| 3.1.2. | <u>EXCAVACIONES.-</u> | | |
| 3.1.2.1. | Excavación en cualquier material, en el terreno natural, para formar la cubeta del canal. | M3. | 78,654 |
| 3.1.2.2. | Excavación en cualquier material en tajos. | M3. | 60,970 |
| 3.1.2.3. | Excavación en cualquier material para formación de contracumetas. | M3. | 5,224 |
| 3.1.3. | <u>CONSTRUCCION DE BORDOS Y TERRAPLENES.-</u> | | |
| 3.1.3.2. | Terraplén de bordos y caminos formado con material obtenido de préstamo con acarreo. | | |
| 3.1.3.2.1. | No mayor que 50 metros. | M3. | 86,287 |
| 3.1.3.2.2. | Mayor que 50 y hasta 100 metros. | M3. | 24,653 |
| 3.1.3.2.3. | Mayor que 100 y hasta 500 metros. | M3. | 12,326 |
| 3.1.3.3. | Compensación adicional por compactación de los terraplenes construídos según los conceptos 3.1.2.1. y 3.1.3.2. | M3. | 110,941 |
| 3.2 | <u>TERRACERIAS PARA DRENES.-</u> | | |
| 3.2.1. | <u>DESMONTE.-</u> | | |
| 3.2.1.1. | Desmante, desenrúce, desyerbe y limpia del terreno para propósitos de construcción. | Ha. | 144 |
| 3.2.2. | <u>EXCAVACIONES.-</u> | | |
| 3.2.2.1. | Excavación para drenes en cualquier material. | M3. | 467,023 |
| 3.3. | <u>REVESTIMIENTOS.-</u> | | |
| 3.3.1. | <u>REVESTIMIENTO DE CONCRETO.-</u> | | |
| 3.3.1.1. | Fabricación y colocación de concreto hidráulico para el revestimiento del canal. | M3. | 440 |
| 3.4. | <u>ESTRUCTURAS EN GENERAL.-</u> | | |
| 3.4.1. | <u>TERRACERIAS PARA ESTRUCTURAS.-</u> | | |
| 3.4.1.2. | Excavaciones en cualquier material para alojar las estructuras. | M3. | 8,633 |
| 3.4.1.3. | Relleno sin compactar, de cualquier material excepto roca proveniente de excavaciones previas. | M3. | 310 |
| 3.3.1.2. | Colocación de sello de juntas en el revestimiento de concreto en canales. | M. | 2,200 |

S. R. H.
IRRIGACION Y CONTROL DE RIOS
DIRECCION DE PROYECTOS
DEPARTAMENTO DE CANALES

PROYECTO " LAS ANHEAS ", TAN.
ZONA DE RIEGO MARCHE IZQUIERDA.
CANAL PRINCIPAL DEL KM. 72 + 200 AL KM.
87 + 000 Y SECCION LOPEZ RAYON 2,850 HAS.

| C O N C E P T O | | UNIDAD | CANTIDAD |
|-----------------|---|--------|----------|
| CLASIFICACION | ENUNCIADO | | |
| 3.4.1.5 | Relleno compactado, de cualquier material excepto roca, proveniente de excavaciones previas. | M3. | 869 |
| 3.4.1.9 | Rellenos de grava o grava y arena, inclusive - - " Drenas ", " Lloraderos " y " Filtros ". | M3. | 50 |
| 3.4.2 | <u>FABRICACION Y COLOCACION DE MATERIALES MANUFACTURADOS PARA ESTRIETURAS.-</u> | | |
| 3.4.2.2 | Mamposterías para estructuras, inclusive zampeados con mortero. | M3. | 5,961 |
| 3.4.2.3 | Fabricación y colocación de concreto común | M3. | 2,297 |
| 3.4.2.5 | Colocación de fierro/de refuerzo. | Kg. | 178,574 |
| 3.4.3 | <u>ACERO ESTRUCTURAL.-</u> | | |
| 3.4.3.1 | Suministro y colocación de acero estructural. | Kg. | 250 |
| 3.4.3.2 | Suministro y colocación de placas y pernos de <u>ace</u> ro para los apoyos de los puentes. | Kg. | 153 |
| 3.4.4 | <u>COMPUERTAS.-</u> | | |
| 3.4.4.1 | Suministro e instalación de compuertas tipo - - - " Miller ". | | |
| 3.4.4.1.3 | Para tubo de 61 cm. de diámetro. | Pza. | 72 |
| 3.4.4.3 | Suministro e instalación de compuertas deslizantes. | Kg. | 20,694 |
| 3.4.5 | <u>TUBERIAS DE CONCRETO.-</u> | | |
| 3.4.5.1 | Suministro e instalación de tubería de concreto. | | |
| 3.4.5.1.a | Tubo de 61 cm. de diámetro. | M. | 612 |
| 3.4.8 | <u>CONCEPTOS DIVERSOS.-</u> | | |
| 3.4.8.1 | Suministro y colocación de junta asfáltica de 2 (dos) centímetros de espesor. | M2. | 100 |
| 3.4.8.2 | Suministro y colocación de sello de hule de 3 bulbos o de cloruro de polivinilo corrugado. | M. | 125 |
| 3.4.8.3 | Suministro y colocación de barandales de tubo de fierro galvanizado de 5.08 cm. (2") de diámetro - nominal. | Kg. | 500 |
| 3.4.8.5 | Suministro y colocación de tubo de fierro galvanizado de 6.35 cm. (2 1/2") de diámetro nominal para - lloraderos. | Pza. | 540 |
| 3.4.8.6 | Suministro y colocación de tubo de asbesto cemento para desagües de los puentes y las estructuras - aforadoras. | M. | 120 |
| 3.4.8.7 | Suministro e instalación de fantasmas y señalamientos para caminos. | Pza. | 1,000 |
| 5 | <u>CAMINOS.-</u> | | |
| 5.2 | <u>REVESTIMIENTOS.-</u> | | |
| 5.2.1.1 | Revestimiento de caminos (con acarreo libre de un kilómetro). | M3. | 49,525 |
| 5.2.2 | <u>SOBREACARREO DE TERRACERIAS.-</u> | | |

S. R. H.
 IRRIGACION Y CONTROL DE RIOS
 DIRECCION DE PROYECTOS
 DEPARTAMENTO DE CANALES

PROYECTO " LAS AMIGAS ", TAH.
 ZONA DE RIOJO MARGEN LEJUIS DA.
 CANAL PRINCIPAL DEL KM. 72 + 200 AL KM.
 87 + 000 Y SECCION LOPEZ RAYON 2,350 HAG.

| C O N C E P T O | | UNIDAD | CANTIDAD |
|-----------------|---|---------------------|----------|
| CLASIFICACION | ENUNCIADO | | |
| 5.2.2.1 | Sobrecarreo de materiales para revestimiento de caminos a distancias mayores que un kilómetro | M ³ -Km. | 742,875 |
| 7. | <u>RECTIFICACION Y CONTROL DE RIOS.-</u> | | |
| 7.3 | <u>MACHINARIA Y EQUIPO.-</u> | | |
| 7.3.1 | <u>EQUIPO DE POMBEO PARA DESAGUE EN GENERAL.-</u> | | |
| 7.3.1.1 | Bomba de 50.8 mm. (2") de diámetro. | h.e. | 50 |
| 7.3.1.3 | Bomba de 102 mm. (4") de diámetro. | h.e. | 150 |
| 7.3.1.4 | Bomba de 152 mm. (6") de diámetro. | h.e. | 30 |
| 7.3.2 | <u>EQUIPO DE EXCAVACION Y REMOCION DE MATERIALES.-</u> | | |
| 7.3.2.1 | Draga de 1.15 M ³ . (1 1/2 yd ³) de capacidad. | h.e. | 100 |
| 7.3.2.3 | Tractor D + 8 Caterpillar o similar, con cuchilla de empuje. | h.e. | 150 |

CAPACITACION PARA INGENIEROS PROYECTISTAS DE ZONAS DE RIEGO

INTEGRACION Y PRESENTACION DE CONCURSOS

TEMA "D"

d.3.) Residencias de Proyectos

ING. GERARDO TENA OROZCO
Noviembre 16, 1978

1950

1951

1952

1953

1954

1955

1956

1957

1958

1959

1960

1961

1962

1963

1964

1965

1966

1967

1968

1969

T E M A D

d.3 Residencias de Proyectos

Requerimientos de Personal para los trabajos de Estudios y Proyectos en una Zona de Riego.

Se pueden presentar dos tipos de obras a realizar a-

saber:

a) Zona de Riego nueva

b) Rehabilitación de un Distrito

ESTUDIOS

a) En la apertura de Zonas de Riego nuevas, de acuerdo a la experiencia, se tendrán por cada 100 Ha de proyecto aproximadamente 1 km de canal y de 0.8 km a 1.0 km de drenes.

Los trabajos a desarrollar son, en lo que corresponde a Estudios:

- Estudios Topográficos
- Localización
- Trazo
- Nivelación
- Secciones transversales
- Estudios Geotécnicos

Estudios Topográficos.-

Localización. Se realiza mediante brigadas que comprenden:

1 topógrafo

1 chofer

6 ó 7 peones

El rendimiento de una brigada en región tropical y monte virgen es aproximadamente de 500 m/día.

Trazo Mediante brigadas integradas por:

1 topógrafo

1 chofer

5 peones

El rendimiento para las condiciones ya mencionadas es de 500 m/día.

Nivelación Brigadas compuestas de:

1 Nivelador

1 Chofer

4 peones

Que rinden aproximadamente 1 500 m/día.

Secciones transversales Brigadas compuestas por:

1 nivelador

1 chofer

6 ó 7 peones

Con rendimiento de 400 m/día aproximadamente.

Estudios Geotécnicos

También son realizados por brigadas que se integran con:

1 Ingeniero Civil

1 Muestreador

1 Chofer

5 a 10 peones

Los cuales realizan sondeos sobre los trazos a cada 500 m (a cielo abierto) y estudios de banco. Un peón haciendo pozos puede realizar alrededor de 1 pozo/día. (2 a 3 m³)

b) En rehabilitaciones se puede omitir la localización, permaneciendo los demás conceptos.

En estudios se requerirá igual número de personal para brigadas pero con rendimientos diferentes, como se indica:

| | |
|-------------|-------------|
| Trazo: | 1 000 m/día |
| Nivelación: | 1 500 m/día |
| Secciones | 600 m/día |

El personal para estudios de geotecnia es el mismo que en zonas nuevas.

P R O Y E C T O S

Tanto en zonas nuevas como en rehabilitaciones se requiere de personal de Proyectos.

Oficina de Proyectos

El rendimiento de esta oficina se estima en concursos por año.

En general, es práctica de la SARH en lo referente a Obras de Grande Irrigación, realizar concursos con importes -- que oscilen entre \$ 35 M y \$ 50M, aunque puede haber situaciones particulares que tengan diferente tratamiento. Esto, por supuesto se refiere a zonas de riego.

Actualmente, se tiene en zonas de riego nuevas un costo por Ha que varía de \$ 30 000 a \$ 40 000 en promedio. Para las rehabilitaciones el costo varía de \$ 15 000/Ha a \$ 20 000/Ha

Para fines de programación de personal de proyectos se considera que un proyectista y un dibujante rinden 1 concurso/año y que al aumentar el número de concursos disminuye el de proyectistas en relación con el número de dibujantes, de manera que 8 a 10 concursos requerirán de 4 a 5 proyectistas y de 8 a 10 dibujantes.

Laboratorio de Materiales

Se compone generalmente de:

- 1 Jefe de Laboratorio
- 1 Secretaria
- 1 Dibujante
- 1 Chofer

Los que auxiliados por dos operarios rinden un concurso/año, pudiéndose aumentar el número de operarios según las necesidades de la obra.