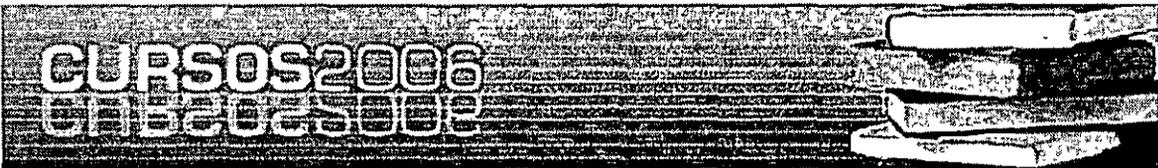




FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA



CURSOS 2006  
CA 43

# CURSOS ABIERTOS

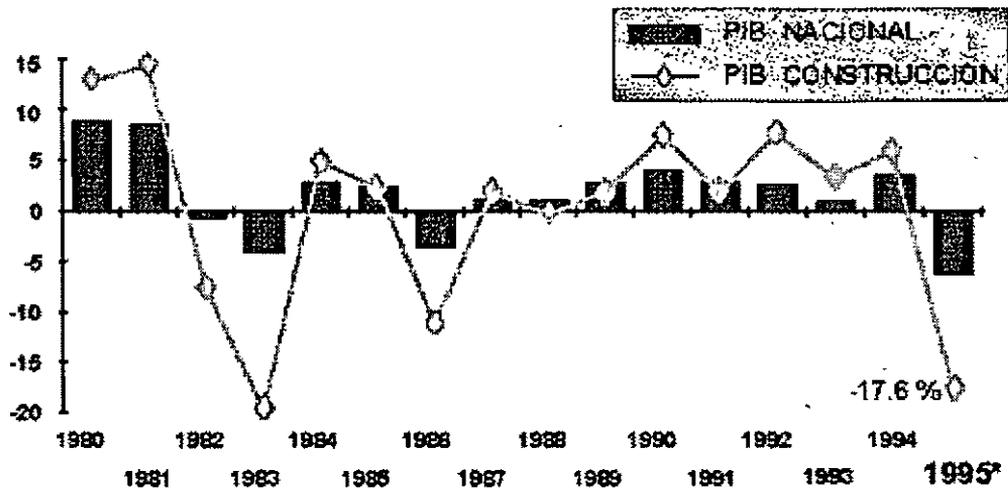
## EXCAVACIONES Y TERRACERIAS CA 43

TEMA

EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

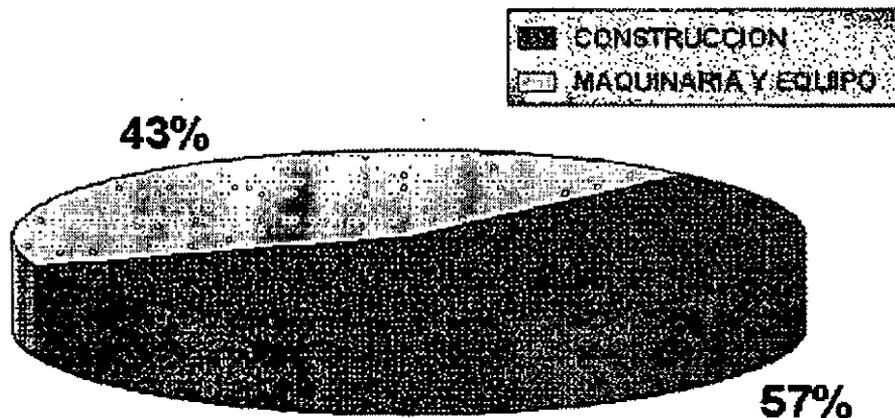
**EXPOSITOR: ING. JOSÉ LUIS ESQUIVEL ÁVILA**  
**DEL 16 AL 20 DE OCTUBRE DE 2006**  
**PALACIO DE MINERÍA**

## PIB NACIONAL DE LA CONSTRUCCIÓN



La participación de la construcción en la formación bruta de capital fijo del país ha sido desde 1988 del orden del 57% en promedio anual. Esta elevada participación es una de las principales causas de la sensibilidad del sector ante los ciclos económicos. Contribuye de manera importante a la generación de empleo. Si se consideran los sectores formal e informal su contribución puede considerarse de alrededor de 5% del empleo total nacional. El tipo de empleo generado es útil, se ocupa en gran proporción mano de obra no calificada, que en la práctica es preparada para el trabajo industrial. Otra característica relevante en materia de empleo es que el ingreso promedio anual del trabajador de la construcción ha sido 33% superior al ingreso medio nacional durante el período 1989-1991. Para los ingenieros, especialmente los civiles es una fuente de empleo por demás importante.

## PARTICIPACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN EN LA FORMACIÓN BRUTA DE CAPITAL FIJO



El sector construcción impulsa gran cantidad de industrias, algunas de ellas estratégicas, como la del cemento y el acero. Su valor agregado es del 53% aproximadamente. Sus insumos totales, en gran medida de origen nacional provienen de numerosas ramas industriales. Sin embargo mucha de la construcción es artesanal.

En la creación de la infraestructura, la construcción es casi en todos los casos, importante, pero desde luego más importante aún, imprescindible diría yo, resulta la conservación de la infraestructura, para mantenerla funcionando con eficacia y eficiencia. En México, para lograrlo, se deberán implantar fórmulas innovadoras, mecanismos ingeniosos de financiamiento y romper con viejos moldes que no permiten que inversiones importantes sean redituables.

De acuerdo con un estudio del Banco Mundial la inversión en mantenimiento presenta una tasa interna de retorno muy alta (aproximadamente 40%) en carreteras, según sus apreciaciones. Si el mantenimiento es deficiente se hace necesaria la reconstrucción prematura de la obra que evidentemente agudiza la carencia de fondos para inversión en obra nueva.

Las autoridades financieras, los constructores, los servidores públicos y los ciudadanos debemos tener conciencia de que, al tomar las decisiones de inversión y ejecutar una obra de infraestructura nueva estamos, en realidad, obligándonos a garantizar un flujo de efectivo a lo largo de su vida útil para que lo realizado funcione como se planeó, tenga la rentabilidad adecuada en lo económico y cumpla con su cometido social

La mayor parte de la infraestructura mexicana es producto del esfuerzo realizado en los últimos cincuenta años, aunque existen importantes elementos e instalaciones anteriores, especialmente en infraestructura minera, agrícola, urbana, portuaria, de ferrocarriles, eléctrica y petrolera. Sin embargo y a pesar de todo este esfuerzo falta mucho para que pueda ser considerada satisfactoria. Resolver los problemas relacionados con el tema es, sin duda, responsabilidad del país todo, de ciudadanos, gobernantes, funcionarios y políticos; pero compete, de manera muy especial a los profesionistas de las diversas ramas de la ingeniería.

Es indispensable la participación de ingenieros en las actividades de planeación, proyecto, diseño, construcción, equipamiento, puesta en servicio, operación, conservación, mantenimiento, acondicionamiento, adaptación, remodelación, rehabilitación y hasta reposición o cambio de las infraestructuras y sus elementos. La ingeniería, para cumplir cabalmente con sus obligaciones debe estar al día en su profesión y desarrollar tecnología propia a fin de que sus proyectos estén bien adaptados a los requerimientos de la sociedad mexicana.

En numerosas ocasiones los ingenieros hemos insistido en que debe precisarse el impacto social y ecológico de las acciones de construcción, conservación y mantenimiento de la infraestructura mexicana, señalar las técnicas para controlarlas y supervisarlas y establecer criterios y procedimientos para evaluarlas. Asimismo es preocupación generalizada procurar el desarrollo y continuo entrenamiento y preparación de los recursos humanos y tecnológicos que se requieren para construir, conservar y mantener la infraestructura de nuestro país.

## 1.2 Planeación

El proceso de planeación es de principal importancia en el éxito de proyectos. Varios estudios realizados durante los años 80's mostraron el impacto de una planeación adecuada en los resultados eventuales de proyectos de construcción. Uno de estos estudios (*The Business Roundtable, Planning and Scheduling - Report A-6.1*, The Business Roundtable, New York, NY. 1982) mostró que un esfuerzo excepcional de planeación puede ahorrar más del 40% de los costos, sobre los costos de un esfuerzo de planeación razonable. En este mismo estudio se mostró que la planeación pobre podría crear sobre costos del 400% y, en promedio, los proyectos con planeación pobre costarían 50% más de los proyectos con un esfuerzo razonable de planeación. Para un proyecto de bajo costo y alta efectividad es imperativo un esfuerzo coordinado de planeación.

Parece ser que existe mucha confusión en la industria de la construcción entre los términos "planeación" y "programación". Estos términos son utilizados, muy seguido, como sinónimos; son muy diferentes, aunque si están muy relacionados. El proceso de programación para un proyecto de construcción es sólo una parte del esfuerzo de planeación.

La programación del proyecto sirve como una base para relacionar diferentes funciones. Esas funciones incluyen: estimaciones, programación y control de proyecto. La planeación involucra el proceso de seleccionar el método y ordenar el trabajo para ser utilizados en un proyecto que involucra la suma total de varios métodos y secuencias posibles. Este proceso provee información detallada para la estimación y la programación así como una línea para el control de proyecto. La programación, en comparación, es la determinación del tiempo y de las secuencias de operación en el proyecto y en su ensamble para dar el tiempo de terminación total. La programación obviamente es una reflexión del plan, pero el plan debe hacerse primero. El proceso de programación puede no cubrir puntos en el plan, permitiendo revisiones, pero el plan sigue siendo primero en la jerarquía. Existen muchas aproximaciones para planear, pero el proceso como un todo es científico y sistemático, como ha sido practicado. La planeación generalmente involucra aproximadamente el 80% de memorias de procedimiento históricos y 20% de síntesis o pensamiento creativo.

Frecuentemente se tiende a seguir patrones de trabajo utilizados previamente e intentar nuevas aproximaciones solamente cuando el camino antiguo no funciona o cuando un método tradicional no es aparente. La tendencia a seguir métodos conocidos es consistente con la tendencia histórica al cambio. La construcción es una empresa de alto riesgo y no está bien aceptado tomar riesgos adicionales por utilizar métodos que no han sido probados. La modificación de un método o el uso de métodos totalmente nuevos también puede llevar a entrenamiento y supervisión adicional. Estos costos extra se suman al riesgo de los métodos no tratados.

La programación, por otro lado, es bastante sistemática y científica. Existen varios métodos bien documentados, y es posible que llegue a ser muy competente en la ejecución de programación por computadoras. Se pueden aplicar rígidos conjuntos de reglas a través de la programación para ejecutar complejos programas por computadoras. La conversión de los conceptos de planeación a programas estructurados requiere de la mano de un experimentado y muy bien entrenado programador.

El proceso de planeación es jerárquico. La planeación involucra hacer decisiones acerca de que tareas deberán ser ejecutadas, como se deberán ejecutar, quién las va a ejecutar, y cuando y en que secuencia deberán ejecutarse las tareas. Necesariamente, el proceso de planeación involucra la anticipación de acciones y la anticipación de su ejecución. Una cadena de operaciones es fundamental para el proceso de planeación, que involucra:

1. Investigación de información y análisis.
2. Desarrollo de alternativas.
3. Análisis y evaluación de alternativas
4. Selección de alternativas
5. Ejecución y retroalimentación.

La planeación excepcional, usualmente involucra la documentación de las suposiciones y el análisis realizado al final de la ordenación y la identificación de las actividades de trabajo. Esta documentación incluye las suposiciones hechas acerca de las alternativas, recursos y costo, y el criterio de decisión empleado en la selección del plan.

La planeación es el desempeño de varios niveles en varios tiempos durante la ejecución de un proyecto. Al principio de un proyecto, la planeación temprana reparte con puntos conceptuales e identifica áreas generales de responsabilidad para los diferentes participantes (propietarios, diseñadores, gerentes de construcción y consultores) en el proyecto llevado a cabo. En cambio, cada uno de esos participantes suministra planeación adicional en un nivel más detallado para anticipar lo más pronto y hacer las decisiones concernientes a las alternativas relacionadas con su área específica de responsabilidad. Esta jerarquización continúa hacia abajo a través de la organización del proyecto hacia el nivel de oficios detallados, en donde día a día y hora a hora se hacen decisiones. Como se mencionaba anteriormente, una parte significativa del proceso de la planeación involucra aprender de la historia. La documentación del plan suministra un beneficio a los participantes del proyecto al proporcionarles un proceso de aprendizaje formalizado y sistemático.

### **1.3 Definición de un problema**

Cuando se trata de buscar el equipo para resolver un movimiento de tierras o una explotación de rocas, nos encontramos con que debemos definir una serie de variables para que nuestro propósito se cumpla. Indudablemente que tenemos diferentes procedimientos de construcción que pueden resolver ésta explotación desde el punto de vista técnico, pero ¿Cuál elegir?, y por otro lado: ¿Cuál en nuestro propósito básico que nos va a orientar al elegir un procedimiento de tantos que podemos generar?. Si no tenemos respuesta a estas interrogantes entonces no existe problema. Elijamos el procedimiento que primero se nos ocurra y manos a la obra.

Recordemos que existe un problema cuando yo tengo varias vías de acción y tengo que seleccionar una de ellas, de acuerdo con un propósito definido. Ese propósito llamémoslo criterio, y ese criterio se deriva de un objetivo. Fijo el objetivo, que puede ser económico, social etc. pero siempre de carácter general, yo fijo un criterio, que se deriva del objetivo y que me va a servir para calificar cada una de las vías de acción que se me ocurran.

La necesidad de fijar un criterio se presenta por el carácter general que tiene el objetivo, normalmente se define con frases como mi objetivo es de carácter económico por ejemplo y en este caso debo definir el criterio. Podrá ser el costo mínimo, o el que dé máxima utilidad y en este caso ¿cómo voy a medirla?, ¿maximizando las ganancias?, o buscando una máxima rentabilidad de la inversión y en este caso ¿cómo voy a definir esa máxima rentabilidad de la inversión?; con la tasa interna de retorno o con un menor tiempo de recuperación de la inversión o con la utilidad actualizada. Vemos pues que no es fácil definir todos éstos parámetros, pero es absolutamente necesario si yo deseo realmente resolver mi problema de acuerdo con las necesidades de la persona o institución que está aportando los recursos para realizar el trabajo.

Podremos pues decir que yo tengo un problema cuando debo realizar una serie de acciones alternativas a determinar, para satisfacer una necesidad, con un objetivo dado, y que lo resolveré si encuentro el curso de acción o acciones óptimo en función de ese objetivo, cuya satisfacción puedo medir con un criterio dado.

En el caso de movimientos de tierra, evidentemente se pueden tener variaciones en el tipo de maquinaria, de el tamaño del equipo, en las condiciones en que el equipo va a estar a la disposición de la obra determinada, esto es si ya pertenece a la empresa o se va a comprar con diferentes alternativas, compra con opción de venta, alquiler financiero, etc. En la gráfica ([gráfica 1](#)) puede verse en un caso definido, presentado en una red de decisiones, que puede aumentar o disminuir de acuerdo con las posibilidades y el criterio de la empresa. Es recomendable tener el mínimo de restricciones, para considerar de preferencia el mayor número de alternativas.

El análisis de un problema y su solución, podemos concluir, se reducirá pues a primero estudiar en términos específicos la naturaleza del problema en sí y todos las variables relacionadas directa o indirectamente con el mismo, en seguida plantear todas las alternativas de solución posibles (desde dos hasta infinito) y seleccionar una de ellas comparándolas en función del criterio económico a usar.

La primera fase (de análisis), es muy importante, debe verse el problema desde diferentes ángulos recabar toda la información posible y verificar la veracidad de la misma, la siguiente fase será la de generación de alternativas, y es donde la creatividad tiene una importancia fundamental. No podremos dejar una sola alternativa fuera de nuestro esquema, pues puede ser la mejor (revisar las lecturas sobre creatividad que se recomiendan en el [anexo 3](#)), la labor fundamental del ingeniero será la de generar la totalidad de soluciones posibles sin olvidar una sola aunque parezca poco probable que sea la mejor. Por último viene la fase de comparación de alternativas en función de nuestro objetivo u objetivos, y al final la selección de la solución óptima.

Todas las fases de nuestro método de solución del problema son importantes, en general en este tipo de problemas relacionados con la construcción el objetivo es de carácter económico, ya que las consideraciones sociales vienen al constructor como limitaciones, por ejemplo en los caminos de mano de obra se especifica en el concurso que deberá utilizarse sólo mano de obra local, o inducirla en las especificaciones, por ejemplo usando mampostería en lugar de piezas coladas de concreto, con lo que daremos lugar a la utilización de albañiles y peones de los lugares cercanos al proyecto.

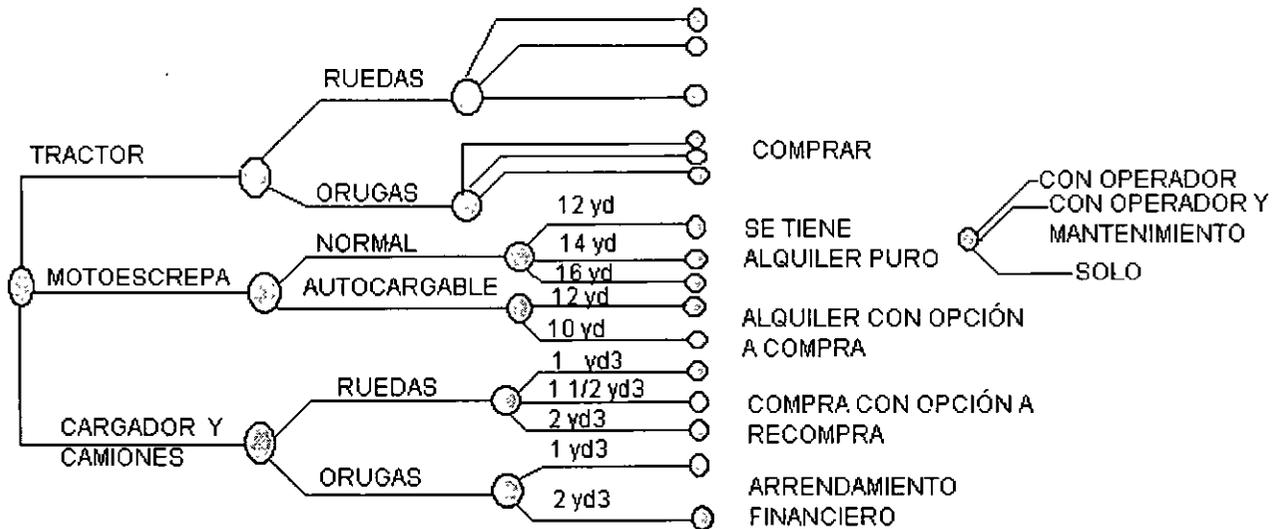
Pero decir que el objetivo es de carácter económico es una aseveración de carácter necesariamente general, debemos usar, pues, un criterio que nos permita realizar la comparación de nuestras alternativas, por ejemplo costo mínimo o máxima rentabilidad de la inversión.

Quizá el criterio de costo mínimo es el más utilizado, pero a medida que la construcción se deriva a la combinación proyecto-construcción, proyecto-construcción-financiamiento, productor independiente, concesión, etc., más y más deberá el constructor orientarse a utilizar criterios que tengan que ver con el concepto rentabilidad de la inversión en la cual es un factor importante el tiempo de ejecución del proyecto y la forma como se van a desarrollar las actividades varias del proyecto. En ese momento el criterio puede ser máxima rentabilidad. En todas el proyecto estará bajo la sombra del riesgo, del cual hablaremos con posterioridad.

Surgen así criterios como tiempo de recuperación de la inversión, tasa interna de retorno, rentabilidad actualizada, otras y combinaciones de las anteriores. También es importante el definir cómo se va a financiar el proyecto, pues el financiamiento de entidades externas conlleva costos que es necesario tomar en cuenta. Las consideraciones sobre la inflación también son importantes y yo diría que, en nuestro medio, son de capital importancia, pues en general existen diferentes inflaciones en inversiones en propiedades, en ingresos y costos, que pueden ser de fundamental importancia. Algunas consideraciones de carácter general sobre la inflación pueden verse en el anexo 9.

En el caso del movimiento de tierras, que tiene que ver con una inversión de maquinaria importante, es recomendable siempre realizar una valuación de alternativas tomando en consideración cualquiera de los esquemas que mencionamos, y que son muy sensibles a las inversiones en activo fijo y que dan lugar a consideraciones diferentes. En el ejemplo que se analizará posteriormente quedará clara la importancia de los mecanismos y los peligros que conllevan, pues si yo disminuyo la inversión al grado de, por ejemplo, rentar la maquinaria, un análisis con tasa interna de retorno me puede dar tasas importantes con utilidades tan bajas que no compensen el riesgo que se corre con el proyecto.

## PROBLEMA MOVIMIENTO DE TIERRAS GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS



**GRÁFICA 1**

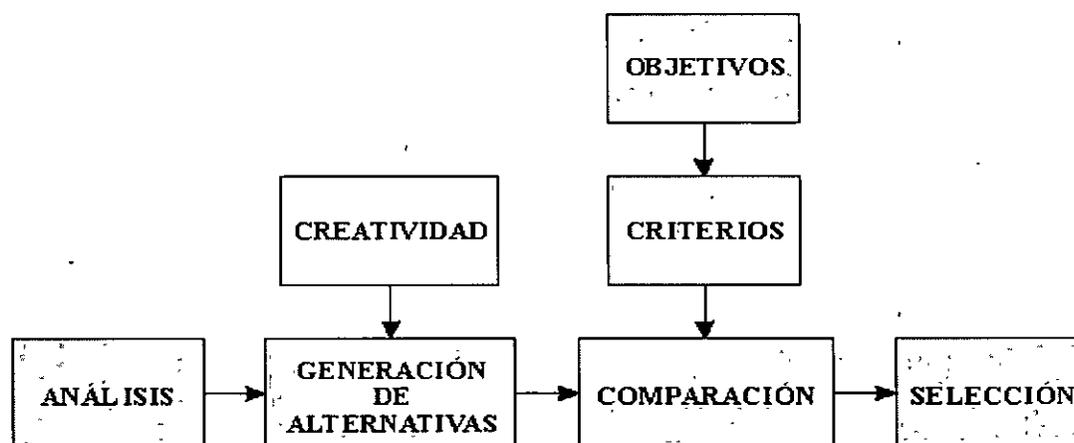
### 1.4 La planeación en la construcción

Una persona toma una decisión cuando tiene varios cursos alternativos de acción y debe seleccionar uno de ellos. Para realizar esa selección considera cual es su deseo o deseos, respecto a esa decisión, que deben ser cumplidos: a este deseo lo podemos llamar objetivo. Uno de los objetivos más comunes es el de carácter económico. Si yo tengo que seleccionar un empleo entre varias opciones, primero compararía, casi con seguridad, los aspectos económicos y luego otros objetivos relacionados posiblemente con seguridad, tranquilidad, etc. Tendría que darles peso a cada uno de los objetivos, con respecto a los demás, para poder tomar una decisión. ¿Me interesa más el aspecto económico?, ¿Que tanto más?, comparado posiblemente con seguridad o tranquilidad. Haciendo estas reflexiones seguramente puedo tomar una decisión respecto al caso que nos ocupa.

Es muy frecuente que yo no tome una decisión única, sino un conjunto de ellas, desde luego en función de mi objetivo u objetivos. En ese caso se puede considerar que se está planeando, siempre en función de un objetivo u objetivos, los cursos de acción o acciones que se deberán tomar en el curso del tiempo, en diferentes momentos, a fin de ver cumplidos mis deseos después de un cierto plazo, definido también por el que planea. Al proceso o procesos de definir esos tiempos, que marcan el inicio y el final de las diferentes acciones que deberán tomarse para satisfacer mis deseos, se le llama programación. Aunque algunos autores, norteamericanos principalmente, le dan al proceso de programación una connotación diferente; en México es usual considerarla como se apuntó previamente. La programación presenta desde luego el plan completo, organizado en función

del tiempo, pero para hacer esto, es indispensable haber definido los cursos de acción y, por supuesto, los tiempos para cumplimentar cada acción.

El conjunto debe planearse en función del objetivo u objetivos, de tal modo que estemos seguros de que satisface dichos objetivos, sin embargo, normalmente ellos son de carácter general y difíciles de evaluar por lo que se acostumbra seleccionar un criterio, más sencillo de evaluar y por lo tanto de manejar a lo largo del proceso de selección de alternativas. Por ejemplo al hablar de objetivo económico puede seleccionarse costo mínimo o máxima productividad de la inversión, o una combinación de ellos. Al pensar en productividad de la inversión se puede seleccionar tasa interna de retorno, utilidad actualizada, valor presente neto, etc. Si el objetivo es de carácter social podría seleccionarse derrama económica, generación de empleo, satisfacción de necesidades específicas, etc.



**FIGURA 1**

El proceso de toma de decisiones puede esquematizarse como se indicó en la figura No. 1 y constituye el alma de la planeación: Como se ve consta de varios pasos, el primero de investigación a fin de allegarse toda la información relacionada con el problema, el siguiente tiene a su cargo la generación de alternativas, que es un típico proceso creativo. No se debe dejar de lado ninguna alternativa que resuelva mi problema, pues puedo olvidar la mejor, o sea la solución óptima. En seguida se comparan las alternativas con el criterio o criterios que se derivan del objetivo u objetivos y posteriormente tomo con tranquilidad la decisión.

En el caso de la construcción el único objetivo a considerar es el económico, ya que los de carácter social o artístico son usuales en la elaboración del proyecto y especificaciones, y aparecerán como limitaciones, por ejemplo si uno de mis objetivos al diseñar una carretera es el de crear empleo elegiré aquellas estructuras que usen mano de obra, muros de mampostería en lugar de concreto, cortes en tierra con pala, cunetas y contracunetas zampeadas, etc.

Una vez realizado el análisis de la decisión o decisiones se pasa a la etapa de implementación y retroalimentación. La implementación se realiza ejecutando todas las labores indicadas en el proceso de planeación tal y como fueron concebidas y la retroalimentación es un sistema de control que va comparando lo ejecutado con lo planeado, en sus aspectos importantes, calidad, uso de recursos y por lo tanto costo, tiempo etc.

Es frecuente que el ingeniero no documente en forma precisa todo el trabajo realizado en la etapa de la planeación. En México se descuida ésta importantísima precaución, debe prepararse un documento donde se indique cómo se realizó la ordenación y la identificación de los trabajos, qué suposiciones se tomaron para comparar las alternativas, cómo se compararon las diversas alternativas, el proceso de selección y la obtención del programa definitivo acompañado de todos los datos que puedan requerirse para la elaboración del bien a construirse.

Casi siempre se presentan imprevistos que es difícil evitar. La falta de documentación adecuada implica dificultades para determinar quién debe pagar por las correcciones o cambios que deben realizarse para hacer frente a dichos imprevistos y, sobre todo es difícil la selección de las medidas apropiadas para hacerles frente.

Frecuentemente la planeación de la construcción debe definirse desde las etapas tempranas del proyecto: la programación y presupuestación deben analizar las diversas alternativas y valuarlas para que se optimice desde el punto de vista del ingeniero o ingenieros que diseñan. A medida que el proyecto toma forma se vuelve más importante la valuación de las alternativas, aunque generalmente se realiza sin tanta exactitud como en la fase de construcción.

## **1.5 Recomendaciones**

*El problema de definición del equipo adecuado para movimiento de tierras se equipará con el caso general de toma de decisiones.*

*Efectivamente, debemos analizar con cuidado todas las variables que tienen que ver con el caso, definiendo el comportamiento de las mismas y considerar las circunstancias externas; dichas variables, en general, son aleatorias.*

*Definidas las variables y una serie de circunstancias externas, como clima, alternativas de transporte de equipo, situación de la empresa, etc. (fase de análisis), se procede a generar todas las alternativas posibles en sus diversas modalidades, usando de ser necesario una disposición similar a un árbol de decisiones (fase de generación de alternativas).*

*Previamente, o en este momento, se requiere definir el objetivo u objetivos; en este caso normalmente es un objetivo económico y en base a este objetivo definir el procedimiento de medición (criterio). Este criterio puede ser a costo directo mínimo, costo directo más indirecto mínimo, precio mínimo, etc. Que se llaman criterios a base de mínimos costos, o en base de utilidad de la inversión como tasa interna de retorno, tiempo de recuperación de la inversión, utilidad actualizada, etc.*

*Utilizando el criterio escogido se analizan cada una de las alternativas y sobre esa base se define la más adecuada.*

*Cuando nosotros seleccionamos las posibles alternativas es conveniente no dejar ninguna afuera, deben estar listas para el análisis hasta las más inverosímiles, ya que una de ellas puede ser la*

*mas adecuada. Para lograr esto todo ingeniero requiere una buena dosis de creatividad.*

## **1.6 Equipo para excavaciones: Generalidades**

### **1.6.1 Introducción**

El acelerado avance tecnológico que ha caracterizado a este siglo, ha sido un factor determinante en la evolución de los métodos de producción en todos los campos del quehacer humano, y la Industria de la Construcción no ha sido la excepción.

La fabricación de máquinas cada vez más especializadas que se valen de los adelantos tecnológicos disponibles para lograr un alto grado de eficiencia y productividad, han resaltado la importancia de llevar a cabo la selección del equipo de construcción de una manera metódica y sistemática.

El riesgo económico inherente a la ejecución de cualquier obra civil se ve incrementado de una manera substancial cuando la selección del equipo se toma a la ligera. Por tal motivo el Ingeniero Civil debe considerar los tres aspectos fundamentales en el proceso de selección de equipo que son:

1. Tener un conocimiento claro de las máquinas disponibles en el mercado, sus principales características, sus posibilidades y limitaciones, esto con la finalidad de estar al tanto de los nuevos adelantos de la maquinaria y no perderse en la obsolescencia.
2. Tomar en consideración que cada equipo está diseñado para realizar cierto tipo de actividades en especie y están dotados de una determinada capacidad, la cual por ningún motivo debemos superar, es decir, es necesario evitar los malos hábitos de operación y el mal uso del equipo para obtener su óptimo rendimiento, y en la medida de lo posible usarlo únicamente para la actividad para la cual fue diseñado.
3. En la actualidad podemos contar con varios tipos de máquinas que pueden realizar el mismo trabajo. Por lo tanto antes de decidir cual es el más conveniente para nuestros fines, tendremos que realizar una evaluación y una comparación de sus rendimientos y desde luego costos relacionados.

Debido a lo anteriormente expuesto, la finalidad de ésta parte del curso es proporcionar al estudioso un panorama general del equipo de construcción, sus principales características, usos, rendimientos y un procedimiento de comparación para realizar la selección del equipo óptimo en función también de las limitaciones económicas y físicas.

### **1.6.2 Procedimientos de construcción**

Al analizar los "Procedimientos de Construcción", tratamos de contestar con la mayor precisión cuánto tiempo, qué maquinaria y personal se requiere para realizar una operación determinada dentro de la calidad específica y al menor costo posible o con la máxima redituabilidad de la inversión, según sea el caso.

El grado del éxito en el cumplimiento de programas y en el aspecto económico que pueda alcanzarse, depende de la capacidad de poder predecir, de la manera más precisa, las diferentes

variables y condiciones que se presentan durante la construcción y que originan los tiempo perdidos o demoras.

Existen causas y riesgos que deben valorarse antes que el proyecto sea analizado en su perspectiva total, tales como: clima, avenidas, daños físicos y descomposturas, así como problemas en la planta general de construcción, disponibilidad de equipo, personal, materiales y financiamiento, etc. Una evaluación de tales variables es un asunto de experiencia aunada a la investigación de toda la información disponible.

No basta con el estudio de los planos y especificaciones, es fundamental también examinar los factores locales y condiciones físicas del sitio, los cuales influyen en la mejor manera de llevar a cabo el trabajo y en los resultados que se obtengan en los rendimientos del equipo, así como costos y tiempo de ejecución.

Las demoras motivadas por numerosas causas y el efecto acumulado de ellas en el rendimiento del equipo, se manifiestan a través de los coeficientes de eficiencia, que son multiplicadores que sirven para reducir los rendimientos ideales o máximos del equipo, dados por los calculados u obtenidos por observaciones anteriores, dentro de condiciones más o menos buenas.

---

## **NUESTRO INGENIO Y CREATIVIDAD**

A pesar del título, lo primero que tendemos a perder los ingenieros, es el ingenio y la creatividad.

Esto se debe fundamentalmente al tipo de preparación que nos procuran en los planes y programas de estudio de ingeniería. La mayor parte de las materias que cursamos han sido concebidas para desarrollar nuestro potencial racional y analítico. De acuerdo a muchos estudios que se han realizado sobre el funcionamiento de nuestro cerebro, tales habilidades se encuentran en el hemisferio izquierdo del cerebro, y las que tienen que ver con la creatividad, arte, belleza, etc., se encuentran del lado opuesto.

Por esta razón, se equivocan quienes afirman que los ingenieros tenemos el cerebro cuadrado, si acaso, lo tenemos desbalanceado, y eso nos causa la mayoría de las veces una cerrazón infranqueable.

Actitudes tales como “NO ES IMPORTANTE”, “NO TENGO TIEMPO”, “YA TENGO LA RESPUESTA” y “NO SOY CREATIVO” son las que adoptamos y son las que más inhiben el pensamiento creativo. La rutina, la especialización y el miedo al cambio definitivamente anulan nuestro hemisferio derecho y lo condenan a un subdesarrollo irreversible.

La creatividad como cualquier otra habilidad (tocar el piano, nadar, etc.,) es susceptible de ser desarrollada. Hay quienes creen que nacemos con diferentes grados de creatividad y quienes de plano nacen careciendo de ella. Esto es tan falso como una moneda de 3 pesos.

Todos nacemos con potencial creativo, sin embargo, depende mucho del entorno en el que nos desenvolvemos, para desarrollar en mayor o menor medida nuestras habilidades del pensamiento.

Si toda su vida la ha pasado en entornos que inhiben el desarrollo de su hemisferio derecho y para acabarla de amolar resulta que se le ocurre estudiar ingeniería lo más probable es que necesite no solo desempolvar su hemisferio derecho sino darle un buen masaje y terapia para tratar de reanimarlo. ¿Cómo lo hago? Pues como lo hacemos con todas las habilidades que deseamos desarrollar, ¡ejercitando!

Citando a Roger von Oech; “hágase el tonto, rompa las reglas, deshágase de su libro de respuestas, busque respuestas erróneas, busque la ambigüedad, cometa errores, ... y ¡vuélvase creativo!”.

Existen diversas técnicas orientadas a mejorar estas habilidades, a continuación se presenta un procedimiento desarrollado por Roger von Oech que consiste en identificar cuatro papeles que debemos desempeñar para mejorar todo nuestro proceso creativo.

El Explorador. Búsqueda de información.

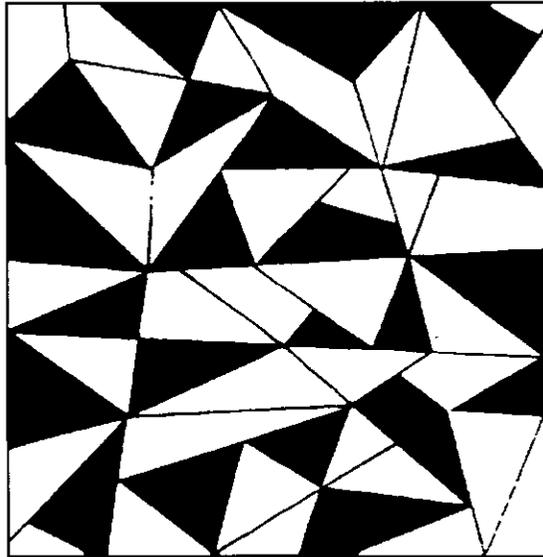
El Artista. Transformación de la información en ideas.

El Juez. Evaluación y decisión sobre las ideas creadas.

El Guerrero. Lleva al cabo la idea.

## **El Explorador. Búsqueda de información.**

1. Establezca un punto de vista interior (de adentro hacia fuera). Busque materia prima nueva.
2. Conozca su objetivo. Pregúntese qué trata de encontrar.  
Ejercicio: Busque una estrella perfecta en el siguiente cuadro. Mientras lo hace, trate de observar las estrategias de búsqueda que aplica.



3. Busque en áreas diferentes de la suya (atraviése sus límites). Utilice relaciones entre objetos y situaciones.

4. Busque muchas ideas. Siempre hay mas de una respuesta correcta.  
“No hay nada más peligroso que una idea cuando es la única que tiene”

5. Espere lo inesperado. Abra su mente a cosas que no tienen relación aparente con su problema.  
“Si no espera lo inesperado no lo encontrará”

6. Cambie su planteamiento. Ponga atención en todas las clases de información.  
Ejercicio: Se dividieron las primeras 10 letras del alfabeto en dos grupos.

Grupo 1: A E F H I

Grupo 2: B C D G J

¿Cuál es el patrón que diferencia a ambos grupos? Si lo reconoce, ¿en qué grupo irían la K, la R y la T?

7. No pase por alto lo obvio. Pregúntese qué recursos tiene frente a usted.

8. Ponga atención a las pequeñas cosas. Mida su impacto.

9. Mire un panorama grande. Pregúntese cuáles son las implicaciones más importantes de su idea.  
“Es difícil ver el cuadro cuando usted está dentro del marco”

10. Enfrente sus miedos. Peligro vs Oportunidad.

11. Rompa su rutina. Imponga obstáculos para interrumpirla.

12. Encuentre ideas que ya tiene. Use conceptos gatillo y relaciónelos con su problema.

13. Busque cosas divertidas. Le ayudarán a hacer su idea mas interesante y atractiva.

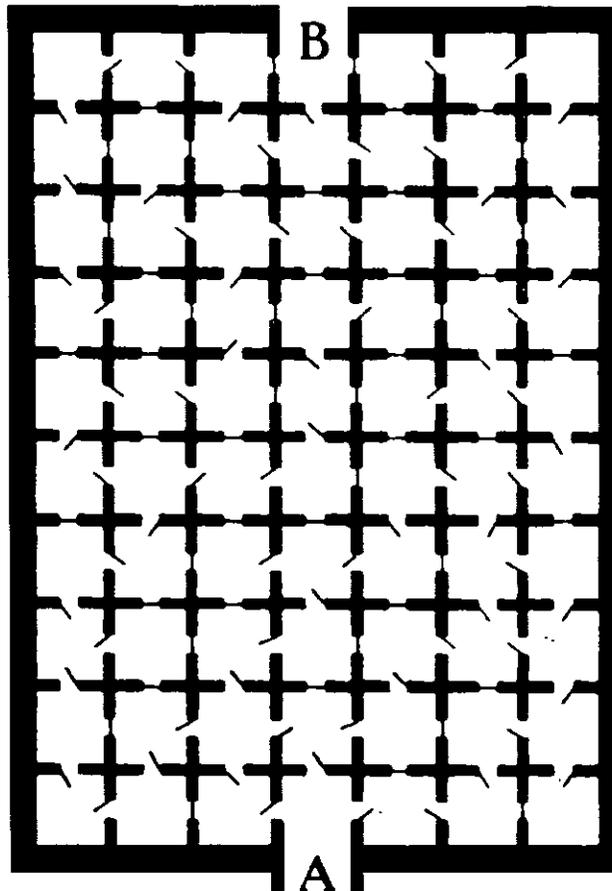
## **El Artista. Transforma la información en ideas nuevas.**

1. Haga algo con la información.
2. Analice el trabajo de los artistas a su alrededor.
3. Adáptelo. Cámbielo de contexto.
4. Imagínelo. Pregúntese que pasaría si . . .
5. Inviértalo. Vea las cosas al revés.

Ejercicio: Un viejo rey excéntrico quiere legar su trono a uno de sus hijos. Decide que habrá una carrera de caballos y el hijo que tenga el caballo mas lento será el rey. Los hijos, temiendo que el otro haga trampa y corra su caballo mas lento de lo que es, solicitan el consejo de un hombre sabio. Con sólo dos palabras, el hombre sabio les dice cómo asegurarse de que la carrera será justa. ¿Cuáles son esas dos palabras?

6. Relaciónelo. Una sus ideas.
7. Compárelo. Haga una metáfora.
8. Rompa las reglas.

Ejercicio: En el siguiente laberinto vaya del punto A al punto B de dos formas.



9. Haga una parodia. Hágase el tonto.

10. Incube. No haga nada.

### **El Juez. Evalúa una idea y decide que hacer con ella.**

1. Conozca el objetivo.

“Si no entiende un problema, explíquese a alguien y escúchese”

2. Evalúe lo positivo. ¿Qué es interesante y qué vale la pena?

“Si es nuevo y es útil entonces es creativo”

3. Evalúe lo negativo. ¿Cuáles son las desventajas?

4. ¿Cuáles son las posibilidades de éxito?

5. Si fracasa, ¿qué podrá recuperar?

6. ¿Es el momento oportuno?

7. Conozca el tiempo límite para tomar la decisión.

“Si pasa mucho tiempo calentando, perderá la carrera. Si no calienta, quizá no termine la carrera”

8. ¿Qué suposiciones hace?

Ejercicio: Usted entra en una habitación y encuentra a Juan y a María muertos en el piso. Hay un vidrio roto y agua alrededor de ellos. Su trabajo es descifrar cómo murieron.

9. Actitud. ¿Sus suposiciones todavía son válidas?

10. Punto ciego. ¿Qué suposiciones hace sin darse cuenta?

11. Arrogancia. ¿Tuvo éxito en el pasado con ideas similares?

12. Veredicto. ¿Cuál es su decisión?

## **El Guerrero. Lleva al cabo su idea.**

1. Sea atrevido.

2. Conozca sus cualidades que le permitirán realizar su idea.

3. Conjunte su plan. ¿Cuál es su estrategia?

“A menudo una persona se enfrenta al destino por el camino que toma para evitarlo”

4. ¿Qué lo motiva a alcanzar su objetivo?

5. ¿Qué está dispuesto a arriesgar? ¿Cuáles son las consecuencias de un fracaso?

6. Póngase en marcha. ¿Qué excusas no le permiten empezar?

7. Capitalice sus recursos. ¿Quiénes son las 5 personas que lo pueden ayudar realizar su idea?

8. Prepárese para la crítica.

9. Venda su idea. Si no se vende no es creativo. Utilice el producto del producto.

10. ¿Qué habilidades puede desarrollar para poner en práctica su idea?

11. Sea tenaz. Si cae, levántese.

12. Utilice su energía sabiamente. ¿Cuáles son las batallas innecesarias?

13. Siga adelante. ¿Qué obstáculos pueden interponerse? ¿Cómo puede evitarlos?  
"Si siempre acierta es por que el blanco está muy cerca"

14. Saboree sus victorias y aprenda de sus derrotas. ¿Qué logró? ¿Qué aprendió?

## **ANEXO 3**

### **LECTURAS SOBRE CREATIVIDAD**

- La creatividad en la Ingeniería, Federico Alcaraz Lozano, Ed. SITESA
- El arte de resolver problemas, Ackoff, Ed. Limusa
- El pensamiento paralelo, Edward de Bono, Ed. Paidós
- El pensamiento creativo, Edward de Bono, Ed. Paidós

---

## **ANEXO 9**

### **ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN**

#### **"ESTRATEGIAS EN ÉPOCA INFLACIONARIA"**

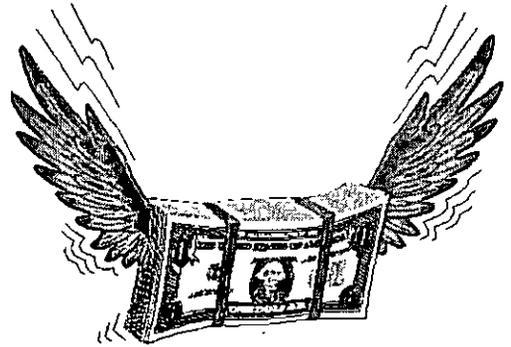
#### **LA INFLACIÓN SE PRESENTA COMO:**

- **PÉRDIDA DEL PODER ADQUISITIVO DE LA MONEDA**

**ESTO TIENE COMO CONSECUENCIA PROBLEMA DE TODA INDOLE, INJUSTICIAS PARA EL TRABAJO Y COMPLEJIDAD EN EL MERCADO.**

# LA INFLACIÓN PROVOCA

- DESALIENTO A LA PRODUCTIVIDAD QUE ALIENTA LA ESPECULACIÓN
- DESALIENTO DE LAS INVERSIONES A LARGO PLAZO Y ALTOS INTERESES



## **POR RAZÓN NATURAL TIENE COMO CONSECUENCIA LA DEVALUACIÓN**

DE NUESTRA MONEDA CON RESPECTO A MONEDAS FIRMES, LO QUE OCASIONA EN LAS PERSONAS **INCERTIDUMBRE**, NO SE SABE LO QUE VA A SUCEDER, **DESCONFIANZA**, NO SE SABE CUAL ES LA RAZÓN DE LOS AUMENTOS.

## **TAMBIÉN LLEVA A UNA DISTORSIÓN DE PRECIOS RELATIVOS**

LO QUE PUEDE DAR LUGAR A

- CONTROL DE PRECIOS
- VARIOS NIVELES DE CAMBIO
- DESALIENTO A IMPORTACIONES

**NO SE APLICAN LOS MODELOS A QUE ESTAMOS ACOSTUMBRADOS**

# LA DISTORSIÓN DEL INGRESO

GENERA:

- SECTORES BENEFICIADOS POR UN MAYOR AUMENTO DE LA DEMANDA
- SINDICATOS MAS FUERTES QUE OTROS
- GANANCIAS POR ESPECULACIÓN
- PROBLEMAS SOCIALES

## IMPACTO SOBRE LA INVERSIÓN

- SE PREFIERE INVERSIÓN PRIVADA EN CAMPOS ALTAMENTE RENTABLES Y A CORTO PLAZO
- SE CREAN LAGUNAS CUBIERTAS POR EL GOBIERNO, QUE IMPLICAN SUBSIDIOS Y DÉFICIT PÚBLICO
- GENERA DEPENDENCIA DEL EXTERIOR EN MUCHOS ARTÍCULOS



## IMPACTO SOBRE EL DÉFICIT PÚBLICO

- LOS SUBSIDIOS OCULTOS DAN LUGAR A DESIGUALDADES
- EL GASTO PÚBLICO CRECE MAS RÁPIDO QUE EL RESTO DE LA ECONOMÍA
- EL ENDEUDAMIENTO EN LAS EMPRESAS Y PERSONAS CRECE.

# **IMPACTO SOBRE EL COMERCIO EXTERIOR**

- IMPORTACIONES CRECIENTES
- PÉRDIDA DE COMPETITIVIDAD DE LAS EXPORTACIONES
- REQUERIMIENTO DE CRÉDITO EXTERNO PARA CUBRIR EL DÉFICIT COMERCIAL
- DEVALUACIÓN

## **CONTROL DE PRECIOS**

- CREA PRESIÓN SOCIAL DERIVADA DE LA DISTORSIÓN DEL INGRESO
- PROVOCA FALTA DE OFERTA QUE SE REMEDIA CON SUBSIDIOS
- AUMENTA EL TAMAÑO DEL SECTOR PARAESTATAL (PÉRDIDAS)

## **ASPECTOS POLÍTICOS**

- PRESIONES SOCIALES
- INCAPACIDAD DEL MANEJO DE LA CRISIS
- AFECTA LA ESTABILIDAD DE LOS GOBIERNOS

## **AJUSTE DE LOS TÉRMINOS DEL INTERCAMBIO**

**AFECTA:**

- EL TIPO DE CAMBIO COMO FACTOR DE CONVERSIÓN

- EL FLUJO DE DIVISAS
- LA ESPECULACIÓN CON LAS DIVISAS PROVOCA EL DESAJUSTE DE LA BALANZA COMERCIAL
- LOS DÉFICITS SE CUBREN CON ENDEUDAMIENTO EXTERNO

## **SE PRESENTAN FENÓMENOS ESPECULATIVOS**

- EXPECTATIVAS DE LA DEVALUACIÓN
- ATESORAMIENTO DE MONEDA EXTRANJERA QUE AFECTA

AL AHORRO  
Y A LA SEGURIDAD

- PROVOCANDO UN CÍRCULO VICIOSO

## **DETERIORA LA CONFIANZA EN LAS INSTITUCIONES**

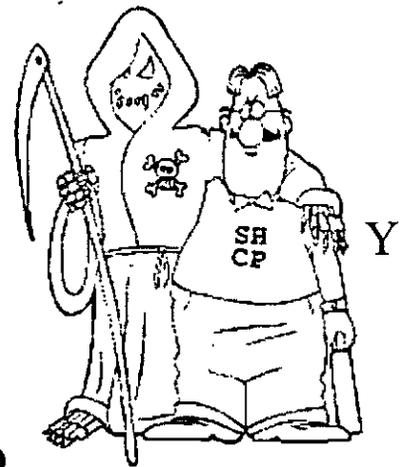
- DETERIORO DE LOS AHORROS
- DIFICULTAD EN EL PAGO DE PASIVOS EN MONEDA EXTRANJERA
- PROBLEMAS DE PRODUCCIÓN POR FALTA DE MATERIAS PRIMAS Y REFACCIONES IMPORTADAS
- ÉXITO DE LA ESPECULACIÓN
- DIFICULTAD PARA IMPLANTAR MEDIDAS CORRECTIVAS

# **COSTO ECONÓMICO DE LA DEVALUACIÓN**

## **BENEFICIOS COMERCIALES PARA EL PAÍS DESPUÉS DE ALGÚN TIEMPO**

- LA PRESIÓN INFLACIONARIA IMPULSA

LOS SUSTITUTOS DE IMPORTACIONES  
LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS EXPORTABLES  
PERO AUMENTA LOS PRODUCTOS CON CONTENIDO IMPORTADO SUBSTANCIAL  
Y LAS EMPRESAS ENDEUDADAS EN MONEDA EXTRANJERA



- SE TRADUCE EN UNA RECESIÓN, BAJA TASA DE CRECIMIENTO Y DESEMPLEO

## **DISTORSIÓN DE ESTADOS FINANCIEROS**

- UTILIDADES FICTICIAS
- CUENTAS POR COBRAR SOBREVALUADAS
- DEPRECIACIÓN INSUFICIENTE

## **ACTIVOS E INVENTARIOS SOBREVALUADOS**

- DEUDA SOBREVALUADA

# **RELACIÓN PRODUCCIÓN-UTILIDADES**

- MODIFICA LA DURACIÓN DEL CICLO PRODUCTIVO
- DIFICULTA LA REPOSICIÓN DEL INVENTARIO
- EL CRECIMIENTO NOMINAL Y EL REAL DEL NEGOCIO SON DIFERENTES
- SE PAGAN IMPUESTOS POR UTILIDADES FICTICIAS.

## **RIESGO CAMBIARIO**

**DEBIDO A:**

- INCERTIDUMBRE AL PRONOSTICAR FECHA Y MONTO DE LA DEVALUACIÓN

## **PUNTO DE VISTA FINANCIERO**

**TIENEN QUE ANALIZARSE POR SEPARADO:**

- PARTIDAS EN MONEDA NACIONAL
- PARTIDAS EN MONEDA EXTRANJERA
- PARTIDAS NO MONETARIAS

**Y DEBE CUIDARSE**

- EL RIESGO A CORTO PLAZO
- EL FLUJO DE CAJA
- EL RIESGO CAMBIARIO

## **PUNTO DE VISTA COMERCIAL**

- AUMENTOS DE PRECIOS QUE PUEDEN DISMINUIR VENTAS

- CLIENTES CON DIFICULTADES
- AFLOJAMIENTO DE LA DEMANDA
- IMPACTO SOBRE PRECIO
- ANÁLISIS DE LOS CLIENTES

## **PUNTO DE VISTA PRODUCTIVO**

- ESCASEZ DE MATERIAS PRIMAS Y REFACCIONES IMPORTADAS E INSUMOS EXTRANJEROS
- SE PREMIA LA GENERACIÓN DE DIVISAS

## **PLANEACIÓN, INVERSIÓN Y CRECIMIENTO**

### **SE RECOMIENDA:**

- LA EVALUACIÓN CUIDADOSA DE LAS INVERSIONES

## **• OPORTUNIDADES**

SALIDA DE COMPETIDORES  
 SUBSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES  
 EN MERCADOS EXTERNOS SE INCREMENTAN  
 LAS FUSIONES Y ADQUISICIONES

## **MAQUINARIA Y PERSONAL**

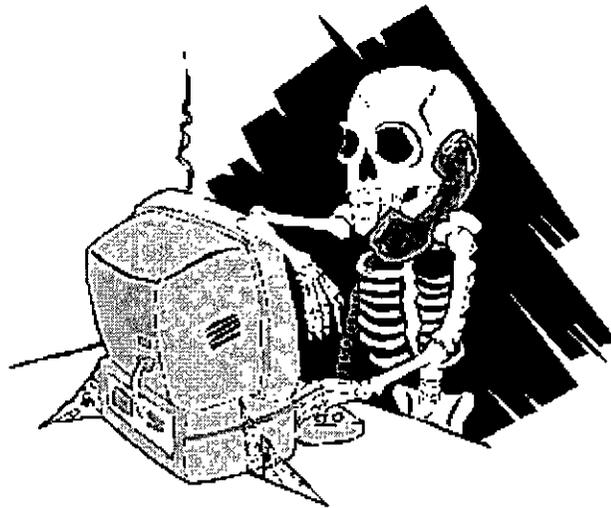
### **LA MAQUINARIA CONSTITUYE:**

- ELEMENTO CLAVE EN LA CONSTRUCCIÓN
- CONVIENE CONSERVAR PERSONAL MEDIO Y ALTO

- SE DEBE VIGILAR LA AMORTIZACIÓN DE LA MAQUINARIA DE MODO QUE AL TERMINO DE LA VIDA ECONÓMICA SE PUEDA COMPRAR EL EQUIPO A SU NUEVO VALOR.

## **SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO**

- SER FLEXIBLE CON EL PERSONAL Y MAQUINARIA
- DAR ATENCIÓN PRIORITARIA AL MANEJO DE LOS CONTRATOS



## **FLUJO DE EFECTIVO EN LA CONSTRUCCIÓN**

- EVITAR EL FINANCIAMIENTO AL CLIENTE
- CUIDAR EL MANEJO DE LOS CONTRATOS
- TENER SIEMPRE CLÁUSULAS ESCALATORIAS
- GENERAR PROTECCIÓN CONTRA DEVALUACIONES
- VIGILAR LAS CONDICIONES DE COBRO

## **MERCADO DE LA CONSTRUCCIÓN**

## LOS CLIENTES TOMAN:

- MEDIDAS DE AUSTERIDAD
- SE AUMENTAN LOS PROBLEMAS DE COBRANZA
- DEBE PUES PROCURARSE FLEXIBILIDAD EN LA CONTRATACIÓN

## FINANCIAMIENTO Y TASAS DE INTERÉS

- LA INFLACIÓN PRODUCE TASAS DE INTERÉS ALTAS
- EL FLUJO DE EFECTIVO ES DIFÍCIL
- LOS PLAZOS EN LOS CRÉDITOS OTORGADOS POR LA BANCA SON MÁS CORTOS Y CONVIENE:
- ORIENTACIÓN A PROYECTOS DE:

BAJA INVERSIÓN  
GENERACIÓN DE EFECTIVO  
RÁPIDA Y ALTA



## TEMA 2

# FACTORES PARA LA SELECCIÓN TÉCNICA DEL EQUIPO

### 2.1 Factores de eficiencia en el rendimiento de equipo de construcción.

Los factores que afectan la eficiencia en el rendimiento de equipo de construcción pueden reunirse en los siguientes grupos:

1. Demora de rutina.- Son todos aquellos factores que se derivan de las demoras inevitables del equipo, independientemente de las condiciones propias del sitio de la obra, organización, dirección y otras variables significativas.  
Ningún equipo mecánico puede trabajar continuamente a su capacidad máxima. Además, son importantes, los tiempos en que es abastecida la unidad con lubricantes y combustibles, y por otra parte, la necesidad que hay, sobre la marcha, de efectuar revisiones a elementos, como tornillos, bandas, cables, arreglo de llantas, etc.; lo que significa paros o disminuciones en el ritmo de trabajo.  
Por otro lado, interviene el factor humano, representado por el operador de la máquina, en relación a su habilidad, experiencia y a la fatiga inevitable después de varias horas de actividad (al respecto se recomienda fijar turnos máximos de ocho horas evitando las horas extras, de las que poco rendimiento se obtiene).
2. Restricciones en la operación mecánica óptima.- Estas originan un efecto reductor en el rendimiento, debido exclusivamente a limitaciones en la operación mecánica óptima de los equipos. Se refiere a casos como el ángulo de giro, a la altura o la profundidad de corte, las pendientes de ataque, coeficientes de rodamiento, etc.
3. Las condiciones del sitio.- Se refiere a las condiciones propias del lugar en que está enclavada la obra y el punto o frente concreto donde operan las unidades.  
Se producirían ciertas pérdidas de tiempo, por las condiciones en el sitio, como son:
  - a) Condiciones físicas.- La Topografía y Geología, las características geotécnicas del suelo y rocas, las condiciones hidráulicas superficiales y subterráneas, el control de filtraciones, etc.
  - b) Condiciones del Clima.- Temperatura máxima y media, heladas, precipitaciones (lluvia media anual, su distribución mensual y diaria, su intensidad, efecto en el sitio de trabajo y en los caminos), estaciones del año, número de días soleados, etc.
  - c) Condiciones de Aislamiento.- Vías de comunicación disponibles para abastecimiento, distancia de centros urbanos o industriales para obtener personal y abastecer de materiales a la obra, cercanía a otras fuentes de trabajo que puedan competir en la ocupación del personal, en algunas ramas especializadas.
  - d) Condiciones de adaptación.- Grado de adaptación del equipo de trabajo, para sortear las causas agrupadas en las condiciones anteriores, características de la obra o de sus componentes derivados del proyecto, que tiendan a disminuir la producción y los rendimientos del equipo, conexión de dependencia y posibilidades de balanceo entre máquinas.
4. Por la Dirección y Supervisión.- Es el grupo de factores procedentes de la planeación, organización y operación de la obra, llevadas a cabo por la organización constructora. El

conocimiento y experiencia del responsable de planear la construcción en una obra, juega un papel decisivo en el grado de eficiencia que se obtenga del conjunto y de cada operación, por lo que a la producción y al rendimiento de equipo se refiere.

Por otra parte, el grado de vigilancia y conservación de la maquinaria, el suministro de materiales y personal, el apoyo de las operaciones de campo, talleres y servicios auxiliares adecuados, explican las diferencias observadas en los rendimientos del equipo.

- Por la actuación del contratante.- En términos generales se puede afirmar, con base en una experiencia bien conocida de los constructores, que la actuación del organismo contratante de una construcción, influye indiscutiblemente en la economía general de la misma y por lo tanto, en los rendimientos que puedan lograrse de la maquinaria utilizada.

Las causas o factores que pueden afectar la eficiencia del rendimiento en el equipo, por lo que al contratante se refiere, se estima que pueden resumirse de la siguiente forma:

- Por la oportunidad en el suministro de planos, especificaciones y datos de campo.
- Por el pago puntual de las estimaciones de obra. Es algo bien conocido, el efecto benéfico que en la eficiencia general de la obra, tiene este aspecto.
- Por el tipo y experiencia del Ingeniero residente o la supervisión en su caso.

La influencia de esto en el factor de eficiencia, tiene varios aspectos que se expondrán a continuación.

El valor fundamental del Ingeniero residente o la Supervisora en cualquier proyecto de construcción, tiene también mucho que ver con su disponibilidad y permanencia en el sitio de la obra para dirigir al contratista, resolver sus problemas y satisfacer las preocupaciones de las autoridades o contratantes, locales, políticas o administrativas y dirigir a su propio personal de campo u oficina. Los planos y las especificaciones que se entregan, necesitan con frecuencia ser revisados, aclarados, explicados y a veces complementados.

En la tabla 1 podemos encontrar una serie de porcentajes que multiplicaremos por el rendimiento teórico en función de las condiciones de obra que tienen que ver con la dificultad relativa, con el clima, posibilidad de inundaciones, etc. Las condiciones de administración se relacionan con la organización misma del grupo de trabajo que va a llevar a cabo la obra, por ejemplo la capacidad de la superintendencia y los operadores, la eficiencia del grupo de supervisión, en fin con todas las variables que se enumeraron antes clasificadas en estos dos grandes rubros.

## 2.2 FACTORES DE EFICIENCIA PARA LAS CONDICIONES DE OBRA Y DE ADMINISTRACIÓN.

CONDICIONES DE OBRA	CONDICIONES DE ADMINISTRACIÓN			
	EXCELENTE	BUENA	MEDIANA	MALA
EXCELENTE	0.84	0.81	0.76	0.70
BUENAS	0.78	0.75	0.71	0.65
MEDIANAS	0.72	0.69	0.65	0.60
MALAS	0.63	0.61	0.57	0.52

TABLA 1

## 2.3 GENERALIDADES SOBRE EL MÉTODO DE EVALUACIÓN PARA CONOCER EL RENDIMIENTO TEÓRICO

El rendimiento es la cantidad de obra que realiza una máquina en una unidad de tiempo. El rendimiento teórico aproximado se puede valorar de las siguientes formas:

1. Por observación directa.- La obtención de los rendimientos por observación directa es la medición física de los volúmenes de los materiales movidos por la máquina, durante la unidad horaria de trabajo.
2. Por medio de reglas o fórmulas.- El rendimiento aproximado de una máquina por este método puede estimarse del modo siguiente: se calcula la cantidad de material que mueve la máquina en cada ciclo y ésta se multiplica por el número de ciclos por hora. De esta forma se obtiene el rendimiento diario.

$$m^3/hora = (m^3 / ciclo) \times (ciclo / hora)$$

La cantidad del material que mueve la máquina en cada ciclo, es la capacidad nominal de la máquina afectada por factores de corrección, expresado en porcentaje, que depende del tipo de material.

$$m^3/ciclo = \text{Capacidad nominal de la máquina} \times \text{factor de corrección.}$$

El factor de corrección se puede determinar empíricamente para cada caso en particular, o sea, por medio de mediciones físicas o tomarse de los manuales de fabricantes.

3. Por medio de tablas proporcionadas por el fabricante.- Los fabricantes de equipos cuentan con manuales donde muestran los rendimientos teóricos de las máquinas que producen para determinadas condiciones de trabajo. Los datos se basan en pruebas de campo, simulación en computadora, investigaciones en laboratorio, experiencia, etc.

Repetimos que debe de tomarse en cuenta que todos los datos se basan en un 100% de eficiencia, algo que no es posible conseguir ni aún en condiciones óptimas en obra. Esto significa, que al utilizar los datos de producción es necesario rectificar los resultados que se obtienen por los métodos anteriores mediante factores adecuados a fin de determinar el menor grado de producción alcanzada, ya sea por las características del material, la habilidad del operador, la altitud y otro número de

factores que pueden reducir la producción de un determinado trabajo. Podemos utilizar para el caso, como un cálculo aproximado, la tabla 1.

## **2.4 MATERIALES Y FACTORES VOLUMÉTRICOS DE CONVERSIÓN**

En los movimientos de tierra y roca, la consistencia y dureza de los diferentes materiales determina:

- El método de trabajo a adoptar
- El tipo de máquina a emplear
- El rendimiento de las máquinas elegidas y por consiguiente el costo.

La naturaleza del terreno influye considerablemente en la excavación, carga, transporte y descarga. Influye también en la forma que se le dará a las obras como consecuencia de la estabilidad de los taludes.

Según sus posibilidades de extracción se distinguen dos categorías de terrenos sueltos, los que se pueden extraer directamente por medios manuales o mecánicos (material I y II) y terrenos rocosos, (material III), los que requieren una disgregación previa a su extracción generalmente por medio de explosivos.

### **1.- TERRENOS SUELTOS.**

- Terrenos ligeros: tierra vegetal seca, arena seca, grava fina.
  - Terrenos ordinarios: tierra vegetal húmeda, tierra mezclada con arena, arena húmeda, arena arcillosa compacta, grava fina arcillosa compacta, grava gruesa, turba.
  - Terrenos pesados: arcilla húmeda, margas compactas, aglomerados disgregados.
  - Terrenos muy pesados: arcilla húmeda margas compactas, aglomerados consistentes, gneis blando, pizarra, piedras calizas resquebrajadas, rocas descompuestas.
- Estos terrenos son tanto más difíciles de extraer cuando más agua y arcilla contienen (terrenos adherentes)

### **2.- TERRENOS ROCOSOS.**

- Rocas Blandas: caliza, blanda, creta, gneis, pizarra compacta, conglomerados.
- Rocas duras: caliza dura, granito gneis.
- Rocas muy duras: granito y gneis compactos, cuarzo, cuarcita, sienita, pórfido, basalto.

La dureza de los terrenos rocosos depende de su constitución geológica y su formación estratigráfica, siendo las rocas en estratos gruesos y compactos mucho más duras y difíciles de extraer que las rocas que se encuentran en capas delgadas y fisurables.

Los taludes que limitan los movimientos de tierra deben de tener cierta inclinación con la horizontal para mantenerse en equilibrio estable. El talud natural es mayor para terrenos

secos o ligeramente húmedos que para los terrenos muy húmedos o impregnados de agua. Es importante tener en cuenta que al excavar un material aumenta su volumen y disminuye su densidad. El porcentaje de aumento en el volumen se denomina expansión. Por ejemplo: La expansión media del basalto es de 49% esto significa que un metro cúbico de basalto en el banco ocupa un espacio de 1.49 metros cúbicos cuando es tronado y queda en estado suelto. El factor de conversión volumétrica que sirve para calcular el porcentaje de reducción es el inverso de la expansión ó sea que en el basalto del ejemplo será  $1.00/1.49 = 0.67$  lo cual significa que para obtener un metro cúbico de basalto suelto necesitamos  $0.67 \text{ m}^3$  de este material en banco.

La tabla de características de los materiales incluye en valores aproximados, respectivamente, los factores de conversión volumétrica y los porcentajes de expansión de los materiales más comunes.

Con fines de aclaración, supóngase que un trabajo requiere mover  $150,000 \text{ m}^3$  en banco, de arcilla seca. Utilizando las cifras de la tabla, el factor de conversión es 0.81 y la expansión es 23%. Se hallan los metros cúbicos sueltos mediante el factor de conversión y se tendrá:  $150,000 \times 1.23$ , de modo que aumentarán a 184,500 de material suelto. La densidad y el factor de conversión volumétrica de un material varían según factores tales como: la granulación, el contenido de humedad, el grado de compacidad, etc. Para establecer exactamente las características de un material, será necesario efectuar un análisis.

Cuando un material suelto se coloca en algún terraplén y se compacta por medio de equipo de compactación se contrae. Esta contracción depende de las características del material y el método de compactación que se utilice. Materiales como la roca pueden conservar algo de abundamiento después de aplicada la compactación mientras que materiales más suaves pueden reducirse al 80 ó 90% del volumen en banco. En el cálculo de ciertos conceptos de trabajo usualmente se utilizan metros cúbicos compactados, es decir que han sufrido contracción al ser manipulados en las obras como podría ser, al colocarse en un camión.

De manera análoga al factor de conversión por abundamiento o expansión, se obtiene el factor de contracción, compactación o factor volumétrico de conversión.

$$\text{Factor de compactación} = \text{Volumen compacto} / \text{Volumen en banco.}$$

En la tabla sobre densidades aproximadas de materiales se muestran diversos procesos en donde se observan abundamientos y compactación en materiales.

Por ejemplo: para una arcilla seca del mismo tipo que la del ejemplo anterior, si se tienen  $200,000 \text{ m}^3$  de material suelto, éstos se convertirán en:  $200,000 \times 0.81 = 162,000 \text{ m}^3$  de material compacto (0.81 es el factor volumétrico de conversión para la arcilla seca).

Las conclusiones a que se llega, después de considerar el panorama anterior, son las siguientes:

El éxito o fracaso en la operación de las máquinas depende de la correcta aplicación que se les dé dentro del trabajo que han de realizar y para obtener de ellas su rendimiento máximo, deben conocerse sus características, así como la forma de utilizarlas, conocer sus capacidades y la selección correcta de los factores que pueden influir en su rendimiento.

El valor del rendimiento dentro de la construcción no se puede generalizar, sino que en cada caso particular se debe analizar.

Para programar las obras, determinar precios o costos unitarios, definir el número de unidades y el equilibrio del equipo, en una operación de construcción, de ninguna manera debe generalizarse para obras diversas, ya que el rendimiento tiene un valor particular para una máquina determinada, operando en lugares y condiciones específicas.

En la República Mexicana, dada la importancia que para la economía del país significa la Industria de la Construcción, se hace necesaria la tarea de reunir, metódica y regularmente, el mayor número de registros, para tener valores estadísticos de los rendimientos que pueden obtenerse, bajo diferentes condiciones, con el equipo de construcción.

## DENSIDADES APROXIMADAS DE VARIOS MATERIALES

MATERIAL	Kg/m <sup>3</sup> de MATERIAL	Kg/m <sup>3</sup> en BANCO	FACTORES VOLUM. DE CONVERSIÓN	% DE EXPANSIÓN
Basalto	1960	2970	.67	49
Bauxita	1420	1900	.75	33
Caliche	1250	2260	.55	81
Carnotita, mineral de uranio	1630	2200	.74	35
Ceniza	560	860	.66	55
Arcilla: En lecho natural	1660	2020	.82	22
Seca	1480	1840	.81	23
Mojada	1660	2080	.80	25
Arcilla y grava: Secas	1420	1660	.85	18
Mojadas	1540	1840	.85	18
Carbón: Antracita en bruto	1190	1600	.74	35
lavada	1100		.74	35
Ceniza, carbón bituminoso	530 - 650	580 - 590	.93	07

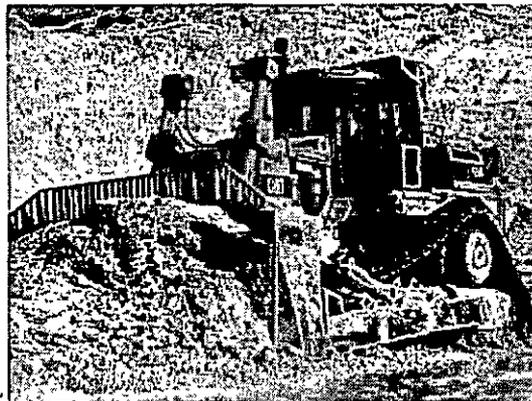
Bituminoso en bruto	950	1280	.74	35
lavado	830		.74	35
Roca descompuesta				
75% roca; 25% tierra	1950	2790	.70	43
50% roca; 50% tierra	1720	2280	.75	33
25% roca; 75% tierra	1570	1960	.80	25
Tierra: Apisonada y seca	1510	1900	.80	25
Excavada y mojada	1600	2020	.79	26
Marga	1250	1540	.80	25
Granito fragmentado	1660	2730	.61	64
Grava: Como sale de cantera	1930	2170	.89	12
Seca	1510	1690	.89	12
Seca, de 1/4" a 2" (6 a 51 mm)	2020	2260	.89	12
Yeso: Fragmentado	1810	3170	.57	75
Triturado	1600	2790	.57	75
Hematita, mineral de hierro	1810 - 2450	2130 - 2900	.85	17
Piedra caliza: Fragmentada	1540	2610	.59	69
Triturada	1540	---		
Magnetita, mineral de hierro	2790	3260	.85	17
Pirita, mineral de hierro	2580	3030	.85	17
Arena: Seca y suelta	1420	1600	.89	12
Húmeda	1690	1900	.89	12
Mojada	1840	2080	.89	12
Arena y arcilla: Suelta	1600	2020	.79	27
Compactada	2400	---		
Arena y grava: Seca	1720	1930	.89	12
Mojada	2020	2230	.91	10
Arenisca	1510	2520	.60	67
Esquisto	1250	1660	.75	33
Escorias fragmentadas	1750	2940	.60	67
Nieve: Seca	130	---		

Mojada	520	---		
Piedra triturada	1600	2670	.60	67
Taconita	1630 - 1900	2360 - 2700	.58	72
Tierra vegetal	950	1370	.70	43
Roca trapeana fragmentada	1750	2610	.67	49

---

### TEMA 3

## EXCAVACIONES EN SUELOS Y ROCA ARABLE



### OBJETIVO:

En este tema se recordarán generalidades sobre las máquinas que posteriormente utilizaremos para presentar un problema: tractores, motoescrapas, cargadores y camiones, estos puntos han sido tomados directamente de bibliografía más extensa que se describe al final del tema.

## **3.1 TRACTORES**

### **GENERALIDADES**

Dentro de la industria de la Construcción, la máquina que ha sido diseñada con el concepto de "atacar", es el tractor de orugas.- Como muchas otras máquinas, el tractor tiene además otras funciones secundarias que en este caso son: empujar, jalar, acarrear y servir de grúa con pluma lateral.

Sin embargo, estas máquinas son utilizadas fundamentalmente para el ataque, bien sea cortando excavando terracerías o desgarrando material.- Los equipos convencionales para estas máquinas son su cuchilla frontal y su desgarrador (arado) trasero, ambas operadas hidráulicamente y cuyas características veremos más adelante.

Los tractores oruga son lentos, lo que constituye un inconveniente importante cuando las máquinas pueden desplazarse sobre un terreno relativamente duro o sobre una carretera. En tal caso pueden utilizarse tractores sobre grandes neumáticos, menos potentes pero más rápidos. El resto de los componentes son iguales o muy similares a los de oruga.

Se construyen tractores sobre neumáticos con dos ejes o con uno solo y deben considerarse los siguientes factores al comparar máquinas de ruedas y de cadenas:

Las velocidades de viaje son tres veces mayores en los de ruedas que en los de cadena. La movilidad, maniobrabilidad y muy buena velocidad hacen que los tractores de ruedas se adapten a trabajos en patios y a movimiento de materiales, así como limpieza alrededor de las palas. Se pueden hacer economías en el costo de conservación en ciertos suelos que puedan ser demasiado abrasivos para trenes de rodaje de cadenas.

Se recomiendan los tractores de ruedas para trabajos en pilas de carbón, cuando existan las siguientes condiciones: largas distancias de empuje, necesidad de esparcir bien el material, cuando se desee un alto grado de compactación.

Para trabajos con hoja topadora, deben cumplirse las siguientes condiciones: largas distancias de empuje, tierra suelta con pocas piedras o sin ellas, nivelación o trabajo cuesta abajo y buenas condiciones del suelo. Cuando se emplean para empuje de la carga de escrepas deben considerarse las siguientes condiciones: corte delgado de la escrepa, buenas condiciones del suelo sin roca, alta velocidad de empuje.

### **RENDIMIENTO DE LOS TRACTORES EMPUJADORES**

Se define el rendimiento como la cantidad de obra que realiza una máquina por unidad de tiempo. El rendimiento aproximado se puede valorar de las siguientes formas:

- a) Por observación directa,
- b) Por medio de reglas y fórmulas (teórico),
- c) Por medio de tablas proporcionadas por el fabricante.

**Cálculo del rendimiento por medio de tablas proporcionadas por el fabricante:** La producción de estas máquinas puede estimarse utilizando las curvas que se muestran y aplicando los factores necesarios. La fórmula sería :

Producción real = producción máxima teórica (gráfica) x factores de corrección.

Se presenta una curva de producción para dar la capacidad máxima teórica utilizando cuchillas rectas ( R ) y universal ( U ) y están basadas en las siguientes condiciones:

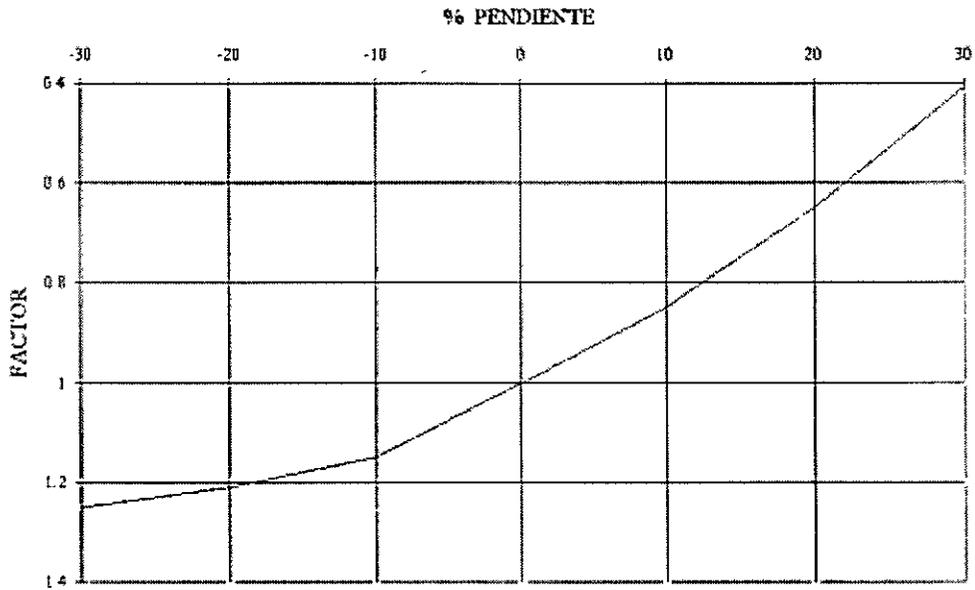
- 1.- 100% de eficiencia
- 2.- Máquinas de transmisión automática.
- 3.- La máquina corta el material a lo largo de 15 metros, de ahí sigue con la cuchilla llena acarreándolo.
- 4.- El peso específico del material es de 1,300 kg por metro cúbico suelto o bien 1,790 kg por metro cúbico de material en banco.

El tractor empujador, especialmente montado sobre orugas, es la máquina cuya producción requiere de mayor cuidado al ser determinada, ya que la gran variedad de trabajos que ejecuta hace particularmente difícil su evaluación. La producción será constante cuando la máquina se utilice para trabajar en una pila de material pétreo, homogéneo y de partículas pequeñas y se irá complicando si se utiliza con cuchilla angulable extrayendo material con los gavilanes y lo será más si se encuentra en un banco de roca mal tronada haciendo la rezaga. A continuación se presentan factores de corrección recomendados:

	<b>Tractor de orugas</b>	<b>Tractor de llantas</b>
<b>Operador experimentado</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>
<b>Operador normal</b>	<b>0.75</b>	<b>0.60</b>
<b>Material suelto y apilado</b>	<b>1.20</b>	<b>1.20</b>
<b>Material difícil de extraer (cortado con gavilán)</b>	<b>0.80</b>	<b>0.75</b>
<b>Sin usar gavilán</b>	<b>0.70</b>	<b>0.00</b>
<b>Difícil de empujar (seco, no cohesivo)</b>	<b>0.80</b>	<b>0.80</b>
<b>Roca desgarrada</b>	<b>0.70</b>	<b>0.00</b>
<b>Roca mal tronada</b>	<b>0.60</b>	<b>0.00</b>

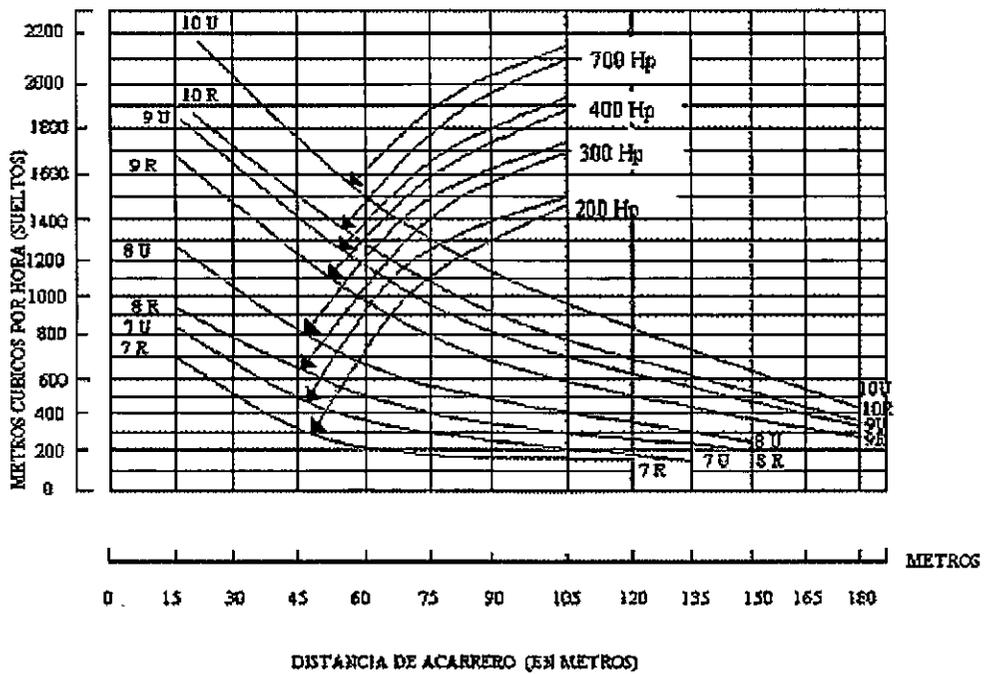
**Tabla 1**

La pendiente afecta la producción y el factor de corrección se obtiene de la siguiente gráfica.



NOTA: (·) FAVORABLE  
(-) DESFAVORABLE

Gráfica 1



NOTA: (U) HOJA UNIVERSAL  
(R) HOJA RECTA

Gráfica 2

## 3.2 CARGADORES



### ORIGEN DE LOS CARGADORES

La evolución de tractores potentes para el movimiento de tierras y el manejo de otros materiales pesados se ha producido con tal rapidez que es imposible generalizar acerca de las mejoras adicionales que aún puedan conseguirse en este tipo de máquinas. En los pocos años transcurridos desde la segunda guerra mundial, el desarrollo de nuevos tipos de neumáticos, grupos motopropulsores, convertidores de par, transmisiones automáticas, reducciones por planetarios en las ruedas, materiales estructurales y diseño general del tractor han hecho una realidad tanto de los tractores de ruedas como de orugas que son en la actualidad adecuados virtualmente para todo tipo de trabajo intensivo realizable con tractor.

Originalmente los tractores cargadores sólo tenían movimiento de giro del bote y vertical a lo largo de un marco que le servía de guía al bote, que se colocaba en la parte delantera del tractor. Cuando el bote estaba a nivel de piso, el tractor avanzaba hacia adelante y el bote se introducía en el material para cargar; después se subía el bote a base de cables y poleas accionadas por una toma de fuerza del motor del tractor, y con el bote en esta posición, el tractor se movía hasta colocarse con el bote en la parte superior del vehículo, que se deseaba cargar y se dejaba que el bote girara por el peso del material, y del bote mismo, aflojando uno de los cables de control. De este tipo de equipo quedan muy pocos trabajando pero fueron el origen de los actuales. Estas máquinas tenían embrague de fricción y ejes de tipo usado en automoción, apenas si podían realizar trabajos de carga de materiales sueltos.

El trabajo pesado, incluyendo la excavación de material en su estado natural, estaba reservado casi por entero a las excavadoras giratorias montadas sobre orugas.

Los tractores cargadores de hoy en día nacieron principalmente de las necesidades económicas de la vida. El constructor de carreteras, por ejemplo, se enfrentó con el uso de maquinaria que no se adaptaba al ritmo de aumento del costo de los trabajos. Acudió pues, a los fabricantes de maquinaria para la construcción; la necesidad inmediata era conseguir una máquina que excavara y cargara, es decir, un tractor cargador que proporcionase:

- Mayor producción
- Menor costo de funcionamiento
- Mayor movilidad
- Más facilidad de servicio

Para esto fue necesario desarrollar, motores más potentes, mejores transmisiones, componentes hidráulicos más eficaces, en el caso de cargadores con llantas, éstas deberían de ser más grandes y con base más ancha, diseñadas para suministrar la tracción y flotación necesaria.

Todo el concepto de mover una amplia variedad de materiales, en mayores cantidades, a menor costo gracias a la velocidad, potencia y movilidad, operando eficazmente, y con una sola máquina, pasó de ser un proyecto para convertirse en un hecho tan pronto como los ingenieros desarrollaron los nuevos componentes.

El campo de aplicación de los tractores sobre ruedas se ha popularizado al resolverse paulatinamente el problema histórico de obtener en la barra de arrastre la potencia adecuada en las más variadas condiciones, problema que ha señalado durante mucho tiempo la división entre tractores de oruga y sobre neumáticos.

En el año de 1954, Clark Equipment Company, lanzó al mercado su primer tractor Michigan con tracción en las cuatro ruedas, convertidor de par, transmisión automática y reducciones planetarias en las ruedas, bajo la denominación de cargador modelo 75 - A, el papel del tractor de ruedas en las tareas de movimientos de tierras y manejos de otros materiales pesados, se hallaba estrechamente limitado.

Al principio, en la línea de tractores cargadores, resultaba evidente que el eslabón más débil eran los organismos de transmisión de la fuerza motriz desde el motor hasta las ruedas. De hecho, para fabricar una línea de tractores cargadores que pudiese resistir las cargas de una ardua excavación y al mismo tiempo proporcionar otras características deseables, se hizo preciso proyectar piezas diseñadas exclusivamente para este tipo de máquina.

El convertidor de par reemplazó al embrague convencional. Para excavar y cargar materiales compactos el convertidor suministra un par de torsión que varía en forma continua. A diferencia del embrague de fricción corriente, el convertidor de par tiene la capacidad de multiplicar la torsión. El par de torsión suministrado se adapta automáticamente a la demanda de carga. Para aprovechar plenamente la potencia que se desarrolla mediante el conjunto motor convertidor de par, se instaló un cambio automático de cuatro velocidades. Todos los ejes se montaron sobre rodamientos de bola y rodillos, de larga duración y funcionamiento suave. Los engranajes de toda la gama de velocidades hacia adelante y hacia atrás engranan en forma constante. Los embragues hidráulicos de acción rápida que controlan el par suministrado al árbol principal de transmisión se accionan con facilidad y precisión mediante la palanca de control situada en la columna de dirección.

Los ejes motores, tanto el de dirección como el de carga y su carcasa hubieron de fabricarse con aceros de la más alta resistencia, para que pudieran soportar las durísimas condiciones de trabajo inherentes a la utilización de las máquinas en los terrenos más accidentados.

En el eje motor de dirección la fuerza de accionamiento es transmitida por el árbol del eje al piñón planetario a través de una junta universal.

Ponemos de relieve los puntos que anteceden, sencillamente porque fueron, y aún son, factores esenciales en el diseño de un tractor realmente funcional y adecuado para infinidad de aplicaciones. Gracias a esta avanzada tecnología, han surgido nuevas oportunidades para la aplicación de motores mayores y más potentes, neumáticos y otros componentes de las eficientes máquinas que constituyen los tractores cargadores.

Los cargadores son equipo de excavación, carga y acarreo y por esta causa es más conveniente en algunos casos que la pala mecánica, pues en ésta es necesario el uso de camiones para el acarreo del material aunque sea a distancias cortas.

Cuando se comparan las palas mecánicas con los cargadores, se ve que una pala mecánica tiene una duración de vida de dos a tres veces mayor que un cargador, pero hay que hacer notar que la pala mecánica impone un gasto mayor de capital, amortización e intereses del capital invertido. Por otra parte el alto costo de transportación de esta maquinaria de una obra a otra es mucho mayor.

La movilidad del cargador es superior, pues éste puede moverse fuera del área de voladura rápidamente y con seguridad; y antes de que el polvo de la explosión se disipe el cargador puede estar recogiendo la roca regada y preparándose para la entrega de material.

El uso de cargadores da soluciones modernas, a un problema de acarreo y carga de materiales, con la finalidad de reducir los costos y elevar la producción.

El objeto principal de este trabajo es evaluar el cargador frontal de hoy en día con relación al trabajo que realiza para la construcción.

## *CLASIFICACIÓN DE LOS CARGADORES*

Por conveniencia podemos clasificar a los cargadores desde dos puntos de vista: en cuanto a su forma de descarga y en cuanto al tipo de rodamiento.

1. Por la forma de efectuar la descarga se clasifican en:

- a) Descarga frontal
- b) Descarga lateral
- c) Descarga trasera

### **Descarga Frontal**

Los cargadores con descarga frontal son los más usuales de todos. Estos voltean el cucharón o bote hacia la parte delantera del tractor, accionándolo por medio de gatos hidráulicos.

Su acción es a base de desplazamientos cortos y se usa para excavaciones en sótanos a cielo abierto, para la manipulación de materiales suaves o fracturados, en los bancos de arena, grava, arcilla etc. También se usan con frecuencia en rellenos de zanjas y en alimentación de agregados a plantas dosificadoras o trituradoras.

Una derivación de este tipo de descarga, es cuando se usa el cucharón tipo concha de almeja al que también se le llama bote de uso múltiple. Este se puede abrir en dos para cargar o descargar además de que se puede usar como bote de descarga frontal.

El objeto de que el bote se abra, es que cuando el labio superior que es el que forma la caja del bote se separa de la parte vertical, esta queda como cuchilla topadora, y se puede usar como tal, además de que cuando está cargando se pueden forzar ciertos materiales a entrar dentro de él al cerrar las dos partes del bote. En la parte trasera del cucharón, un par de cilindros hidráulicos de doble acción, hacen que ésta se abra o cierre.

### **Descarga Lateral**

**Los de descarga lateral tienen un gato adicional que acciona al bote volteándolo hacia uno de los costados del cargador. Estos tienen como ventaja que el cargador no necesita hacer tantos movimientos, para colocarse en posición de cargar al camión o vehículo que se desee, sino que basta que se coloque al vehículo paralelo.**

**Desde luego este tipo es más caro que el de descarga frontal, y sólo se justifica su uso en condiciones especiales de trabajo, por ejemplo, en sitios donde no hay muchos espacios para maniobras, como el rezago de túneles de sección estrecha, o en cortes largos de camino, ferrocarriles o canales.**

### **Descarga Trasera**

Los equipos de descarga trasera se diseñaron con la intención de evitar maniobras del cargador. En estos el cucharón ya cargado pasa sobre la cabeza del operador y descarga hacia atrás directamente al camión o a bandas transportadoras o a tolvas, etc.

Estos equipos resultan sumamente peligrosos y causan muchos accidentes, porque los brazos del equipo y bote cargado pasan muy cerca del operador.

Algunos de estos equipos han sido diseñados con una cabina especial de protección, pero esto resta eficiencia a la máquina, porque reducen la visibilidad, además de que añade peso al cargador.

En realidad han sido desechados para excavaciones a cielo abierto y sólo se usan en la rezaga de túneles, cuya sección no es suficientemente amplia, para usar otro tipo de cargador.

A este equipo de descarga trasera diseñado especialmente para excavaciones de túneles, se les llama rezagadoras y hay algunas fábricas que se han dedicado especialmente a perfeccionarlos por lo que

en muchas ocasiones resulta ser el equipo adecuado para cargar el producto de la excavación dentro de túneles. Vienen montados generalmente sobre orugas, aunque algunos pequeños vienen sobre ruedas metálicas que ruedan sobre una vía previamente instalada dentro del túnel. Es muy raro encontrar este equipo montado sobre llantas.

## 2. Clasificación por la forma de rodamiento :

- A) De carriles (orugas)
- B) De llantas (neumáticos)

Al inicio de esta página se presenta una fotografía de un cargador con neumáticos y a continuación se muestra un cargador de orugas.

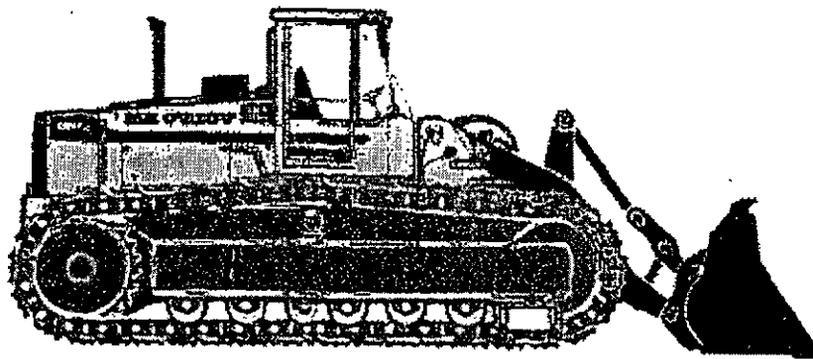


Figura 2

## *DESCRIPCIÓN DE LOS CARGADORES FRONTALES*

### **Cargadores frontales montados sobre neumáticos**

Los cargadores frontales montados sobre neumáticos, son equipos de excavación, carga y acarreo que tienen un cucharón o bote para estos fines y que se adaptan en la parte delantera de los tractores.

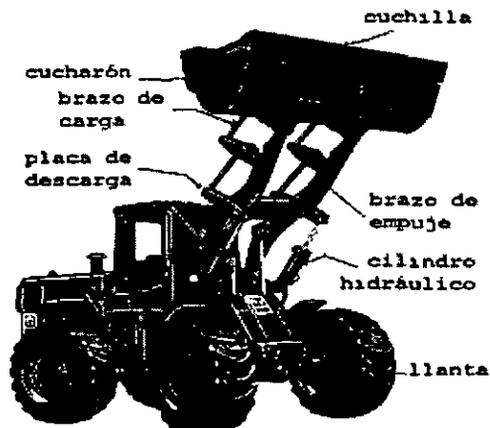


Figura 3

Mediante la selección del convertidor de par, bombas, motores adecuados, ejes de transmisión, diferencial y reducciones planetarias perfectamente conjuntados para suministrar la máxima potencia utilizable con pérdidas por rozamientos mínimos, se pueden realizar las siguientes funciones:

1. Transmitir fuerza suficiente a las ruedas para proporcionar una acción de empuje adecuado al peso de la máquina.
2. Suministrar fuerza al sistema hidráulico que excavará, levantará y volcará las cargas adecuadas por anticipado.

Estas máquinas por tanto no son simples tractores equipados con componentes adecuados para la excavación y carga, sino que son máquinas básicamente proyectadas para excavar, elevar y cargar, cada una de ellas formada por componentes estructurales, motrices y mecánicos, plenamente integrados y concebidos para trabajar conjuntamente.

## **NEUMÁTICOS**

Si los motores y trenes de transmisión han experimentado cambios lo suficientemente amplios para hacer posible la consecución del moderno cargador, para trabajos intensivos, los neumáticos también han evolucionado. Se ha demostrado mediante una gran cantidad de estudios efectuados sobre el terreno que, por ejemplo, un neumático del tipo que se utiliza en las máquinas para el movimiento de tierra, equipado con pocas lonas, suministra un área de apoyo superior.

En contra de la creencia popular, de que los neumáticos de los cargadores se deterioran bajo condiciones de trabajo intensivo, en proporción similar, e incluso superior a los de los neumáticos de las motoescrepas, la experiencia nos demuestra lo contrario. El armazón básico del neumático montado en un cargador se desgasta mucho más despacio, debido a que la cantidad de calor generada en el neumático es menor a la que se produce en el mismo neumático cuando este es utilizado en una motoescrepa. Esto es debido principalmente, a que tanto la velocidad y distancia de acarreo de los cargadores, son menores que los de la motoescrepa.

El tractor básico del cargador se ha diseñado para permitir modificaciones en la distribución del peso, ya sea mediante el inflado de los neumáticos con agua o adición de contrapesos, por lo que se puede adaptar con mayor precisión a las diversas condiciones de trabajo.

## **PROTECCIÓN DE LOS NEUMÁTICOS**

Para aumentar la duración de las costosas llantas, se debe recomendar a los operadores que no acomoden las cargas mediante arrancones y frenajes bruscos, pues esta pésima costumbre, se traduce en severos impactos y frecuentemente causan la rotura del tejido de las lonas de los neumáticos.

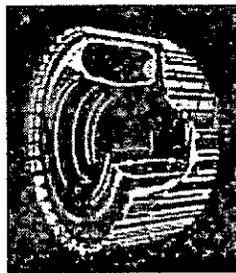
La presión de aire apropiado, es base para la duración y el buen funcionamiento de estos equipos.

Cuando la superficie de rodamiento está compuesta de materiales abrasivos y fragmentos de roca que puedan dañar a los neumáticos es prácticamente recomendable proteger a éstos, que constan de zapatas y eslabones de acero.



**Figura 4. Cargador Frontal con Cadenas Amortiguadas**

Para resolver el problema de las cortaduras y daños por calentamiento de los neumáticos, en los cargadores de gran producción, se usa una llanta sin ceja (beadless), que consiste en un cinturón de montaje reemplazable, que está compuesto de zapatas de acero.



**Figura 5. Beadless**

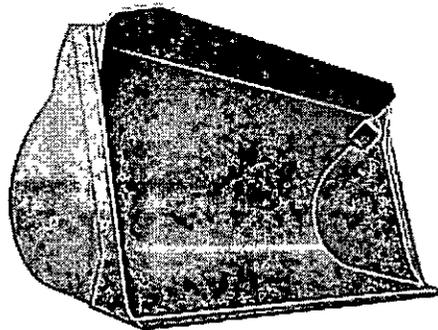
## **CUCHARONES**

Toca ahora hablar de los elementos básicos de carga, es decir, de los cucharones. Para ello, mencionaremos los diferentes tipos existentes en el mercado, concretándonos a continuación, a hacer una breve descripción de los mismos.

- a) Bote ligero
- b) Bote reforzado
- c) Bote súper reforzado con dientes
- d) Bote por demolición
- e) Bote Ejector de Roca
- f) Bote de rejilla

**a) Bote Ligero**

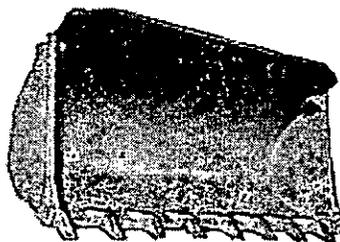
Los equipos que únicamente van a cargar materiales sueltos y poco abrasivos tienen un bote ligero y en la parte extrema del labio inferior, están reforzados por una cuchilla que es la que primero entra en el material que va a mover.



**Figura 6. Bote ligero**

**b) Bote Reforzado**

Cuando se necesita excavar además de cargar entonces el bote es un poco más fuerte que el anterior y viene equipado con una serie de puntas o dientes repartidos en el mismo sitio en que el anterior lleva cuchilla. Los dientes tienen por objeto facilitar la penetración del cucharón dentro del material.



**Fig7. Bote de dientes para excavar y cargar.**

Estos dientes están cubiertos por un casquillo de acero especial, resistente a la abrasión y cuando sufren desgaste considerable se cambian por nuevos, con objeto de proteger a los dientes y al bote mismo.

### c) Bote Súper Reforzado con Dientes

Cuando el material que se va a cargar es roca fragmentada o lascas entonces se debe usar un bote especial, súper reforzado, que es igual al bote de excavaciones pero más fuerte. Algunos botes para roca tienen su borde inferior en forma de civil y no llevan dientes sino cuchilla.

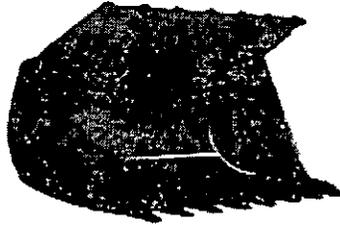


Figura 8. Bote súper reforzado.

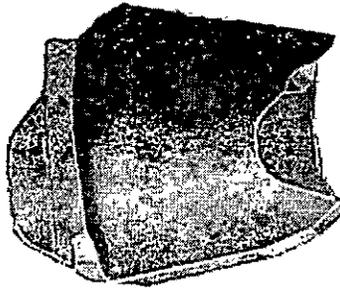


Figura 9. Bote con borde inferior en "V".

### d) Bote para Demolición

Este tipo sirve para cargar desechos y escombros de forma irregular, para esto cuenta con una mandíbula con fuerza hidráulica cuyos bordes son dentados. Las planchas laterales son desmontables para mejor agarre de materiales grandes.

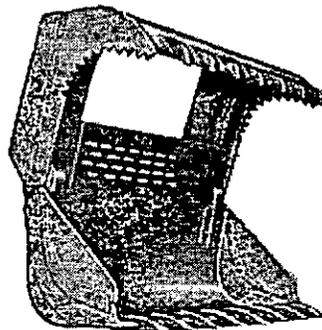
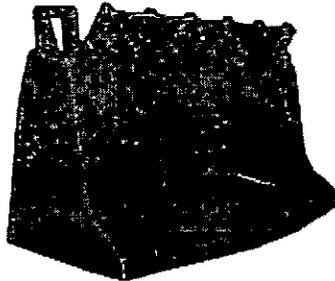


Figura 10. Bote para demolición

### e) Bote Eyector de Rocas

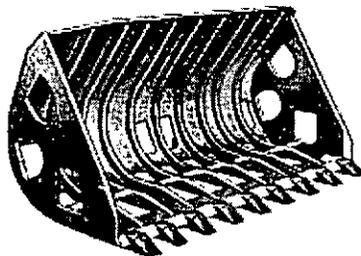
El eyector es utilizado para descargar el material que se encuentra en el bote, ya que éste avanza hasta el extremo delantero; por esta causa es posible regular la eyección del material, a fin de situar bien la carga y minimizar los choques en la caja del camión. La cuchilla en "V" truncada facilita la penetración y la carga.



**Figura 11. Bote Eyector de Roca**

### f) Bote de Rejilla

Se utiliza para el manejo de roca suelta. Las aberturas del fondo permiten que el material indeseable caiga a través de éstas.



**Figura 12. Bote de Rejilla**

Los fabricantes además de estos tipos hacen otros según las necesidades del cliente.

## CAPACIDADES

La resistencia mecánica de toda la máquina, y en particular la de los componentes de los brazos y la cuchara, ha de ser suficiente para soportar las tremendas fuerzas que se desarrollan durante esta parte del ciclo de trabajo del cargador. Probablemente de ninguna otra parte del diseño básico del cargador, tienen los fabricantes tantas opiniones diferentes, como en el método de construir las

piezas que componen el conjunto de brazos- cuchara, para mejor resistir las cargas de choque de excavación, elevación acarreo y volteo. Cuanto menor el número de puntos articulados, palancas acodadas y elementos de conexión, mayor será el período de tiempo que puede esperarse que el mecanismo brazo-cuchara funcione sin fallas estructurales.

Íntimamente ligado a lo anterior está la capacidad de los botes los cuales varían con la potencia del tractor, el uso al que se destine y también debe relacionarse al tamaño de las unidades de transporte. Por lo que si se desea adaptar uno de estos equipos a un tractor, es conveniente consultar los catálogos correspondientes, porque cada equipo ha sido diseñado para un tractor determinado, y lo anterior por lo general no es posible, ya que estos equipos vienen adaptados al tractor que corresponde desde la fábrica; pero vale la pena tenerlo en cuenta, pues una mala adaptación puede costar mucho dinero y ser infructuosa.

Las capacidades más usuales de los botes varían de 1/2 a 5 yd<sup>3</sup>, aunque actualmente hay fábricas que están haciendo equipos más grandes que pueden dar magníficos resultados en determinados trabajos, de lo que más adelante se hablará.

## **SISTEMA HIDRÁULICO**

El conjunto de brazo-cuchara de los cargadores, se acciona por medio de un sistema hidráulico, que está formado por una bomba que recibe movimiento del motor del tractor, un depósito general de aceite, una red de circulación cerrada del fluido, los correspondientes pistones y los controles instalados al alcance del operador en el puesto de mandos en el propio tractor.

Casi en todos los cargadores son dos pares de gatos los que se accionan, sirviendo uno de los pares para subir y bajar el equipo, mientras el otro hace los movimientos de excavación y volteo.

El tamaño de los cilindros, la presión hidráulica y la longitud de los brazos de palanca, mediante los cuales se transmite la fuerza hidráulica, nos determina la fuerza de ruptura que puede ser desarrollada en el borde de ataque de la cuchara.

Los cilindros de elevación proporcionan la fuerza suficiente para elevar una carga capaz de hacer bascular la máquina sobre su eje delantero, cuando la cuchara se encuentra situada en su posición de máximo alcance hacia adelante. Esta carga se define como carga de vuelco.

El mismo efecto se puede conseguir sujetando el borde de ataque de la cuchara, mediante algún objeto fijo haciendo que la máquina bascule sobre su eje delantero, aplicando la fuerza de ruptura disponible. Puesto que no se puede realizar prácticamente ningún trabajo con la máquina, cuando uno de los ejes está levantado sobre el suelo, la fuerza de ruptura o capacidad de elevación que exceda del punto de carga de vuelco no tiene significado práctico alguno.

Como es lógico suponer, otra bomba hidráulica independiente a la del sistema de carga y descarga de material, permite en todo momento accionar la dirección del cargador. Este sistema de dos bombas proporciona rendimientos óptimos cuando la máquina se encuentra debidamente conjuntada con el convertidor de par y con la adecuada selección de marchas.

El puesto del operario por lo general se encuentra en la parte delantera del cargador pues esto permite una visibilidad máxima de la zona de trabajo y mejor distribución del peso, debido al efecto contra-pesante del motor. Se dispone igualmente de mejor accesibilidad para el servicio, puesto que el motor se encuentra alejado de los mecanismos de carga.

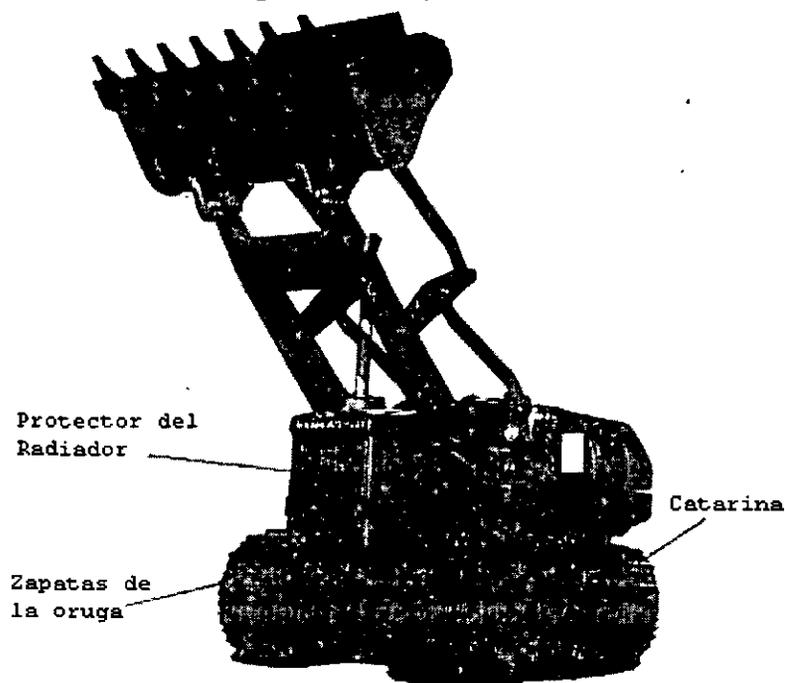
El motor de los cargadores por lo general es de diesel, con potencias que varían de 80 a 570 H.P., de cuatro tiempos y de cuatro a ocho cilindros, todo esto dependiendo de las características de cada cargador.

Las marcas de los motores que se usan con más frecuencia son Caterpillar, Cummins y General Motors.

Una de las funciones del motor de un cargador, es proporcionar la potencia necesaria para generar fuerza hidráulica para el movimiento del bote y la dirección. Hasta el 35% de la potencia del motor en H.P., es recomendable para satisfacer a ésta. La otra función es transmitir fuerza suficiente a las ruedas y proporcionar una acción de empuje adecuado, para que se cumpla, nunca se debe hallar en la barra de tiro menos del 65% restante, deducida la fuerza de arrastre del vehículo; siendo esta la fuerza requerida para mover el vehículo durante el transcurso de la prueba con la transmisión en punto muerto, expresándose en libras e incluye el engranaje diferencial y otras fricciones, el esfuerzo requerido para "flexionar", los neumáticos, para compactar o desplazar el material sobre el que avanza la máquina y la tracción necesaria para remontar las irregularidades de la superficie.

### ***CARGADORES FRONTALES MONTADOS SOBRE ORUGAS***

Al conjunto formado por el tractor de orugas y el equipo se le llama cargador frontal, tractor pala y más comúnmente traxcavo, que es la degeneración del nombre de un modelo de una marca determinada, pero que en México se ha generalizado y se le nombra así al de todas las marcas.

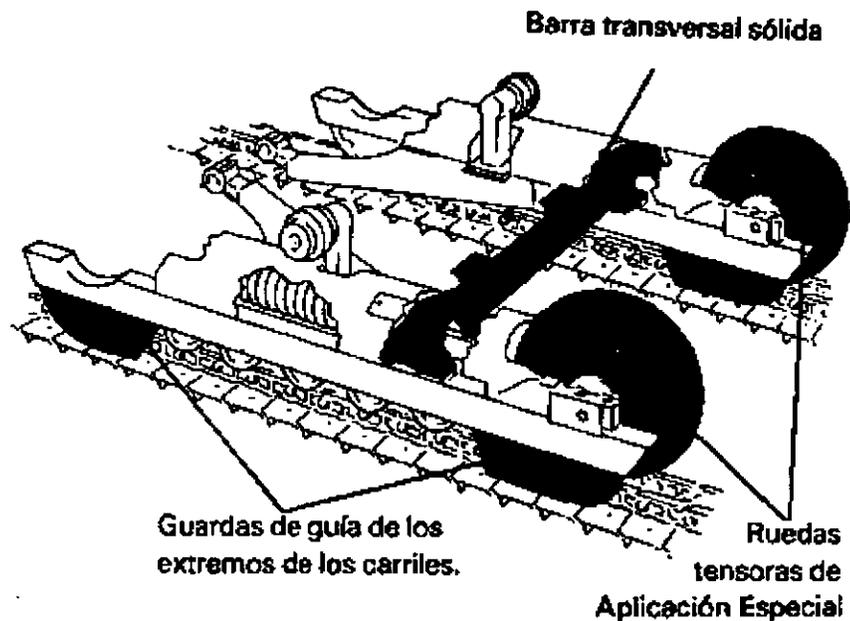


**Figura 13. Cargador Frontal montado sobre orugas**

En cuanto al sistema hidráulico, controles automáticos, cucharones y motor, se rigen en forma general bajo el mismo principio que los cargadores montados sobre neumáticos ya descritos anteriormente. Por esa razón en adelante se describirán solamente las diferencias más significativas.

## ORUGAS

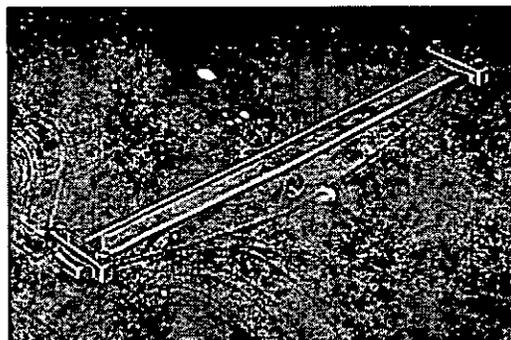
El sistema de tránsito de estos cargadores consta de cadenas formadas por pernos, y eslabones, a las cuales se atornillan las zapatas de apoyo. Estas cadenas se deslizan sobre rodillos, conocidos comúnmente como roles. En el extremo posterior de la cadena se encuentra la catarina que es un engranaje propulsor que transmite fuerza tractiva.



**Figura 14. Sistema de tránsito**

Un adecuado ancho y largo de las orugas es necesario, para la estabilidad contra el volcamiento lateral cuando acarrean cargas pesadas.

Estos tipos de cargadores tienen una conexión rígida entre el bastidor de las orugas y el bastidor principal, pues de esta manera se mejora la estabilidad.



**Figura 15. Conexión rígida entre bastidores**

El tipo de zapatas de las orugas utilizadas, tienen una influencia considerable en la técnica de excavación.

En ocasiones se utiliza la zapata lisa para no deteriorar la superficie de trabajo, pero ésta tiene el inconveniente de que patina bastante sobre muchos suelos e impide que toda la potencia de la máquina se aplique al trabajo.

Cuando por condiciones, de trabajo se necesita que el cargador gire muy frecuentemente, se usan zapatas con garra pequeña de 1/2" a 2/4" aproximadamente. Este tipo de zapata proporciona mejor tracción que las lisas pero aún patinará con facilidad en condiciones resbalosas.

A medida que la zapata con semigarra se desgasta, las cabezas de los pernos de sujeción quedan expuestas y se desgastan y las orillas de las zapatas se debilitan de manera que pueden doblarse. Su vida puede prolongarse soldando una tira de aleación a lo largo de la barra central. Un cargador soldado de esta manera podrá tener buena tracción pero puede producir una marcha molesta sobre terrenos duros.

Las zapatas lisas o de semigarra no son adecuadas para trabajar en terrenos lodosos, ya que se hacen tan resbalosos que proporcionan poca tracción y no sujetan tablones u otros objetos colocados debajo de ellas para ayudar a salir de los agujeros. También permiten que la máquina se deslice cuesta abajo cuando trabaja sobre un talud lateral.

La garra grande da muy buena tracción, pero presenta dificultad en el pivoteo o giro. También hace a la máquina muy susceptible a dar tirones y somete a ésta y al cucharón a impactos y sobrecargas que pueden acortar la vida del cucharón.

Para condiciones especiales pueden sujetarse garras sobre las zapatas regulares. Las garras pueden colocarse en sólo seis u ocho zapatas de las orugas uniformemente espaciadas de cada lado para el trabajo en lodo.

### ***RENDIMIENTO DE CARGADORES***

En el movimiento de tierras lo que más nos interesa es minimizar los costos de producción, es decir obtener el costo más bajo posible por unidad de material movido.

Se entenderá por rendimiento al volumen de material movido durante la unidad de tiempo. Este depende de numerosos factores como son:

- a) Capacidad del cucharón y su posibilidad de llenado.
- b) Tipo de material.
- c) Altura del terreno a excavar y la altura de descarga.
- d) La rotación necesaria entre la posición de excavación y descarga.
- e) La habilidad del conductor.
- f) La rapidez de evacuación de los materiales.
- g) Características de la organización de la empresa.
- h) Capacidad del vehículo o recipiente que se cargue.

### **Cálculo del rendimiento de un cargador por medio de observación directa.**

La obtención de los rendimientos por observación directa es la medición física de los volúmenes de materiales movidos por el cargador, durante la unidad horaria de trabajo, cronómetro en mano.

Con este método se obtienen los rendimientos reales, sin embargo, este sistema requiere de contar con la máquina en el frente de trabajo, por esta razón no es posible usarlo para tomar una decisión de compra. Este método nos proporciona un medio objetivo de comparación entre el rendimiento real y el rendimiento teórico.

### **Cálculo de rendimiento de un cargador por medio de reglas y fórmulas.**

El rendimiento aproximado de un cargador por medio de este método puede estimarse del modo siguiente:

Se calcula la cantidad de material que mueve el cucharón en cada ciclo y ésta se multiplica por el número de ciclos por hora. De esta forma se obtiene el rendimiento teórico.

$$\text{m}^3/\text{hora} = \text{m}^3/\text{ciclo} \times \text{ciclos}/\text{hora}$$

La cantidad de material que mueve el cucharón en cada ciclo es la capacidad nominal del cucharón afectada por un factor que se denomina "Factor de Carga", expresado en forma de porcentaje, que depende del tipo de material que se cargue. Este factor de llenado o de carga debe tomarse muy en cuenta pues el cucharón, no se puede llenar al ras más que en los terrenos ligeros en condiciones óptimas. En terrenos pesados especialmente arcilla, el cucharón sólo se llena parcialmente, mientras que en materiales rocosos el llenado es aún más imperfecto.

$$\text{m}^3/\text{ciclo} = \text{capacidad nominal del cucharón} \times \text{factor de carga.}$$

El factor de carga se puede determinar empíricamente para cada caso en particular o sea por medio de mediciones físicas, o tomarse de los manuales de fabricantes, por ejemplo, tenemos los siguientes valores, tomados de un fabricante.

<b>MATERIAL SUELTO</b>	<b>FACTOR DE CARGA</b>
Agregados húmedos mezclados	95 - 100%
Agregados uniformes hasta de 1/8"	95 - 100%
Agregados de 1/8" a 3/8"	85 - 90%
Agregados de 1/2" - 3/4"	90 - 95%
Agregados de 1" - o más	85 - 90%
<b>MATERIAL DINAMITADO</b>	
Bien fragmentado	80 - 85 %

De fragmentación mediana	75 - 80%
Mal fragmentado	60 - 65%

**Tabla 3**

Para determinar el número de ciclos/hora en la operación de un cargador, se debe determinar la eficiencia de la operación o sea los minutos efectivos de trabajo en una hora y éste dividido entre el tiempo en minutos del ciclo total.

$$\text{ciclos/hora} = \text{Minutos efectivos por hora} / \text{Tiempo total de un ciclo (minutos)}$$

La eficiencia de la operación o sea los minutos efectivos de trabajo en una hora, depende de las condiciones del sitio de trabajo y las características de la organización de la empresa. Se puede estimar de la forma siguiente:

Condiciones del sitio del trabajo	Características de la Organización							
	Excelente		Buenas		Regular		Malas	
	%	min/hr	%	min/hr	%	min/hr	%	min/hr
Excelentes	84	50.4	81	48.6	76	45.6	70	42.0
Buenas	78	46.8	75	45.0	71	42.6	65	39.0
Regular	72	43.2	69	41.4	65	39.0	60	36.0
Malas	63	37.8	61	36.6	57	34.2	52	31.2

**Tabla 4**

El tiempo de un ciclo está compuesto por el tiempo del ciclo básico más el tiempo del ciclo de acarreo.

El tiempo del ciclo básico incluye, el tiempo de carga, descarga, cambios de velocidades, el ciclo completo del cucharón y el recorrido mínimo.

El ciclo básico lo podemos tomar en forma teórica de estadísticas de varias obras o de recomendaciones de fabricantes. Estos nos dicen que el tiempo del ciclo básico es del orden de 20 a 25 segundos y que se ve afectado por diversos factores que se han estimado aproximadamente como sigue:

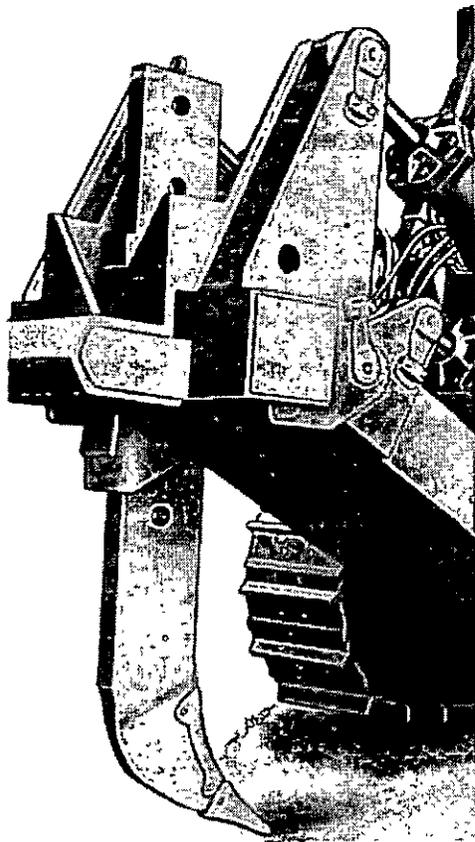
MATERIAL	Segundos que deben añadirse (+) o restarse (-) del tiempo del ciclo básico.
De diversos tamaños	+ 1.2
Hasta de 1/8"	+ 1.2



### 3.3 ARADOS (DESGARRADORES).

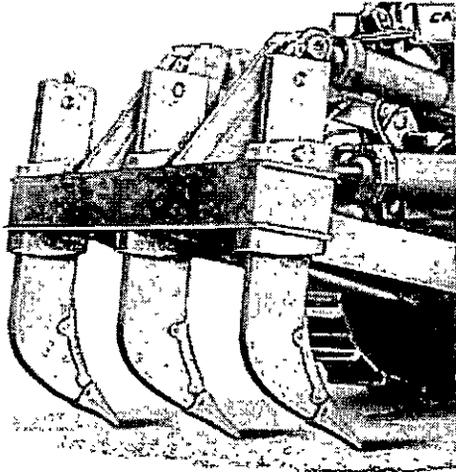
Frecuentemente nos encontramos con materiales naturales que, por su consistencia, dudamos si es necesario explotarlos con explosivos o directamente con el equipo. En este caso conviene realizar algunas pruebas con el objeto de ver la forma más económica de atacar estos bancos. Existe una posibilidad intermedia para el ataque a ese tipo de materiales que es el arado o desgarrador.

El arado está formado por una o varias piezas metálicas de forma especial con una punta recubierta de un acero muy resistente a la abrasión, montadas sobre un bastidor y unidas a un tractor, rígidamente en algunos casos y con cierta libertad de movimiento en otros. El bastidor puede desplazarse verticalmente de manera que, con una fuerza vertical también proporcionada por gatos hidráulicos, pueda moverse, incándose en el terreno, aflojando y rompiendo el material al desplazarse horizontalmente jalado por el tractor de orugas (figuras 1, 2, y 3).



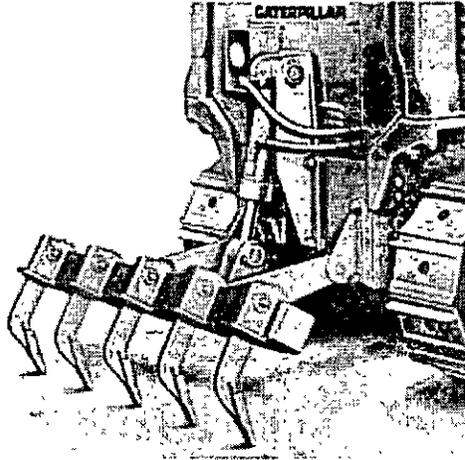
**Fig. 1: Desgarrador de un Diente.**

En la figura 1 aparece un arado de un solo diente, que rompe roca suave, morena glacial, calizas no muy duras, carbón, etc. El bastidor, de acero de sección en caja y con recio diseño de paralelogramo absorbe las cargas de impacto y mantiene constante el ángulo de la punta, que puede ajustarse previamente por un dispositivo hidráulico o por uno manual.



**Fig. 2: Desgarrador de tres dientes**

En la figura 2 se muestra un arado ajustable tipo paralelogramo con dientes múltiples (en el caso de la figura 3) que se utiliza para romper suelo duro apisonado y para aflojar piedras enterradas, acelerando el trabajo de empuje o de carga en su caso. El control hidráulico permite ajustar el ángulo de desgarramiento con el tractor en movimiento. De nuevo el paralelogramo mantiene constante el ángulo de penetración a cualquier profundidad reduciendo la presión vertical que el arado requiere para permanecer enterrado. Este arado puede venir con uno dos o tres dientes en función de la dureza del material a atacar.



**Fig. 3: Desgarrador escarificador de montaje articulado.**

La figura anterior corresponde a un arado escarificador de montaje articulado, que puede utilizar hasta cinco dientes para excavar en suelos con piedras enterradas, arcilla endurecida, tierra congelada y caminos de acarreo apisonados, facilitando de nuevo la excavación del material.

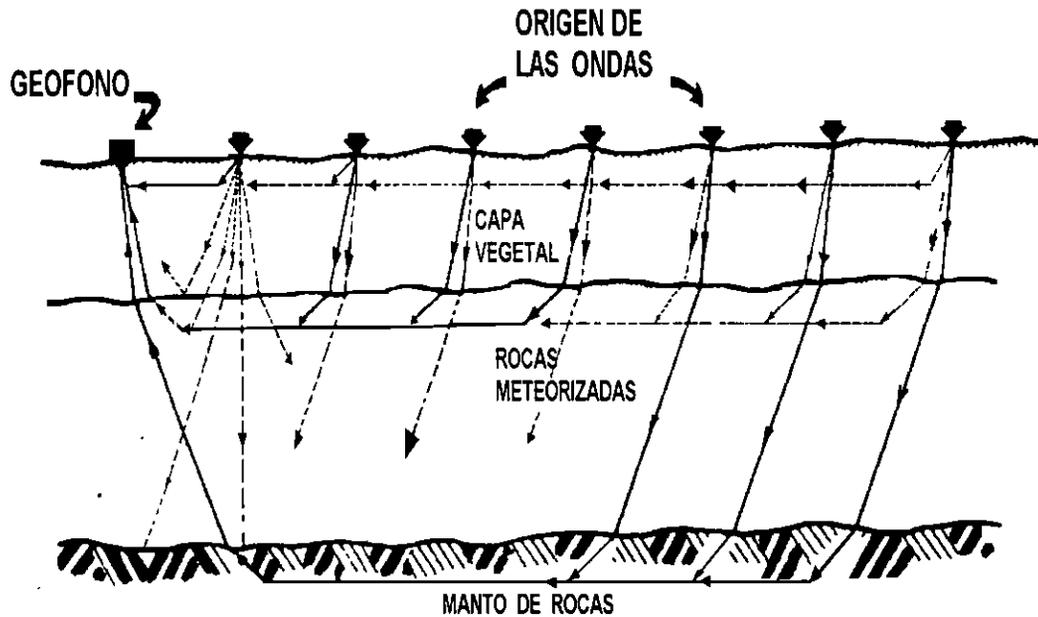
#### **Puntos Generales a Considerar.**

La condición de la roca o suelo determina la facilidad con que puede romperse su estructura con el arado; las rocas sedimentarias son las que más fácilmente pueden atacarse y por contraste las volcánicas y metamórficas ofrecen más dificultades, aunque granitos descompuestos y otras rocas volcánicas o metamórficas sometidas a la acción de los elementos suelen ser atacadas por el arado a bajo costo, sobre todo si se le compara con la alternativa de excavar mediante explosivos.

Como la dureza y consistencia del material es el punto importante a considerar para definir si este método puede utilizarse o no, y la observación del material a atacar no es fácil, pues se requeriría hacer numerosas calas en el banco para definir si es utilizable o no el arado y que tipo de arado y de tractor debe emplear, requerimos usar métodos indirectos para definir la atacabilidad de los materiales. El método más común es correlacionar el tipo de roca o suelo con la velocidad sísmica, que es bastante seguro y económico.

#### **Sismógrafo de Refacción**

Desde fines de los 50's surgió la idea de utilizar sismógrafos de refacción para definir la arabilidad o desgarrabilidad de los materiales a excavar. En general éste método mide desde la superficie la velocidad de las ondas sísmicas a profundidad, indicando la consolidación, dureza, estratificación y meteorización, y relacionando ésta velocidad y tipo de material a atacar con su atacabilidad mediante arado.



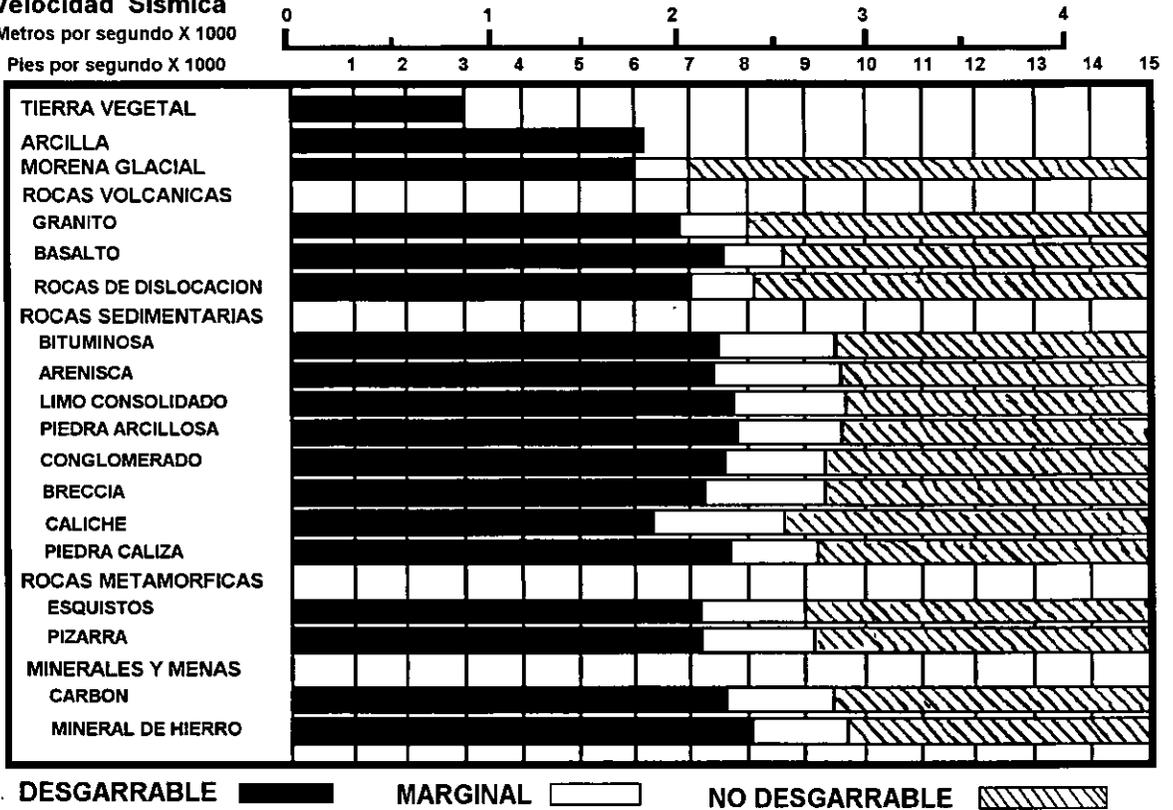
Se determina la velocidad de la onda sísmica como se indica en la Figura 4 generando una onda y midiendo el tiempo en que llega a varios aparatos de registro denominados geófonos. Con los datos de la llegada de las ondas y la distancia puede obtenerse la velocidad de las mismas en cada capa, ya que las ondas se reflejan y se refractan en las soluciones de continuidad que separan capas diferentes. Un geólogo especializado puede separar las capas y darnos las velocidades de transporte de las ondas en cada capa, dándonos además la profundidad de las capas y el tipo de roca o suelo, con lo que tenemos todos los datos para definir el método de ataque.

En la figura 4 vemos la disposición del emisor de ondas, los geófonos y las trayectorias de las ondas ocasionadas por la refracción y reflexión de las soluciones de continuidad. Con éstos datos y el tipo de roca o suelo de que se trate, los fabricantes de tractores y arados han preparado tablas de rendimiento como la que se muestra en la figura 5 que correlacionan el tipo de suelo y roca, las velocidades de la onda sísmica y los umbrales donde separan la roca atacable, la dudosa y la que no puede romperse con arado económicamente y requiere de explosivos. Existe desde luego una tabla similar a la presentada para cada tipo de tractor de orugas y su correspondiente arado.

### Velocidad Sísmica

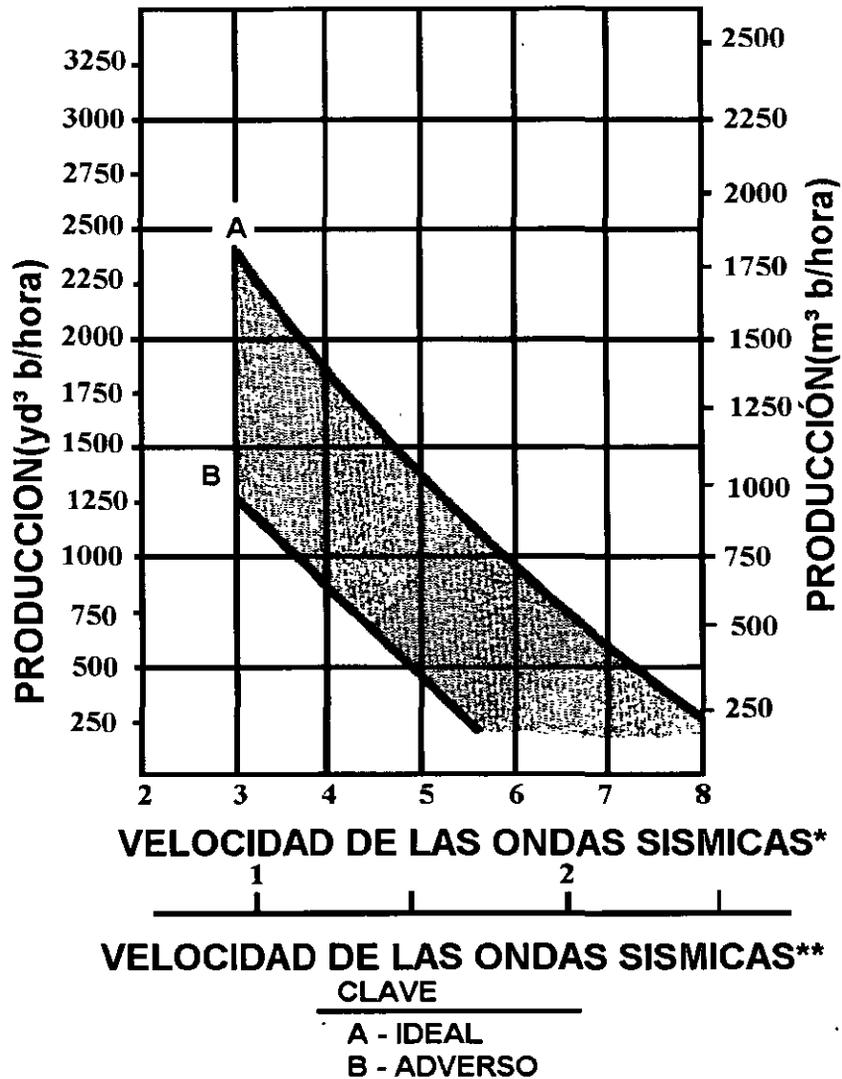
Metros por segundo X 1000

Pies por segundo X 1000



Otra gráfica como la que se muestra en la figura 6 indica la producción probable, con un cierto grado de aproximación.

## D9R CON DESGARRADOR DE 1 VASTAGO



Aunque la producción de un arado no es fácil de determinar, pues los parámetros que hemos indicado anteriormente no están definidos con claridad, es tal el ahorro que se obtiene al cambiar de explotación de roca con el uso de explosivos a ataque con ayuda del arado, que siempre resulta rentable intentar éste último método, que de resultar adecuado puede significar costos mucho menores, aunque significan una disminución de la vida del tractor, cuando éste trabaja en condiciones difíciles.

### **3.4 COSTOS Y PRECIOS UNITARIOS**

#### **Generalidades**

Quedó esbozado en el inciso correspondiente a generalidades sobre precios unitarios, que la capacidad de ejecución de una empresa constructora, debe estar acorde con la calidad y cantidad de sus elementos de producción.

Esta circunstancia, permitirá que la empresa disponga, en el caso particular de la maquinaria, del equipo adecuado con el que pueda realizar los trabajos que le sean encomendados, dentro de los plazos fijados en las relaciones contractuales, cumpliendo simultáneamente, con las especificaciones de construcción.

Una obra cualquiera puede ser ejecutada mediante diversos procedimientos de construcción y empleando diferentes equipos; empero, lógicamente, para ejecutar determinado trabajo siempre existirá algún procedimiento y determinado equipo, por medio de los cuales las operaciones del contratista sean realizadas en forma óptima desde el punto de vista de la economía.

Por otra parte, el mercado de la construcción ofrece una nutrida variedad de maquinaria de diferentes marcas, modelos, capacidades y especificaciones de calidad. Deberán por tanto realizarse estudios cuidadosos, a fin de determinar cuál es la maquinaria más conveniente para la óptima ejecución de la obra u obras en que se compromete la organización constructora.

El tiempo de utilización del equipo en relación con factores de tipo económico, han generado los conceptos de vida útil y vida económica.

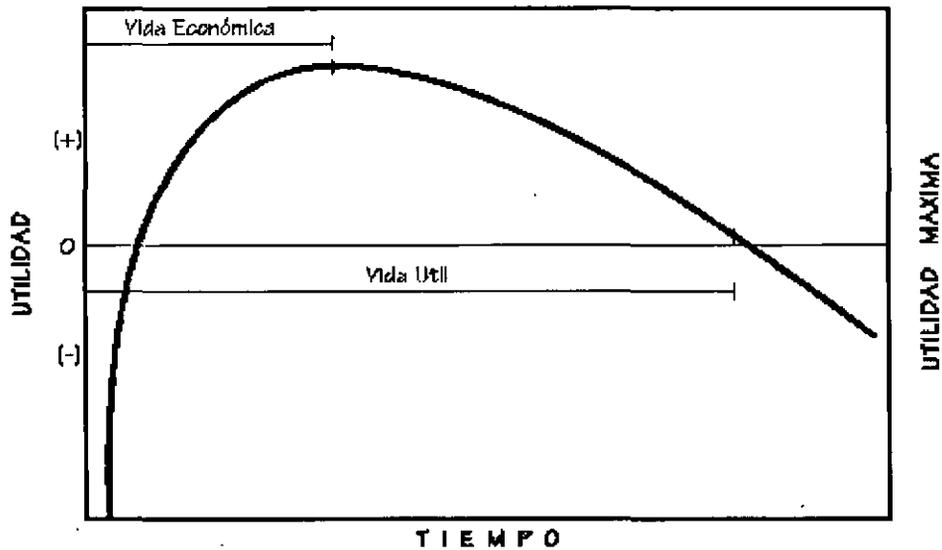
#### **Vida Útil**

En toda máquina, tanto durante los tiempos de utilización, como durante los períodos en que se encuentra ociosa, sus diversas partes y mecanismos van sufriendo desgastes y deméritos, por lo que con cierta frecuencia más o menos determinada y predecible, dichas partes deben ser reparadas o sustituidas para que la máquina esté constantemente habilitada para trabajar y producir con eficiencia y economía. Sin embargo, con el transcurso del tiempo, irremediabilmente toda máquina llega a encontrarse en un estado tal de desgaste y deterioro, que su posesión y trabajo en vez de constituir un bien de producción, significan un gravamen para su propietario, lo cual ocurre cuando los gastos que se requieren para que la máquina produzca, exceden a los rendimientos económicos obtenidos con la misma; en otras palabras, la posesión y operación de tal máquina reportan pérdidas económicas y/o riesgos irracionales.

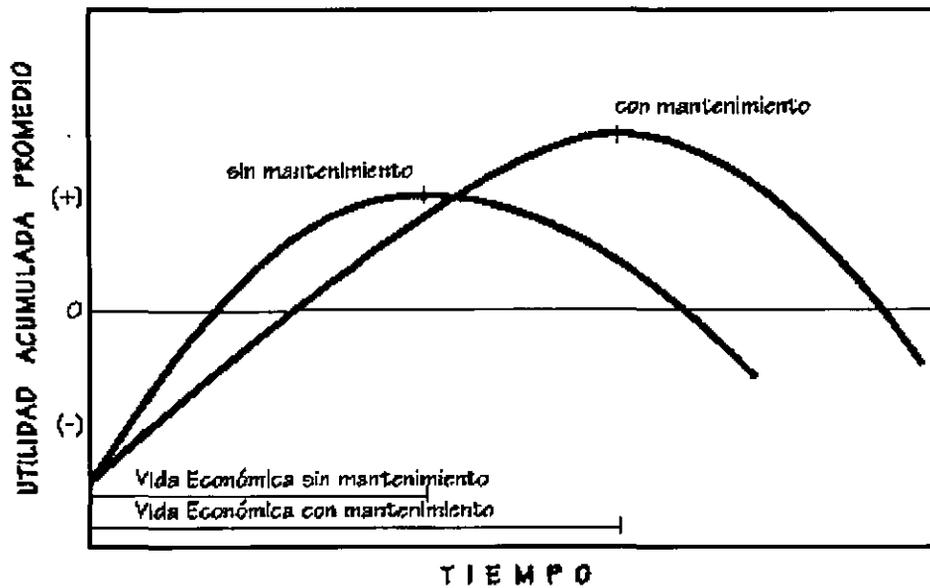
Vida útil de una máquina es el lapso durante el cual el equipo está en condiciones de realizar trabajo, sin que los gastos de su posesión excedan los rendimientos económicos obtenidos por el mismo, por mínimos que éstos sean (ver *Gráfica*)

La vida útil de una máquina depende de múltiples y complejos factores, que pueden ser: fallas de fabricación, falta de protección contra los agentes atmosféricos, desgastes excesivos debido a uso

anormal, vibraciones y fricción de sus partes móviles, manejo de diferentes operadores e irresponsabilidad de los mismos, descuidos técnicos, etc.



Gráfica 3. Vida económica



Gráfica 4. Vida útil del equipo

**Vida Económica**

Se entiende por vida económica de una máquina, el período durante el cual puede ésta operar en forma eficiente, realizando un trabajo económico, satisfactorio y oportuno, siempre y cuando la máquina sea correctamente conservada y mantenida.

Se consignaron en los párrafos anteriores las causas principales por las que toda máquina, a partir del momento en que empieza a ser utilizada en las labores de construcción que le corresponden, va sufriendo un constante demérito, por lo que, para conservarla en condiciones de funcionamiento satisfactorio, requiere de constantes erogaciones y gastos derivados de la operación y mantenimiento. A medida que aumenta la vida y el uso de la máquina, la productividad de la misma tiende a disminuir y sus costos de operación van en constante aumento como consecuencia de los gastos cada vez mayores de conservación y mantenimiento, así como por las averías cada vez más frecuentes que sufre, mismas que van aumentando sus tiempos muertos o improductivos, reduciendo por tanto su disponibilidad, llegando incluso a afectar la productividad de otras máquinas que se encuentran abasteciendo a la primera o trabajando conjuntamente con ella en la ejecución de cierto trabajo.

De la observación de registros cuidadosos y detallados de los costos de operación y mantenimiento de una máquina, fácilmente se determina que, después de cierto período cuando los costos por hora de operación de la misma son cada vez mayores que el promedio de costos obtenidos durante sus operaciones anteriores, la máquina habrá llegado al fin de su vida económica, a partir del cual su operación resultará antieconómica.

Al finalizar el período de vida económica de una máquina solamente podrían presentarse cualquiera de los tres casos alternos siguientes:

- a) Que por su patente estado de deterioro, la máquina indudablemente deba ser definitivamente desechada, debiéndose vender para obtener algún rescate por la misma, ya que sea cual fuere su estado de deterioro, siempre tendrá un valor de rescate, por ínfimo que este pueda ser.
- b) Que por el esmero puesto en su cuidado y operación, la máquina se encuentre en condiciones aceptables y capaz de continuar trabajando, aunque sujeta a ciertas limitaciones, especialmente en lo que respecta a su eficiencia, potencia y por ende, productividad y operación económica por lo que, indudablemente, se encontrará en condiciones desventajosas con respecto al equipo de los competidores, además de que, con su empleo, se correrán riesgos derivados e imprevisibles y súbitas averías que eventualmente podrán ocurrir, con lo que la máquina en cuestión tendrá que parar, y aún podría darse el caso de que la forzada inactividad de ésta, afectase la productividad de todo el conjunto de maquinaria que se encontrara trabajando conjugada y armónicamente con la misma, en la ejecución de un trabajo.
- c) Que por razones de orden presupuestal o financiero, el poseedor de la máquina, independientemente del estado de la misma, se encuentre en imposibilidad de sustituirla, por lo que aún a costa de utilidades, se ve en la necesidad de continuar empleando la máquina obsoleta en las operaciones de construcción. De proceder así, se estará 'alargando' la vida útil de la máquina más allá del término de su vida económica.

En síntesis, las definiciones que giran en torno a la llamada vida económica de las máquinas, señalan que es un período durante el cual se deben obtener los máximos beneficios en su operación, pues el equipo puede continuar trabajando por más tiempo aunque las utilidades tiendan a disminuir, siguiendo sin embargo, dentro de su vida útil, de modo que la fecha de terminación de la vida económica puede ser elástica en función de la política de ganancia que se fije el dueño (*ver Gráfica*)

Se entiende que una máquina ya es económicamente obsoleta cuando ha alcanzado el término de su vida económica, quedando además totalmente amortizada la inversión del capital empleado en su adquisición. Sin embargo, el concepto de obsolescencia es relativo, ya que puede suceder que mientras para un constructor cierto equipo resulta obsoleto, para otro, en distintas condiciones financieras y de trabajo, no lo es.

### ***Criterio para la Determinación de la Vida Económica***

Sobra mencionar que existen numerosos criterios fundados en especulaciones más o menos sólidas, destinados a la determinación de la vida económica (también llamada vida efectiva) de una máquina. El criterio de determinación más empleado es el estadístico, siendo en nuestro medio las estadísticas norteamericanas las más comúnmente aceptadas, debido fundamentalmente a que la mayoría de la maquinaria disponible en nuestro mercado es obtenida del vecino país. Sin embargo, no debemos olvidar que en toda la América Latina, se presentan factores de orden económico, social y cultural, que influyen profundamente en la eficiencia, número y economía de los trabajos de construcción en general, y que difieren en mucho a los factores determinantes de las vidas económicas de los equipos en el medio norteamericano; tales factores harán que nuestros constructores tengan que seguir prácticas tendientes a crear estadísticas más fieles de nuestra realidad, y a unificar la diversidad de criterios de vidas económicas existentes en nuestro país. La *Tabla 8* muestra la vida económica en años y horas de algunos de los equipos más usuales de la industria de la construcción. De acuerdo a los valores que proporciona nos da idea de la necesidad de crear una estadística más apegada a, nuestra realidad.

Los estudios sobre la determinación de la vida económica, señalan que, en épocas inflacionarias (anexo 9), la vida económica de las máquinas debe alargarse, a través, desde luego, de un mantenimiento adecuado y un control riguroso de su operación.

MÁQUINA	SHCP	ASOC. DE PALAS Y DRAGAS	LIBRO AMARILLO	SARH	PEURIFOY	CNIC	SAHOP
Camiones de 5 tons Motor de gasolina	5 años		5 años 7,040 hrs.	5 años 10,000 hrs.	5 años 10,000 hrs.	5 años 8,000 hrs.	8,000 hrs.
Cargador frontal sobre orugas, de mas de 83 HP.	5 años		5 años 5,632 hrs.	5 años 10,000 hrs.	5 años 7,000 hrs.	5 años 6,000 hrs.	10,000 hrs.
Compactadores vibratorios autopropulsados	5 años		4 años 5,632 hrs.			4 años 6,400 hrs.	10,000 hrs.
Compresores portátiles 210-1200	5 años		5 años 6,000 hrs.	5 años 6.000	5 años 6,000 hrs.	5 años 6.000	8,600 hrs.

P.C.M.				hrs.		hrs.	
Dragas 2-3 yd <sup>3</sup>	5 años	16 años 28,000 hrs.	6.25 años 7,700 hrs.	8 años 16,000 hrs.	5.88 años 9,408 hrs.	6.25 años 8,750 hrs.	13,400 hrs.
Motoconformadoras	5 años		5 años 7,400 hrs.	5 años 10,000 hrs.	5 años 10,000 hrs.	5 años 10,000 hrs.	10,000 hrs.
Motoescrepas	5 años		5 años 7,400 hrs.	5 años 10,000 hrs.	5 años 10,000 hrs.	5 años 8,000 hrs.	12,000 hrs.
Tractor sobre orugas	5 años		5 años 6,160 hrs.	5 años 10,000 hrs.	5 años 10,000 hrs.	5 años 7,000 hrs.	12,000 hrs.

Tabla 8. Vida Económica de los Equipos de Construcción

### Valor de Rescate

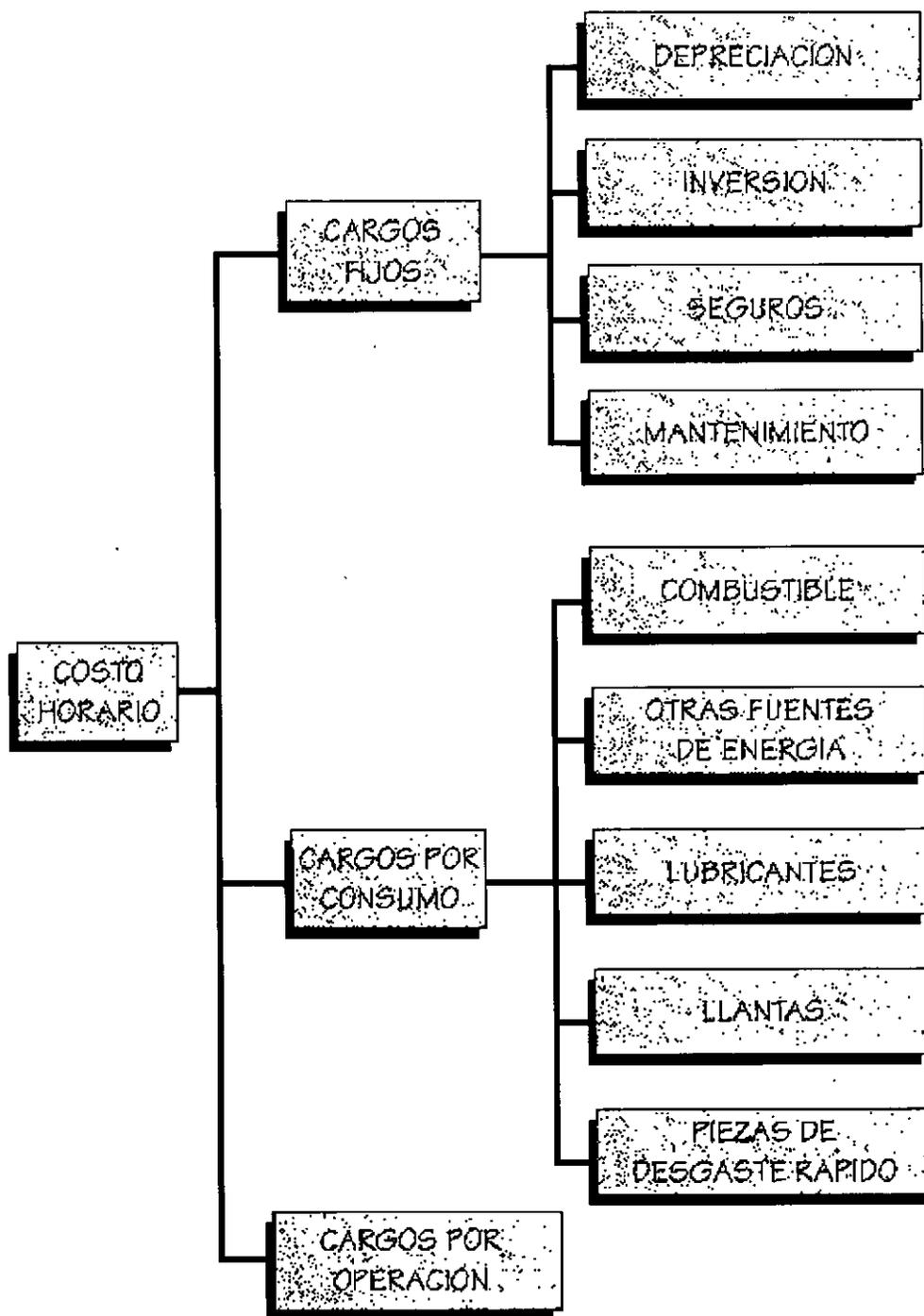
Se entiende por valor de rescate de una máquina, el valor comercial que tiene la misma al final de su vida económica. Toda máquina usada, aún en el caso de que sólo amerite considerarse como chatarra, tiene siempre un cierto valor de rescate. Se acostumbra considerar el valor de rescate, como un porcentaje del valor de adquisición de la máquina, que puede variar entre 5% y 20%. El valor de adquisición, por otra parte, se considera como el precio promedio actual de la máquina en el mercado, pagado de contado.

Para efectos de obtención del costo-horario de operación de una máquina, existe también el criterio de considerar que, al finalizar el período de su vida económica, el equipo está totalmente depreciado, considerándose entonces nulo su valor de rescate.

### Costo Horario de Operación

La práctica de muchos años, ha enseñado la conveniencia de estructurar todos los análisis de costos sobre la base del costo de operación por hora de las máquinas y demás elementos que concurren a la ejecución de un trabajo, ya que a su vez los rendimientos de las máquinas, siempre se expresan en función de cada hora de trabajo.

El costo horario por equipo, es el que se deriva del uso correcto de las máquinas adecuadas y necesarias para la ejecución de los conceptos de trabajo, conforme a lo estipulado en las especificaciones y en el contrato. Se integra mediante los cargos que se muestran en el *Cuadro 1*.



**Cuadro 1. Cargos que integran el Costo Horario**

### **Cargos Fijos**

#### **Cargo por Depreciación**

Es el que resulta por la disminución en el valor original de la maquinaria, como consecuencia de su uso durante el tiempo de su vida económica. Existen varias formas para valorar este concepto, pero

el más empleado es el sistema lineal, es decir, que la maquinaria se deprecia la misma cantidad por unidad de tiempo.

Se representa por la siguiente ecuación

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

En donde:

*D*: depreciación por hora efectiva de trabajo.

*Va*: representa el valor inicial de la máquina considerándose como tal el precio comercial de adquisición de la máquina nueva en el mercado nacional, descontándose el valor de las llantas en su caso.

*Vr*: representa el valor de rescate de la máquina.

*Ve*: representa la vida económica de la máquina expresada en horas de trabajo.

En la actualidad, en el medio de la construcción, la legislación fiscal considera que la depreciación total del equipo de construcción se completa en un periodo de 5 años, lo cual significa una depreciación anual del 20 % del costo de adquisición de la máquina, siguiendo el criterio de depreciación lineal.

### **Cargo por Inversión**

Cualquier organización, para comprar una máquina, adquiere los fondos necesarios en los bancos o mercados de capitales, pagando por ellos los intereses correspondientes, o bien, si el empresario dispone de fondos suficientes de capital propio, hace la inversión directamente, esperando que la máquina le reditúe en cualquier momento en proporción con la inversión no amortizada hasta ese momento. En síntesis podemos decir, que el cargo por inversión, es el cargo equivalente a los intereses correspondientes al capital invertido en maquinaria.

Está representado por la ecuación:

$$I = \frac{Va + Vr}{2Ha} i$$

En donde:

*I*: cargo por inversión por hora efectiva de trabajo.

*Va*: valor inicial de la máquina.

$V_r$ : Valor de rescate de la máquina.

$(V_a + V_r) / 2$ : valor medio de la máquina durante su vida económica.

$H_a$ : número de horas efectivas que el equipo trabajó durante el año.

$i$ : tasa de interés anual en vigor, expresada en forma decimal.

De acuerdo a la definición de este cargo, la tasa de interés " $i$ " debería tener un valor igual, cuando menos, a la tasa mínima que una institución bancaria pagase por el capital que se tiene invertido en maquinaria, sin embargo, los altos costos actuales del dinero, han obligado a reconsiderar el monto justo de este concepto no habiéndose reglamentado a la fecha, sobre el particular.

El considerar que el capital que se recupera vía depreciación, sumado a la reserva por concepto de mantenimiento y seguros, puede producir intereses al invertirse en una entidad bancaria o dentro de la propia empresa propietaria del equipo, hace que la tasa de interés a considerar en el cargo por inversión pueda tener valores menores a la tasa anual vigente para el otorgamiento de préstamos de capital.

Por otra parte, el considerar que la inflación es mayor a los propios intereses que pudiera producir el capital recuperado que se invierte, nos lleva a proponer una tasa de interés con valores altos.

Por tal motivo, la Ley de Obras Públicas a través de sus lineamientos para la integración de precios unitarios establece lo siguiente:

"La Dependencia y Entidades, para sus estudios y análisis de precios unitarios considerarán a su juicio la tasa de interés " $i$ ". Los Contratistas en sus propuestas de concurso, propondrán la tasa de interés que más les convenga".

"En los casos de ajustes por variación del costo de los insumos que intervengan en los precios unitarios, y cuando hay variaciones de las tasas de interés, el ajuste se hará en base al relativo de los mismos, conforme a los que hubiere determinado el Banco de México en la fecha del concurso y el correspondiente a la fecha de la revisión".

### **Cargo por Seguros**

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

Este cargo está representado por:

$$S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} s$$

*S*: cargo por seguros por hora efectiva de trabajo.

*Va*: valor inicial de la máquina.

*Vr*: valor de rescate de la máquina.

$(Va + Vr) / 2$ : valor medio de la máquina durante su vida económica.

*Ha*: número de horas efectivas que el equipo trabaja durante el año.

*s*: prima anual promedio, expresada en por ciento del valor de la máquina expresada en forma decimal (varía entre 3% y 6 %).

### **Cargos por Mantenimiento**

Son los originados por todas la erogaciones necesarias para conservar la maquinaria en buenas condiciones, a efecto de que trabaje con rendimiento normal durante su vida económica. Se dividen en mayor y menor. En el mantenimiento mayor se consideran todas las erogaciones necesarias para efectuar reparaciones a la maquinaria en talleres especializados, o aquellas que deban realizarse en el campo, empleando personal especializado, y que requiera retirar la maquinaria de los frentes de trabajo por un tiempo considerable, incluye obra de mano, repuestos y renovación de partes de la maquinaria, así como otros materiales necesarios. En el mantenimiento menor se consideran todas las erogaciones necesarias para efectuar los ajustes rutinarios, reparaciones y cambios de repuestos que se efectúan en las propias obras; así como cambios de líquidos hidráulicos, aceites de transmisión, filtros, grasas y estopas. Incluye el personal y equipo auxiliar que realizan estas operaciones de mantenimiento, los repuestos y otros materiales que sean necesarios.

Esta representado por:

$$T = QD$$

en la presente ecuación:

*T*: cargo por mantenimiento mayor y menor por hora efectiva de trabajo.

$Q$ : representa un coeficiente que incluye tanto el mantenimiento mayor como el menor. Se calcula con base en experiencias estadísticas; varía para cada tipo de máquina y las distintas características del trabajo.

$D$ : representa la depreciación de la máquina calculada anteriormente.

En la *Tabla 9* se presenta una relación de equipos utilizados en la construcción. El coeficiente ' $Q$ ' varía del 40 % al 100 % y , en casos especiales, su valor puede ser aún mayor.

EQUIPO LIGERO	
Soldadora	Compresor
Malacate	Vibrador para concreto
Revolvedora	Bomba autocebante
Planta de luz	Cortadora de piso
Compactadora manual (Bailarina)	Rodillo liso manual
EQUIPO PESADO	
Tractor	Auto concretera (olla)
Retroexcavadora	Motoconformadora
Motoescrepa	Piloteadora
Cargador frontal	Draga
Grúa hidráulica	Rodillo liso
Track-drill	Duopactor
Rodillo liso vibratorio	Planta de concreto
Finisher	Planta de Trituración
Planta de asfalto	Extendedoras de concreto
Grúa tipo pluma	Zanjadora
Deshierbadora	Almeja guiada
Perfiladora recicladora	Cama baja
Almeja loca	Camión de volteo
Pipa	Petrolizadora
Camión fuera de carretera	Barredora
Compactador tipo pata de cabra	Esparcidor de sello

### Cargos por Consumos

Las máquinas empleadas en la construcción de las obras, generalmente son accionadas por motores de combustión interna, bien sean de gasolina o diesel. Para que las máquinas puedan operar, se requiere de un constante abastecimiento de los combustibles y lubricantes consumidos por las mismas.

Sabido es que el consumo de combustible de una máquina de combustión interna es proporcional a la potencia desarrollada por la misma, la que generalmente opera desarrollando tan sólo una fracción de su potencia nominal total, por ejemplo, un camión requerirá del máximo de su potencia nominal únicamente cuando esté acelerando, pero una vez lograda su velocidad de régimen o de trabajo, sólo requerirá de una fracción de la potencia nominal de su motor. De igual forma, toda máquina al operar en condiciones normales, solamente necesita un porcentaje de su potencia nominal, máxima o intermitente.

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

### Cargo por Consumo de Combustible

Es el derivado de todas las erogaciones originadas por los consumos de gasolina o diesel para que los motores produzcan la energía que utilizan al desarrollar el trabajo.

Está representado por:

$$E = c \times Pc$$

En la presente ecuación:

*E*: cargo por consumo de combustibles, por hora efectiva de trabajo.

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

*Pc*: representa el precio del combustible que consume la máquina, puesto al pie de la misma.

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

Así por ejemplo, una máquina con motor diesel de 100 HP, cuyo factor de operación sea 0.70 (promedio), tendrá un consumo de combustible de:

$$0.20 \text{ litros} \times 100 \text{ HP} \times 0.70 = 14.0 \text{ litros/hora}$$

### **Cargo por Consumo de Otras Fuentes de Energía**

Es el derivado de las erogaciones originadas por los consumos de energía eléctrica o de energéticos diferentes de los consumibles señalados en el punto anterior, y representa el costo que tenga la energía consumida en la unidad de tiempo considerada.

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

$$Ec = N \times Em \times Pe$$

En la que:

*Ec*: energía consumida.

*N*: eficiencia del motor eléctrico.

*Em*: energía mecánica utilizable.

*Pe*: precio de la unidad de energía eléctrica suministrada.

Los factores que determinan la eficiencia de un motor eléctrico son muy variados y un estudio de la influencia de cada uno de ellos sería demasiado extenso y conduciría a resultados imprácticos.

En la práctica nos encontramos con la dificultad de que los fabricantes de motores eléctricos proporcionan la potencia nominal en caballos de potencia (HP), pero la compañía suministradora de energía eléctrica la vende en kilowatt-hora (Kw/h). para obtener el consumo horario en energía de un motor eléctrico en una hora de operación, utilizamos la fórmula:

$$Ec = 0.653 \text{ HP} \times Pe$$

Donde:

*Ec*: energía eléctrica consumida en Kw/h.

*H.P.*: potencia nominal del motor.

$P_e$ : precio del kilowatt-hora puesto en la máquina.

### Cargo por Consumo de Lubricantes

Es el derivado de las erogaciones originadas por los consumos y cambios de aceites lubricantes de los motores, incluye las erogaciones necesarias para suministrarlos en la máquina.

Este cargo está representado por:

$$AI = (al + c) pl$$

Donde:

$AI$ : representa el cargo por consumo de lubricantes por hora efectiva de trabajo.

$al$ : representa la cantidad de aceite necesaria por hora efectiva de trabajo, de acuerdo con las condiciones medias de operación. Está determinada por la capacidad de los recipientes dentro de la máquina y los tiempos entre cambios sucesivos de aceites.

$c$ : representa el consumo entre cambios sucesivos de lubricantes, calculado en base a la potencia de operación y de un coeficiente estadístico.

$pl$ : representa el precio de los aceites que consumen las máquinas.

Los consumos de aceite, se pueden determinar a partir de las siguientes fórmulas obtenidas por medio de observaciones estadísticas.

Para máquinas con potencia de placa igual o menor de 100 HP

$$C = 0.0030 \times HP \text{ op.}$$

Para máquinas con potencia de placa mayor de 100 HP

$$C = 0.0035 \times HP \text{ op.}$$

En la cual,  $HP \text{ op.}$  es la potencia nominal del motor, por el factor de operación.

Por otra parte, la cantidad de aceite necesaria por hora efectiva de trabajo, en litros ( $al$ ), se determina como:

$$al = \frac{v}{t}$$

Donde:

v: capacidad del cárter en litros.

t: número de horas transcurridas entre dos cambios de aceite (generalmente t = 100 horas: Cuando abunda el polvo; t = 70 horas).

### **Cargo por Consumo de Llantas**

Las llantas del equipo de construcción, al igual que el propio equipo, sufren demérito derivado del uso de las mismas por lo que es necesario, además de repararlas y renovarlas periódicamente, reemplazarlas cuando han llegado al fin de su vida económica.

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

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

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

Este cargo esta representado por:

$$N = \frac{Vn}{Hv}$$

Donde:

N: representa el cargo por consumo de llantas, por hora efectiva de trabajo.

Vn: representa el valor de adquisición de las llantas considerando el precio para llantas nuevas de las características indicadas por el fabricante de la máquina.

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

Estudios estadísticos sobre la observación del equipo de construcción pesada en presas, carreteras, y minas, han establecido que la vida económica aproximada de una llanta es del orden de 80,000 kilómetros ó 5,000 horas de operación normal. Pero, por otra parte, solamente en condiciones de obra muy excepcionales se presentan los factores más favorables a la vida óptima de las llantas, razón por la que, para determinar la vida económica real, es necesario introducir los factores indicados en la *Tabla No. 10*, los que están en función de las condiciones que priven en el campo.

En la práctica se presentan condiciones adversas cuando por ejemplo, en ciertos tramos de los caminos abundan piedras sobre las superficies de rodamiento, cuando por condiciones meteorológicas los caminos sufran notorio demérito sin que ello amerite la suspensión de los trabajos, etc. Para cada caso específico se deberán estudiar cuidadosamente las condiciones de las obras, para poder aplicar en forma justa y racional los factores consignados en la Tabla No. 10

En base a lo anteriormente expuesto, se adjunta la *Tabla 11* en la que se consignan tabularmente los valores de los diversos factores (*Tabla No. 10*).

CONDICIONES	FACTOR
<b>1. DE MANTENIMIENTO:</b>	
Excelentes	1.00
Medias	0.90
Deficientes	0.70
<b>2. VELOCIDAD DE TRANSITO (Máxima)</b>	
16 km por hora	1.00
32 km por hora	0.80
48 km por hora	0.60
<b>3. CONDICIONES DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO:</b>	
Tierra suave sin roca	1.00
Tierra suave incluyendo roca	0.90
Caminos bien conservados con superficie de grava compactada	0.70
Caminos mal conservados con superficie de grava compactada	0.70
<b>4. POSICIÓN DE LLANTAS:</b>	
En los ejes traseros	1.00
En los ejes delanteros	0.90
En el eje de tracción	0.80
vehículos de descarga trasera	0.70
vehículos de descarga de fondo	
motoescrepas y similares	0.60
<b>5. CARGAS DE OPERACIÓN:</b>	
Dentro del límite especificado por los fabricantes	1.00
Con 20% de sobrecarga	0.80
Con 40% de sobrecarga	0.50

6. DENSIDAD Y GRADO DE CURVAS EN EL CAMINO:	1.00
No existen	0.98
Condiciones medias	0.80
Condiciones severas	
7. PENDIENTES DE LOS CAMINOS: (Aplicables a las llantas de eje tractor)	1.00
A nivel	0.90
5 % como máximo	0.80
10% como máximo	0.70
15% como máximo	
8. OTRAS CONDICIONES DIVERSAS:	1.00
Inexistentes	0.90
Medias	0.80
Adversas	

**Tabla 10. Factores para Determinar la Vida Económica de las Llantas**

aplicados para cada tipo de maquinaria de construcción, así como la vida económica calculada para las llantas de la misma. En el subrenglón superior correspondiente al tipo de maquinaria, se consignan los valores correspondientes a condiciones normales medias, en tanto que en el subrenglón inferior, se consignan los valores correspondientes a condiciones adversas. Las vidas económicas se obtuvieron multiplicando la vida óptima de las llantas, considerada del orden 5,000 horas, por el factor total resultante de multiplicar entre sí, todos y cada uno de los factores individuales correspondientes a cada una de las condiciones concurrentes. Así por ejemplo: las horas de vida económica de las llantas de un camión pesado de acarreo de terracerías, para las condiciones normales, es el producto de:

$$H_v = 1.0 \times 0.90 \times 0.80 \times 0.95 \times 1.0 \times 0.85 \times 1.0 = 0.5814 \times 5,000 \text{ hrs}$$

$H_v = 2.900$  horas, valor que está consignado en la última columna de la *Tabla No. 11*.

### Consumos por Piezas de Desgaste Rápido

Finalmente el último cargo por consumos, es el relativo a piezas sujetas a continuas fuerzas abrasivas, a variaciones súbitas de presión, cuya vida económica es menor al resto del equipo. Se calcula mediante la expresión:

$$P_e = \frac{VP}{H_r}$$

Donde:

$P_e$ : costo por piezas de desgaste rápido, por hora de operación del equipo.

$V_p$ : valor de adquisición de piezas especiales de desgaste rápido.

$H_r$ : Horas de vida económica de las piezas especiales de desgaste rápido.

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

CONDICIÓN	1	2	3	4	5	6-7	8	FACTOR TOTAL	VIDA ECONÓMICA
CAMIONES DE CARRETERA	1.0	0.9	0.9	0.95	1.0	0.90	1.0	69.26	3463(*)
	0.9	0.9	0.8	0.95	1.0	0.70	0.9	38.783	1940(*)
CAMIONES PESADOS DE TERRACERÍA	1.0	0.9	0.8	0.95	1.0	0.85	1.0	58.14	2900
	0.9	0.9	0.7	0.95	1.0	0.70	0.9	33.94	1697
ESCREPAS Y MONTOESCREPAS	1.0	1.0	0.8	0.75	1.0	0.85	1.0	51.0	2550
	0.9	1.0	0.7	0.75	1.0	0.70	1.0	33.07	1650
MOTO CONFORMADORAS	1.0	1.0	0.8	0.90	1.0	0.85	1.0	61.20	3060
	0.9	1.0	0.8	0.90	1.0	0.70	1.0	45.36	2270
PALAS CARGADORAS	1.0	1.0	0.8	0.90	1.0	0.85	1.0	61.20	3060
	0.9	1.0	0.8	0.90	1.0	0.85	0.9	49.57	2480
TRACTORES	1.0	1.0	0.8	0.80	1.0	0.85	1.0	54.40	2720
	0.9	1.0	0.8	0.80	1.0	0.70	0.9	36.288	1815
APISONADORAS	1.0	1.0	0.8	1.00	1.0	0.85	1.0	68.0	3400
	0.9	1.0	0.8	1.00	1.0	0.85	1.0	61.2	3060

Tabla 11. Factores de Afectación de las Llantas del Equipo de Construcción y Vida Económica de las Mismas

## Costos por Operación.

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

Este cargo está representado por:

$$Co = \frac{So}{H}$$

En la presente ecuación:

*Co*: cargo por operación del equipo por hora efectivo de trabajo.

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

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

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

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

En la ejecución de cualquier trabajo, es prácticamente imposible que el operador o los operadores de una máquina, laboren en forma continua e ininterrumpida durante toda la jornada de trabajo, hora tras hora y minuto tras minuto. Es lógico que existan interrupciones, unas veces debidas a factores humanos, como por ejemplo, la necesidad de que los trabajadores tomen pausas de descanso, refrigerios, con la finalidad de recobrar y serenarse; y otras debido a pequeñas reparaciones, ajustes y lubricaciones de las máquinas, puesto que es sabido que las mismas no pueden ni deben estar funcionando ininterrumpidamente durante un número indefinido de horas al día, ya que frecuentemente es necesario pararlas para fines de sus diversos servicios auxiliares de conservación.

Debe tenerse en cuentas, asimismo, que especialmente en obras que presentan condiciones muy adversas, las pérdidas de tiempo e interrupciones en las actividades de la maquinaria, se incrementan en forma notable, bien sea por condiciones topográficas desfavorables, por fenómenos meteorológicos adversos, como es la precipitación pluvial, o porque la maquinaria de que dispongan los contratistas no sea precisamente la más adecuada para las condiciones imperantes en la obra.

Así pues, por cada hora cronológica, solamente se trabaja efectivamente un porcentaje de la misma, el que está influido por las condiciones de la obra y por la calidad de la administración o gestión de la empresa constructora. Por lo antes dicho, para obtener los tiempos reales o efectivos de trabajo, es necesario introducir en los círculos los factores correspondientes, que se señalan en la *Tabla No. 12.*

CONDICIONES DE LA OBRA	CALIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN O GESTIÓN			
	EXCELENTE	BUENA	REGULAR	MALA
EXCELENTES	0.84	0.81	0.76	0.70
BUENAS	0.78	0.75	0.71	0.65
REGULARES	0.72	0.69	0.65	0.60
MALAS	0.63	0.61	0.57	0.52

**Tabla 12. Factores de Rendimiento de Trabajo en Función de las Condiciones de Obra y de la Calidad de Administración**

### **Cargo por Transporte.**

En términos generales, el transporte de la maquinaria se considera como cargo indirecto, pero cuando sea necesario, podrá tomarse en cuenta, previo convenio entre contratante y contratista como cargo directo o como un concepto de trabajo específico.

### **El Impuesto al Valor Agregado (I.V.A.) en los Costos de la Maquinaria**

El cargo por I.V.A. no deberá incluirse en la estructuración de los costos horarios de equipo.

En el momento que el constructor adquiere un equipo, ya sea en el mercado nacional o de importación, debe pagarse el I.V.A. correspondiente al proveedor; por lo que en toda obra gravada, deberá manejarse el pago del I.V.A. a los proveedores de equipo, su traslado a clientes por obra ejecutada y el acreditamiento ante SHCP, en forma contable, sin repercutirlo dentro de los costos o en el precio de venta.

## Cargo Directo por Maquinaria

Se expresa como el cociente del costo hora máquina entre el rendimiento horario de dicha máquina.

Este cargo esta representado por:

$$CM = \frac{HMD}{RM}$$

En donde:

*CM*: representa el cargo unitario por maquinaria.

*HMD*: corresponde al costo hora máquina.

*RM*: representa el rendimiento horario de la máquina nueva en las condiciones específicas del trabajo a ejecutar, en las correspondientes unidades de medida. Si bien la normatividad señala que el cálculo de los costos horarios debe hacerse considerando equipo nuevo, el analista de precios debe verificar la disponibilidad de equipo, ya que habrá casos en que éste deba rentarse. La *Tabla 13* (tomada del boletín especializado 'INFORMAQUINA'), muestra tarifas de renta mensual de equipo pesado de construcción. Estos precios se aplican a periodos de renta de 30 días ó 200 horas de trabajo, con supervisión periódica, y no incluyen operación, así como mantenimiento, fletes y seguros.

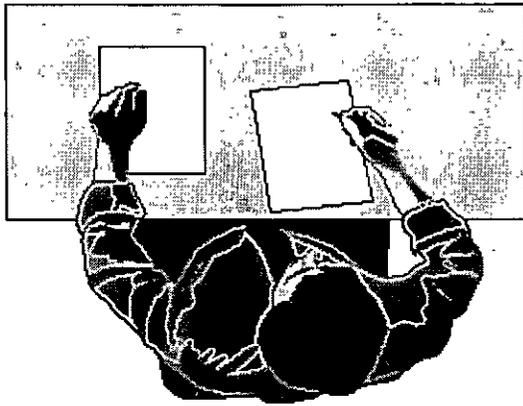
Para facilitar el cálculo de los costos horarios, se sugiere utilizar formatos como el que a continuación se presenta.

MAQUINA	MODELOS COMERCIALES	RANGO H. P.	RENTAS MENSUALES		
			CAPACIDAD	NUEVAS O SEMINUEVAS	
TRACTORES	CAT D4E KOMATSU D41A J.D. 650	80/90	-	\$26,500	\$24,000
	CAT D4H CASE 850G	89	-	38,000	
	CAT D5H CASE 1150G	118	-	-	
	CAT D6D KOMATSU D65E J.D. 750 FIAT A. FD98	140/155	-	46,500	39,000
	CAT D6H	-	-	-	-
	CAT D7G KOMATSU D85A-21	200/225	-	65,000	48,000
	CAT D7H FIAT A. FD20	215	-	-	-
	CAT D8K KOMATSU D155-A1	300/320	-	-	68,000
	CAT D8L FIAT A. FD-30C	335	-	-	88,000
CAT D8 KOMATSU D155-A2	285/320	-	93,000	-	
CAT D9N	-	-	125,000	-	
CARGADORES SOBRE CARRILES	CAT 943 J.D. 655	80	1.5 yd³	-	18,000
	CAT 955 J.D. 755 D573	130/140	2.00 yd³	-	24,000
	CAT 977L INTERNATIONAL 250C D75S	190	2.75 yd³	-	32,000
CARGADORES SOBRE NEUMÁTICOS	CAT 920 CLARK 458 J.D. 444 KOM. WA 120 FIAT A. L50B	800/100	1.75 yd³	-	20,000
	CAT 926 MICH. L-70 J.D. 544 KOMATSU WA 180	-	-	-	-
	CAT 930 J.D. 544 KOMATSU WA 250 CASE 621	110	2.00 yd³	-	24,000
	CAT 950F MICH. L-90 J.D. 644 CASE 821 K-	100	2.25/2.2 yd³	-	27,000
	CAT 950F MICH. L-90 J.D. 644 CASE 821 K-	170	3.50 yd³	-	-

	WA 380 CAT 966C CASE 821B J.D. 744 KOM. WA 420 FA-120 CAT 966F FA-L150 CASE 921B CAT 988 TEREX 90C WA 600 FIAT 1-L320	170  210 375/415	4 00 yd <sup>3</sup>  4 50/5 yd <sup>3</sup> 7 00 yd <sup>3</sup>	37,000  70,000	48,000  90,000
EXCAVADORAS	CAT 215 YUMBO 3964 POCLAIN LC-80 J.D. 590 CAT 225 AMER. 25-A POCLAIN 90 J.D. 690 PC25 CAT 235 AMER. 35-A POCLAIN 160 J.D. 992 PC400 CAT EL 300 J.D. 892 CAT 245 J.D. 992	100/120 135/150 195/250 187/200 260/325	0 75 yd <sup>3</sup> 1 62 yd <sup>3</sup> 2 00 yd <sup>3</sup> 1 5 yd <sup>3</sup> 3.5 yd <sup>3</sup>		26,000 45,000 57,000 55,000 86,000
RETROEXCAVADORAS	CAT 416 CASE 580K 50 FORD 555 J.D. 310 M.F. 50 M.F. 86 JBC 214 CAT 4168 CASE 580L/SL CAT 426 J.D. 710 FORD-755 CASE 590T MF- 750 CAT 436B CASE 590 SUPER L	65/70 65/70 70/75  80/90	1 00 yd <sup>3</sup>	22,000  28,000	18,000 18,000  24,000
MOTOCONFORMADORAS	CAT 120B CM14 GD522 CAT 120G CHAMPION 710AA-J.D 670 GD611 CAT 12G J.D. 770B FIAT A CHAMPION 720	120/130 125 135	-  -	24,000 37,000	22,000
DRAGAS	LINK BELT LS-68-BE-22B NW25DLINK BELT LS-98 KOHE. 405 LIMA 44 LINK BELT LS-1088 BE-38B NW6 ERIE 38 HD LINK BELT 118 BE-54B PH550 NW-80D		3/4 yd <sup>3</sup> 1 1/4 yd <sup>3</sup> 1 1/2 yd <sup>3</sup> 2 yd <sup>3</sup> 2.5 yd <sup>3</sup>		32,000 42,000 48,000 55,000 62,000
CAMIONES FUERA DE CARRETERA	CAT 769 EUCLID R-35 TEREX 3305 TEREX3307 KOMATSU HD 325	415/420 493	35 tons 40 tons		58,000 70,000
GRÚAS HIDRÁULICAS AUTOPROPULSADAS	P.H. OMEGA 20 DROTT 2000 GROVE 422 P.H. PMEGA 40 LORAIN LRT-40 GROVE 635C	125/140 197/200	20 tons 40 tons		30,000 52,000
TRACTOCOMPACTADORES	CAT 815 DYNAPAC CT 20 CAT 815B CAT 825C	170/175 210 315	18 tons 20 tons 32.5 tons	54,000	40,000 60,000
VIBROCOMPACTADORES	I.R DD22 BW 120 AD DYN. CA25 STD VAP 70L I.R. SD 100 BOMG BW-212P DYN. CA 25 PD VAP 70P I.R. SD 100 F CAT CP563-BOMG BW-212PD DYNAPACCC43 I. RAND DD90	34/41 125/130  100/130  130	1.2/4.2 tons 10/30 tons  10/30 tons  10/25 tons		11,000 22,000  25,000  30,000
COMPACTADORES S/NEUMATICOS	DYNAPAC CP-22 I. RAND PT 125	94	7.6/22 ton		22,000
DUOPACTORS	SEAMAN GUNNISON (1993 EN ADELANTE)	-	10/30	13,000	
PETROLIZADORAS	MODELOS 1993 EN ADELANTE	-	4300 l 6000 l	16,000 19,000	
PIPAS DE AGUA	MODELOS 1993 EN ADELANTE	-	8000 l	12,000	
ELEVADORES GIRATORIOS TELESCÓPICOS	MERLO P30-13 MERLO ROTO P30-13 MERLO P60.10	84 114 114	3T-13 m 3T-3 m 6T-10 m	38,000 60,000 38,000	

**Tabla 13. Tarifas de Renta Mensual de Maquinaria**

A TRAVÉS DE UN PROBLEMA, TRATAREMOS DE MOSTRAR LAS SIMPLIFICACIONES QUE SE UTILIZAN CUANDO ANALIZAMOS LOS COSTOS PARA TOMAR DECISIONES, Y TRATAREMOS DE DEFINIR CUANDO PODEMOS USAR MODELOS SIMPLIFICADOS Y CUANDO TENDREMOS QUE APROXIMARNOS MAS A LA REALIDAD, SOBRE TODO CONSIDERANDO QUE LAS VARIABLES SON PROBABILISTAS.



Definitivamente, intervienen en los exactamente eso, que actúan sobre

aleatorio, las hacemos intervenir tomando una envolvente de las cargas de tal modo que la estructura superior al esfuerzo de falla sea muy baja. Lo mismo se procura para el caso de fuerzas accidentales, tales como el viento y sismo.

Otro problema que se presenta en la práctica es el caso de definir el diámetro de una tubería que debe mover un cierto gasto de agua, una variable aleatoria importante es la rugosidad de la tubería. En éste caso se procurará diseñar con un coeficiente de rugosidad alto para que el gasto necesario tenga grandes probabilidades de no bajar del mínimo indispensable.

Si yo quiero garantizar que el costo real no será mayor que el presupuestado en un proyecto, dependiendo del grado de certeza de los volúmenes del proyecto y los costos de los insumos, deberé tomar precauciones aumentando el costo estimado en un cierto porcentaje.

Vemos pues, con éstos ejemplos que el ingeniero tiende a cubrirse de los imprevistos, mediante reglas o recetas, que en general han funcionado en el pasado, pero que no siempre son adecuadas de tal modo que siempre debe estudiar con cuidado el caso particular que debe ser resuelto tomando las precauciones en función del costo de una falla, en dinero o en afectaciones sociales.

la mayor parte de las variables que problemas de ingeniería son variables; si tomamos las fuerzas un edificio, estas son de carácter

RECALCAREMOS UNA SERIE DE CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS QUE SE PRESENTAN EN LOS PROBLEMAS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS, ASÍ COMO LOS ERRORES EN QUE SE INCURRE POR LA APLICACIÓN INDISCRIMINADA DE PROCEDIMIENTOS DE CARÁCTER GENERAL, QUE NO SON NECESARIAMENTE APLICABLES A CASOS PARTICULARES.

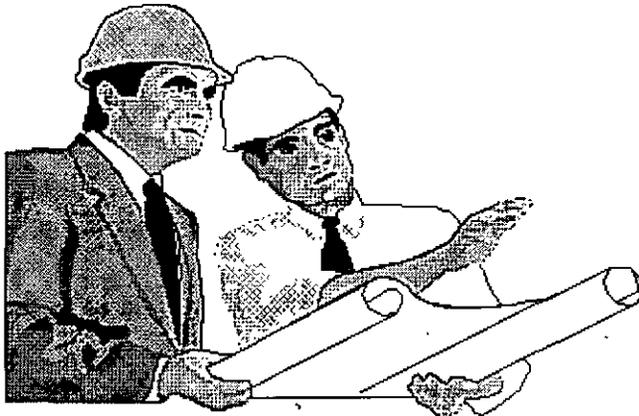
**CUIDADO**

**!PELIGRO!**



**ANALICE CUIDADOSAMENTE LAS HERRAMIENTAS A UTILIZAR**

El otro punto importante es el cuidado que se debe tener para valorar el procedimiento para resolver el problema. No todos los procedimientos son aplicables siempre, muchas herramientas tienen limitaciones que hay que considerar.



El Gerente de una empresa pide al Superintendente que analice el equipo más conveniente para realizar un movimiento de tierras.

**Se trata de mover  $800,000 \text{ m}^3$ , de un banco de préstamo a un tiradero.**

La empresa cuenta con 4 Motoescrapas de  $21 \text{ yd}^3$ , 2 Cargadores de  $2.75 \text{ yd}^3$  y un Tractor empujador, todas las máquinas en perfectas condiciones.

El Gerente indica al superintendente que la empresa no esta en posibilidades de adquirir más activo fijo.

La longitud de acarreo es de 370 metros.

### **Motoescropa de $21 \text{ yd}^3$**



## Sistema de Precios Unitarios y Presupuesto

### ANALISIS DE PRECIOS

Básico A225K (HR)

MOTOESCREPA CAT 621F 21 YD\*

===== ACTIVA ===== INACTIVA ===== RESERVA =====

#### DATOS GENERALES

PAD	Precio de Adquisición	\$	386,697.09		Fecha de Cotización:
EQAD	Equipo Adicional	\$	-	VE	Vida Económica 12000 hrs
LLAN	Llantas	\$	14,069.21	HA	Horas al año 2640 hrs.
VA	Valor inicial = PAD + EQAD - LLAN =	\$	372,627.88	MOTOR:	DIESEL 365 HP
	386697.09 + 0.00 - 14069.21			FO	Factor de Operación 75%
VR	Valor de Rescate	\$	74,525.58	PO	Potencia de Operación 273.75 HP op.
POVR	Porcentaje de valor de Rescate	%	20.00	Q	Factor de mantenimiento 1.32
INTE	Tasa de Intereses	%	26.90	PC	Precio Combustible \$ 0.39
SEGU	Prima de Seguros	%	3.00	PAM	Precio aceite motor \$ 2.13
HV	Vida Económica de Llantas		2250 hrs	C	Capacidad Carter 38 lts
VLL	Valor de Llantas	\$	14,069.21	COMB	Combustible 0.15 Lts/HP-hr
MANT	Mantenimiento	%	132	CMLU	Cambio de Lubricante 150 hrs
				LUBR	Lubricante 0.00026 Lts/HP-hr

#### CARGOS FIJOS

D	Depreciación = $(VA - VR) / VE =$	$(372627.88 - 74525.58) / 12000 =$	\$ 24.84
I	Inversión = $INTE \times (VA + VR) / (2 \times HA) =$	$0.27 \times (372627.88 + 74525.58) / (2 \times 2640) =$	\$ 22.78
S	Seguros = $SEGU \times (VA + VR) / (2 \times HA) =$	$0.03 \times (372627.88 + 74525.58) / (2 \times 2640) =$	\$ 2.54
M	Mantenimiento = $QD =$	$1.32 \times 24.84 =$	\$ 32.79

**TOTALES CARGOS FIJOS POR HORA \$ 82.95**

#### CONSUMOS

E	Combustible = $PO \times COMB \times PC =$	$273.75 \times 0.15 \times 0.39 =$	\$ 16.14
L	Lubricante = $(PO \times LUB + C / CMLU) \times PAM =$	$(273.75 \times 0.00026 + 38 / 150) \times 2.13 =$	\$ 0.69
LL	Llantas = $VLL / HV =$	$14069.21 / 2250 =$	\$ 6.25

**TOTALES CONSUMOS POR HORA \$ 23.08**

**COSTO DIRECTO HORA-MÁQUINA (HMD) \$ 106.03**

(CIENTO SEIS U S DOLARES 03/100)

**\*\*\*\* Los costos se encuentran en dólares. Cotización tomada: 1 dólar - 9.6 pesos**



**MODELO**

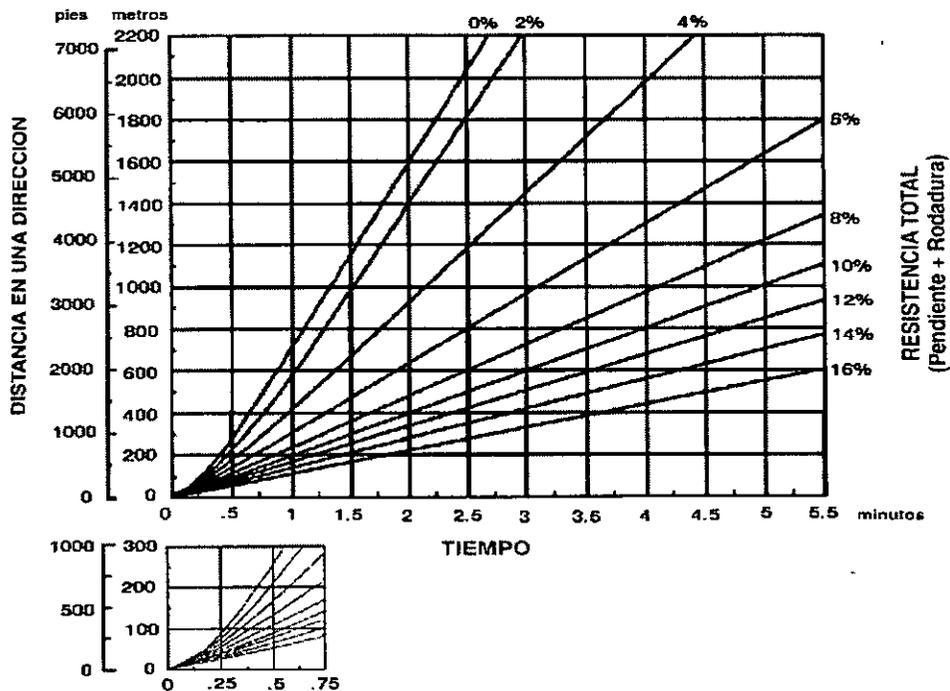
**621F**

Potencia en el volante: Tractor	272 kW	365 hp
Peso aprox. en orden de trabajo (vacío)	37.762 kg	83.250 lb
Capacidad de la trilla (colmada)	15,96 m <sup>3</sup>	21 yd <sup>3</sup>
Carga nominal	21.775 kg	48.000 lb
Peso en orden de trabajo (cargada)	57.950 kg	127.750 lb
<b>ACCESORIO SINFÍN</b>		
Diámetro del sinfín	1320 mm	52"
RPM del sinfín	Variable 55 a 35 RPM	
Potencia del sinfín	149 kW	200 hp
Flujo hidráulico	273 L/min	72 gal/min
Flujo de enfriamiento	—	
Presión del sistema	41.370 kPa	6000 lb/pulg <sup>2</sup>
Control del sinfín	electrónico	

Tiempo de desplazamiento de la 621F con sinfín — Cargada  
 • Neumáticos 33.25-29

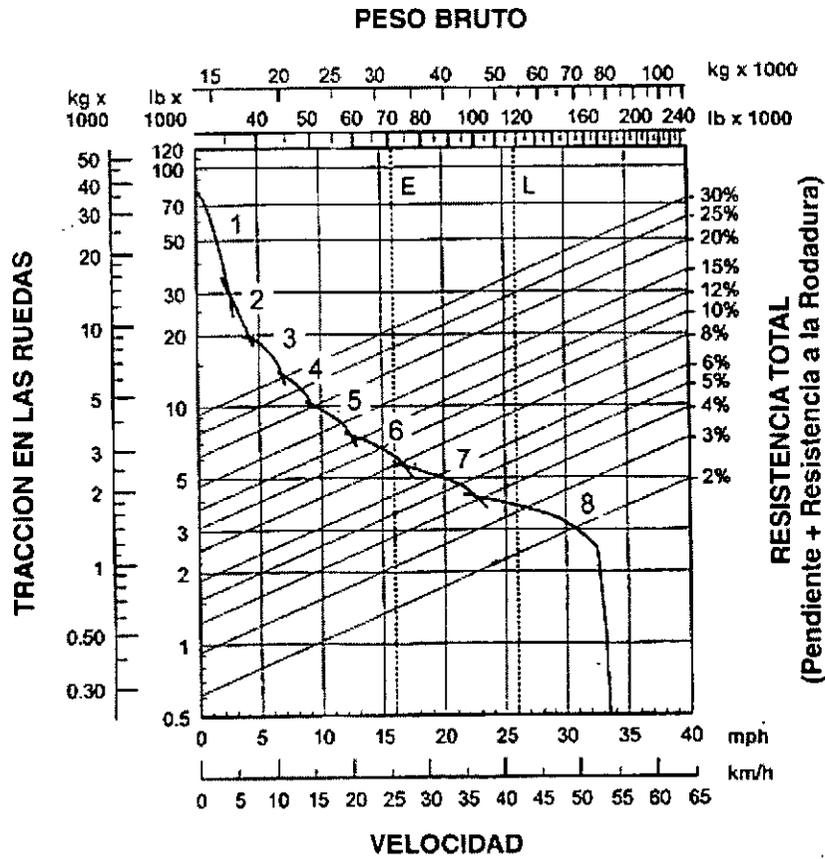
Mototraillias

**CARGADA**



Peso vacío del vehículo: 37.762 kg (83.250 lb)  
 Carga útil: 21.775 kg (48.000 lb)

Tracción en las ruedas - Velocidad -  
 Rendimiento en Pendiente de la 621F  
 • Neumáticos 33.25-29



Se calcula el costo de la hora máquina, con el esquema tradicional y datos tomados de experiencias mexicanas respecto a vida útil, horas por año y valor de rescate; que difieren sensiblemente de la experiencia norteamericana. Me permito llamar su atención sobre el bajo porcentaje de costo que tiene la operación, fundamentalmente por el impacto de los salarios en el costo total. Reflexionando sobre éste hecho y dada la importancia que tiene la experiencia del operador en la productividad y el buen uso de la máquina que se traduce en un menor costo por el aumento en el rendimiento horario y una mayor vida económica, se recomienda tener excelentes operadores bien pagados. Conviene

asimismo evitar un número de horas diarias mayor de ocho (que se convierten en seis efectivas), ya que el trabajo es muy pesado y un gran número de horas van en contra de la eficiencia y seguridad del operador y de la máquina.

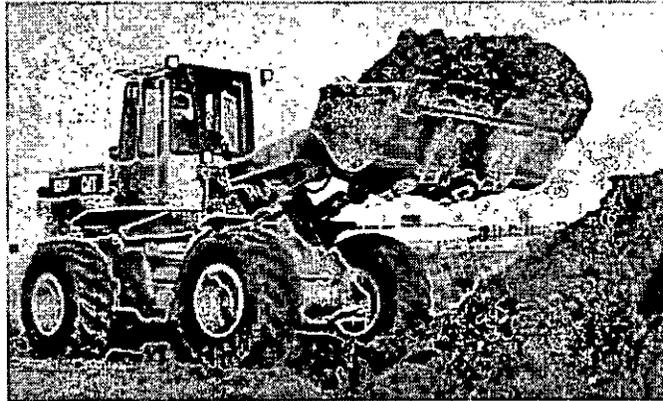
Conviene recordar que la depreciación está basada en la vida económica que puede variar de país a país, ya que depende de numerosos factores, costo del dinero, inflación, costo del mantenimiento, etc. Se recomienda estudiar los diferentes métodos para determinar la vida útil, desde las fórmulas complicadas hasta las comparaciones de los costos involucrados en mantener la máquina, comparándolo con el resultado de una máquina nueva.

Esta comparación puede realizarse comparando los costos totales de seguir operando la máquina usada con los costos de operar una máquina nueva o analizando la tasa interna de retorno de los dos casos antes dichos.

Se recomienda repasar:

- CONSTRUCTION EQUIPMENT POLICY. James Douglas. McGrawHill. Páginas 47 a 95.
- ANÁLISIS ECONÓMICO DE SISTEMAS EN LA INGENIERÍA. Carlos Uriegas Torres. Limusa. Pág. 447 a 507.
- INGENIERÍA ECONÓMICA. H.G. Thuesen, W.J. Facrycky, G.J. Thuesen. Prentice Hall.

**Cargador de 2.75 yardas<sup>3</sup>**



## Sistema de Precios Unitarios y Presupuesto

### ANALISIS DE PRECIOS

Básico	A223T (HR)	CARGADOR NEUM CAT 928F	ACTIVA	INACTIVA	RESERVA
===== DATOS GENERALES =====					
PAD	Precio de Adquisición	\$ 100,712.85		Fecha de Cotización	
EQAD	Equipo Adicional	\$ -	VE	Vida Económica	9680 hrs.
LLAN	Llantas	\$ 2,304.69	HA	Horas al año	2640 hrs
VA	Valor inicial = PAD + EQAD - LLAN = 36514.44 + 0.00 - 2304.69	\$ 98,408.16	MOTOR	DIESEL	120 HP
VR	Valor de Rescate	\$ 19,681.63	FO	Factor de Operación	75%
POVR	Porcentaje de valor de Rescate	% 20.00	PO	Potencia de Operación	90 HP op
INTE	Tasa de Intereses	% 26.90	Q	Factor de mantenimiento	1.45
SEGU	Prima de Seguros	% 3.00	PC	Precio Combustible	\$ 0.39
HV	Vida Económica de Llantas	1500 hrs.	PAM	Precio aceite motor	\$ 2.13
VLL	Valor de Llantas	\$ 2,304.69	C	Capacidad Carter	15 lts
MANT	Mantenimiento	% 1.45	COMB	Combustible	0.15 Lts/HP-hr
			CMLU	Cambio de Lubricante	150 hrs
			LUBR	Lubricante	0.00026 Lts/HP-hr
===== CARGOS FIJOS =====					
D	Depreciación = (VA - VR) / VE =	(98408.16 - 19681.63) / 9680.00 =			\$ 8.13
I	Inversión = INTE x (VA + VR) / (2 x HA) =	0.27 x (98408.16 + 19681.63) / (2 x 2640) =			\$ 6.02
S	Seguros = SEGU x (VA + VR) / (2 x HA) =	0.03 x (98408.16 + 19681.63) / (2 x 2640) =			\$ 0.67
M	Mantenimiento = QD =	1.45 x 8.13 =			\$ 11.79
<b>TOTALES CARGOS FIJOS POR HORA</b>					<b>\$ 26.61</b>
===== CONSUMOS =====					
E	Combustible = PO x COMB x PC =	90 x 0.15 x 0.39			\$ 5.31
L	Lubricante = (PO x LUB + C / CMLU) x PAM =	(90 x 0.00026 + 18 / 150) x 2.13			\$ 0.26
LL	Llantas = VLL / HV =	2304.69 / 1500.00			\$ 1.54
<b>TOTALES CONSUMOS POR HORA</b>					<b>\$ 7.11</b>
<b>COSTO DIRECTO HORA-MÁQUINA (HMD)</b>					<b>\$ 33.72</b>

**NOTA: Todas las cantidades se encuentran en dólares.**  
**Cotización tomada: 1 dólar - 9.60 pesos**

## Cargadores de ruedas

## Especificaciones



MODELO	914G		924F		928F	
Potencia en el volante	67 kW	90 hp	78 kW	105 hp	89,5 kW	120 hp
Modelo de motor	3054T		3114T		3116T	
Clasificación de RPM del motor	2200		2400		2400	
Calibra	100 mm	3,94"	105 mm	4,13"	105 mm	4,13"
Carrera	127 mm	5"	127 mm	5"	127 mm	5"
Numero de cilindros	4		4		6	
Cilindrada	4,0 L	243 pulg <sup>3</sup>	4,4 L	268 pulg <sup>3</sup>	6,6 L	403 pulg <sup>3</sup>
Velocidades de avance	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph
1a.	7,0	Bajo*	4,3	4,4	6,8	4,2
2a.	20,0	Bajo	12,4	8,2	12,0	7,4
3a.	9,0	Alto**	5,6	14,8	21,1	13,1
4a.	35,0	Alto	21,7	23,9	37,0	22,9
Velocidades de retroceso						
1a.	7,0	Bajo*	4,3	4,4	6,8	4,2
2a.	20,0	Bajo	12,4	8,2	12,0	7,4
3a.	9,0	Alto**	5,6	14,8	21,1	13,1
4a.	35,0	Alto	21,7	—	—	—
Tiempo del ciclo hidráulico, con carga nominal en cucharón:	Segundos		Segundos		Segundos	
Levantamiento	5,6		4,3		6,2	
Descarga	2,1		1,3		1,1	
Descenso libre (vacío)	3,2		2,7		2,3	
Total	10,9		8,3		9,6	
Entrevia	1,80 m	5'11"	1,85 m	6'1"	1,95 m	6'6"
Ancho con neumáticos	2,26 m	7'5"	2,32 m	7'7,7"	2,46 m	8'1"
Espacio libre sobre el suelo	456 mm	18"	318 mm	12,5"	320 mm	12,7"
Capac. del tanque de combustible	150 L	39,6 gal. EE.UU.	157 L	41,5 gal. EE.UU.	200 L	52,8 gal. EE.UU.
Capac. del tanque hidráulico	70 L	18,5 gal. EE.UU.	53 L	14,0 gal. EE.UU.	55 L	14,3 gal. EE.UU.
Capac. del sistema hidráulico (incluyendo el tanque)	100 L	26,4 gal. EE.UU.	77 L	20,3 gal. EE.UU.	100 L	26,4 gal. EE.UU.

Tipo de cucharón		Cucharones para excavación			Cucharones para excavación			Dientes para penetración soldados a ras
		Cuchilla empennable	Dientes y segmentos	Dientes	Cuchilla empennable	Dientes y segmentos	Dientes	
Capacidad, colmado (\$)	m <sup>3</sup> yd <sup>3</sup>	2,0 2,5	2,0 2,5	1,8 2,3	2,1 2,75	2,1 2,75	2,0 2,6	2,0 2,6
Capacidad, a ras (\$)	m <sup>3</sup> yd <sup>3</sup>	1,7 2,25	1,7 2,25	1,6 2,1	1,8 2,4	1,8 2,4	1,7 2,25	1,7 2,25
Ancho (\$)	mm pies/pulg	2549 8'4"	2549 8'4"	2549 8'4"	2549 8'4"	2549 8'4"	2549 8'4"	2549 8'4"
Despejo de descarga a 45° a levantamiento máximo (\$)*	mm pies/pulg	2736 9'0"	2631 8'8"	2631 8'8"	2736 9'0"	2631 8'8"	2631 8'8"	2623 8'7"
Alcance de descarga a levant. máximo, a 45° (\$)*	mm pies/pulg	956 3'2"	1059 3'6"	1059 3'6"	956 3'2"	1059 3'6"	1059 3'6"	958 3'2"
Alcance a un ángulo de descarga de 45°, despejo de 2130 mm (7'0") (\$)*	mm pies/pulg	1410 4'7"	1453 4'8"	1453 4'8"	1410 4'7"	1453 4'8"	1453 4'8"	1345 4'5"
Alcance con brazos horizontales y el cucharón a nivel	mm pies/pulg	2182 7'2"	2329 7'8"	2329 7'8"	2182 7'2"	2329 7'8"	2329 7'8"	2284 7'6"
Profundidad de excavación (\$)	mm pulg	119 4,7"	133 5,2"	133 5,2"	119 4,7"	133 5,2"	133 5,2"	107 4,2"
Longitud total (\$)*	mm pies/pulg	6946 22'9"	7093 23'3"	7093 23'3"	6946 22'9"	7093 23'3"	7093 23'3"	7030 23'1"
Altura total (cucharón a levant. máx.) (\$)	mm pies/pulg	4783 15'8"	4783 15'8"	4783 15'8"	4861 15'11"	4861 15'11"	4861 15'11"	4924 16'2"
Ángulo del cucharón con el suelo a descarga total y levant. máximo		52,9°	52,9°	52,9°	52,9°	52,9°	52,9°	48,1°
Carga límite de equilibrio estático Máquina derecha (\$)*	kg lb	9071 19.956	8976 19.747	9139 20.106	9074 19.963	8979 19.754	9143 20.115	9127 20.079
Carga límite de equilibrio estático A giro plano de 40° (\$)*	kg lb	7930 17.446	7836 17.239	7989 17.576	7930 17.446	7836 17.239	7990 17.578	7969 17.532
Fuerza de desprendimiento (\$)**	kg lb	10.106 22.233	10.057 22.125	10.912 24.006	10.091 22.200	10.042 22.092	10.896 23.971	11.365 25.003
Peso en orden de trabajo*	kg lb	11.069 24.352	11.150 24.530	11.077 24.369	11.089 24.396	11.170 24.574	11.097 24.413	11.148 24.526
Peso de embarque	kg lb	10.852 23.874	10.933 24.053	10.880 23.892	10.872 23.918	10.953 24.097	10.880 23.936	10.931 24.048

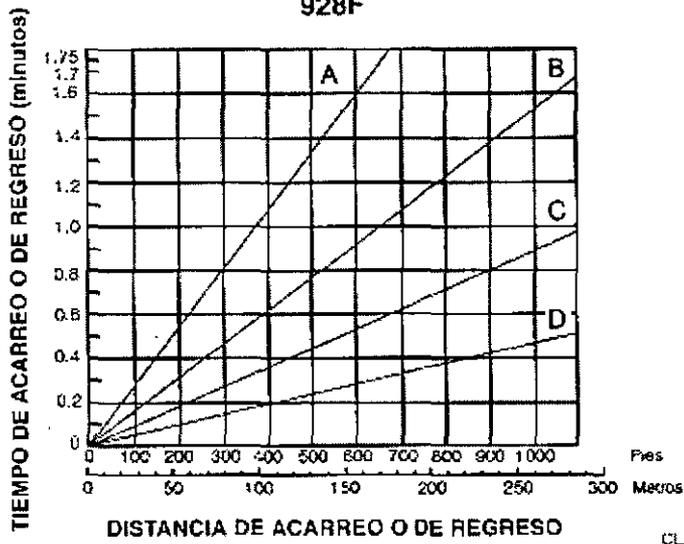
\*La carga límite de equilibrio estático y el peso en orden de trabajo se basan en una máquina estándar con neumáticos 17,5 x 25 (L-2) de 12 lonas, tanque lleno de combustible, refrigerante, lubricantes y operador.

\*\*Medido 102 mm (4,0") detrás del borde de la cuchilla con el pasador de articulación del cucharón como punto pivote, de acuerdo con la norma SAE J732/JUN92.

Nota: Las especificaciones y clasificaciones cumplen con todas las normas pertinentes recomendadas por la SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices). Las normas SAE J732/JUN92 y J742/FEB85 que rigen las clasificaciones del cargador están indicadas en el texto con el símbolo (\$).

	Cambio en el peso en orden de trabajo		Cambio en la carga límite articulada de equilibrio estático	
	kg	lb	kg	lb
Neumáticos 15.5-25, 8 lonas (L-2) y aros	- 79	- 174	- 51	- 112
Neumáticos 15.5-25, 12 lonas (L-3) y aros	- 19	- 42	- 12	- 26
Neumáticos 15.5-R25, radiales (equivalente a L-2) y aros	- 30	- 66	- 19	- 42
Neumáticos 15.5-R25, radiales (equivalente a L-3) y aros	+ 62	+ 137	+ 41	+ 90
Neumáticos 17.5-25, 12 lonas (L-2) y aros	0	0	0	0
Neumáticos 17.5-R25, radiales (equivalente a L-2) y aros	+ 46	+ 101	+ 31	+ 68
Neumáticos 17.5-R25, radiales (equivalente a L-3) y aros	+ 166	+ 368	+ 109	+ 240
Neumáticos 17.5-R25, radiales (equivalente a L-2/L-3) y aros	+ 139	+ 306	+ 91	+ 202
Neumáticos 20.5-25, 12 lonas (L-2) y aros	+ 435	+ 959	+ 283	+ 624
Neumáticos 20.5-25, 12 lonas (L-3) y aros	+ 580	+ 1278	+ 378	+ 833
Neumáticos 20.5-R25, radiales (equivalente a L-2) y aros	+ 452	+ 997	+ 294	+ 648
Neumáticos 20.5-R25, radiales (equivalente a L-3) y aros	+ 668	+ 1473	+ 434	+ 957
Neumáticos 20.5-R25, radiales (equivalente a L-2/L-3) y aros	+ 627	+ 1383	+ 407	+ 897
Techo ROPS	-152,2	- 336	- 143	- 315
Contrapeso de 302 kg (666 lb)	+ 302	+ 666	+ 566	+ 1248
Quitar solamente el techo ROPS	- 272	- 598	- 256	- 563
Lasire en los neumáticos				
17.5-25	+ 524	+ 1154	+ 676	+ 1498
15.5-25	+ 384	+ 846	+ 495	+ 1091

928F



CLAVE

- A — 1a. Avance y retroceso
- B — 2a. Avance y retroceso
- C — 3a. Avance y retroceso
- D — 4a. Avance

NOTA: El tiempo de maniobras, carga y descarga debe añadirse al tiempo de viaje para obtener el tiempo del ciclo

# Tractor

## Sistema de Precios Unitarios y Presupuesto ANALISIS DE PRECIOS

Básico	A740S	(HR)	TRACTOR/JORU CAT D8R 37029K			ACTIVA	INACTIVA	RESERVA
DATOS GENERALES								
PAD	Precio de Adquisición	\$	322,569.29		Fecha de Cotización:			
EQAD	Equipo Adicional	\$	-	VE	Vida Económica		9750 hrs.	
LLAN	Llantas	\$	-	HA	Horas al año		2640 hrs	
VA	Valor inicial = PAD + EQAD - LLAN = 36514.44 + 0.00 - 0.00	\$	322,569.29	MOTOR:	DIESEL		305 HP	
VR	Valor de Rescate	\$	64,513.86	FO	Factor de Operación		75%	
POVR	Porcentaje de valor de Rescate	%	20.00	PO	Potencia de Operación		228.75 HP op	
INTE	Tasa de Intereses	%	26.90	Q	Factor de mantenimiento		1.47	
SEGU	Prima de Seguros	%	3.00	PC	Precio Combustible	\$	0.39	
HV	Vida Económica de llantas	0 hrs.		PAM	Precio aceite motor	\$	2.13	
VLL	Valor de Llantas	\$	-	C	Capacidad Carter		32.5 lts	
MANT	Mantenimiento	%	147	COMB	Combustible		0.15 Lts/HP-hr	
				CMLU	Cambio de Lubricante		150 hrs	
				LUBR	Lubricante		0.00026 Lts/HP-hr	
CARGOS FIJOS								
D	Depreciación = (VA - VR) / VE =		(322569.29 - 64513.86) / 9750.00 =		\$	26.47		
I	Inversión = INTE x (VA + VR) / (2 x HA) =		0.27 x (322569.29 + 64513.86) / (2 x 2640) =		\$	19.72		
S	Seguros = SEGU x (VA + VR) / (2 x HA) =		0.03 x (322569.29 + 64513.86) / (2 x 2640) =		\$	2.20		
M	Mantenimiento = QD =		1.47 x 26.47 =		\$	38.91		
<b>TOTALES CARGOS FIJOS POR HORA</b>							<b>\$ 87.30</b>	
CONSUMOS								
E	Combustible = PO x COMB x PC =		228.75 x 0.15 x 0.39		\$	13.48		
L	Lubricante = (PO x LUB + C / CMLU) x PAM =		(228.75 x 0.00026 + 32.5 / 150) x 2.13		\$	0.59		
<b>TOTALES CONSUMOS POR HORA</b>							<b>\$ 14.07</b>	
<b>COSTO DIRECTO HORA-MÁQUINA (HMD)</b>							<b>\$ 101.37</b>	
(CIENTO UNO U.S. DOLARES 37/100)								

**NOTA: Todas las cantidades se encuentran dólares.**  
**Cotización tomada: 1 dólar - 9.60 pesos**


**MODELO**
**D7H LGP  
Serie II**
**D8R**

Potencia en el volante	171 kW	230 hp	228 kW	305 hp
Peso en orden de trabajo* (Con servotransmisión)	27.065 kg	59.700 lb	—	
(Servotransmisión con dirección de diferencial)	27.364 kg	60.300 lb	27.029 kg	81.634 lb
Modelo de motor	3306		3406C	
RPM del motor	2100		2100	
Número de cilindros	6		6	
Calibre	121 mm	4,75"	137 mm	5,4"
Carrera	152 mm	6"	165 mm	6,5"
Cilindrada	10,5 L	638 pulg <sup>3</sup>	14,6 L	893 pulg <sup>3</sup>
Rodillos inferiores (cada lado)	7		8	
Ancho de zapata estándar	914 mm	36"	560 mm	22"
Largo de cadena en el suelo	3,16 m	125"	3,21 m	10'6"
Área de contacto con el suelo (con zapata estándar)	5,78 m <sup>2</sup>	8960 pulg <sup>2</sup>	3,57 m <sup>2</sup>	5544 pulg <sup>2</sup>
Entrejea	2,24 m	88"	2,08 m	6'10"
<b>DIMENSIONES PRINCIPALES:</b>				
Altura (parte superior desguarnecida)**	2,74 m	9'0"	2,67 m	8'9"
Altura (incluye ROPS)	—	—	3,51 m	11'6"
Altura (incluye toldo ROPS)	3,53 m	11'7"	3,51 m	11'6"
Altura (incluye cabina ROPS)	3,58 m	11'9"	3,45 m	11'3"
Longitud total (con Hoja SU)*** (sin hoja)	—	—	6,39 m	21'0"
(sin hoja)	—	—	4,93 m	16'2"
Longitud total (con Hoja P) (sin hoja)	5,81 m	19'1"	—	—
(sin hoja)	4,74 m	15'6"	—	—
Longitud total (con Hoja S) (sin hoja)	—	—	—	—
(sin hoja)	—	—	—	—
Ancho (con muñón)	3,37 m	11'1"	3,05 m	10'
Ancho (sin muñón — con zapatas estándar)	3,15 m	10'4"	2,7 m	8'8"
Ancho (con zapatas estándar)	—	—	—	—
Espacio libre sobre el suelo	496 mm	19,5"	606 mm	23,0"
<b>Tipos y anchos de hoja:</b>				
Recta	4,49 m	14'9"	—	—
Orientable recta	—	—	4,99 m	16'4"
Universal	—	—	4,26 m	14'0"
Semiuniversal	—	—	3,94 m	12'11"
Capacidad de llenado del tanque de combustible	479 L	127 gal. EE.UU.	625 L	165 gal. EE.UU.

El ingeniero se siente disgustado, pues el Gerente le está limitando el espacio de soluciones y por lo tanto, suprimiendo la aplicación de la creatividad, ya que las soluciones están ya predeterminadas por el Gerente. Sería mejor que se dejara en libertad al ingeniero, mostrándole las limitaciones de la empresa en un Estado de Pérdidas y Ganancias y el Balance General, a fin de que analice con profundidad el problema al generar las soluciones y él mismo determine las soluciones posibles en función de las limitaciones reales.

### **Cálculo del costo por m<sup>3</sup> de acarreo en motoescrepa de 21 yd<sup>3</sup>.**

**Datos:**

Los datos que aparecen en la página corresponden a una investigación de campo que incluyó: determinación del tipo de material a mover para concluir si la excavación podía realizarse directamente atacando con el equipo disponible y las propiedades del material mismo; un levantamiento topográfico de la zona cercana para determinar el tiradero y su distancia a la zona de excavación, así como el camino y sus características; la definición de la altura sobre el nivel del mar, a fin de considerar el efecto de la altitud en el comportamiento del equipo.

Material:	limo arenoso seco
Peso volumétrico en banco:	1,600 kg/m <sup>3</sup>
Altitud snm:	2,000 m
Longitud de acarreo:	370 m (1% pendiente favorable)
Calidad del camino:	Revestido
Coefficiente de abundamiento:	1.25 o su recíproco 0.8

Capacidad de la motoescrepa colmada:	15.96 m <sup>3</sup>
Peso de la máquina vacía:	37.762 ton
Peso de la máquina colmada:	37.762 + 1.6 x 0.8 x 15.96 = 58.19 ton
Costo directo hora-máquina	\$ 106.03

Los costos se encuentran en dólares para que el problema sea más realista, pues el valor de la maquinaria siempre se encuentra en dólares.

*Cotización tomada:* 1 dólar - 9.60 pesos.

## SOLUCIÓN

Suponemos que las como máquinas de tiro empujador.

**A. Resistencia al**  
máquina y por cada 2.5  
Penetración en camino  
 $15 \times 5 / 2.5 = 30 \text{ kg /}$   
Sumando 20 kg / ton  
internas, etc., Tendremos:

Resistencia al rodamiento =  $30 + 20 = 50 \text{ kg / ton}$



**Motoescrepas no estarán trabajando y empuje, esto es, requerirán de Tractor**

**rodamiento:** 15 kg / por cada tonelada de  
cm de penetración.  
revestido: 5 cm  
ton  
por deformación de llantas, fricciones

En ésta página y las siguientes se determina, de acuerdo con el método clásico comúnmente utilizado, el costo por metro cúbico en banco del material movido por Motoescrepa, ya que se trata de definir el método óptimo tomando el criterio de costo mínimo. Se toman los datos de un fabricante a efecto de definir la velocidad de la Motoescrepa y se siguen recomendaciones de carácter general, como los factores de eficiencia para las condiciones de obra y administración. Las máquinas trabajarán con un tractor empujador a fin de obtener un rendimiento aceptable en la carga.

**B. Resistencia por pendiente:** 10 kg / ton por cada 1%

Para el tramo en estudio:

$$1\% \times 10 = 10 \text{ kg/ton}$$

**C. Resistencia total de ida** =  $50 - 10 = 40 \text{ kg / ton} = 4\%$  de pend.

**D. Resistencia total de regreso** =  $50 + 10 = 60 \text{ kg / ton} = 6\%$  de pend.

**E. Resistencia total de la máquina:**

E1) Máquina cargada =  $0.040 \times 58.19 = 2.327 \text{ ton}$

E2) Máquina vacía =  $0.060 \times 37.762 = 2.265 \text{ ton}$

**F. Corrección por altitud:**

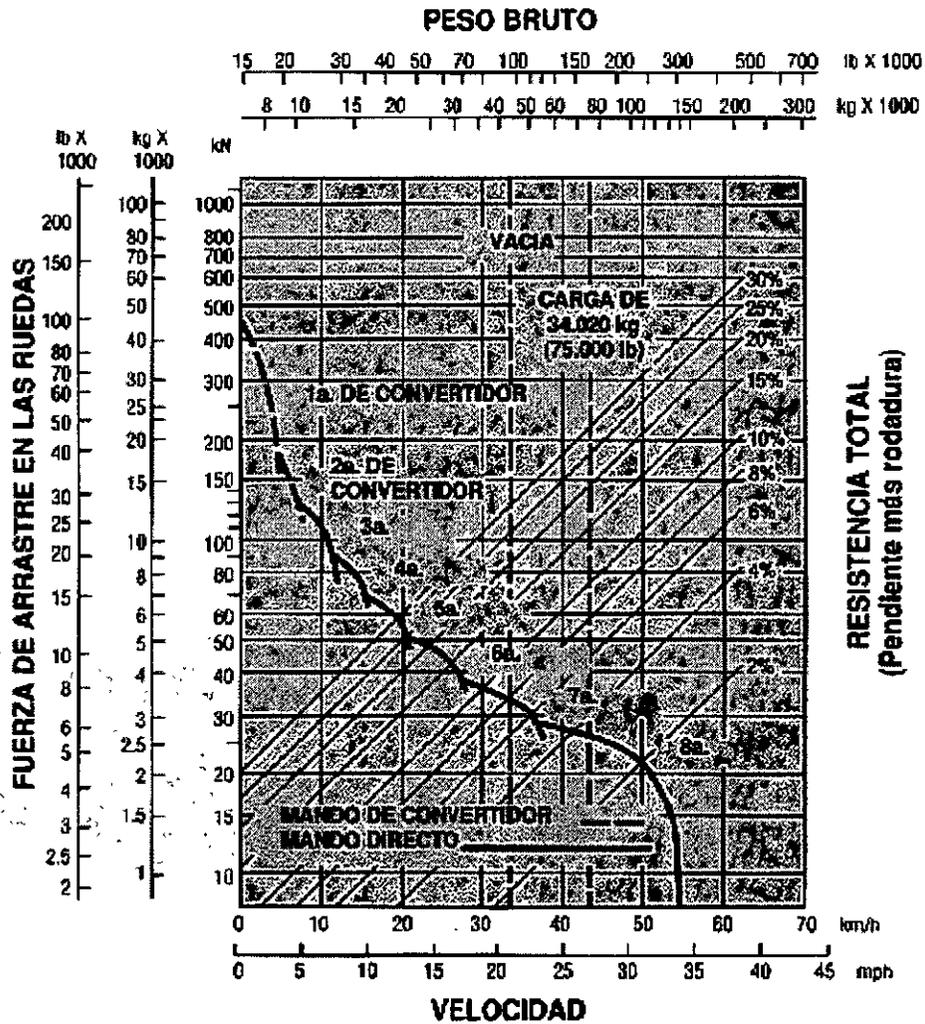
$$(500 \text{ m} \times 1\% \text{ por cada } 100 \text{ m}) / 100 = 5\%$$

Por lo tanto, habrá que multiplicar las resistencias totales por 1.05

F1) Máquina cargada =  $2.327 \times 1.05 = 2.443 \text{ ton}$

F2) Máquina vacía =  $2.265 \times 1.05 = 2.378 \text{ ton}$

**Con estos datos, se revisa la gráfica proporcionada por el fabricante.**



**G. Velocidades:**

G1) Máquina cargada = 38 km / hr (8a. Velocidad)

G2) Máquina vacía = 31 km / hr (7a. Velocidad)

**H. Velocidades medias: 0.65 x velocidad**

H1) Máquina cargada = 24.7 km / hr

H2) Máquina vacía = 20.15 km / hr

**I. Tiempos:**

I1) Máquina cargada = 1.0 min.

I2) Máquina vacía = 0.9 min.

Tiempo fijo = 1.7 min.

Total = 1.0 + 0.9 + 1.7 = 3.6 min.

**J. Costo del metro cúbico de material movido en banco:**

Número de viajes por hora =  $60 / 3.6 = 16.6$

Capacidad de la motoescrepa en banco =  $15.96 \times 0.8 = 12.77 \text{ m}^3$

Volumen teórico en banco =  $16.6 \times 12.77 = 211.9 \text{ m}^3/\text{hr}$

Para obtener el rendimiento promedio deberá utilizarse la tabla no. 1.

**FACTORES DE EFICIENCIA PARA LAS CONDICIONES DE OBRA Y DE ADMINISTRACIÓN**

	CONDICIONES DE ADMINISTRACIÓN			
CONDICIONES DE OBRA	EXCELENTE	BUENA	MEDIANA	MALA
EXCELENTE	0.84	0.81	0.76	0.70
BUENA	0.78	0.75	0.71	0.65
MEDIANA	0.72	0.69	0.65	0.60
MALA	0.63	0.61	0.57	0.52

**TABLA NO. 1**

En este caso se consideran las condiciones de administración y de obra buenas, lo que nos da un factor de eficiencia de 0.75

Rendimiento promedio =  $211.9 \times 0.75 = 158.92 \text{ m}^3$

Costo por empujador =  $\$101.37 / 2 = \$50.69$

Costo por hora motoescrepa = \$106.03  
 Costo total por hora = \$106.03 + \$50.69= \$156.72

Costo por m<sup>3</sup> = \$156.72 / 158.92 = \$ 0.99 dllrs/m<sup>3</sup> (ALTERNATIVA A)

**Cálculo del costo por m<sup>3</sup> de acarreo usando Cargador frontal y Camiones alquilados.**

**Datos:**

Material:	limo arenoso seco
Peso volumétrico en banco:	1,600 kg/m <sup>3</sup>
Altitud snm:	2,000 m
Longitud de acarreo:	370 m (1% pendiente favorable)
Calidad del camino:	Revestido
Coefficiente de abundamiento:	1.25 o su recíproco 0.8
Camión alquilado a razón de:	\$0.81 / m <sup>3</sup> abundado, 1 <sup>er</sup> km
Capacidad del cucharón:	2.75 yd <sup>3</sup>
Costo directo hora-máquina:	\$ 33.72

En la misma forma se calculará el costo directo por m<sup>3</sup> de material, pero utilizando Camiones contratados por m<sup>3</sup> abundado y acarreado. El costo horario del Cargador se presenta en un formato similar al de las otras máquinas. Conviene hacer notar que, en este caso, el constructor corre un riesgo mayor, por tener terceras personas a cargo del acarreo. Problemas relacionados con el costo o el manejo de los subcontratistas podrían originar costos adicionales al proyecto.

## Camión de volteo 7 m<sup>3</sup>



## Sistema de Precios Unitarios y Presupuesto

### ANALISIS DE PRECIOS

Básico C156AE (HR)

CAMIÓN DE VOLTEO DINA 7M GRAVA

===== ACTIVA ===== INACTIVA ===== RESERVA =====

===== DATOS GENERALES =====

PAD	Precio de Adquisición	\$	36,514.44		Fecha de Cotización:
EQAD	Equipo Adicional	\$	-	VE	Vida Económica 12000 hrs.
LLAN	Llantas	\$	1,528.86	HA	Horas al año 2400 hrs.
VA	Valor inicial = PAD + EQAD - LLAN = 36514.44 + 0.00 - 1528.66	\$	34,985.58	MOTOR:	DIESEL 175 HP
VR	Valor de Rescate	\$	3,498.56	FO	Factor de Operación 75%
POVR	Porcentaje de valor de Rescate	%	10.00	PO	Potencia de Operación 131.25 HP op.
INTE	Tasa de Intereses	%	26.90	Q	Factor de mantenimiento 2.29
SEGU	Prima de Seguros	%	3.00	PC	Precio Combustible \$ 0.39
HV	Vida Económica de Llantas		1500 hrs	PAM	Precio aceite motor \$ 2.13
VLL	Valor de Llantas	\$	1,528.86	C	Capacidad Carter 18 lts
MANT	Mantenimiento	%	229	COMB	Combustible 0.15 Lts/HP-hr
				CMLU	Cambio de Lubricante 150 hrs
				LUBR	Lubricante 0.00026 Lts/HP-hr

===== CARGOS FIJOS =====

D	Depreciación = (VA - VR) / VE =		(34985.58 - 3498.56) / 12000.00 =		\$ 2.62
I	Inversión = INTE x (VA + VR) / (2 x HA) =		0.27 x (34985.58 + 3498.56) / (2 x 2400.00) =		\$ 2.16
S	Seguros = SEGU x (VA + VR) / (2 x HA) =		0.03 x (34985.58 + 3498.56) / (2 x 2400.00) =		\$ 0.24
M	Mantenimiento = QD =		2.62 x 2.29 =		\$ 6.00

**TOTALES CARGOS FIJOS POR HORA \$ 11.02**

===== CONSUMOS =====

E	Combustible = PO x COMB x PC =		131.25 x 0.15 x 0.39		\$ 7.74
L	Lubricante = (PO x LUB + C / CMLU) x PAM =		(131.25 x 0.00026 + 18 / 150) x 2.13		\$ 0.26
LL	Llantas = VLL / HV =		1528.86 / 1500.00		\$ 1.02

**TOTALES CONSUMOS POR HORA \$ 9.02**

**COSTO DIRECTO HORA-MÁQUINA (HMD) \$ 20.04**

(VEINTE U.S. DOLARES 04/100)

**Cotización tomada: 1 dólar - 9.6 pesos**

## SOLUCIÓN

### Costo de carga.

Capacidad del cucharón

$$= 2.75 \times 0.76 = 2.1 \text{ m}^3$$

Factor de carga = 1.0

Volumen en banco por ciclo =  $2.1 \text{ m}^3 \times 0.8 = 1.68 \text{ m}^3$

Tiempo del ciclo (ciclo básico 35.0 seg) =  $35 \text{ seg} / 60 \text{ seg} = 0.58 \text{ min}$

Con una regla de tres obtengo: 103 ciclos / hr

Producción =  $1.68 \text{ m}^3 / \text{ciclo} \times 103 \text{ ciclos} / \text{hr} = 173 \text{ m}^3 / \text{hr}$

Producción media =  $173 \times 0.75 = 129.75 \text{ m}^3 / \text{hr}$

Costo de carga =  $\$33.72 / 129.75 = \$0.26$

### Costo de acarreo:

$\$0.81 / \text{m}^3$  abundado 1<sup>er</sup> km

Costo acarreo en banco =  $\$0.81 \times 1.25 = \$1.02$

**Costo total por  $\text{m}^3 = \$0.26 + \$1.02 = \$1.28$  dllrs (ALTERNATIVA B)**

**Quince días después, el Superintendente llega con el Gerente a plantearle la solución y se encuentra con que el Gerente le envía los Cargadores, a pesar de la demostración de la bondad de uso de las Motoescrepas y el fuerte ahorro en dinero. A insistencia del Superintendente, el Gerente confiesa que se comprometió a rentar las Motoescrepas, que le significan una ganancia interesante pues obtendrá \$ 5,000.00 dólares mensuales netos por cada Motoescrepa. ●**

**Cálculo del costo por  $\text{m}^3$  de acarreo rentando las motoescrepas.**

### Datos:

Material:	limo arenoso seco
Peso volumétrico en banco:	1,600 kg/ $\text{m}^3$
Altitud snm:	2,000 m
Longitud de acarreo:	370 m (1% pendiente favorable)
Calidad del camino:	Revestido
Coefficiente de abudamiento:	1.25 o su recíproco 0.8
Ganancia neta por motoescrepa:	\$5,000.00 / mes

## SOLUCIÓN

### Tiempo de ejecución:

$$2 \text{ cargas} \times 8 \text{ hrs} \times 2 \text{ turnos} \times 25 \text{ días} \times 130 \text{ m}^3 / \text{hr} \\ = 2 \times 8 \times 2 \times 25 \times 130 = 104,000 \text{ m}^3$$

$$\text{No. de meses} = 800,000 / 104,000 = 7.7 \text{ meses.}$$

$$\text{Ganancia total} = 7.7 \times 4 \times \$5,000 = \$ 154,000.00$$

$$\text{Ganancia} / \text{m}^3 = \$154,000 / 800,000 = \$0.20$$

Tomando en consideración la utilidad de la renta y restando al costo del Cargador más Camiones tendremos:

$$\text{Costo neto por m}^3: \$ 1.28 - \$0.20 = \$ 1.08 \text{ dllrs (ALTERNTIVA C)}$$

### 2da. parte

- generación de alternativas

- modelos probabilísticos simples

El Superintendente va con el Gerente a demostrarle que su decisión es mala. Sin embargo el Gerente le dice que desconfía de su cálculo de duración de la obra, pues no ha considerado tiempos de descompostura.

**Cálculo del costo por m<sup>3</sup> de acarreo, alternativa C y considerando descomposturas.**

## SOLUCIÓN

El Superintendente analiza con diferentes factores su tiempo de ejecución.

**Tiempos de ejecución para diferentes tiempos de descompostura**

No. Horas trabajadas	Factor eficiencia	Costo real	Tiempo de ejecución (meses)
400	0.75	\$ 1.08	7.7
350	0.75	\$ 1.06	8.8
300	0.75	\$ 1.02	10.3
250	0.75	\$ 0.97	12.3

Considerando 50 horas de tiempos de descompostura, el tiempo de ejecución se calcula como sigue:

Producción =  $2 \times 350 \times 130 = 91,000 \text{ m}^3 / \text{mes}$   
 Tiempo de ejecución =  $800,000 / 91,000 = 8.8 \text{ meses}$   
 Ganancia por renta de Motoescrapas:  
 $8.8 \times 4 \times \$5,000 = \$176,000.00$

Ganancia por  $\text{m}^3 = \$176,000 / 800,000 = 0.22$

**Costo neto para éste caso:  $\$1.28 - \$0.22 = \$1.06$**

**Esto es un ejemplo de análisis de sensibilidad.**

Para que convenga el alquiler necesitan rentarse las Motoescrapas más de 11 meses o de acuerdo con las dudas del Gerente, tardarse la obra en ejecutar más de 3.5 meses, lo que significa un 45 % más del plazo planeado para el trabajo.

**El Gerente duda pero casi con seguridad se inclinará por su decisión original. (Algo característico de los Gerentes. No dan su brazo a torcer fácilmente)**

Por otro lado, al Superintendente se le ocurre que ya que esta obligado a ocupar Camiones: ¿qué sucede si compra la empresa Camiones?.

**Y hace el siguiente análisis:**

**Cálculo del costo por  $\text{m}^3$  de acarrero, usando**

**Cargador frontal y Camiones de la empresa.**

**Datos:**

Material:	limo arenoso seco
Peso volumétrico en banco:	$1,600 \text{ kg/m}^3$
Altitud snm:	2,000 m
Longitud de acarreo:	370 m (1% pendiente favorable)
Calidad del camino:	Revestido
Coefficiente de abundamiento:	1.25 o su recíproco 0.8
Capacidad del camión:	$7 \text{ m}^3$
Costo directo hora camión:	\$ 20.04
Velocidad promedio de ida:	15 km/hr
Velocidad promedio de regreso:	20 km/hr

## SOLUCIÓN

### Tiempo del ciclo:

$$\text{De ida } t = 370 \times 60 / 15,000 = 1.5 \text{ min}$$

$$\text{De regreso } t = 370 \times 60 / 20,000 = 1.1 \text{ min}$$

$$\text{Total} = 2.6 \text{ min}$$

**Tiempo del ciclo del cargador:** 35 seg = 0.58 min

**Para cargar un camión de 7 m<sup>3</sup> son necesarios 4 ciclos de operación del Cargador**

$$= 0.58 \text{ min} \times 4 = 2.3 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo de descarga} = 30 \text{ seg} = 0.5 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo total del ciclo del camión} = 1.5 + 1.1 + 2.3 + 0.5 = 5.4 \text{ min}$$

$$\text{Número de viajes por hora} = 60 \times 0.75 / 5.4 = 8.3 \text{ viajes}$$

$$\text{Volumen por hora} = 8 \times 7.0 = 56 \text{ m}^3 \text{ (abundado)}$$

$$\text{Costo por m}^3 \text{ en banco} = \$20.04 / 56 \times 0.8 = \$ 0.45$$

### Cálculo para obtener el número de Camiones:

$$\text{Producción del Cargador} = 129.75 \text{ m}^3$$

$$\text{Número de Camiones} = 129.75 / 56 \times 0.8 = 2.89 > 3$$

Debemos tener un número entero, suponemos 3.

Por concepto de Camiones esperando, el factor es:  $3 / 2.89 = 1.04$

$$\text{Costo de acarreo: } \$ 0.45 \times 1.04 = \$ 0.47 / \text{m}^3$$

$$\text{Costo de carga} = \$33.72 / 129.75 \text{ m}^3 = \$ 0.26 / \text{m}^3$$

**Costo total: \$ 0.47 + \$0.26 = \$ 0.73 / m<sup>3</sup> (Alternativa D)**

Haciendo el análisis con 2 Camiones, para comparar el costo en el caso de la espera del Cargador:

$$\text{Producción del Cargador} = 44.8 \text{ m}^3 \times 2 = 89.6 \text{ m}^3$$

$$\text{Costo de carga} = \$33.72 / 89.6 \text{ m}^3 = \$0.38 / \text{m}^3$$

$$\text{Costo total} = \$0.45 + \$0.38 = \$0.83 / \text{m}^3$$

Como el costo total al utilizar 3 Camiones es menor que cuando se utilizan 2, entonces utilizaremos 3 ya que es más barato que los Camiones hagan fila, a que el Cargador tenga tiempos muertos de espera.

**Ahora, trataremos de analizar un esquema que consiste en tener un almacenamiento intermedio que puede consistir en tener una Tolva especialmente preparada para colocarse rápidamente en un lugar del banco, cercano a la carga y al cual acudirían los dos Cargadores**

para llenarlo. Esta Tolva llenaría rápidamente a los tres Camiones disminuyendo sin lugar a dudas el tiempo de carga.

Así separados tendríamos tres Camiones para los dos Cargadores, analicemos pues éste nuevo enfoque:

**Cálculo del costo por m<sup>3</sup> de acarreo utilizando almacenamiento intermedio.**

### SOLUCIÓN

En primer lugar disminuiríamos el costo del acarreo disminuyendo el tiempo de carga, quedando el costo como se indica a continuación:

#### ANÁLISIS DEL CICLO DEL CAMIÓN

Tiempo de carga = 1 minuto  
Tiempo de descarga = 0.5 minutos  
Tiempo de ida = 1.5 minutos  
Tiempo de regreso = 1.1 minutos  
Tiempo total del ciclo = 4.1 minutos

#### ANÁLISIS DE LOS CARGADORES

Los dos Cargadores son capaces para realizar 103 ciclos de 2.1 m<sup>3</sup> abundados cada uno, por lo que la producción quedaría como sigue:

Producción =  $103 \times 2.1 \times 0.8 \times 0.75 = 129.78 \times 2 = 259.56$  m<sup>3</sup> de banco por hora.  
Producción de los Camiones.  
 $7 \times 0.8 \times 0.75 = 4.2$  m<sup>3</sup> de banco por viaje.  
Número de viajes por hora =  $60 / 4.1 = 14.63$   
Producción por hora de los Camiones =  $14.63 \times 4.2 = 61.44$  m<sup>3</sup> de banco  
No de Camiones necesarios  $259.56 / 61.44 = 4.22$

Parece pues conveniente realizar nuestro trabajo utilizando 4 Camiones, ya que evidentemente es una combinación óptima de equipo. En ese caso, los Cargadores deberán reducir se eficiencia, que dando el costo como sigue:

Costo de acarreo =  $\$20.04 / 61.44 = \$0.33$   
Costo de carga =  $\$33.72 \times 2 / 61.44 \times 4 = \$0.28$

#### COSTO DE LA TOLVA

Peso = 6 toneladas  
Costo por ton = \$ 2,100  
Costo de la tolva = \$ 12,600  
Costo de colocación y maniobra = \$ 3,000  
Recuperación = \$ 6,000  
Costo total =  $\$12,600 + \$3,000 - \$6,000 = \$9,600$   
Costo por Tolva =  $\$9,600 / \$800,000 = \$0.01$

Costo Total = \$0.33 + \$0.28 + \$0.01 = \$ 0.62 (Alternativa E)

Si consideramos el ingreso por renta de Motoescrapas, costo = \$ 0.42 (Alternativa F)

El Superintendente lleva estos datos al Gerente quien le responde que no puede comprar los Camiones. Porque le parece que no va a poder usarlos después. El Superintendente que trata de usar sus conocimientos en estadística, analiza los datos de Camiones que usó la empresa y se encuentra con que el total de Camiones se ha usado en la siguiente forma:

### SOLUCIÓN

No. Camiones	Vendidos al final del año	Probabilidad
20	1	0.26
27	2	0.34
16	3	0.20
8	4	0.10
8	5	0.10
79	-	1.00

Con éstos datos trata de averiguar en el mercado como se están vendiendo los Camiones.

Encontrando que efectivamente no se venden con la depreciación lineal, sino en la forma siguiente:

Año de venta	% valor de adquisición
1	50
2	35
3	25
4	20
5	10

Con esto encuentra los valores de depreciación real por hora del Camión. Para esto calcularemos la depreciación real del Camión, considerando que se vende al final de cada año.

Si se vende al final del año	Valor depreciado	No. Horas	Depreciación por hora
1	\$ 17,492.79	2,400	\$ 7.29
2	* \$ 22,740.63	4,800	\$ 4.74
3	\$ 26,239.19	7,200	\$ 3.65
4	\$ 27,988.47	9,600	\$ 2.92

\* \$ 34,985.58 x 0.65 = \$ 22,740.63

**Valor esperado del costo de hora - máquina.**

Se calcula sustituyendo la depreciación, en el costo horario del cálculo original por el indicado en la tabla. Así, al costo de \$ 20.04, indicado en la tabla original se le resta \$ 2.62 y se le suma \$ 7.29.

Año	Costo/hora	Costo acarreo	Probabilidad	
1	\$ 24.71	\$ 0.55	0.26	\$ 0.14
2	* \$ 22.16	\$ 0.50	0.34	\$ 0.17
3	\$ 21.07	\$ 0.47	0.20	\$ 0.09
4	\$ 20.34	\$ 0.46	0.20	\$ 0.09
			SUMA	\$ 0.49

\*(\$22.16/55.8)\*(0.8) = \$0.50

**Valor esperado del acarreo = \$ 0.49**

**La integración del costo para éste caso quedaría así, considerando que se utiliza la Tolva para que la carga sea independiente del acarreo:**

Costo de la carga = \$ 0.28

Costo del acarreo = \$ 0.49

Costo de la tolva = \$ 0.01

**Costo esperado = \$0.28 + \$0.49 + \$0.01 = \$0.78**

**Si suponemos renta de Motoescrapas, costo = \$ 0.58**

**LAS ALTERNATIVAS DESARROLLADAS HASTA EL MOMENTO SON LAS SIGUIENTES:**

**COSTO POR m<sup>3</sup>**

**A) Usando las motoescrapas: \$ 0.99**

**B) Usando camiones alquilados y cargadores: \$ 1.28**

- C) Igual a B, pero rentando motoescrapas propias: \$ 1.08  
 D) Usando un cargador y camiones propios: \$ 0.73  
 E) Usando un cargador y camiones propios con Tolva: \$ 0.62  
 F) Igual a E rentando motoescrapas: \$ 0.42  
 G) Igual a E usando valor esperado del acarreo: \$ 0.78  
 H) Igual a G, rentando motoescrapas: \$ 0.58

El Superintendente sigue con la planeación de su trabajo y piensa que podría pavimentar el camino para así incrementar la velocidad y disminuir el número de Camiones y por lo tanto la inversión que tiene que realizar la empresa.

### SOLUCIÓN

Camiones y cargador para camino pavimentado (4 años de uso)  
 Velocidad de ida = 20 km / hr  
 Velocidad de regreso = 35 km / hr  
 De ida:  $t = 370 \times 60 / 20,000 = 1.1 \text{ min}$   
 De regreso:  $t = 370 \times 60 / 35,000 = 0.63 \text{ min}$   
 Total = 1.73 min

**Tiempo total del ciclo = 1.10 + 0.63 + 1.50 = 3.23 min**

Número de viajes por hora =  $60 / 3.23 = 18.6$   
 Producción por hora de los camiones =  $18.6 \times 4.2 = 78 \text{ m}^3$

**Número de camiones necesarios = 259.56 / 78 = 3.3 Camiones**

Necesitamos usar sólo tres Camiones, permitiendo que los Cargadores trabajen ineficientemente.

Costo de acarreo =  $\$20.04 / 78 = \$ 0.26$   
 Costo de carga =  $\$33.72 \times 2 / 78 \times 3 = \$ 0.29$   
 Costo de la Tolva = \$ 0.01

**Costo = \$0.26 + \$0.29 + 0.01 = \$ 0.56**

Sin embargo evidentemente es necesario añadir el costo derivado de la pavimentación. Al cotizar el pavimento encuentra que una empresa que se dedica a este tipo de trabajo, y que tiene una planta de pavimentación a menos de cuatro kilómetros, le plantea un presupuesto de \$ 32,000.00

El costo del pavimento por  $\text{m}^3$  es de  $32,000 / 800,000 = \$ 0.04$

**Costo total de esta alternativa = 0.56 + 0.04 = \$ 0.60**

Las alternativas hasta el momento son:

- A) Usando las motoescrapas: \$ 0.99
- B) Usando camiones alquilados y cargadores: \$ 1.28
- C) Igual a B), rentando las motoescrapas propias: \$ 1.08
- D) Usando cargadores y camiones propios (4 años de uso): \$ 0.73
- E) Usando cargadores y camiones propios con tolva: \$ 0.62
- F) Igual a E), rentando las motoescrapas propias: \$ 0.42
- G) Igual a E), usando valor esperado del acarreo: \$ 0.78
- H) Igual a G), rentando las motoescrapas propias: \$ 0.58
- I) Igual a E), pavimentando el camino: \$ 0.60
- J) Igual a I), rentando las motoescrapas propias: \$ 0.40

### 3a. parte

- actualización de alternativas con utilidad máxima
- costo mínimo y rédito máximo de la inversión

El Superintendente muestra las alternativas al Gerente, haciéndole ver que es claro que le conviene pavimentar el camino.

El Gerente le indica que si bien es cierto que conviene pavimentar el camino, no está dispuesto a invertir de inmediato una cantidad importante en pavimentar el camino, cantidad que él recuperará al final de la obra, pues el contrato firmado con el dueño así lo indica.

El Superintendente, por supuesto, considera que efectivamente existe una diferencia significativa en los sistemas de egreso y propone realizar un estudio cuidadoso haciendo uso del valor actualizado de las inversiones, pues piensa que la diferencia en el costo compensa cualquier diferencia en los sistemas de ingreso.

## SOLUCIÓN

Organiza su trabajo en la siguiente forma: como la recuperación es al final en una fecha dada no la considera para fines de comparación, las alternativas que va a comparar son la F) y la J), haciendo variar los intereses y los tiempos de ejecución, con objeto de realizar un análisis de sensibilidad a los intereses y a la duración de los trabajos.

No va a considerar la inversión en los camiones, ya que en la determinación del costo horario ha considerado los intereses de la inversión y por lo tanto al considerar la inversión estaría duplicando intereses. Se requeriría quitar los intereses del costo de hora máquina y considerar la inversión. Por otro lado las alternativas F) y J), suponen que la empresa mantendrá trabajando todos los equipos hasta el final de su vida económica.

Los egresos se consideran al final de cada mes, incluso la pavimentación y el costo de la Tolva, que se considera en el tiempo 1, esto es al inicio del trabajo, que es cuando hay que liquidar al pavimentador y al fabricante de la Tolva.

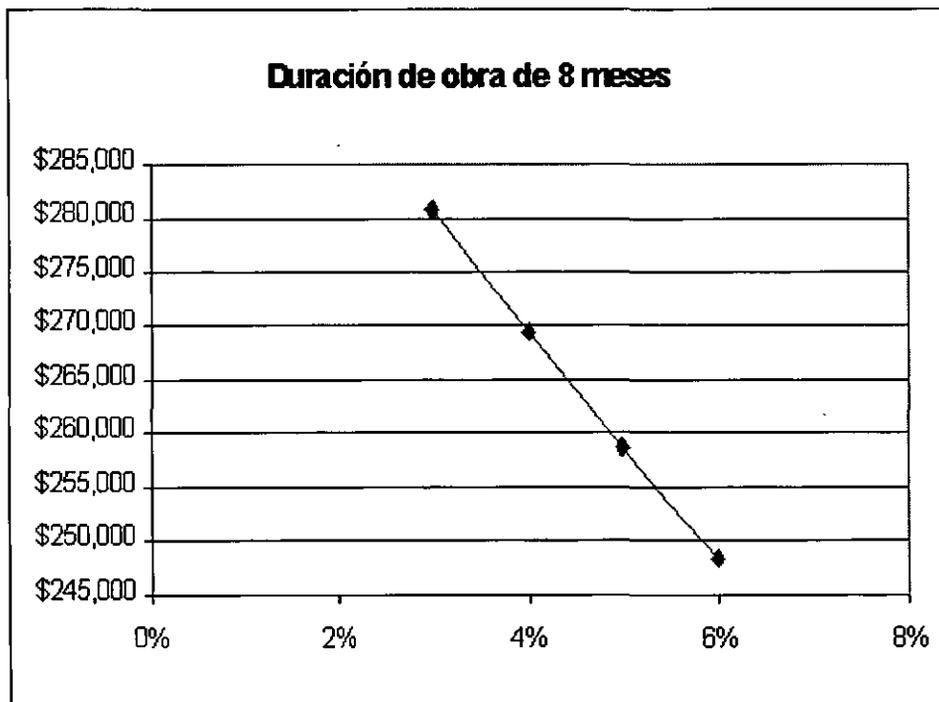
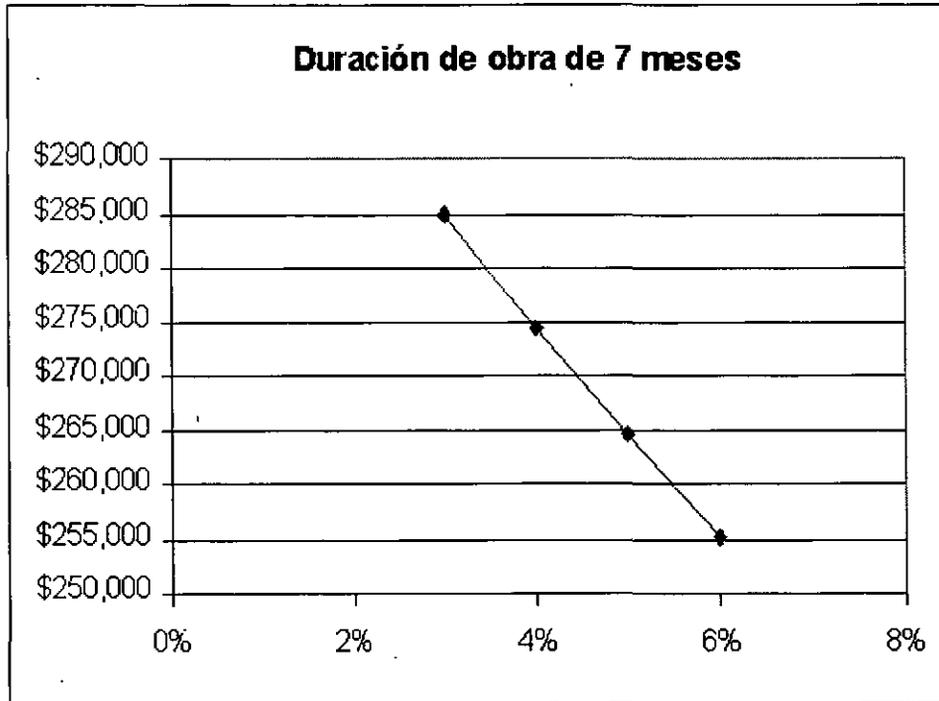
Con los datos del Caso F y del Caso J se obtiene el siguiente análisis de sensibilidad:

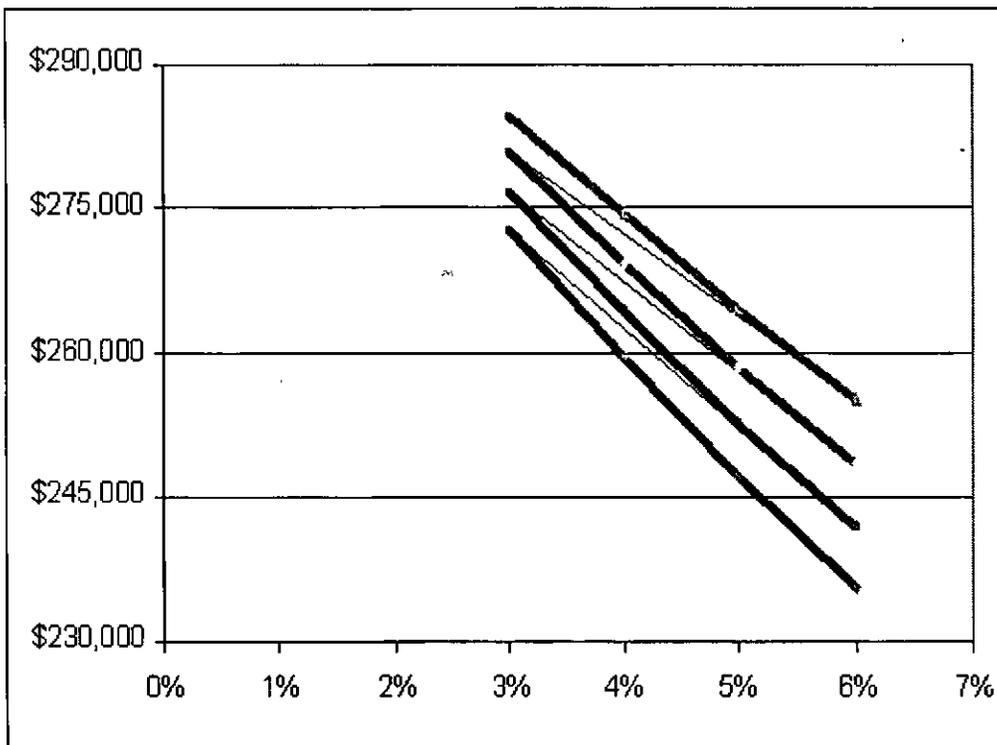
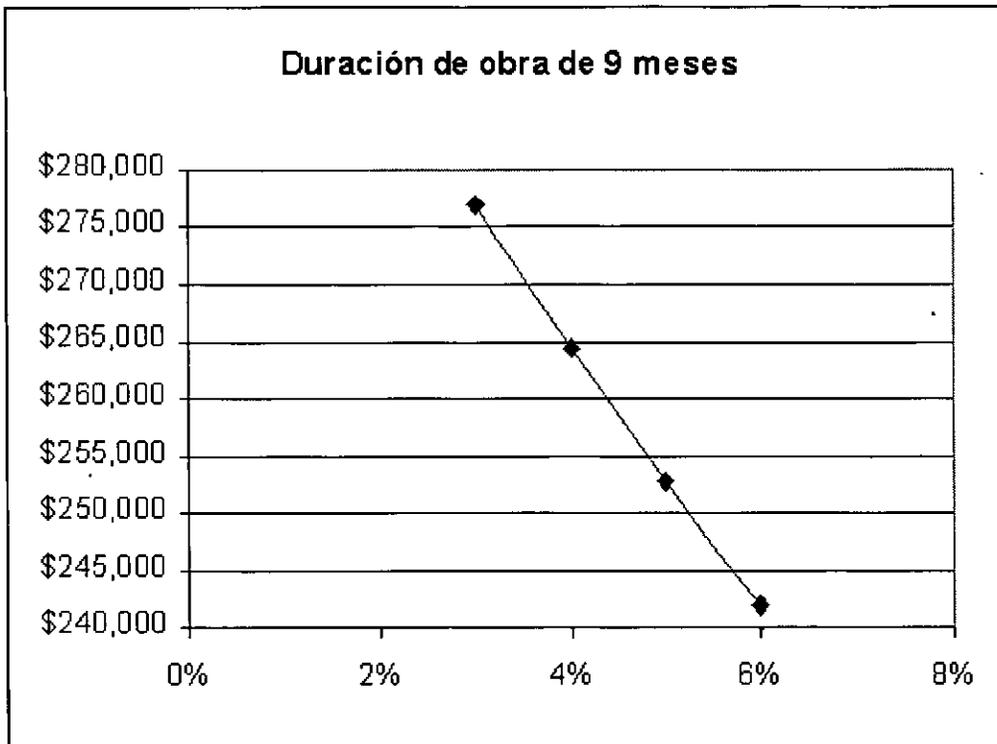
\* En este momento solo se toman en cuenta los Costos Directos

Duración de la obra (meses)	Tasa de Interés	Caso F	Caso J	Caso F-J
7	* 3%	\$299,053.58	\$284,812.94	\$14,240.64
7	4%	\$288,098.62	\$274,379.64	\$13,718.98
7	5%	\$277,745.92	\$264,519.93	\$13,225.99
7	6%	\$267,954.31	\$255,194.58	\$12,759.73
8	3%	\$294,827.07	\$280,787.69	\$14,039.38
8	4%	\$282,775.28	\$269,309.79	\$13,465.49
8	5%	\$271,454.94	\$258,528.51	\$12,926.43
8	6%	\$260,811.34	\$248,391.75	\$12,429.59
9	3%	\$290,681.40	\$276,839.43	\$13,841.97
9	4%	\$277,585.71	\$264,367.35	\$13,218.36
9	5%	\$265,358.68	\$252,722.55	\$12,636.13
9	6%	\$253,929.84	\$241,837.95	\$12,091.89
10	3%	\$286,614.82	\$272,966.49	\$13,648.33
10	4%	\$272,526.10	\$259,548.66	\$12,977.44
10	5%	\$259,450.29	\$247,095.52	\$12,354.77
10	6%	\$247,298.92	\$235,523.79	\$11,775.13

Como la diferencia F-J es siempre positiva entonces el Caso J es el óptimo.

### GRAFICACIÓN





## CASO F

Supuestos: Trabajo diario = 16 horas

Costo directo =  $800,000 \text{ m}^3 \times \$0.42 / \text{m}^3 = \$336,000$

Se supone que la obra paga a la empresa los cargos fijos de maquinaria y ésta absorbe los costos relacionados.

<b>DURACIÓN DE LA OBRA 7 MESES</b>										
<b>Mes</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Gasto</b>	\$48,000.00	\$48,000.00	\$48,000.00	\$48,000.00	\$48,000.00	\$48,000.00	\$48,000.00			
<b>Tasa</b>	<b>3%</b>	<b>4%</b>	<b>5%</b>	<b>6%</b>						
	\$299,053.58	\$288,098.62	\$277,745.92	\$267,954.31						
<b>DURACIÓN DE LA OBRA 8 MESES</b>										
<b>Mes</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Gasto</b>	\$42,000.00	\$42,000.00	\$42,000.00	\$42,000.00	\$42,000.00	\$42,000.00	\$42,000.00	\$42,000.00		
<b>Tasa</b>	<b>3%</b>	<b>4%</b>	<b>5%</b>	<b>6%</b>						
	\$294,827.07	\$282,775.28	\$271,454.94	\$260,811.34						
<b>DURACIÓN DE LA OBRA 9 MESES</b>										
<b>Mes</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Gasto</b>	\$37,333.33	\$37,333.33	\$37,333.33	\$37,333.33	\$37,333.33	\$37,333.33	\$37,333.33	\$37,333.33	\$37,333.33	
<b>Tasa</b>	<b>3%</b>	<b>4%</b>	<b>5%</b>	<b>6%</b>						
	\$290,681.40	\$277,585.71	\$265,358.68	\$253,929.84						
<b>DURACIÓN DE LA OBRA 10 MESES</b>										
<b>Mes</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Gasto</b>	\$33,600.00	\$33,600.00	\$33,600.00	\$33,600.00	\$33,600.00	\$33,600.00	\$33,600.00	\$33,600.00	\$33,600.00	\$33,600.00
<b>Tasa</b>	<b>3%</b>	<b>4%</b>	<b>5%</b>	<b>6%</b>						
	\$286,614.82	\$272,526.10	\$259,450.29	\$247,298.92						

\*Calculo con costos directos.

## CASO J

Costo directo =  $800,000 \text{ m}^3 \times \$0.40 / \text{m}^3 = \$320,000$

<b>DURACIÓN DE LA OBRA 7 MESES</b>										
<b>Mes</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Gasto</b>	\$45,714.29	\$45,714.29	\$45,714.29	\$45,714.29	\$45,714.29	\$45,714.29	\$45,714.29			
<b>Tasa</b>	<b>3%</b>	<b>4%</b>	<b>5%</b>	<b>6%</b>						
	\$284,812.94	\$274,379.64	\$264,519.93	\$255,194.58						
<b>DURACIÓN DE LA OBRA 8 MESES</b>										
<b>Mes</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Gasto</b>	\$40,000.00	\$40,000.00	\$40,000.00	\$40,000.00	\$40,000.00	\$40,000.00	\$40,000.00	\$40,000.00		
<b>Tasa</b>	<b>3%</b>	<b>4%</b>	<b>5%</b>	<b>6%</b>						
	\$280,787.69	\$269,309.79	\$258,528.51	\$248,391.75						
<b>DURACIÓN DE LA OBRA 9 MESES</b>										
<b>Mes</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Gasto</b>	\$35,555.56	\$35,555.56	\$35,555.56	\$35,555.56	\$35,555.56	\$35,555.56	\$35,555.56	\$35,555.56	\$35,555.56	
<b>Tasa</b>	<b>3%</b>	<b>4%</b>	<b>5%</b>	<b>6%</b>						
	\$276,839.43	\$264,367.35	\$252,722.55	\$241,837.95						
<b>DURACIÓN DE LA OBRA 10 MESES</b>										
<b>Mes</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Gasto</b>	\$32,000.00	\$32,000.00	\$32,000.00	\$32,000.00	\$32,000.00	\$32,000.00	\$32,000.00	\$32,000.00	\$32,000.00	\$32,000.00
<b>Tasa</b>	<b>3%</b>	<b>4%</b>	<b>5%</b>	<b>6%</b>						
	\$272,966.49	\$259,548.66	\$247,095.52	\$235,522.79						

\*Calculo con costos directos.

Es determinado el costo mínimo de acuerdo con la evaluación que detenidamente y con dificultades ha hecho nuestro ingeniero. Debemos ahora definir el precio de venta, esto es, encontrar gastos indirectos, que son gastos de diferentes índoles que tienen que ver con la obra, la dirección a cargo del superintendente, el manejo de almacén, el campamento para alojamiento del personal, el transporte del equipo del almacén de la empresa a la obra y regreso, tomador de tiempo, etc., todos éstos gastos a nivel de obra. Asimismo es indispensable incorporar una parte correspondiente de los gastos de oficina matriz, que tienen que ver con el total de actividades de la empresa. Deberá considerarse también el costo del dinero durante el tiempo que corre desde el momento en que se realiza la inversión, hasta el momento del cobro, y la utilidad que espera la empresa recibir por sus servicios. El conjunto constituye el precio que deberá pagar el dueño de la obra, nuestro cliente.

### GASTOS INDIRECTOS Y GENERALES.

Los gastos de obra se consideran asociados a cada obra en particular y los generales tienen que ver con los relacionados con oficina Matriz.

Existe el criterio de considerar ambos como un porcentaje del costo directo, esto evidentemente no es correcto, pues cada obra tiene sus problemas característicos y el superintendente tiene la obligación de responsabilizarse de su control. Solo los generales, en vista de que la obra no ejerce ningún control sobre ellos, deben calcularse como un porcentaje sobre el costo directo o sobre el costo total. Con objeto de seguir adelante consideraremos que la oferta al cliente se basará en la alternativa I, (acarreo con camiones propios, carga a tolva y pavimentando el camino), igual a \$0.60

El Superintendente, después de una evaluación cuidadosa encuentra que los costos indirectos tienen un valor de:

Mano de obra	=	\$39,800
Renta de maquinaria	=	\$21,300
Materiales	=	<u>\$ 6,100</u>
SUMA	=	\$67,200

Consideremos que, de acuerdo con la Presidencia de la empresa, los Gastos Generales tienen un costo de 4%, sobre el costo directo

Gastos Generales:

800,000 x \$0.60	=	\$480,000
\$480,000 x 0.04	=	\$19,200

Los costos totales directos, indirectos y generales son:

Costo directo	=	\$480,000
Costo Indirecto	=	\$67,200
Gastos Generales	=	<u>\$19,200</u>
SUMA	=	\$566,400

### **COSTO DEL DINERO INVERTIDO**

Ahora debemos considerar el costo de los intereses debido al dinero invertido, y al tiempo que la empresa tarda en recibirlo de parte del cliente. Para esto consideraremos, un plazo de cobranza de dos y medio meses y un interés de 2.5% mensual.

El costo por intereses será de

$$2.5/100 \times 2.5 \times \$566,400/2 = \$17,700$$

### **UTILIDAD**

El precio total presupuestado para la obra, suponiendo una utilidad de 10% sobre el costo directo sería:

Costo Directo	\$480,000
Costo indirecto	\$67,200
Gastos Generales	\$19,200
Costo intereses	\$17,700
Utilidad	<u>\$48,000</u>
Precio de venta	\$632,100

**HEMOS PRESENTADO HASTA AHORA LA MANERA MAS COMÚN DE DEFINIR EL PRECIO DE UN SERVICIO DE CONSTRUCCIÓN. SIN EMBARGO LO QUE IMPORTA EN REALIDAD A LA EMPRESA ES EL MONTO DE LAS UTILIDADES RELACIONADO CON EL CAPITAL TOTAL INVERTIDO.**

**LA EMPRESA PUES TIENE UNA OBLIGACIÓN PARA CON LOS ACCIONISTAS, QUE CONSISTE EN DAR UN RENDIMIENTO AL CAPITAL, DESPUÉS DE**

IMPUESTOS, RELACIONADO CON LA PRODUCTIVIDAD EN EL MERCADO Y EL RIESGO, QUE NORMALMENTE ES DIFERENTE EN CADA RAMA INDUSTRIAL Y AÚN DE EMPRESA A EMPRESA; PUES DEPENDE DEL MERCADO ESPECÍFICO EN QUE SE MUEVE, DEL COSTO DE DINERO, DE LA INFLACIÓN, ETC.

LA UTILIDAD DESPUÉS DE IMPUESTOS DEBERÁ CONSTITUIRSE DE TRES PARTES PRINCIPALES: UNA PARTE RELACIONADA CON EL COSTO DEL DINERO EN EL MERCADO, OTRA EN FUNCIÓN DEL RIESGO QUE CORRE EL PRINCIPAL, QUE DEPENDE BÁSICAMENTE DEL TIPO DE INDUSTRIA Y UNA TERCERA QUE ES UN PREMIO AL INVERSIONISTA POR COLOCAR EL DINERO EN EL EMPRESA. TODO ESTO CONSIDERANDO QUE NO EXISTE INFLACIÓN. EL COMPONENTE INFLACIONARIO SE TRATA APARTE Y PUEDE FORMAR PARTE DEL COSTO DE DINERO EN EL MERCADO.

EXISTEN DIFERENTES PROCEDIMIENTOS PARA DEFINIR LA UTILIDAD QUE SE ESPERA EN UN PROYECTO DE INVERSIÓN: TASA INTERNA DE RETORNO; UTILIDAD A VALOR PRESENTE ENTRE INVERSIÓN O CAPITAL TAMBIÉN A VALOR PRESENTE, TIEMPO DE RECUPERACIÓN DEL CAPITAL ETC. TODOS ESTAS MEDIDAS CONSIDERAN LA RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN EN LA VIDA DEL PROYECTO.

QUIZÁ LA MEDIDA MÁS USUAL ES LA TASA INTERNA DE RETORNO. Y VAMOS A VER A CONTINUACIÓN COMO SE APLICARÍA A NUESTRO CASO.

(tablas Caso F y Caso J, con costos indirectos)

### **DETERMINACIÓN DE LA TIR**

Consideremos la obra como un sistema cerrado al que ingresan los insumos medidos en unidades monetarias y salen insumos remanentes o dinero hacía fuera del sistema. En la figura se aprecia la forma en que se consideran entradas y salidas en lapsos predeterminados de tiempo. La definición de estos lapsos es importante y desde luego depende de la duración total del proyecto, en nuestro caso lo más conveniente es una duración de un mes, pero en un proyecto de duración media (por ejemplo la construcción de una hidroeléctrica con duración de cuatro y medio años) puede utilizarse el semestre o el trimestre y para otros proyectos de inversión con duración por ejemplo de diez años utilizaríamos el año. Así pues consideraremos los movimientos de dinero por mes, teniendo cuidado de planear los movimientos de dinero sin considerar los intereses incorporados al proyecto, lo que deformaría nuestra evaluación.

En primer lugar, pues, quitemos los intereses, que no se van a considerar como un gasto. Estos están incorporados en el costo de la maquinaria y en los indirectos, por lo que los números quedarían como se muestra a continuación:

### INTERESES CONSIDERADOS EN EL COSTO.

El Camión tiene un costo de intereses por hora de \$2.16, y el costo total por hora es \$20.04, por lo tanto el porcentaje del costo por intereses será de:

$$2.16/20.04 = 0.1077 \text{ o sea } 10.77\%$$

El Cargador tiene un costo de intereses por hora de \$6.02 y el costo total por hora es de \$33.72, por lo tanto el porcentaje de costo por intereses respecto al costo total será de:

$$6.02/33.72 = 0.1785 \text{ ó } 17.85\%.$$

### COSTO DIRECTO SIN INTERESES.

Revisando los costos que establecimos para el caso I que es el que hemos estado estudiando y quitando los intereses considerados en el costo tenemos:

Costo de acarreo sin intereses	=	$\$0.26 \times (1 - 0.1077) = \$0.23$
Costo de carga sin intereses	=	$\$0.29 \times (1 - 0.1785) = \$0.24$
Costo de la tolva	=	\$0.01
Costo del pavimento	=	\$0.04
Costo alternativa I sin intereses	=	\$0.52

**El Costo Total en esta alternativa será =**  
 $\$0.52 \times 800,000 \text{ m}^3 = \$416,000$

### COSTO TOTAL SIN INTERESES.

El costo total sin intereses sería:

Costo directo sin intereses	=	\$416,000
Costo indirecto	=	\$67,200
Gastos Generales	=	\$19,200
<b>Total</b>	=	<b>\$502,400</b>

DEBEMOS GASTAR EN PROMEDIO; SUPONIENDO OCHO MESES PARA EJECUTAR EL TRABAJO  $\$502,400/8 = \$62,800$

**DEBEMOS COBRAR A LO LARGO DE LOS OCHO MESES**

**\$632,100.00.**

## CONSIDERACIONES SOBRE LA MAQUINARIA.

De acuerdo con lo indicado al principio todo lo que entra al sistema debe valuarse y considerarse en la corrida financiera valuado en pesos. Cometeríamos un error si consideramos que solo gastamos la depreciación de la maquinaria, en realidad la maquinaria debe considerarse que ingresa con el valor que tiene y que sale con un valor menor. La diferencia entre esos valores corresponde a la depreciación, debemos pues considerar que entra a su valor real y sale a ese valor menos la depreciación. Lo mismo sucede con los materiales, combustibles, refacciones, etc. que deben considerarse como un gasto aún cuando no se utilicen. Podemos considerar que existe un almacén con un cierto valor que puede variar con el tiempo. Estamos suponiendo que no requerimos de campamento, pero si este fuera el caso debe considerarse el gasto al inicio y considerar que tiene un valor de recuperación muy bajo o nulo.

Si la maquinaria fuera alquilada la consideración sería diferente, la renta debe considerarse como un gasto debido a que la máquina no es una inversión de la empresa sino de terceros.

## CALCULO DE LA DEPRECIACIÓN Y SU TRATAMIENTO.

La depreciación del cargador es de \$8.13 por hora y el número de horas utilizadas se obtendrá dividiendo 800,000 m<sup>3</sup> entre la producción por hora. Como vimos en el ejemplo los dos cargadores mueven un total de 259.5 m<sup>3</sup>, por lo que la depreciación total de los dos cargadores será de:

número de horas =  $800,000/259.3 = 3,082.85$  horas.

Depreciación total de los dos cargadores:

$$3,082.85 \times \$8.13 = \$25,063.57$$

Calculemos ahora la depreciación de los tres camiones. La depreciación por hora es de \$2.62, cada camión mueve 78 m<sup>3</sup> por hora, por lo que el número de horas utilizadas es de  $800,000/78 = 10,256.41$  horas y la depreciación total es

$$10,256.41 \times \$2.62 = \$26,871.79$$

La suma de las dos depreciaciones es

$\$25,063.57 + \$26,871.75 = \$51,935.36$ , que deberá considerarse como la disminución en el valor de las áquinas y restarse del flujo de efectivo. Tendremos pues como costo del proyecto sin depreciación ni financiamiento:

## COSTO TOTAL SIN INTERESES NI DEPRECIACIÓN.

Costo directo sin intereses ni depreciación:

$$\$416,000 - \$51,935 = \$364,065$$

Con lo que el costo total sin intereses ni depreciación será:

$$\$364,065 + \$67,200 + \$19,200 = \$450,465$$

Si suponemos que esta cantidad se gasta en cantidades iguales en los ocho meses de obra tendremos como gasto mensual  $\$450,465/8 = \$56,308$ . Ahora estamos listos para iniciar nuestra flujo de efectivo para determinar la tasa interna de retorno. Vamos a considerar que los cargadores están al 50% de su valor de adquisición y los camiones son nuevos.

La inversión en maquinaria se presentara en el mes 1, la obra dará inicio el mes 2 y se tardará ocho meses en concluirse, o sea que en el mes nueve termina. La estimación mensual tarda dos meses en cobrarse, de modo que termina el mes 11 y la maquinaria se regresa el mes 10 a su valor nuevo después de la depreciación.

Iniciaremos la tabla encontrando todos los gastos. En primer lugar consideremos la inversión inicial en maquinaria. De acuerdo con los supuestos anteriores será:

$$3 \times \$36,514.44 + 2 \times \$100,712.85/2 = \$210,256$$

que como dijimos antes estará situado en el mes 1.

Los gastos mensuales serán:  $\$450,465 / 8 = \$56,308$ , que se colocarán en los tiempos 2 a 9 inclusive.

Asimismo comentamos que se requiere que tengamos una inversión en el almacén, que consistirá en aceites, combustible, filtros y algunas refacciones de uso común. Suponemos que valdrá \$4,600.00. Esta cantidad se colocara en el mes 1 y se disminuirá la mitad en el mes 9 y la otra mitad en el mes 10.

En cuanto a los ingresos, estos son iguales a  $\$632,100/8 = \$79,012.50$  que colocaremos en la tabla durante 8 meses a partir del mes 4 y una recuperación por maquinaria de  $\$210,256 - \$51,935 = \$158,321$

La tabla queda como sigue:

	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11
<b>EGRESOS</b>											
Inver en maquinaria	\$210,256										
Gastos mensuales		\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308		
Almacén	\$46,000								\$(2,300)	\$(2,300)	
Suma	\$214,856	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$54,008	\$(2,300)	
<b>INGRESOS</b>											
Cobro estimado				\$79,013	\$79,013	\$79,013	\$79,013	\$79,013	\$79,013	\$79,013	\$79,013
Ingreso por maquinaria										\$158,321	
Suma				\$79,013	\$79,013	\$79,013	\$79,013	\$79,013	\$79,013	\$237,334	\$79,013
<b>FLUJO</b>	<b>\$(214,856)</b>	<b>\$(56,308)</b>	<b>\$(56,308)</b>	<b>\$22,705</b>	<b>\$22,705</b>	<b>\$22,705</b>	<b>\$22,705</b>	<b>\$22,793</b>	<b>\$25,005</b>	<b>\$239,634</b>	<b>\$79,013</b>
<b>TIR</b>	<b>4.53%</b>										

Si solicitamos un anticipo de 10% en el mes 1, disminuimos nuestra utilidad al 5% y recorreremos el cobro un mes para terminar en el mes 10, tenemos:

	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11
<b>EGRESOS</b>											
Inver. en maquinaria	\$210,256										
Gastos mensuales		\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308		
Almacén	\$4,600								\$(2,300)	\$(2,300)	
Suma	\$214,856	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$54,008	\$(2,300)	
<b>INGRESOS</b>											
Cobro estimado	\$60,810		\$68,411	\$68,411	\$68,411	\$68,411	\$68,411	\$68,411	\$68,411	\$68,411	
Ingreso por maquinaria										\$158,321	
Suma	\$60,810		\$68,411	\$68,411	\$68,411	\$68,411	\$68,411	\$68,411	\$68,411	\$226,732	
<b>FLUJO</b>	<b>\$(154,046)</b>	<b>\$(56,308)</b>	<b>\$12,103</b>	<b>\$12,103</b>	<b>\$12,103</b>	<b>\$12,103</b>	<b>\$12,103</b>	<b>\$12,103</b>	<b>\$14,403</b>	<b>\$229,032</b>	
<b>TIR</b>	<b>5.55%</b>										

Si solicitamos un anticipo del 20% en el mes 1, mantenemos nuestra utilidad en 5% y recorremos el cobro un mes adelante para terminar en el mes 11, tenemos:

	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11
<b>EGRESOS</b>											
Inver. en maquinaria	\$210,256										
Gastos mensuales		\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308		
Almacén	\$4,600								\$(2,300)	\$(2,300)	
Suma	\$214,856	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$56,308	\$54,008	\$(2,300)	
<b>INGRESOS</b>											
Cobro estimado	\$121,620			\$60,810	\$60,810	\$60,810	\$60,810	\$60,810	\$60,810	\$60,810	\$60,810
Ingreso por maquinaria										\$158,321	
Suma	\$121,620			\$60,810	\$60,810	\$60,810	\$60,810	\$60,810	\$60,810	\$219,131	\$60,810
<b>FLUJO</b>	<b>\$(93,236)</b>	<b>\$(56,308)</b>	<b>\$(56,308)</b>	<b>\$4,502</b>	<b>\$4,502</b>	<b>\$4,502</b>	<b>\$4,502</b>	<b>\$4,502</b>	<b>\$6,802</b>	<b>\$221,431</b>	<b>\$60,810</b>
<b>TIR</b>	<b>5.29%</b>										

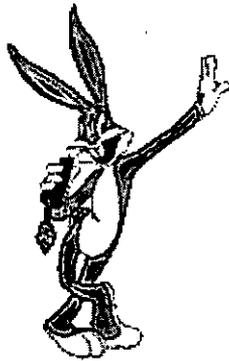
Resumiendo, para todos los casos se tiene la inversión en maquinaria en el mes 1, la obra dará inicio en el mes 2 y tardará ocho meses en concluirse, la maquinaria se regresal al mes 10 a su nuevo valor después de depreciarla.

<i>Caso 1:</i> La estimación mensual tarda dos meses en cobrarse, de modo que se termina en el mes 11	TIR = 4.53%
<i>Caso 2:</i> Se incluye anticipo del 10%, disminución de la utilidad al 5% y la estimación mensual sólo tarda un mes, de modo que se termina en el mes 10	TIR = 5.55%

*Caso 3:* Se incluye anticipo del 20%, disminución de la utilidad al 5% y la estimación mensual tarda dos meses en cobrarse, de modo que se termina en el mes 11.

TIR =  
5.29%

***That's all Folks!***



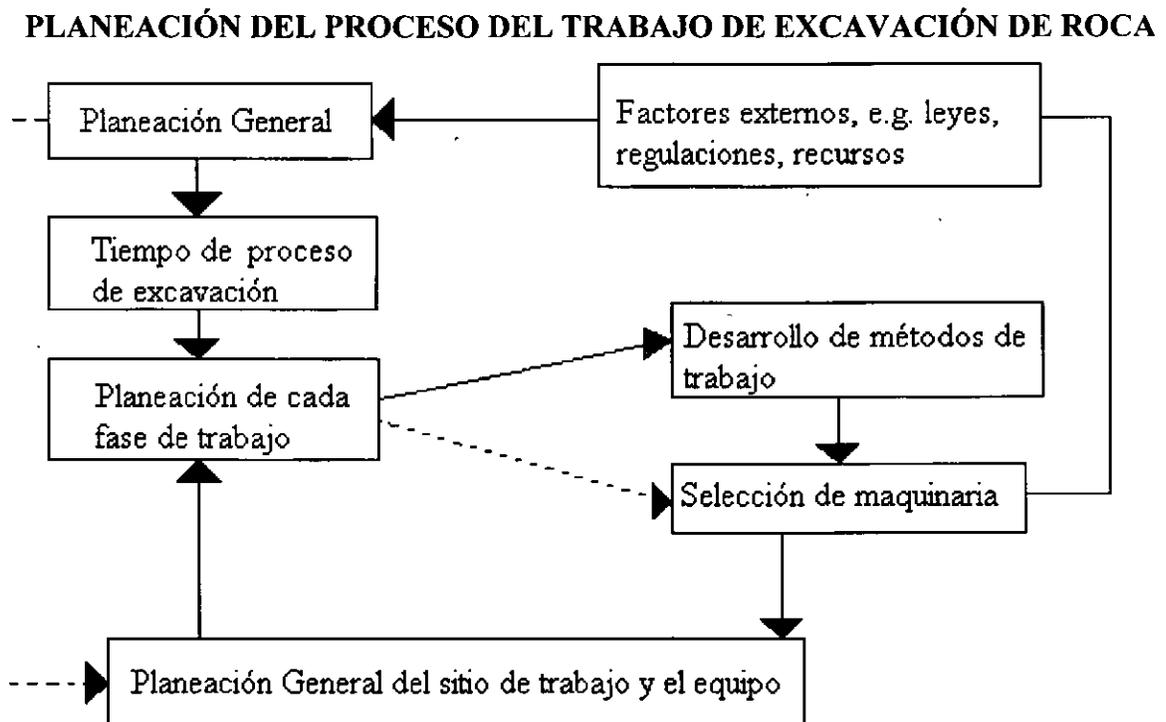
# PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.

## EXCAVACIÓN DE ROCA.

### 5.1.1 Planeación General del Trabajo de Excavación.

El trabajo de excavación de roca es un proceso que requiere una preplaneación detallada para obtener resultados económicos. En grandes excavaciones un pequeño error en costos unitarios (por ejemplo en el costo del metro cúbico) se convertirá en una gran pérdida a lo largo del trabajo. La situación se vuelve crítica a medida que el costo, mal estimado generalmente, no puede ser corregido durante el trabajo, en el momento mismo que la excavación se vuelve un proceso repetitivo sin alternativas de cambio y en el que, el mejor método posible, así como la maquinaria habrán sido ya escogidos durante la etapa de planeación. Debido a ello, es imperativo planear en forma correcta desde el principio.

El método más económico de excavación así como su costo unitario correspondiente incluyendo todos los factores que lo conforman, se presenta en el diagrama del proceso de planeación.



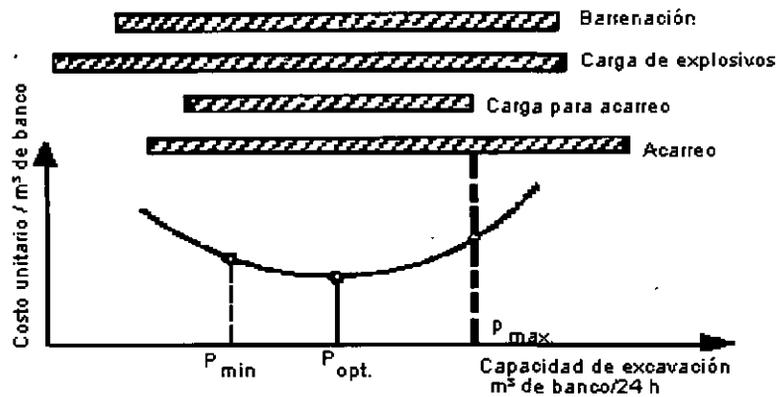
La planeación general es la primera etapa del proceso de planeación. El plan general de excavación se formula tomando en cuenta los factores externos, entre los que destacan el tiempo total de excavación así como los recursos existentes.

El tiempo del proceso de excavación se debe entender como la distribución en el tiempo de las diferentes etapas tales como barrenación, carga de explosivos, tronada, carga, transporte y descarga, dando a cada actividad un tiempo real considerando posibles traslapes, orden y capacidad.

En la excavación de roca superficial las fases del proceso están determinadas por factores externos. La capacidad más económica es escogida en base a la capacidad de excavación, previendo que está no exceda ninguna de las capacidades máximas técnicas de cada una de las fases y que no caiga por debajo de la capacidad mínima requerida por la propia construcción o por el tiempo de producción.

A menudo la situación es tal, que la capacidad máxima de una fase determinará todo el proceso de excavación, por ejemplo, en los cortes estrechos de las vías férreas, la limitación del espacio determina el tamaño máximo de los cargadores y el proceso completo será determinado por la capacidad de éstos cargadores.

Un ejemplo de dimensionamiento de excavación superficial se muestra en la siguiente figura.



**La optimización económica de la capacidad de excavación.**

En la parte superior de la figura se presenta la capacidad de las diferentes fases del proceso. En la parte inferior, la gráfica del costo unitario como función de la capacidad de excavación.

La planeación de cada fase se realiza en base a los tiempos dados en la planeación general y en el proceso de cuantificación del tiempo. Cuando éstos están relacionados con las unidades de cuantificación ( $m^3$  sólidos, tronadas, metros de barrenación, alturas de bancos, y cantidades de

explosivos, etc.) La necesidad de capacidad de cada fase está determinada. Esta será la base para escoger el método de explotación y el equipo.

### ***BARRENACIÓN.***

La determinación del plan de barrenación es una tarea esencial en el proceso total de excavación. Después de haber escogido el método final de extracción, los siguientes factores deben ser considerados:

- Alturas de bancos económicas
- Metros de barrenación por m<sup>3</sup> de sólidos (m/barreno/ton) en diferentes secciones transversales.
- Espaciamiento óptimo de los barrenos en el banco y en el perfil.
- Diámetro económico de los barrenos.

Los parámetros anteriores dependen muchísimo entre sí y cada uno de ellos es dependiente a su vez de los factores externos. Preparar el plan más económico de barrenación es un problema de optimización que requiere trabajos de investigación práctica realizados con antelación en diferentes condiciones.

### ***CARGA DE EXPLOSIVOS.***

El plan de carga de explosivos siempre está basado en el plan de barrenación, el cual determina por ejemplo la cantidad de explosivos por usar. Los siguientes factores deben ser considerados cuando se prepara el plan de carga de explosivos.

- Elección económica de explosivos.
- Determinación de la capacidad de explosivos necesarios.
- Elección del sistema de iniciación y tipo de detonador.
- Protección y seguridad: ejemplos: riesgo de daños, probabilidad de accidentes, dispersión de los fragmentos de roca, vibraciones del suelo, etc.

### ***CARGA PARA ACARREO.***

La planeación de la carga que se transportará en el proceso de excavación, estriba básicamente en seleccionar un cargador que sea económico y que cumpla con los requisitos de capacidad. En las actuales circunstancias el criterio más importante es el de la capacidad, que depende de los siguientes factores:

- Espacio disponible para maniobras de la propia máquina
- Reducción de la capacidad debida a restricciones en el espacio de trabajo

- Superficie y calidad del área de trabajo
- Altura del montón de escombros.
- Tamaño y densidad de los fragmentos de roca.
- Superficie bajo el montón de escombros.
- Tiempos perdidos durante la espera del equipo de acarreo.

## **ACARREO**

El plan de acarreo depende de la selección del método y máquinas de transportación. El sistema más económico del acarreo se logra cuando la carga y el acarreo están sincronizados con el tiempo de excavación económico. Los puntos que afectan la selección del método de acarreo son:

- Tipo de equipo seleccionado (ferrocarril, carros de volteo, volquetes, etc.)
- Número de unidades de acarreo.
- Estado de los caminos de transportación (directos y by-passes)
- Siguiendo proceso a que se someterán los fragmentos de roca (trituration, almacenamiento, bancos de relleno).

En excavaciones a cielo abierto, los camiones son los que permiten un ciclo más económico debido a que las variaciones del volumen por mover se pueden controlar al variar el número de unidades usadas.

### **5.1.2 Selección del Equipo necesario en el sitio de los trabajos.**

Este plan consiste en el arreglo de las condiciones del lugar de los trabajos para que tanto el método de excavación como la maquinaria puedan ser utilizados en forma eficiente. En general el lugar de los trabajos debe consistir en almacenes, edificios de oficinas y servicios, y toda la planta necesaria para llevar a cabo el método de excavación. Más detalladamente, los arreglos consisten en los siguientes:

- Suministro de energía y colocación de redes para: Compresores y Líneas de aire en el caso de escoger barrenación neumática, instalaciones eléctrica necesarias en el caso de barrenación hidráulica.
- Otros sistemas eléctricos.
- Alumbrados.
- Edificaciones y mantenimiento de caminos en el lugar.
- Sistemas de calefacción e instalaciones contra el invierno (en países fríos)
- Suministro de agua
- Bombeo

La preplaneación del lugar de los trabajos (acondicionamiento y equipamiento) es importante porque lleva consigo una gran parte del total del costo de la obra. Una inadecuada planeación de los arreglos y equipos de acondicionamiento tendrá resultados totalmente antieconómicos aunque el resto de los trabajos hayan sido planeados por expertos.

### 5.1.3 Planeación y modelos de barrenación (Plantillas).

En las excavaciones para construcción, la apertura de espacios es el objetivo principal y los modelos de barrenación escogidos dependen mucho de factores determinados por las condiciones externas tales como :

- Localización del sitio de excavación
- Presencia de estructuras residenciales o de otro tipo en la cercanías.
- Tolerancias dada al contorno del espacio.

El diámetro de la barrenación varía entre 25 y 75 mm

En frentes a cielo abierto y pedreras el principal objetivo es extraer roca lo más barato posible y del tamaño necesario para poder someterlo a las fases de carga, acarreo y trituración según los requerimientos del equipo. El diámetro de barrenación será normalmente sobre 64 mm en pedreras largas, así como en minas, las barrenaciones de 125 mm o mayores son bastante comunes.

El proceso de planeación se puede formular de la siguiente manera:

1. Determinar la altura del banco (K)
2. Determinar el tamaño máximo de los fragmentos de roca que pueden ser cargados por el equipo.
3. Determinar la máxima cantidad de explosivos que pueden ser detonados al mismo tiempo (vibraciones)
4. Determinar la carga necesaria y el tipo de explosivos para romper la roca al tamaño deseado.
5. Determinar el diámetro de la barrenación
6. Determinación del bordo y el espaciamiento de barrenos (V y E)
7. Seleccionar el equipo que más se apegue a las necesidades
8. Seleccionar el suministro de aire/electricidad para la máquina de barrenación.

Todos los factores listados anteriormente dependen entre sí y la planeación se convierte ahora en un proceso de optimización siempre que sea posible, por supuesto la solución más económica deberá ser empleada.

El costo de barrenación está determinado por un cargo fijo que comprende:

- Costo de las máquinas de barrenación
- Costo de la máquina suministrándole la energía necesaria (ejemplo: compresores, generadores) y otros equipos involucrados (como trituradoras, bombas, etc.)

Y un costo variable que incluye:

- Equipo de barrenación (brocas, barrenas, etc.)
- Mantenimiento y reparación del tren de sondeo o malacate de perforación.
- Salarios de operadores

- Costos suplementarios involucrados, tales como costos de energía para bombeo, preparación del lugar de barrenación, tendido de líneas de tubería y cableado, etc.

Todos estos costos determinan el costo por metro de barrenación, que es un factor que debe ser considerado al seleccionar la maquinaria y el método de barrenación.

El costo de la voladura incluye costos tales como:

- Explosivos, detonadores y cables.
- Maquinaria para realizar la carga del barreno (costo fijo )
- Operación y mantenimiento de la maquinaria para cargar los barrenos.
- Equipos necesarios para iniciar la voladura.
- Salarios del cargador y demás personal involucrado.

Cuando estos costos son combinados con el costo de barrenación, el costo por metro cúbico o tonelada del mineral extraído, podrá ser calculado y el costo más económico del proceso de perforación determinado.

En muchos casos, especialmente en zonas residenciales, la solución más económica no se puede emplear. La solución que contempla los siguientes factores se convierte en la solución aplicable.

- Vibraciones del suelo
- Esparcimiento del material
- Condiciones de la roca
- Tolerancia perimetrales.

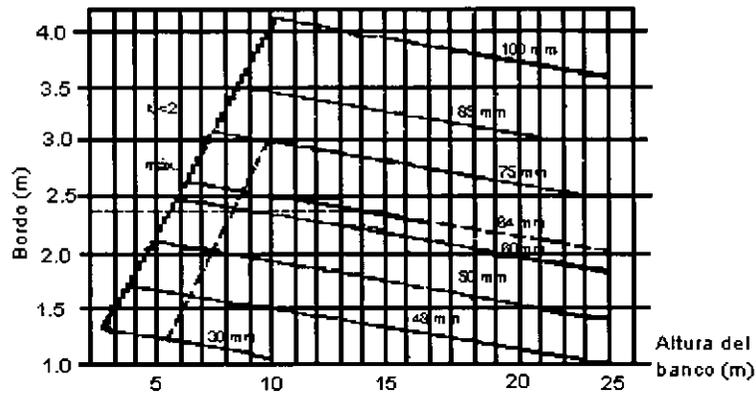
Dos factores importantes deben ser considerados especialmente en proyectos de construcción, son: la velocidad de barrenación y, combinado con la carga de explosivos, la velocidad de extracción de un metro cúbico de roca. Esto se debe a que por lo general, la economía de un método de extracción y la maquinaria usada en él, dependen de la velocidad de extracción. Generalmente el costo de una barrenación efectiva es alto, pero se puede abaratar al reducir el tiempo de excavación.

### ***DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DEL BANCO.***

En la mayoría de las excavaciones la altura del banco es determinada por el volumen que debe ser extraído. Esto sucede con mayor frecuencia en bancos bajos (< 10 m). En áreas urbanas y lugares donde no existen construcciones cercanas, la altura de banco puede ser escogida libremente. En bancos a cielo abierto y pedreras, la altura del banco está en función de las condiciones de suelo (estabilidad), limitaciones del corte, equipo para carga del material fragmentado y condiciones de seguridad. La tendencia actual es tener una altura menor o igual a 15 m.

La relación entre la altura del banco, el bordo y el diámetro de las perforaciones se puede ver en la siguiente figura, el espaciamiento entre barrenos se puede calcular con la fórmula:

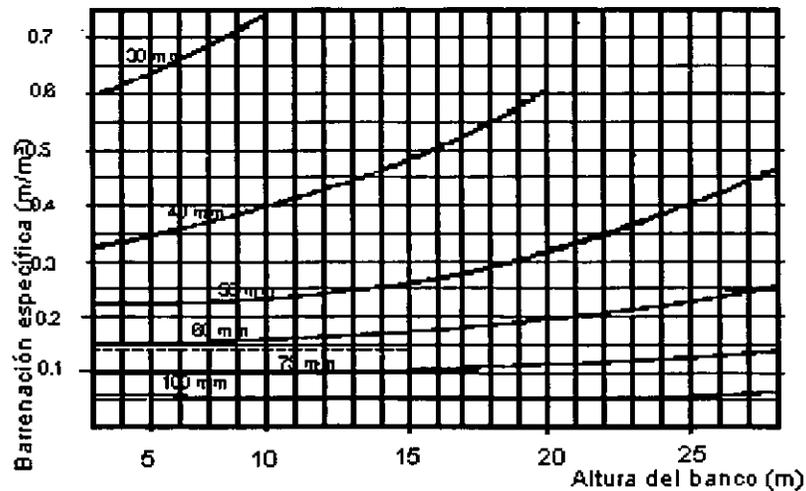
$$E = 1.25 V$$



La gráfica muestra la relación entre altura del banco, Bordo y diámetro de la perforación. Inclinación de la barrenación 7:1, espacio de la barrenación 1.25 x Bordo.

Las curvas de la figura nos muestran que a medida que la altura del banco aumenta, el Bordo se reduce, debido a que aumenta la factibilidad de un error en la barrenación. Esto afecta también la barrenación específica ( $m/m^3$  roca) que aumentará conforme aumenta la altura del banco.

La cantidad de explosivos necesaria para extraer la roca es también un factor muy importante. Este factor, llamado carga específica (Kg de explosivo por  $m^3$  de roca) también depende de la altura del banco y del diámetro de la perforación.



## **Barrenación específica para diferentes alturas de banco y diámetro de la perforación.**

### **LOS EXPLOSIVOS EN LA CONSTRUCCIÓN**

#### **5.2.1 Breve historia de los explosivos.**

Los explosivos son sustancias que tienen poca estabilidad química y que son capaces de transformarse violentamente en gases. Esta transformación puede realizarse a causa de una combustión como en el caso de la pólvora o por causa de un golpe, impacto, fricción, etc. en cuyo caso recibe el nombre de explosivos detonantes, como es el caso de las dinamitas y los nitratos de amonio.

Cuando esta violenta transformación en gases ocurre en un lugar cerrado, como puede ser un barreno en un manto de roca, se producen presiones muy elevadas que fracturan la roca.

La más antigua de las sustancias explosivas es la pólvora negra, que consistía en una mezcla formada por salitre, carbón y azufre. Se cree que los descubridores de la pólvora fueron los chinos, pero su uso se limitó exclusivamente a exhibiciones pirotécnicas con las que iluminaban sus celebraciones.

Más tarde, en Europa fue Bacon el que publicó una fórmula de la pólvora con instrucciones detalladas para su fabricación, poco después, y hasta la fecha, se usó en armas de fuego.

El mismo Hernán Cortés se surtía de pólvora fabricándola con carbón vegetal, azufre recogido en cráteres de nuestro volcanes y con salitre de las orillas de los lagos.

Posteriormente se substituye el salitre por clorato de potasio, lo que la hizo más potente y más tarde con nitrato de sodio conocido como Nitro de Chile, pues abunda en ese país.

La pólvora en realidad podría estar constituida solamente por carbón y azufre, pero como es un explosivo combustible necesita oxígeno, por lo que para estallar en un barreno necesita la tercer sustancia (clorato de potasio o Nitrato de sodio) que con el calor se descomponen desprendiendo oxígeno. De hecho la pólvora de los cohetes que suben en el cielo sólo está compuesta de carbón y azufre para que se quemé lentamente la parte del combustible expuesta al aire mientras sube el cohete.

Hacia el 1850 Sobrero descubrió la Nitroglicerina, explosivo muy potente, pero muy sensible, es decir estalla con cualquier pequeño golpe lo que la hace peligrosa. Se utilizó en voladuras para substituir a la pólvora pero su uso se limitó por la peligrosidad.

Entonces apareció Alfredo Nobel que inventó la dinamita Nitroglicerina que no es otra cosa que Nitroglicerina mezclada con una sustancia inerte como puede ser una tierra dictomacea (para fijar ideas puede ser un polvo de ladrillo).

De la proporción de Nitroglicerina y material inerte depende su poder explosivo, el porcentaje de Nitroglicerina representa la fuerza relativa del explosivo.

También inventó las primeras dinamitas Gelatinas y disolver algodón colodión en Nitroglicerina.

Durante los últimos 50 años, el Nitrato de Amonio ha desempeñado un papel cada vez más importante en los explosivos. Se usó primeramente como ingrediente de la dinamita y, hace aproximadamente un cuarto de siglo, comenzó a emplearse en una sencilla y económica mezcla con el Diesel que ha constituido una revolución en la industria de los explosivos y que, hoy día, cubre aproximadamente el 80% de las necesidades de los explosivos.

También se ha desarrollado, en el último cuarto de siglo, los explosivos de geles de agua, a base de nitrato de amonio. Los explosivos de geles de agua contienen sensibilizadores, tales como los nitratos de amina, el TNT y el aluminio, así como agentes de gelificación y otros materiales, para alcanzar su grado de sensibilidad.

A diferencia de la mezcla de Nitrato de Amonio y diesel los geles de agua son resistentes al agua y pueden prepararse según fórmulas de elevadas velocidades de detonación.

Ya que no contienen Nitroglicerina, los geles de agua son, inherentemente, menos peligrosos que la dinamita en su fabricación, transporte, manipulación y empleo. Y, debido a su flexibilidad y reducido el peligro, han declinado el empleo de la dinamita.

Actualmente los explosivos se usan para la construcción de diversas obras civiles como presas, sistemas de riego, redes de conducción eléctrica, gasoductos, oleoductos, sistemas de drenaje, vías de comunicación, cimentaciones de estructuras, canales, túneles y muchas más. Se puede notar que las principales finalidades de la excavación en roca para la construcción de las obras de Ingeniería Civil son: para alojar estructuras, eliminar obstáculos y obtener materiales para construcción.

En todos estos casos, el proceso de explotación de roca está formado por tres etapas; extracción y carga y acarreo.

La extracción consiste en separar un fragmento de roca de un banco o corte y puede hacerse usando explosivos o escarificadores (arados). Cuando se hace con explosivos se produce una voladura.

La roca extraída puede ser graduada o sin graduar, en el primer caso existen requerimientos de tamaño y en el segundo no. El tamaño puede estar limitado por el uso a que se destine la roca, por ejemplo:

- Para trituración .- La limitación está dada por la abertura de la quebradora primaria, aquí se pide un tamaño máximo.
- Para enrocamientos .- Por el proyecto, especificaciones y el equipo de carga y acarreo. En escolleras se pide un tamaño mínimo para que la roca no sea movida por el oleaje.
- Para cortes y pedraplenes .- Por el equipo de carga y acarreo o la capacidad de los tractores.

Ya que empresas muy poderosas se han dedicado al estudio de los explosivos, corresponde al constructor obtener el mayor partido posible de los explosivos industriales y así cooperar al constante adelanto de los procedimientos de construcción, ya que estos son una expresión objetiva de la evolución constante de la humanidad.

### ***NOMENCLATURA Y UNIDADES USADAS EN EL DISEÑO DE VOLADURAS.***

A	Pata o berma (distancia del barreno al frente ) (m)
AR	Pata real (m)
AT	Pata teórica (m)
b	Sobrebarrenación (m)
B	Separación entre barrenos (m)
BE	Barrenación específica (metros de barrenación / m <sup>3</sup> de roca)
CC	Carga de columna (Kg)
CF	Carga de fondo (Kg)
CT= Q	Carga total del barreno (Kg)
d	Densidad del explosivo (esta cantidad es adimensional, relativa al peso del mismo volumen de agua, también puede usarse en Kg/m <sup>3</sup> ó gr/cm <sup>3</sup> )
φ	Diámetro del barreno (pulg ó m )
h	Altura del barreno (m)
LCC	Longitud de carga de columna (m)
LCF	Longitud de carga de fondo (m)
q	Carga específica de explosivos (Kg de explosivo / m <sup>3</sup> de roca)
qc	Carga de columna por metro de barreno (Kg/m) (método sueco)
qf	Carga de fondo por metro de barreno (Kg/m) (método sueco)
Q=CT	Carga frontal de barreno (Kg)
T	Longitud del tapón del barreno (taco) (m)
V	Volumen, casi siempre el volumen tributario de un barreno (m <sup>3</sup> )

#### ***5.2.2 Propiedades de los explosivos.***

Cada explosivo tiene características específicas definidas por sus propiedades, el conocimiento de estas propiedades es un factor importante para el buen diseño de voladuras, además permiten elegir el más adecuado de ellos para algún caso específico. A continuación mencionaremos las más

importantes propiedades de los explosivos.

**Fuerza.**

La fuerza suele considerarse como la capacidad de trabajo útil de un explosivo. También suele llamarse potencia y se originó de los primeros métodos para clasificar los grados de las dinamitas. Las dinamitas puras o nitroglicerininas, fueron medidas por el porcentaje de nitroglicerina en peso que contenía cada cartucho, por ejemplo, la dinamita nitroglicerina de 40% de fuerza, contiene un 40% de nitroglicerina; una de 60% contiene 60% de nitroglicerina, etc. La fuerza de acción de este tipo de explosivo se toma como base para la comparación de todas las demás dinamitas. Así pues la fuerza de cualquier otra dinamita, expresada en tanto por ciento, indica que estalla con tanta potencia como otra equivalente de dinamita nitroglicerina en igualdad de peso.

Pocas son las personas entre las que usan dinamitas que entienden bien la energía relativa de las dinamitas de diferentes porcentajes de fuerza. Suele creerse que la energía verdadera desarrollada por estas distintas fuerzas guarda proporción directa con los porcentajes marcados. Se cree por ejemplo, que la dinamita de 40% es dos veces más fuerte que la de 20% y que la de 60% es tres veces más fuerte que la de 20%. Estas relaciones simples son incorrectas debido principalmente a que una nitroglicerina de mayor fuerza ocupa casi el mismo espacio en el barreno pero produce más gases, por lo tanto las presiones son mayores y el explosivo resulta más eficiente.

Esto ha sido mostrado por cuidadosas pruebas de laboratorios cuyos resultados se indican en la siguiente Tabla 1.

UN CARTUCHO	60 %	50 %	45 %	40 %	35 %	30 %	25 %	20 %	15 %
60%	1.00	1.12	1.20	1.28	1.38	1.50	1.63	1.80	2.08
50%	0.89	1.00	1.07	1.14	1.23	1.34	1.45	1.60	1.85
45%	0.83	0.93	1.00	1.07	1.15	1.25	1.36	1.50	1.73
40%	0.78	0.87	0.94	1.00	1.08	1.17	1.27	1.40	1.53
35%	0.72	0.81	0.87	0.93	1.00	1.09	1.18	1.30	1.50
30%	0.67	0.75	0.80	0.85	0.92	1.00	1.09	1.20	1.38
25%	0.61	0.69	0.74	0.78	0.85	0.92	1.00	1.10	1.27
20%	0.55	0.62	0.67	0.71	0.77	0.83	0.90	1.00	1.15
15%	0.48	0.54	0.58	0.61	0.76	0.72	0.78	0.86	1.00

Tabla 1.- Indica el número de cartuchos de determinada fuerza necesarios para igualar un cartucho de diferente fuerza.

Hay que recordar que dos explosivos no pueden tener exactamente el mismo desempeño aunque sean del mismo tipo debido a que también intervienen las características del material que es volado y

el grado de compactación que se dé al explosivo.

**Densidad de empaque.**

La densidad de empaque de los explosivos se expresa como el número de cartuchos por caja de 25 kilogramos (Tabla 2 y 3).

Para ambos casos hay que tener en cuenta que el número de cartuchos es aproximado y puede haber una variación del 3%.

Este dato es valioso pues permite dosificar los explosivos simplemente contando los cartuchos.

CLASES DE DINAMITA:	2.22 x 20.32cms (7/8x8")	2.54 x 20.32cms (1x8")	2.857x 20.32cms (1 1/8x8")	3.175x 20.32cms (1 1/4x8")	5.71x 40.64 cms (2 1/4x16")	6.35x 40.64 cms (2 1/2x16")	7.62 x 40.64cms (3 x 16")
Dinamita Extra 40%	242	184	151	121	20	14	10
Dinamita Extra 60%	242	184	151	121	20	14	10
Gelatina Extra 30%	193	151	123	98	15	12	8
Gelatina Extra 40%	196	153	126	99	16	12	8
Gelatina Extra 60%	207	164	135	108	16	12	9
Gelamex # 1	236	180	150	121	21	16	11
Gelamex # 2	261	198	165	134	20	16	11
Mexobel 2	---	248	201	165	25	20	14
Duramex G	309	248	204	---	25	20	14

**Tabla 2.- Número de cartuchos por caja de 25 Kgs. Para las dinamitas comerciales en sus diferentes medidas.**

CLASE DE HIDROGEL	DÍAMETRO	METRO	LONGITUD	DEL CARTUCHO	
	cms	Plgs	20.3 cms 8 Plgs	30.5 cms 12 Plgs	40.6 cms 16 Plgs
Tovex 100	2.5	1	209	139	105
Tovex 100	2.9	1 1/8	165	110	83
Tovex 100	3.2	1 1/4	137	90	68
Tovex 700	4.4	1 3/4	-	-	32
Tovex 700	5.0	2	-	-	24
Tovex 700	6.4	2 1/2	-	-	17
Tovex Extra	10.2	4	-	-	4
Tovex Extra	12.7	5	-	-	3
Tovex Extra	15.2	6	-	-	2
Tovex Extra	20.3	8	-	-	1
Tovex P	12.7	5	-	-	3
Tovex P	15.2	6	-	-	2
Tovex P	20.3	8	-	-	1
Godyne	2.2	7/8	290	-	-
Godyne	2.5	1	210	-	-
Godyne	3.2	1 1/4	136	-	-
Godyne	3.7	1 1/2	45	-	-
Godyne	5.0	2	-	-	25
Godyne	6.4	2 1/2	-	-	19
Godyne	7.6	3	-	-	14
Godyne	12.7	5	-	-	3
Godyne	15.2	6	-	-	2
Godyne	20.3	8	-	-	1

Tabla 3.- Número de cartuchos por caja de 25 Kgs para los principales hidrógeles comerciales en sus diferentes medidas.

### Densidad (Peso volumétrico)

Este dato nos sirve, al diseñar un barreno, para estar seguro que el espacio destinado a los explosivos es suficiente para alojar los kilogramos calculados. Se mide en  $\text{gr/cm}^3$ ,  $\text{Kg/lt}$  ó  $\text{Kg/m}^3$ .

La tabla número 4 nos proporciona las densidades de las dinamitas, los agentes explosivos y los hidrógeles más usuales.

Una guía útil para proyectar voladuras es el saber aproximadamente cuanto kilogramos de explosivos se cargarán por metro lineal de agujero perforado (barreno). La tabla No. 5 relaciona la densidad del explosivo en  $\text{g/cm}^3$  y el diámetro del barreno en cms, o en pulgadas, con los kilogramos de explosivo por metro cargado de barreno. Por ejemplo, si se tuviera un explosivo con una densidad de  $1.29 \text{ g/cm}^3$  y un diámetro del barreno de 4 pulgadas (10.16 cms.) al consultar estos valores en la tabla No. 5, su intersección, nos indica que necesitaremos  $10.458 \text{ gr/cm}^3$  de explosivos por cada metro lineal de barreno.

DINAMITAS		AGENTES EXPLOSIVOS		HIDRÓGELES	
Gelatina Extra 40%	1.57	"Mexamon" SP SP-LD	0.81 0.70	Tovex 100	1.10
60%	1.44				
75%	1.39				
Dinamita Extra 40%	1.23	"Mexamon" C C-LD	0.85 0.64	Tovex 700	1.18
60%					
Dinamita Esp. 45%					
Gelamex No. 1	1.28	Super "Mexamon" D	0.65	Tovex P	1.20
No. 2	1.16				
Gelatina Alta Velocidad	1.47	NA - AC	0.80	Tovex Extra	1.35
Geomex 60%					
Duramex G	1.00	Anfomex "X"	0.80	Godyne	1.20
Dinamex A	1.23	Anfomex "BD"	0.65		
Toval	1.60				

Tabla No. 4.- Densidad de explosivos en g/cm<sup>3</sup>

DIÁMETRO	VOLUMEN		KILOGRAMOS DE EXPLOSIVO POR METRO LINEAL DE BARRENO PARA UNA DENSIDAD DADA.				
	PULGADAS	cms	cm <sup>3</sup> /ml	60 grs cm	65 grs cm <sup>3</sup>	75 grs cm <sup>3</sup>	80 grs cm <sup>3</sup>
7/8	2.22	387.08	0.232	0.252	0.290	0.310	0.426
1	2.54	506.71	0.304	0.329	0.380	0.405	0.557
1 1/4	3.18	794.23	0.477	0.516	0.596	0.635	0.874
1 1/2	3.81	1140.09	0.684	0.741	0.855	0.912	1.254
1 3/4	4.45	1555.29	0.933	1.011	1.166	1.244	1.711
2	5.08	2026.83	1.216	1.317	1.520	1.621	2.230
2 1/2	6.35	3166.93	1.900	2.059	2.375	2.534	3.484
3	7.62	4560.38	2.736	2.964	3.420	3.648	5.016
3 1/2	8.89	6207.18	3.724	4.035	4.655	4.966	6.828
4	10.16	8107.34	4.864	5.207	6.081	6.486	8.918
4 1/2	11.43	10260.85	6.157	6.670	7.696	8.209	11.287
5	12.70	12667.72	7.601	8.234	9.501	10.134	13.935
5 1/2	13.97	15327.94	9.197	9.963	11.496	12.262	16.861
6	15.24	18241.51	10.945	11.857	13.681	14.593	20.066
6 1/2	16.51	21408.44	12.485	13.915	16.056	17.127	23.549
7	17.78	24828.72	14.897	16.139	18.622	19.863	27.312
7 1/2	19.05	28502.36	17.101	18.527	21.377	22.802	31.352
8	20.32	32429.35	19.458	21.079	24.322	25.943	35.672
8 1/2	21.59	36609.70	21.966	23.796	27.457	29.288	40.271
9	22.86	41043.40	24.626	26.678	30.783	32.835	45.148
10	25.40	50670.87	30.403	32.936	38.003	40.537	55.739
11	27.94	61311.75	36.787	39.853	45.984	49.049	67.443
12	30.48	72966.05	43.780	47.428	54.725	58.373	80.263

Tabla 5.- Carga de Barrenos.

DIÁMETRO		VOLUMEN	KILOGRAMOS DE EXPLOSIVO POR METRO LINEAL DE BARRENO PARA UNA DENSIDAD DADA.			
			1.20 grs por cm <sup>3</sup>	1.29 grs por cm <sup>3</sup>	1.35 grs por cm <sup>3</sup>	1.60 grs por cm <sup>3</sup>
PULGADAS	cms	cm <sup>3</sup> /ml				
7/8	2.22	387.08	0.465	0.499	0.523	0.619
1	2.54	506.71	0.608	0.654	0.684	0.811
1 1/4	3.18	794.23	0.953	1.025	1.072	1.271
1 1/2	3.81	1140.09	1.368	1.471	1.539	1.824
1 3/4	4.45	1555.29	1.866	2.006	2.100	2.488
2	5.08	2026.83	2.432	2.615	2.736	3.243
2 1/2	6.35	3166.93	3.800	4.085	4.275	5.067
3	7.62	4560.38	5.472	5.883	6.157	7.297
3 1/2	8.89	6207.18	7.449	8.007	8.380	9.931
4	10.16	8107.34	9.729	10.458	10.945	12.972
4 1/2	11.43	10260.85	12.313	13.236	13.852	16.417
5	12.70	12667.72	15.201	16.341	17.101	20.268
5 1/2	13.97	15327.94	18.394	19.773	20.693	24.525
6	15.24	18241.51	21.890	23.532	24.626	29.186
6 1/2	16.51	21408.44	25.690	27.617	28.901	34.254
7	17.78	24828.72	29.794	32.029	33.519	39.726
7 1/2	19.05	28502.36	34.203	36.768	38.478	45.604
8	20.32	32429.35	38.915	41.834	43.771	51.887
8 1/2	21.59	36609.70	43.932	47.227	49.423	58.576
9	22.86	41043.40	49.252	52.946	55.409	65.669
10	25.40	50670.87	60.805	65.363	68.406	81.073
11	27.94	61311.75	72.574	79.092	82.771	98.099
12	30.48	72966.05	87.559	94.126	98.504	116.746

Tabla 5.- Carga de Barrenos (Continuación).

### *Velocidad de detonación.*

Es la velocidad expresada en metros por segundo, con la cual la onda de detonación recorre una columna de explosivo. La velocidad puede ser afectada por el tipo de producto, su diámetro, el confinamiento, la temperatura y el cebado.

Las velocidades de detonación de los explosivos comerciales fluctúan desde cerca de 1,525 m/seg (5,000 pies/seg) hasta más de 6,705 m/seg (22,000 pies/seg). Pero la mayor parte de los explosivos usados tienen velocidades que varían de 3,050 a 5,040 m/seg (de 10,000 a 18,000 pies/seg). Mientras mayor sea la rapidez de la explosión, mayor suele ser el efecto de fragmentación.

### ***Sensibilidad.***

Es la medida de la facilidad de iniciación de los explosivos, es decir, el mínimo de energía, presión o potencia que es necesaria para que ocurra la iniciación. Lo ideal de un explosivo es que sea sensible a la iniciación mediante cebos para asegurar la detonación de toda la columna de explosivos, e insensible a la iniciación accidental durante su transporte, manejo y uso.

En la industria de los explosivos, la prueba más usada es la de la sensibilidad al fulminante, los cuales varían desde el número 4 hasta el 12. El uso del fulminante No. 6 es la prueba estándar, su contenido es de 2 gramos de una mezcla de 80% de fulminato de mercurio y 20% de clorato de potasio, o alguna sustancia equivalente. Con el uso de este fulminante se clasifican los productos explosivos, si estallan se les denomina explosivos, si sucede lo contrario se les llama agentes explosivos.

Para comparar las sensibilidades entre diferentes productos se utilizan fulminantes de diferente potencias, cuanto más alto sea el número de la cápsula mayor será la sensibilidad del explosivo.

### ***Resistencia al agua.***

En forma general se define como la capacidad del explosivo para soportar la penetración del agua. Más precisamente, la resistencia al agua es el número de horas que el explosivo puede hallarse cargado en agua y aún ser detonado.

Obviamente, en trabajos en seco esta propiedad no tiene importancia, pero si el explosivo va a estar expuesto al agua puede ser afectado en su eficiencia o desensibilizarse al grado de no detonar, provocando una falla en la propagación de la detonación.

La resistencia del producto no sólo depende del empaque y de la capacidad inherente del explosivo para resistir el agua. La profundidad del agua (presión) y el estado de reposo o movimiento de la misma afectan el tiempo de resistencia al agua del explosivo.

Por consiguiente, deben de considerarse las características particulares de cada acción de voladura y tener en cuenta la resistencia al agua de los explosivos proporcionada por el fabricante, para las diferentes condiciones de humedad en que se encontrará el explosivo en el barreno.

### ***Emanaciones.***

En este medio se le denominan emanaciones a los gases tóxicos. Los gases que se originan de la detonación de explosivos principalmente bióxido de carbono, nitrógeno y vapor de agua, los cuales no son tóxicos en el sentido clásico de la palabra, pero también se forman en cualquier detonación gases venenosos como el monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno.

En trabajos a cielo abierto las emanaciones se pueden dispersar rápidamente por el aire, por lo que provocan poca preocupación, pero en trabajos subterráneos deben considerarse detenidamente, ya que las emanaciones no se disipan fácilmente y en este caso la ventilación es de fundamental importancia. También hay que considerar que las emanaciones provocan, mientras se disipan, tiempos de espera para poder reanudar los trabajos.

Tanto la naturaleza como la cantidad de gases venenosos varían en los diferentes tipos y clases de explosivos.

Algunos de los factores que pueden incrementar los gases tóxicos son: fórmula pobre del producto, cebado inadecuado, falta de resistencia al agua, falta de confinamiento, reactividad del producto con la roca y reacción incompleta del producto.

### ***Inflamabilidad.***

Se define como la facilidad con la cual un explosivo o agente de voladura puede iniciarse por medio de llama o calor.

En el caso de las dinamitas, la mayoría se incendian con facilidad y se consumen violentamente. Pero hay varios explosivos que requieren que se les aplique una flama exterior en forma directa y continua para que logren incendiarse.

### ***Selección del explosivo.***

Para seleccionar el explosivo a usarse en una situación determinada, es indispensable tener en cuenta su costo y sus propiedades. Deberá escogerse aquel que proporcione la mayor economía y los resultados deseados.

Como una orientación se presenta a continuación la tabla 6 con las propiedades de los explosivos, y el uso sugerido.

TIPO	AGENTE EXPLOSIVO	FUERZA	VELOCIDAD	RESISTENCIA AL AGUA	EMANACIONES	U S C
Dinamita Nitroglicerina	Nitroglicerina	-----	Alta	Buena	Exceso de gases	Trabajos a cielo abierto.
Extra	Nitroglicerina y amoniaco	20 a 60%	Alta	Regular	Exceso de gases	Trabajos a cielo abierto.
Granulada	Amoniaco	25 a 65%	Baja	Muy mala	Exceso de gases	Trabajos a cielo abierto (canteras)
Gelatina	Amoniaco	30 a 75%	Muy alta	De buena a excelente	De muy pocos gases a nulos	Sismología. Trabajos submarinos y subterráneos.
ANPO	Amoniaco	----	Alta	Ninguna	Muy pocos gases	Trabajos a cielo abierto y subterráneo
Hidrógeles	Amoniaco	40 a 75%	Muy alta	Excelente	Muy pocos gases	Trabajos a cielo abierto y subterráneo.

Tabla No. 6.- Selección y propiedades de los explosivos más comunes en construcción.

## ACCESORIOS PARA VOLADURAS

Son los dispositivos o productos empleados para cebar cargas explosivas, suministrar o transmitir una llama que inicie la explosión, llevar una onda detonadora de un punto a otro o de una carga explosiva a otra y los necesarios para probar las conexiones y disparar los explosivos para que pueda llevarse a cabo una voladura.

### 5.2.3 Métodos de encendido.

Para obtener los mejores resultados en las voladuras, se debe seleccionar los accesorios tan cuidadosamente como los explosivos.

#### *Iniciadores.*

Los iniciadores son productos que dan principio o inician una explosión. Los iniciadores son: la mecha de seguridad, el ignitacord y el cordón detonante.

#### *Mecha de seguridad.*

La mecha de seguridad es el medio a través del cual es transmitida la flama a una velocidad continua y uniforme, para hacer estallar al fulminante o a una carga explosiva.

Está formada por un núcleo de pólvora negra, cubierto por varias capas de materiales textiles, asfálticos, plásticos e impermeabilizantes, los cuales le proporcionan protección contra la abrasión, el maltrato y la contaminación por humedad. Es obvio que cualquier manejo que destruya o dañe el recubrimiento de protección o que permita que el agua u otras sustancias lleguen a la pólvora, ocasionará que la mecha no cumpla con su objetivo y tenga un funcionamiento defectuoso.

Cuando se inicia la mecha, emerge de ella un flamazo inicial, el cual comprueba al usuario que el núcleo de pólvora ha sido encendido y que la mecha está ardiendo. El no reconocer el flamazo inicial puede provocar incertidumbre respecto a la ignición de la pólvora y ocasionar accidentes al tratar de encender una mecha que ya fue encendida.



**Fig. 1: Mecha de seguridad mostrando el flamazo inicial que es un chorro de fuego que lanza la mecha al encenderse el núcleo de pólvora.**

La velocidad de combustión de una mecha generalmente es de 128 a 135 segundos por metro, sin embargo se fabrican mechas de diferentes velocidades de combustión. Los fabricantes señalan que dichas velocidades podrán tener una variación permisible del 10% en más o menos que la determinada en la fábrica y que después de salir de ella no garantizan que se cumplan a causa de las diversas condiciones y circunstancias en las que se puede encontrar la mecha. Ante esta situación es conveniente medir con exactitud el tiempo de combustión de una muestra de cada rollo de mecha antes de usarla.

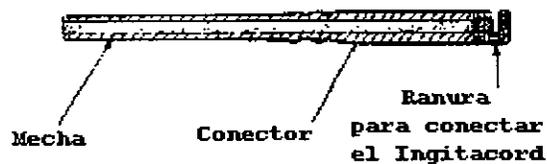
La mecha usada en México se denomina Clover y puede conseguirse en carretes de 1000 metros o en rollos de 50 metros.

La mecha de seguridad también se conoce como mecha para minas o como cañuela.

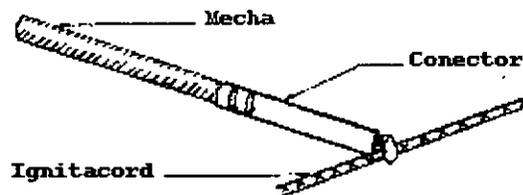
## ***Ignitacord.***

El ignitacord es un cordón incendiario que arde a una velocidad uniforme con una vigorosa flama exterior. Tiene un diámetro muy pequeño, 1.5 milímetros, y consiste de un núcleo de termita en polvo (mezcla que produce elevadas temperaturas) recubierto de entorchados textiles.

Este producto permite encender una serie de mechas de seguridad en un orden determinado, proporcionando a la persona que inicie el encendido el mismo tiempo para colocarse en un lugar seguro que tendría si estuviera encendiendo una sola mecha. Para unir las mechas con el ignitacord se usan conectores especiales.



**Fig. 2: Corte longitudinal de una mecha y un conector**



**Fig. 3: Unión de la mecha con el ignitacord por medio del conector.**

Existen en el mercado tres tipos de ignitacord de acuerdo a su velocidad de combustión nominal e identificables por su color.

El ignitacord se puede adquirir en carretes de 30 metros (aproximadamente 100 pies) y en rollos de 10.15 metros (33 1/3 pies).

Tipo	Velocidad de combustión	Color
A	Intermedia.- (8 segundos por pie)	Verde
B	Lenta.- (18 segundos por pie)	Rojo
C	Rápida.- (4 segundos por pie)	Negro

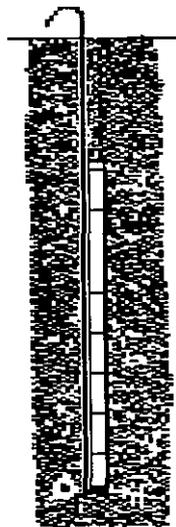
**Tabla .- Velocidad de combustión y color de los diferentes tipos de ignitacord.**

### *Cordón detonante.*

El cordón detonante se puede describir como una cuerda flexible, formada por varias capas protectoras y un núcleo del explosivo conocido como pentrita, que es muy difícil de encender pero tiene la sensibilidad suficiente para iniciar la explosión con detonadores (fulminantes o estopines), o por medio de la energía detonadora de algún explosivo de alta potencia.

Su velocidad de detonación es de 6,700 metros por segundo. La fuerza con que estalla es suficiente para hacer detonar explosivos violentos continuos dentro de un barreno, de modo que, si se coloca en el barreno, actúa como agente iniciador a lo largo de la carga explosiva como lo muestra la figura 4.

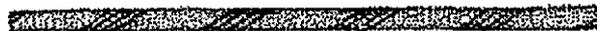
El cordón detonante se usa para disparar múltiples barrenos grandes en la superficie ya sea verticales u horizontales, siendo ilimitado el número de barrenos que pueden dispararse de esta forma.



**Fig. 4: Cordón detonante colocado en el barreno, su función es iniciar la columna de explosivos.**

En México los cordones detonantes más usados son el Primacord y el E-cord, sus principales diferencias son los gramos de pentrita y su grado de protección. El primacord se usa dentro del barreno para asegurar la detonación del explosivo, y el E-cord en la superficie para hacer detonar los tramos de Primacord de los barrenos. Esto se hace por ser más barato el E-cord.

### **"E-CORD"**



**Fig. 5: E-cord**

## PRIMACORD REFORZADO



Fig. 6: Primacord

Cordón detonante	Núcleo	Gramos por metro (Nominales)	Diámetro Exterior mm	Resistencia en Tensión, Promedio.	Peso de Embarque. 500 mts
Primacord	Pentrita	10.6	$5.15 \pm 0.40$	90 Kgs	11.5 Kgs
E-cord	Pentrita	5.3	$4.0 \pm 0.20$	63 Kgs	7.8 Kgs

Tabla No. 7.- Características de los cordones detonantes.

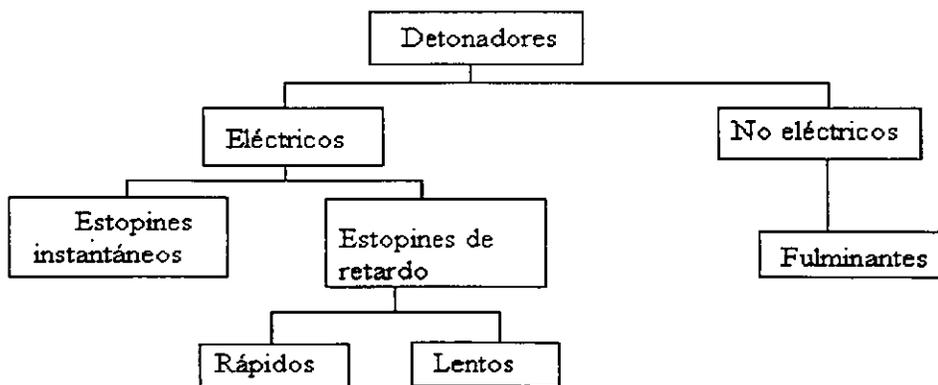
Tanto el Primacord como el E-cord se pueden adquirir en rollos de 500 metros.

### 5.2.4 Dispositivos de iniciación: No eléctricos, eléctricos.

#### Detonadores.

Los detonadores son dispositivos que sirven para disparar una carga explosiva. Pueden ser eléctricos y no eléctricos (estopines y fulminantes respectivamente)

### CLASIFICACIÓN DE DETONADORES

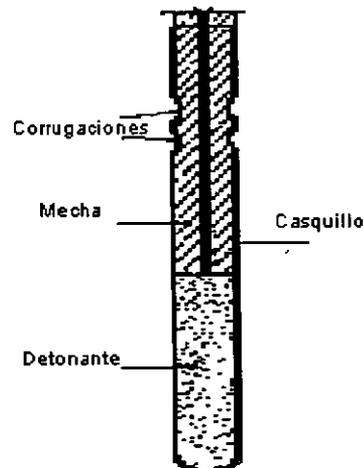


### ***Fulminantes.***

Los fulminantes o cápsulas detonadoras son casquillos metálicos cerrados en un extremo en el cual contienen una carga explosiva de gran sensibilidad, por ejemplo fulminato de mercurio. Están hechos para detonar con las chispas del tren de fuego de la mecha de seguridad. En la figura 7 se muestra una mecha ensamblada a un fulminante.

Los fulminantes que se fabrican son del número 6 ya que estos son los suficientemente potentes, pero si se requieren de otra potencia se conseguirán en un pedido especial.

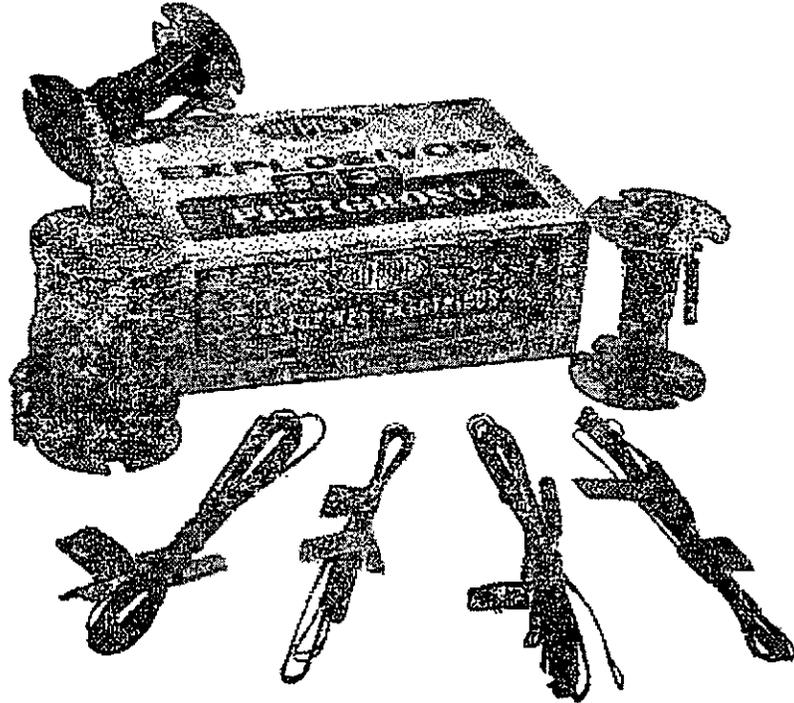
Los fulminantes los surten por ciento o por millar. Su empleo en construcción generalmente está limitado a pequeñas voladuras y moneo (volver a tronar rocas que es la primera voladura resultaron de tamaño mayor que el especificado). El moneo es antieconómico por lo que debe de evitarse tratando de obtener toda la roca al tamaño especificado desde la primera voladura.



**Fig. 7: Estructura de un fulminante**

### ***Estopines eléctricos.***

Los estopines eléctricos son fulminantes elaborados de tal manera que pueden hacerse detonar con corriente eléctrica. Con ellos pueden iniciarse al mismo tiempo varias cargas de explosivos de gran potencia, y se puede controlar con precisión el momento de la explosión, lo que no sucede con los fulminantes por la variación de la velocidad de combustión de la mecha.



**Fig. 8: Estopines eléctricos**

Un estopín eléctrico está formado por un casco metálico cilíndrico que contiene varias cargas de explosivos. La energía eléctrica es llevada hacia el estopín mediante alambres de metal con aislamiento de plástico, los cuales se introducen al estopín a través de un tapón de hule o plástico. El tapón colocado en el extremo abierto del casco del estopín forma un cierre hermético resistente al agua. Los extremos de los alambres son unidos dentro del fulminante por un alambre de corta longitud y diámetro muy pequeño llamado filamento, el cual queda en contacto con la carga de ignición del estopín. Cuando se aplica corriente eléctrica se pone incandescente el filamento y el estopín detona.

Los estopines que tiene más alta potencia son los que tienen mayor cantidad de carga detonante. Generalmente los estopines usados son del No. 6, y raramente del No. 8.

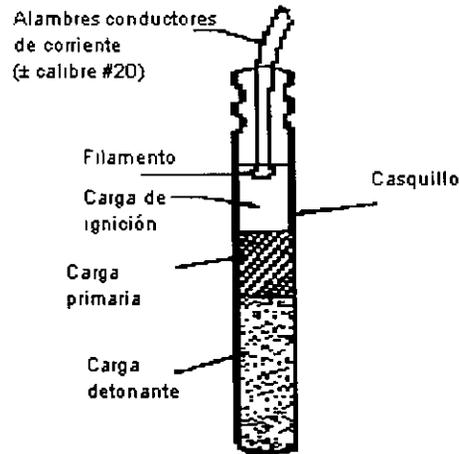
### ***Estopines eléctricos instantáneos.***

Los estopines eléctricos instantáneos tienen una carga de ignición, una carga primaria y una carga detonante.

Su casquillo es de aluminio y tienen dos alambres de cobre calibre 20 ó 22, generalmente uno rojo y el otro amarillo. Estos dos colores distintos son de gran ayuda al hacer las conexiones.

Los estopines instantáneos se pueden conseguir suelto o en cajas cuyo contenido es el siguiente:

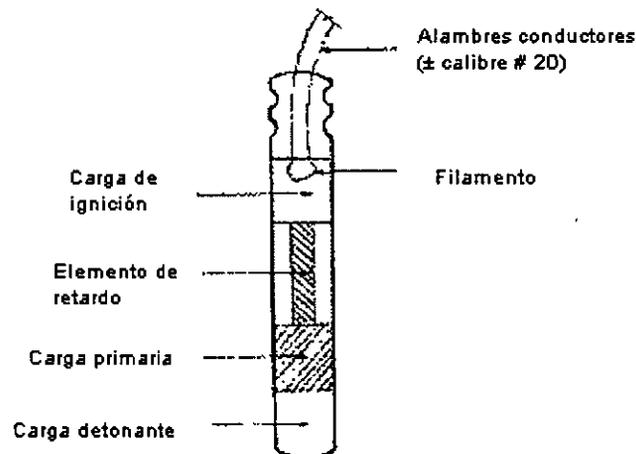
- 50 piezas para alambre de 2 a 6 metros.
- 40 piezas para alambre de 7 metros y
- 30 piezas para alambre de 9 y 10 metros



**Fig. 9: Estructura de un estopín instantáneo**

### *Estopines eléctricos de retardo.*

Los estopines eléctricos de retardo, también llamados de tiempo son similares a los instantáneos, con la diferencia que tienen colocados entre el filamento y la carga de detonación un elemento de retardo el cual contienen pólvora lenta.



**Fig. 10: Estructura de un estopín de tiempo**

Estos estopines tienen una etiqueta de color que muestra el número de período de retardo y que sirve para su identificación. El disparo con estopines de retardo tiene por objeto mejorar la fragmentación y el desplazamiento de la roca, así como proporcionar mayor control de vibraciones, ruido y proyecciones. Si se usan adecuadamente pueden reducir los costos.

Los estopines de retardo tienen alambre de cobre calibre 24 forrado cada uno de distinto color, generalmente uno azul y amarillo el otro.

En la tabla No. 8 se presenta la resistencia eléctrica para diversas longitudes de alambre, tanto para los estopines eléctricos instantáneos (normales) como para los de retardo.

LONGITUD DE DE	LAS PATAS ALAMBRE	RESISTENCIA, (OHMS POR CÁPSULA)	CALIBRE ALAMBRES
PIES	METROS		
2	0.61	1.17	22
4	1.22	1.23	
6	1.83	1.30	
8	2.44	1.37	22
10	3.05	1.43	
12	3.66	1.50	
16	4.88	1.63	22
20	6.10	1.77	
24	7.32	1.90	
30	9.14	1.73	20
40	12.19	1.94	
50	15.24	2.15	
60	18.29	2.36	20
80	24.38	2.78	
100	30.48	3.20	
150	45.72	4.25	20
200	60.96	5.30	
250	76.20	6.35	
300	91.50	7.40	

**Tabla No. 8.- Resistencia recomendable para el cálculo de conexiones de cápsulas detonantes eléctricas, normales y de retardo, con alambres de cobre.**

Los estopines eléctricos tienen una corriente mínima y otra de diseño, la primera es aquella a partir de la cual puede ser suficiente para detonar el estopín, y la segunda la corriente con la que se asegura la detonación del mismo.

ESTOPINES	MÍNIMA	PARA DISEÑO
INSTANTÁNEOS	0.3 A	2.0 A
DE TIEMPO:	0.4 A	2.0 A

Tabla No. 9.- Corriente de disparo mínima y de diseño

Los estopines de retardo pueden ser de milisegundos "MS" o los llamados Mark V.

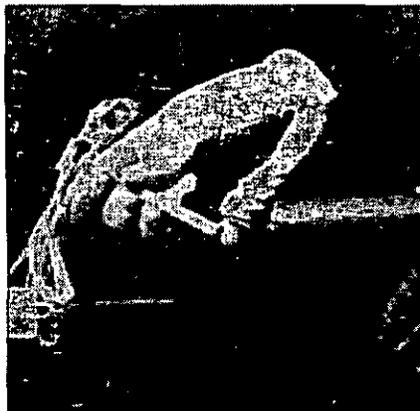


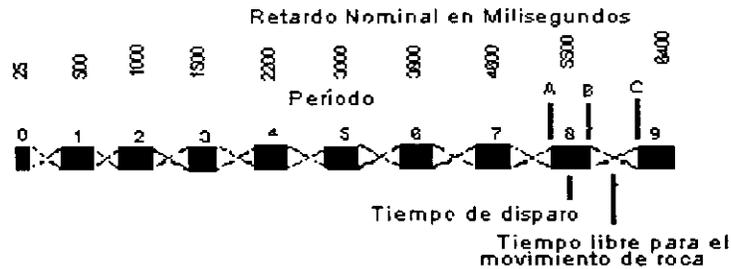
Fig. 11: Cebado de un cartucho de dinamita con estopín

### *Estopines de retardo "MS".*

Los estopines de retardo "MS" son los más ampliamente usados en canteras, trabajos a cielo abierto y proyectos de construcción. Se pueden obtener en diez períodos, cuyos números indican el tiempo en milésimas de segundo que tarda en producirse un disparo, a continuación se mencionan: MS-25, MS-50, MS-75, MS-100, MS-125, MS-150, MS-175, MS-200, MS-250, y MS-300.

### *Estopines de retardo Mark V.*

Los estopines de retardo Mark V se utilizan principalmente en trabajos subterráneos como túneles, galerías, pozos, etc. Se fabrican en diez períodos regulares de retardo: 0-25MS, 1-500MS, 2-1000MS, 3-1500MS, 4-2000MS, 5-3000MS, 6-3800MS, 7-4600MS, 8-5500MS Y 9-6400MS.



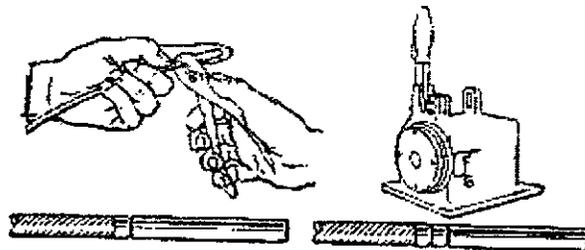
**Fig. 12: Indica los tiempos de disparo y los de movimiento de la roca entre períodos consecutivos.**

En la figura 12 se señala que todos los estopines de un mismo período de retardo disparan dentro de los límites de tiempo representados por las áreas negras correspondientes a ese período. Por ejemplo todos los estopines del 8º. Período disparan en el tiempo representado entre las líneas A y B. Antes de cualquier estopín del 9º. Período se dispare, deberá transcurrir el tiempo indicado entre las líneas B y C. Este intervalo es el tiempo que queda libre entre los períodos 8º y 9º. Para el movimiento de la roca. Esto no quiere decir que todos los estopines 8 disparen simultáneamente, estallarán unos después de otros, pero todos en el intervalo A-B.

### *Corrugadoras para fulminantes.*

Hay dos tipos de corrugadoras: las pinzas corrugadoras y las máquinas corrugadoras. Con ambas, se pueden hacer hendiduras a los casquillos del fulminante cerca del extremo abierto de éste, logrando una unión firme e impermeable entre la mecha y el fulminante.

En la figura 13 se muestra a la izquierda, la corrugadora manual para una hendidura y a la derecha una máquina cortadora y corrugadora de hendidura doble. También con la corrugadora manual se pueden hacer dos hendiduras.



**Fig. 13: Corrugadora manual y máquina corrugadora.**

La compra de la máquina corrugadora sólo se justifica para operaciones donde diariamente se fijan una gran cantidad de fulminantes o donde hay puestos centrales para hacer este trabajo.

### 5.2.5 Diseño de circuitos de voladura.

#### *Máquinas Explosoras.*

Las máquinas explosoras suministran la corriente necesaria para disparar los estopines eléctricos. Estas son de dos tipos básicos: de "generador" y de "descarga de condensador". Ambos tipos son de una construcción robusta y soportan servicio duro por períodos prolongados.

#### *De "generador"*

Estas explosoras han sido las convencionales durante muchos años. Se basan en un generador modificado que suministra una corriente directa pulsativa. Son de dos tipos: de "giro o vuelta" y de "cremallera". Están diseñadas de tal manera que no producen corriente alguna hasta que el giro o el desplazamiento hacia abajo de la cremallera lleguen al final de su recorrido; instante en que la corriente es liberada hacia las líneas de disparo en magnitud muy cercana a su máximo amperaje y voltaje.

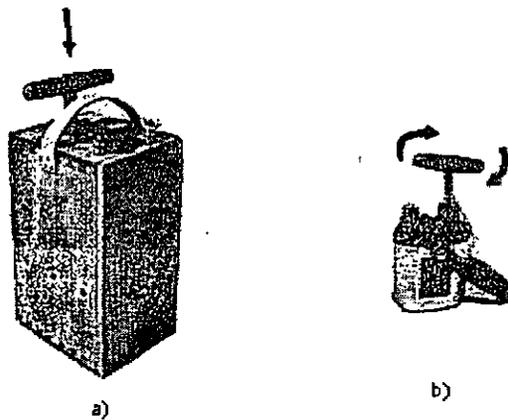
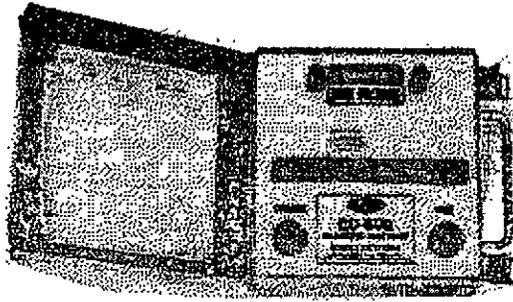


Fig. 14: En el caso "a" se muestra la máquina explosora de cremallera y en el "b" la de giro o vuelta. Las flechas señalan el movimiento de la manivela.

#### *De "descarga de condensador"*

Estas máquinas explosoras utilizan pilas secas para cargar un banco de condensadores que alimenta una corriente directa y de duración corta a los dispositivos de disparo eléctrico.

Para operarlas se conectan sus terminales a las líneas conductoras provenientes del circuito de la voladura y después se oprime el interruptor de "carga", cuando el foco piloto (rojo) enciende se oprime el interruptor de "disparo" manteniendo siempre oprimido el interruptor de "carga".



**Fig. 15: La explosora de descarga de condensador no dispara a menos que ambos botones el de "carga" y el de "disparo" ("charge" y "fire" respectivamente) sean accionados conjuntamente.**

Estas explosoras se consideran como las máquinas más eficientes y confiables para el encendido en voladuras. Sus principales características son:

- Poseen una capacidad de detonación de estopines extremadamente alta.
- Proporcionan gran seguridad ya que no disparan hasta alcanzar su voltaje de diseño, el cual es señalado por la luz del foco piloto.
- Los botones de carga y disparo así como los condensadores quedan en "corto circuito" hasta que se necesiten.
- La ausencia de partes dotadas de movimiento y la eliminación del factor humano que interviene en las explosoras mecánicas.

Existen también máquinas explosoras de descarga de condensador capaces de dar energía a múltiples circuitos de voladura en una secuencia de tiempo programada, comúnmente a estas máquinas se les denomina "explosoras secuenciales". La distribución de tiempo proporciona un mayor número de retardos de los que se pueden tener como estopines de tiempo disparados con máquinas explosoras convencionales.

Otra característica de la explosoras secuenciales es que permiten aumentar el tamaño total del disparo sin incrementar los efectos de ruidos y vibraciones, así como mejorar la fragmentación y el control de proyecciones de roca.

### 5.2.6 Sistemas de comprobación y de disparo.

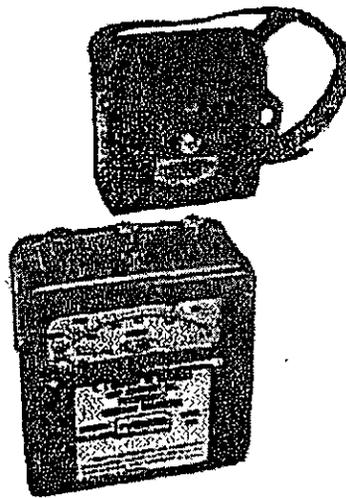
#### *Instrumentos de prueba.*

Son instrumentos diseñados para medir las características eléctricas de los circuitos de voladura, así como del área circundante para asegurar que la operación sea eficiente y segura. Estos aparatos, además de ahorrar tiempo permiten incrementar grandemente la seguridad de cualquier operación de voladura, reduciendo la posibilidad de disparos quedados o de detonación accidental.

#### *Galvanómetro.*

Este aparato tiene una pila que proporciona la corriente necesaria para mover una manecilla en una escala graduada. Las pilas y las partes mecánicas están encerradas en una caja metálica, la cual está provista en su parte superior de dos bornes de contacto. Sirve para probar cada uno de los estopines eléctricos y también para determinar si un circuito de voladura está cerrado o no y si está en condiciones para el disparo; además sirve para localizar alambres rotos, conexiones defectuosas y cortos circuitos, así como para medir la resistencia aproximada del circuito.

Si se requiere mayor exactitud que la que proporciona un galvanómetro, se puede usar un óhmetro. Estos dos aparatos son similares sólo que el óhmetro posee dos escalas de resistencia, una baja (de 0 a 100 ohms) y otra alta (de 0 a 1000 ohms), con lo cual se amplía el alcance de medición de resistencias.



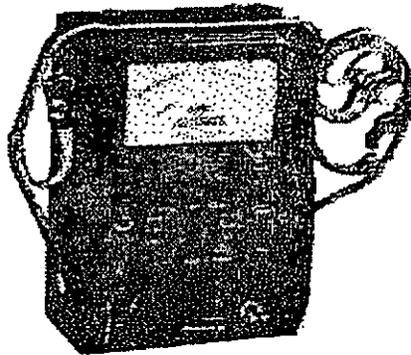
**Fig. 16: Ohmetro para voladuras.**

### ***Multímetro.***

El multímetro es un aparato diseñado para medir resistencias, voltajes y corrientes en operaciones de voladuras eléctricas. Su sensibilidad es muy alta, por lo que tiene un amplio alcance en sus mediciones.

Sus principales usos son:

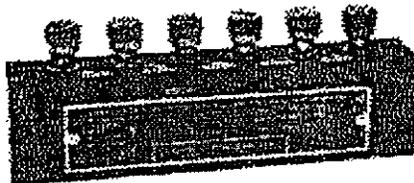
- a. Examinar los sitios de voladura para localizar corrientes extrañas.
- b. Analizar las resistencias de los circuitos.
- c. Ejecutar pruebas de resistencia en la determinación de riesgos por electricidad estática.
- d. Probar líneas de conducción.
- e. Probar la continuidad y la resistencia de estopines y circuitos eléctricos.
- f. Medir voltajes
- g. Como galvanómetro.



**Fig. 17: Multímetro para voladuras.**

### ***Reóstato.***

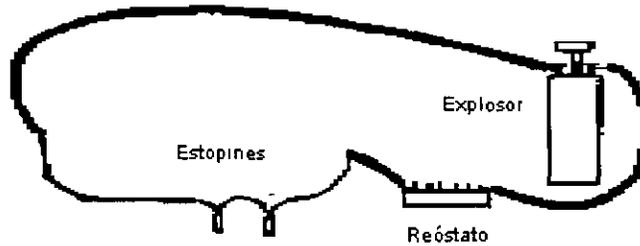
Este instrumento se utiliza para probar la eficiencia de una máquina explosora de tipo generador. Está formado por una serie de bobinas de resistencia variable. Cada resistencia tiene una placa que indica su valor en ohms y su número equivalente de estopines eléctricos.



**Fig. 18: Reóstato para prueba de máquinas explosoras.**

Para usar el reóstato, primeramente se conectan dos o cuatro estopines en serie con las resistencias del condensador de manera que la resistencia total se ajuste a la que tendría el número total de estopines para los que la máquina fue diseñada para disparar, en seguida se conecta el circuito a la máquina explosora y se dispara, si detonan los estopines puede concluirse que la explosora está en condiciones adecuadas para la operación de voladuras. Al hacer la prueba debemos protegernos de la explosión de los estopines.

La ventaja del uso del reóstato es que puede probarse la explosora detonando únicamente unos pocos estopines en cada prueba.



**Fig. 19: Uso del reóstato.**

### ***Mallas o redes.***

Las mallas pueden ser de alambre o alambrón y se utilizan para cubrir la voladura antes de efectuar el disparo, para captar los fragmentos de roca procedente de la voladura e impedir que vuelen al aire con grandes proyecciones. Debe tenerse cuidado al colocar las mallas, porque pueden hacerse cortos circuitos si hay conexiones descubiertas del circuito de disparo que estén en contacto con la malla.

### ***Conexiones de los estopines.***

Como ya habíamos visto los estopines ya sean instantáneos o de tiempo, se activan eléctricamente, para ello se requiere una cantidad mínima de corriente que generalmente es de 2 amperios para asegurar el disparo (ver Tabla 9).

Para conocer esa corriente mínima debemos calcular con la Ley de Ohm, cuya fórmula es:

$$\text{INTENSIDAD (amperios)} = \frac{\text{VOLTAJE (de la fuente de corriente eléctrica)}}{\text{RESISTENCIA (del sistema de estopines y alambres)}}$$

$$I = \frac{V}{R}$$

El voltaje (V) de la fuente de energía eléctrica generalmente es conocido, puede ser corriente monofásica, cuyo voltaje es 110 voltios, o corriente trifásica (de fase a fase) con voltaje de 220 o 440 volts (en caso de duda calcule con 220 volts), que se usa mucho en excavaciones subterráneas; también puede ser un explosor en cuyo caso el voltaje oscila entre 80 y 300 voltios (si hay duda use 80).

Por lo tanto nuestro único problema es calcular la resistencia del sistema y esto depende de las resistencias de cada estopín (Tabla 8) y de los alambres de conexión (Tabla 10).

***Distribución típica de conexiones en un banco.***

La corriente debe producirse (en un explosor) o conectarse (a una instalación eléctrica) desde una distancia prudente; en un banco debe ser alrededor de 60 m si no estamos en la dirección de las proyecciones y aún 40 m si nos protegemos con alguna saliente del terreno; en una demolición generalmente las distancias son mayores como se muestra en la Tabla 11.

La corriente se conduce al banco por medio de dos alambres que reciben el nombre de guía principal, generalmente alambre forrado calibre 12, (Fig. 20), y luego se distribuye entre los estopines por medio de guías secundarias, en donde el calibre 20 es muy recomendable.

Calibre A W G Núm.	Resistencia, ohms Por 1,000 m.
8	2.10
10	3.34
12	5.31
14	8.43
16	13.45
18	21.36
20	34.45
22	54.79
24	87.14

**Tabla 10 .- Resistencia de alambre de cobre.**

Kg DE EXPLOSIVOS	DISTANCIA SEGURA MÍNIMA EN DEMOLICIONES A CAMPO ABIERTO (EN METROS)
0.5 a 10	250 m
20	320 m
30	370 m
50	440 m
100	530 m
200	700 m

Tabla 11.- Distancia segura mínima en demoliciones a campo abierto.

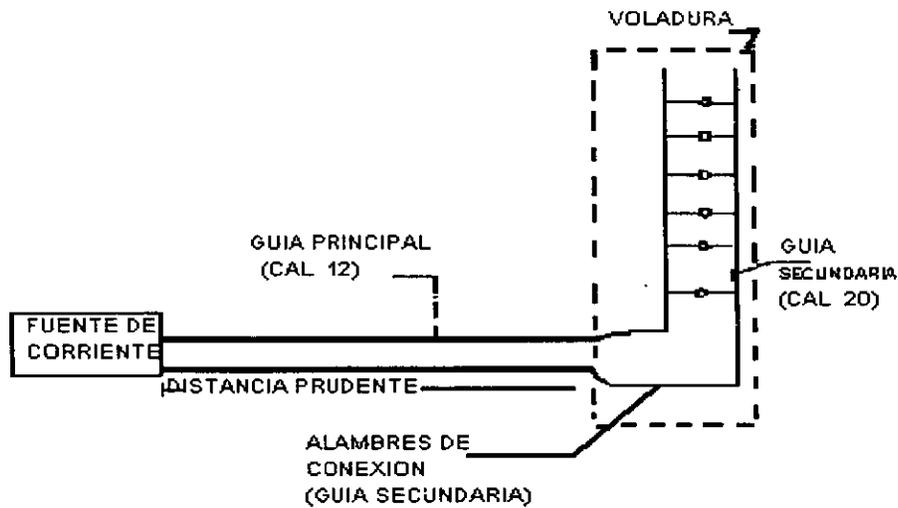


Fig. 20: Distribución típica de conexiones.

*Tipos de conexiones: Serie simple.*

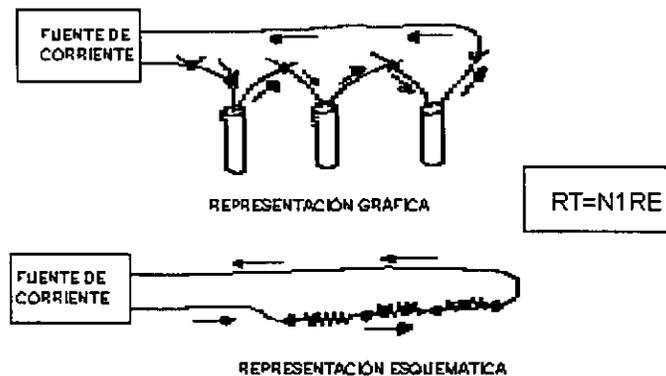


Fig. 20-A: Estopines conectados en serie

Donde:

RT = Resistencia total

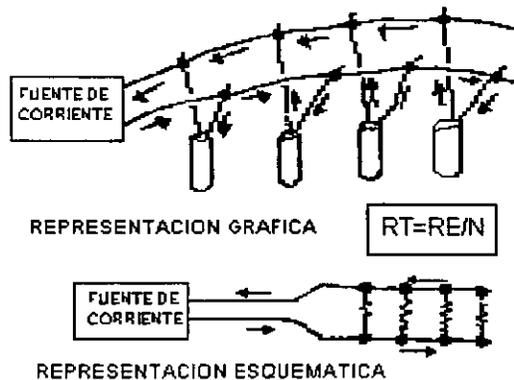
NI = Número de estopines por serie

RE = Resistencia de cada estopín.

Si varios estopines se conectan extremos con extremos uno a continuación de otro, como se muestra en la Figura 20-A, se dice que los estopines están conectados en serie, la corriente que pasa por todos ellos es la misma y la resistencia total del sistema es la suma de las resistencias de cada estopín.

### *Conexiones en paralelo.*

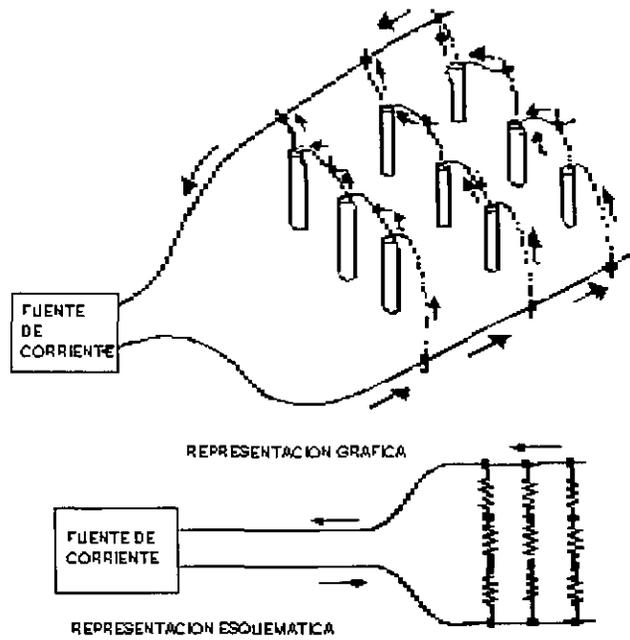
Cuando los estopines se conectan lado a lado, la corriente se divide pues cada estopín provee un camino diferente para el flujo de corriente, pasando una parte de la corriente total por cada uno de los estopines, como se muestra en la Fig. 20-B.



**Fig. 20-B: Estopines conectados en paralelo.**

### *Conexiones en serie paralelo.*

Cuando varias series de estopines se conectan lado a lado la corriente se divide, pues cada serie provee una camino diferente para el flujo de corriente pasando una parte de la corriente total por cada una de las series, como se muestra en la figura 20-C.



$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{N_1 R_E} + \frac{1}{N_2 R_E} + \frac{1}{N_3 R_E} + \dots$$

Si:  $N_1 = N_2 = N_3 = \dots = N_n$ :

Si no se cumple con esta condición, entonces la fórmula no es aplicable.

$$R_T = R_E \frac{N_1}{N_s}$$

$R_T$  = Resistencia total

$R_E$  = Resistencia de cada estopín

$N_1$  = Número de estopines por serie

$N_s$  = Número de series

$N$  = Número de estopines

**Fig. 20-C: Estopines conectados en serie-paralelo.**

Ejemplo: Una serie de 20 estopines, con alambres de 24.38 m de largo.

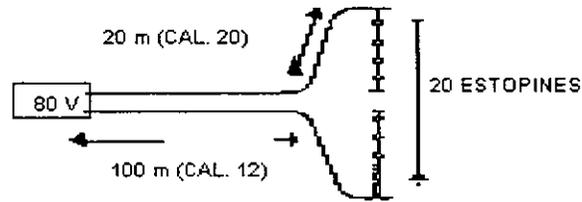


Fig. 20-D

Resistencia:

Del alambre: (Tabla 10)

$$20 \text{ Estopines} \times 2.78 \, \Omega = 55.60 = \underline{55.60} \text{ (Tabla 8)}$$

$$\Sigma = 58.04 \, \Omega$$

$$V = IR$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{80}{58.04} = 1.38 \text{ AMP.}$$

No es suficiente, porque para asegurar el estallido se recomienda por lo menos 2 amp. Sugerencia: Usar dos series de 10 estopines.

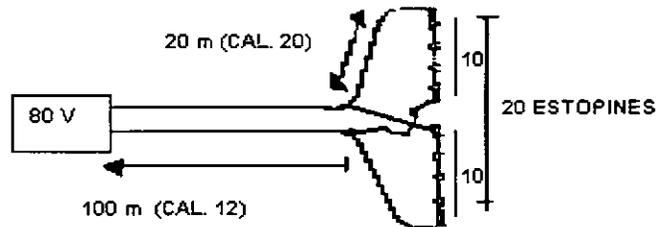


Fig. 20-E

Con este pequeño cambio en las conexiones, tenemos una conexión de dos series de 10 estopines en paralelo, con lo que la resistencia total será:

Del alambre:

$$\text{CAL } 12: 200m. \times 5.3 / 1,000 = 106\Omega$$

$$\text{CAL } 20: 40m. \times 34.4 / 1,000 = 138\Omega$$

2 Series de 10 estopines

con  $2.78 \Omega$  cada uno:

$$R_T = R_s \frac{N_1}{N_2} = 2.78 \frac{10}{2} = \frac{13.90}{2} = 18.07\Omega$$

Entonces:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{80}{16.34} = 4.90 \text{ AMP.}$$

que es el amperaje que pasa por la guía principal, como la corriente se divide por parte iguales en las dos series entonces por cada serie circulan:  $4.90/2=2.45 \text{ amp} > 2$ .

Obsérvese la importancia del diseño de las conexiones.

## PERFORACIÓN

### 5.3.1 Equipo de perforación.

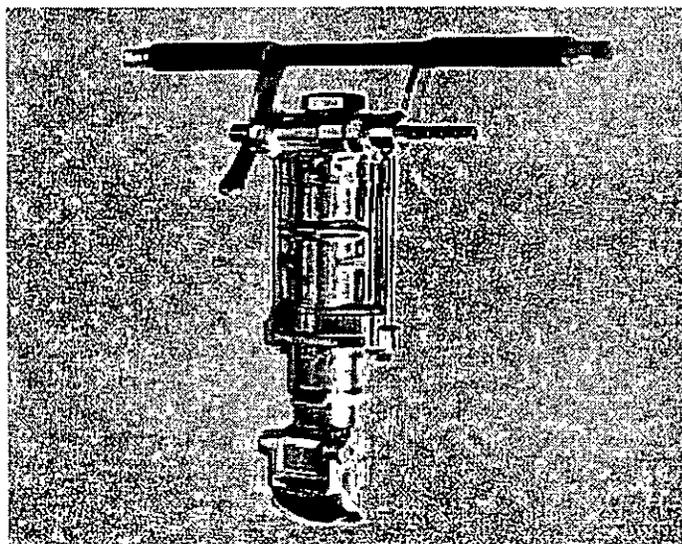


Fig. 21: Barrenadora manual de roca para barrenos cortos.

La perforadora de mano, por su peso ligero puede utilizarse en multitud de aplicaciones, para pequeñas voladuras en la preparación de bancos, para pequeños canales, para caminos con aquellos cortes que sean de poca altura. La barrenación usualmente es de 25 a 42 mm, y la profundidad de la perforación no es mayor de 6 mts.

### *5.3.2 El aire comprimido.*

Son máquinas generalmente alimentadas por aire comprimido, aunque existen algunos tipos de máquinas de combustión y eléctricas, son poco usadas. La máquina utiliza barras de acero perforadas de manera que se pueda inyectar aire a presión hasta el fondo del agujero para desalojar la roca triturada por una broca que se encuentra al final del acero de barrenación. La perforadora, golpea y hace girar el acero de barrenación y la broca, al mismo tiempo, inyectando aire de vez en cuando para desalojar el material.

### *5.3.3 Acero para la perforación.*

El acero de barrenación se prepara en tramos de 60, 120, 180, etc., hasta una longitud máxima de 600 centímetros, cada pieza con su broca o acero insertado con piezas de carburo de tungsteno. En esta forma se pueden hacer barrenos en forma sencilla y rápida con equipo simple.



Fig. 22: Método Tampella con alimentador.

Las perforadoras de este tipo o de peso intermedio pueden colocarse en equipo de alimentación relativamente ligero, que se maneja a mano y que permite gran ahorro de tiempo, pues el cambio de aceros es menor por ser mayor la longitud de acero que puede manejarse fácilmente. El equipo de alimentación ejerce presión a través del acero de barrenación.

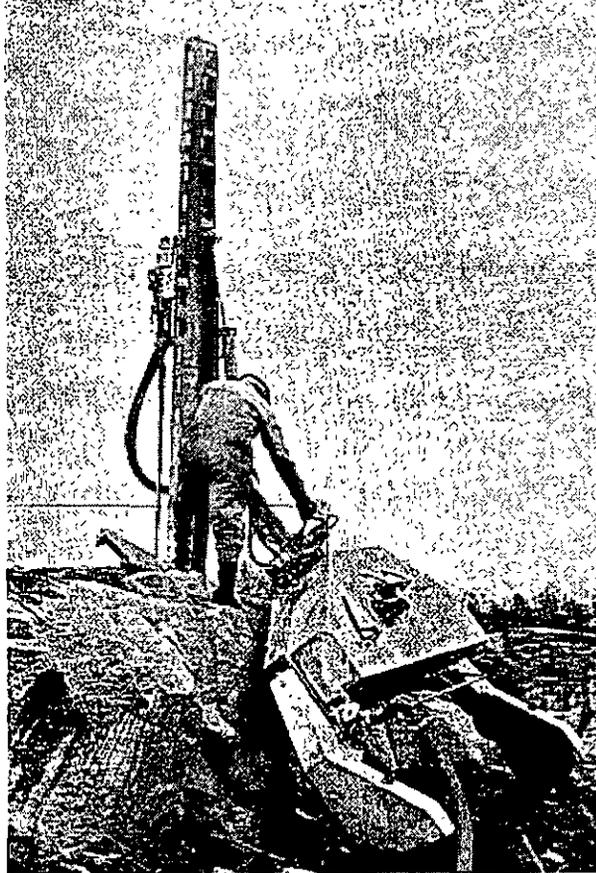
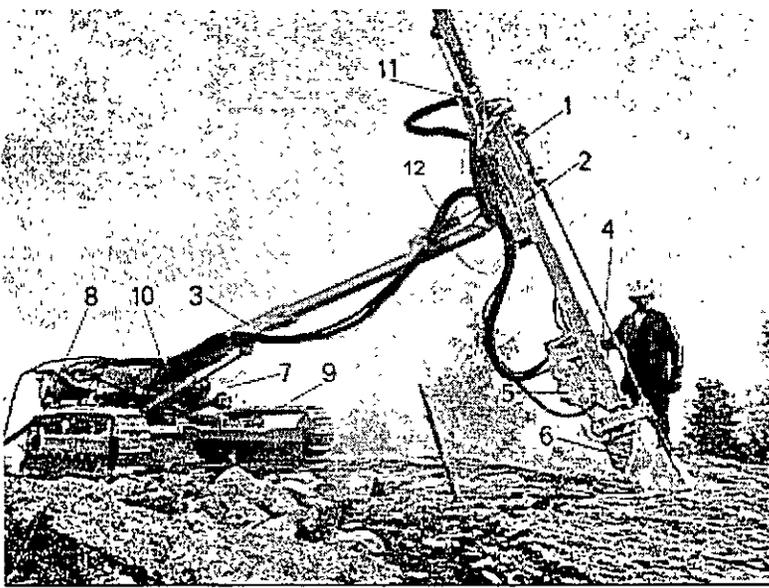


Fig. 23: Barrenado con equipo portátil ligero con avance de cadena.

#### **5.3.4 Rendimientos.**

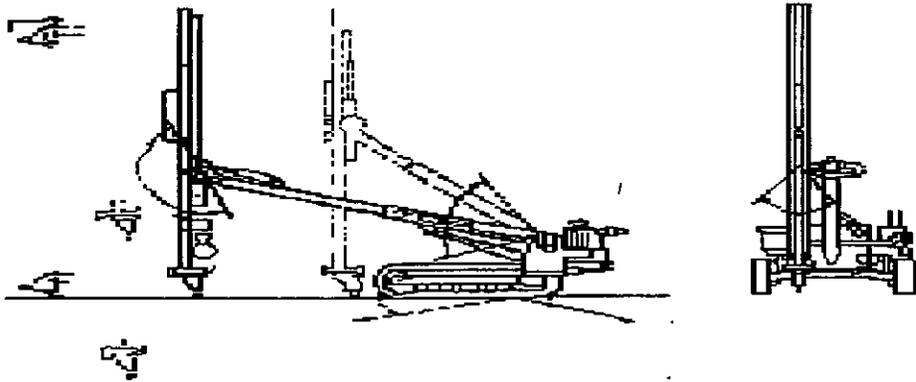
Las perforadoras mayores han sido colocadas en diferentes aditamentos que permiten menor tiempo de barrenación y manejan acero de extensión, que se une fácilmente. El peso de la perforadora puede llegar a 60 Kg, el diámetro de los agujeros de hasta 51 mm y la longitud hasta 40 mts. De aquí se han derivado máquinas que utilizan estas mismas perforadoras y que se utilizan para trabajos de mediano tamaño.



1. Perforadora
2. Cadena alimentadora
3. Brazo
4. Controles de perforadora
5. Motor alimentador
6. Fijador de superficie
7. Controles de posición
8. Deposito de lubricante
9. Zapatas
10. Gato para elevar torre
11. Gato de extensión
12. Gato de inclinación

Fig. 24: Barrenación con un equipo mediano

Para trabajo pesado se utiliza una perforadora montada sobre un tractor de orugas muy simplificado, movido generalmente por motores de aire comprimido, con una combinación de plumas que permiten, mediante gatos de aire colocar una perforadora de gran peso en el lugar para realizar el trabajo. Existe una gran variedad de estos equipos.



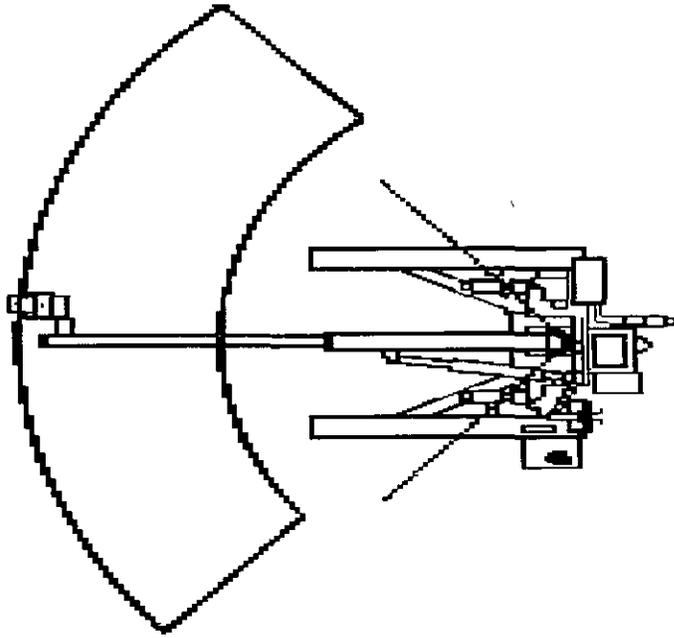


Fig. 25: Esquema de perforadora de trabajo pesado mostrando la zona en que puede realizar la perforación.

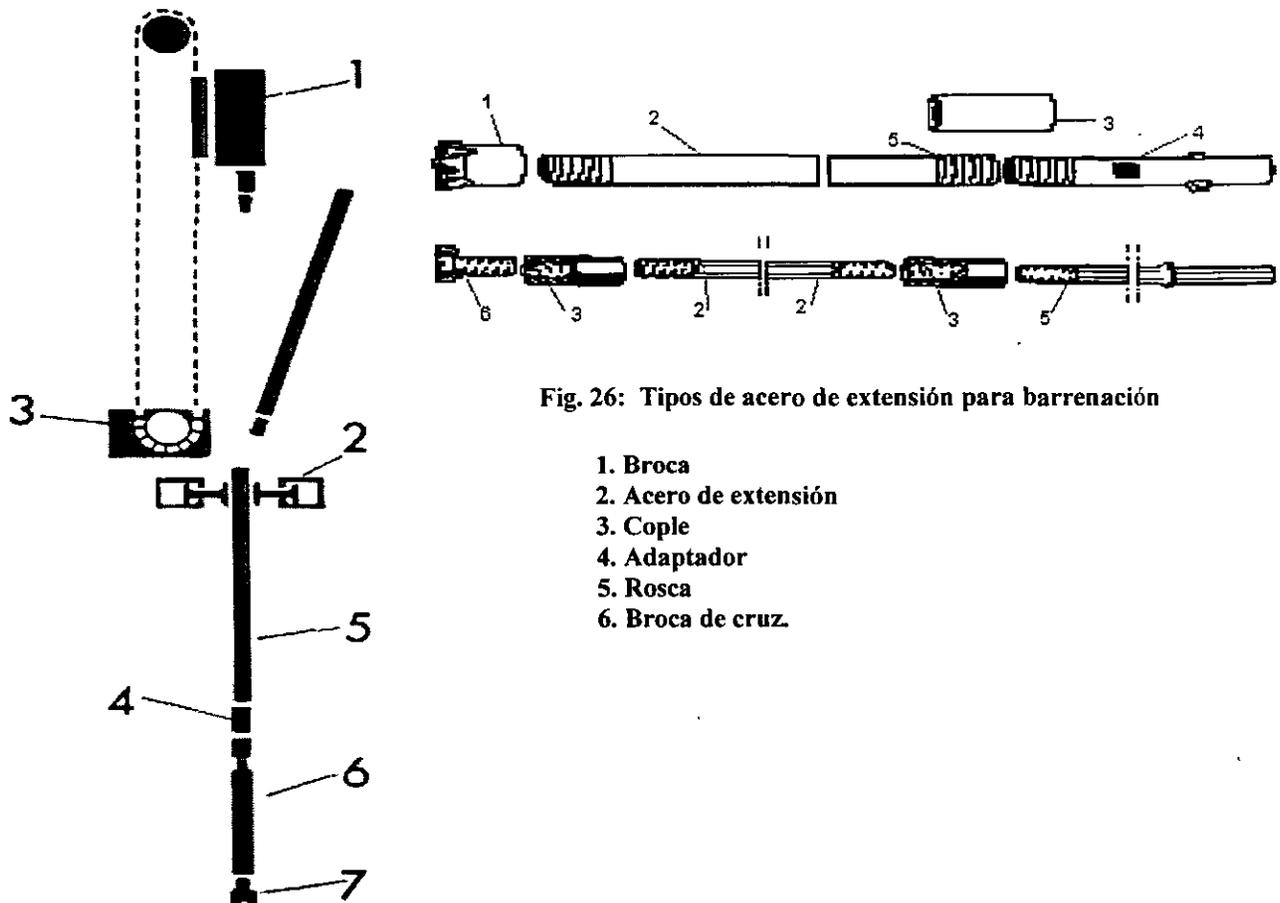


Fig. 26: Tipos de acero de extensión para barrenación

- 1. Broca
- 2. Acero de extensión
- 3. Cople
- 4. Adaptador
- 5. Rosca
- 6. Broca de cruz.

1. Motor de rotación
2. Fijador del acero de barrenación
3. Motor alimentador
4. Cople
5. Tubos alimentadores
6. Martillo
7. Broca

Fig. 27: Sistema de barrenación Down The Hole



Barrena Down The Hole



Fig. 28: Martillos Down The Hole

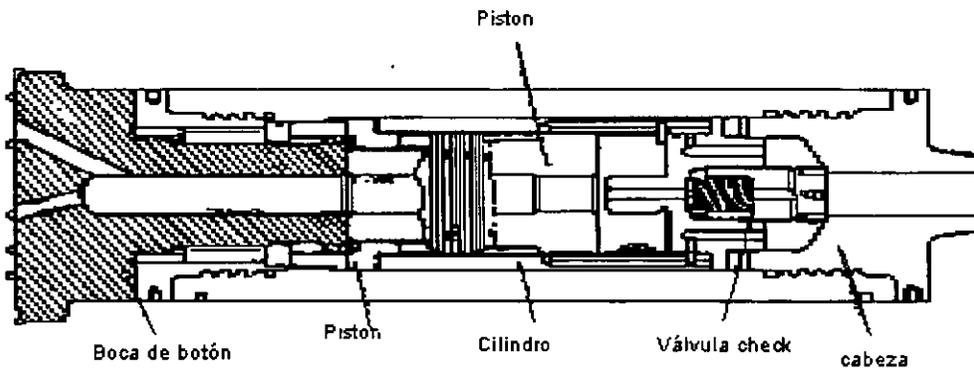


Fig. 29: Sección de una super barrena Down The Hole

El sistema Down The Hole puede utilizarse también, para perforaciones de diámetros mayores de 80 mm. Un martillo (down the hole) que se coloca al final de las barras, y que golpea

directamente en el fondo del agujero, incrementando la eficiencia del conjunto. El giro lo da un motor en el extremo superior del acero de barrenación.

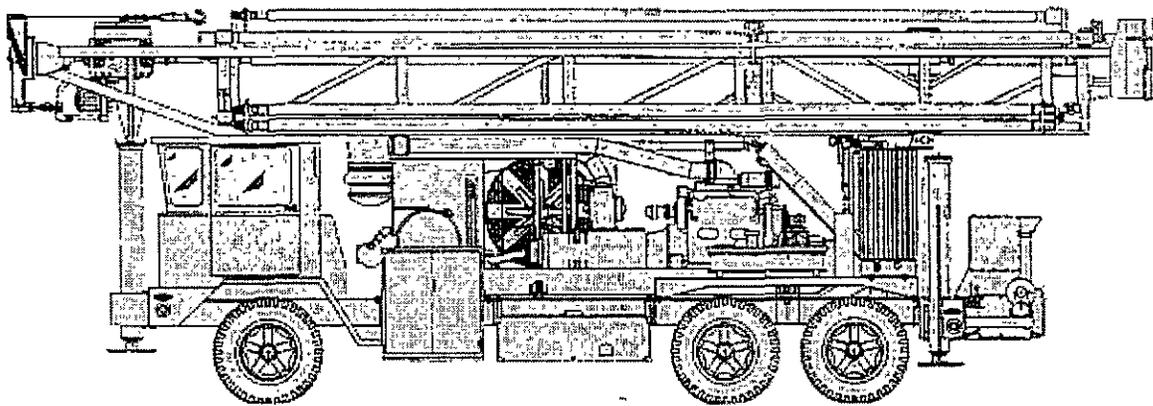


Fig. 30: Grúa rotatoria con perforadora Down The Hole

### 5.3.5 Brocas de barrenación.

- B. Ángulo de corte
- C. Ancho del inserto
- D. Profundidad del inserto
- E. Longitud del inserto
- F. Diámetro de la broca
- G. Cuerpo de la broca
- K. Inserto central
- L. Longitud de la corona
- M. Rosca
- N. Altura del inserto
- O. Perforación para inyectar aire

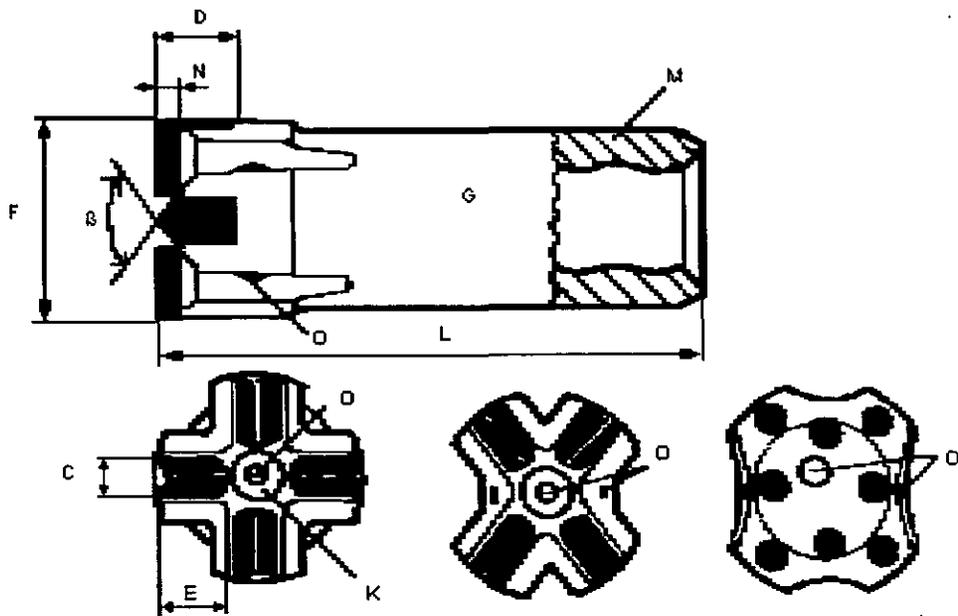


Fig. 31: Brocas de barrenación

Las brocas, que se colocan en el

extremo del acero de barrenación, tal y como aparece en la figura 31, son las encargadas de romper la roca en pequeños trozos que pueden ser expulsados a través de la perforación mediante inyecciones o chorro continuo de aire comprimido, hasta el exterior.

La broca tiene, para resistir el desgaste, unos insertos de carburo de tungsteno de diferente formas, las que se seleccionan en función del diseño de la misma broca y de su diámetro, tomando en consideración que el carburo de tungsteno es muy resistente a la abrasión pero muy frágil, por lo que no se recomiendan piezas de gran longitud. Por lo tanto las brocas con los insertos en cruz o en equis se utilizan para diámetros pequeños y las de botones para diámetros mayores.

Existen numerosas formas de asegurar la broca al extremo de las barras de acero, que sumado al diseño específico de los insertos y a la colocación de los agujeros o agujero para inyectar el aire en el fondo de la barrenación nos presentan una gran variedad de alternativas que se seleccionarán generalmente, con la ayuda del fabricante, tomando en consideración, además de los parámetros ya mencionados (diámetro de la perforación y diseño), economía, características de la roca, forma de fijarla al acero de barrenación, etc.

Es posible afilar las piezas de carburo de tungsteno; esto deberá hacerse con cuidado y siguiendo fielmente las recomendaciones del fabricante, ya que unafilado defectuoso puede dañar a la broca, generalmente por roturas en los insertos.

## 5.4 VOLADURAS

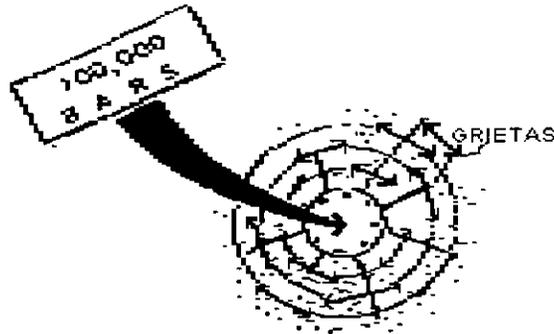
### *Mecanismo de la rotura.*

Debido a que el conocimiento del mecanismo de la rotura de las rocas permitirá una mejor comprensión del fenómeno, se ha considerado necesaria su explicación.

Después de algunas milésimas de segundo de haberse iniciado la explosión de un barreno se libera la energía química del explosivo, transformándose este sólido en un gas caliente a enorme presión, que al estar encerrado en el barreno, puede alcanzar y aún sobrepasar los 100,000 Bars (1000,000 kg/cm<sup>2</sup>). Como la roca es menos resistente a la tensión que a la compresión las primeras grietas se forman principalmente bajo la influencia de los esfuerzos de tensión, dando como resultado grietas radiales.



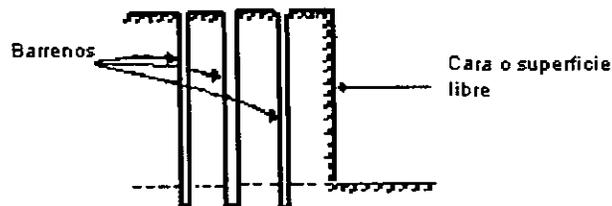
**Fig. 32: Las paredes de un tubo de acero sometido a presión interna están sometidas a tensión, de manera similar ocurre en un barreno.**



**Fig. 33: La roca alrededor de un barreno con gases a presión (del explosivo) está sometida a tensión. Si la presión es suficientemente grande también lo será la tensión y habrá grietas.**

Durante este primer período de agrietamiento no hay prácticamente rotura. El barreno ha sido ligeramente ensanchado a poco menos que el doble de su diámetro, por quebrantamiento y deformación plástica.

En una voladura, generalmente se tiene en el frente una cara libre de roca paralela a los barrenos.



**Fig. 34: Cara libre en una voladura de roca (Elevación).**

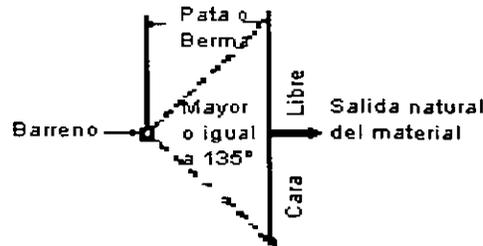
Cuando las ondas de compresión se reflejan contra ella, se originan fuerzas de tensión que pueden producir un descostramiento de parte de la roca próxima a la superficie.

El proceso es el mismo que cuando se golpea en un extremo una fila de bolas de billar: el golpe se transmite de bola a bola hasta que la última sale disparada con toda la fuerza, esto también ocurriría si las bolas estuvieran cementadas. El descostramiento tiene una importancia secundaria en las voladuras.

Estas dos primeras etapas del proceso de desprendimiento de la roca, agrietamiento radial y descostramiento son originadas por la onda de choque, sin embargo, la onda de choque no es la que provoca el desprendimiento de la roca, pues la energía que proporciona es mínima en comparación con la necesaria para que esto ocurra.

En la tercera y última etapa, bajo la influencia de la presión de los gases del explosivo se extienden las primeras grietas radiales y la superficie libre de la roca cede y es lanzada hacia adelante. Cuando

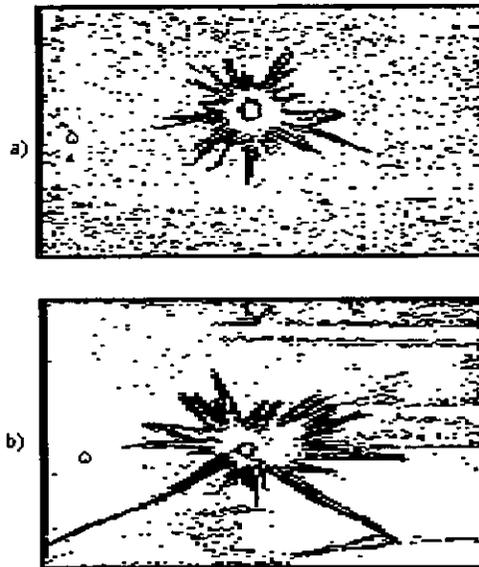
la superficie frontal se mueva hacia adelante se descarga la presión y aumenta la tensión en las grietas primarias que se inclinan oblicuas hacia afuera. Si la pata o berma no es demasiado grande, muchas de estas grietas se extienden hasta la superficie libre y tiene lugar el desprendimiento completo de la roca. Para lograr el máximo efecto por barreno y cantidad de carga, el ángulo de fractura del material deberá ser igual o mayor a  $135^\circ$  ya así, se consigue una salida natural, pero si el ángulo es menor, el material queda confinado y se producen problemas en su salida.



**Fig. 35: Ángulo de fractura ideal para la salida del material (Planta).**

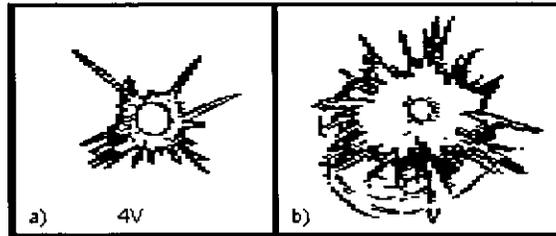
La configuración completa de las grietas puede estudiarse si se hacen explosiones en modelos experimentales a escala en plexiglás (placa transparente). Experimento de Langerfors.

Con carga insuficiente fig. 36a., las grietas no se desarrollan totalmente, pero puede verse como algunas a un ángulo de  $90^\circ$  y  $120^\circ$  tendrían capacidad para originar la fractura total si la presión estática aumentase. En la figura 36b., se ha obtenido una fractura completa con un ángulo de  $110^\circ$ . De lo anterior se concluye que la magnitud de la carga explosiva influye en el tamaño de las grietas, es decir a mayor carga mayores serán las grietas, sin embargo es importante evitar sobrecargas para obtener la menor tensión posible en la roca residual.



**Fig. 36: Influencia de la cantidad de explosivo en la formación de grietas.  
En la figura superior la carga es cuatro veces menor que en la inferior.  
En ambos casos la berma es la misma.**

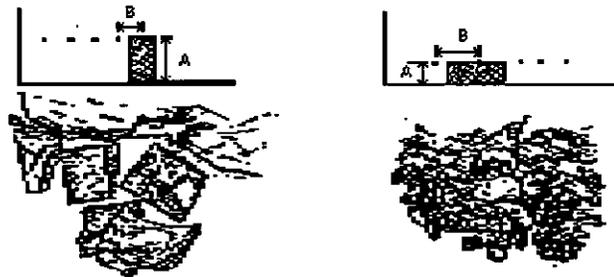
Un barreno lleno de explosivo origina grandes grietas al detonar, pero éstas pueden ser casi suprimidas si con la misma carga se reduce la presión ejercida sobre las paredes del barreno, incrementando su diámetro. De esta manera, sólo se forman unas pocas grietas de longitud muy semejante como se muestra en la figura 37.



**Fig. 37: Con una misma carga se obtienen muchas más grietas. Cuando ésta llena totalmente el barreno. En a) el volumen del barreno es cuatro veces mayor que en b), pero las cargas fueron las mismas. Nótese la cantidad y el tamaño de las grietas en ambos casos.**

En voladuras se debe tener en cuenta, la gran importancia que tiene la relación espaciamento-pata con respecto a la fragmentación de la roca. Experimentalmente se obtuvieron las ilustraciones de la figura 38, en el caso a) se muestra una distribución de barrenos cuya relación espaciamento-pata es  $B/A = 0.5$  y en b) una en la cual  $B/A = 2$ ; en ambos casos se tiene el mismo valor  $A \times B$  por barreno, es decir la misma carga y longitud de perforación por volumen de roca a volar. También se muestra la diferencia en la fragmentación del material, conseguida de una forma tan simple como modificar la distribución de los barrenos.

Si observamos detenidamente la figura 38, llegaremos a la conclusión de que al aumentar la relación  $A/B$  disminuye la fragmentación.



**Fig. 38: Influencia de la distribución de los barrenos en la fragmentación de la roca.**

### *Voladura.*

Para una buena voladura no basta seleccionar correctamente el explosivo, ya que es necesario conocer también el método de aplicación más indicado para cada clase de trabajo, obteniéndose con ello una máxima eficiencia, la cual se traduce en menor costo de obra. Generalmente los resultados óptimos en voladuras se adquieren a través de la experiencia.

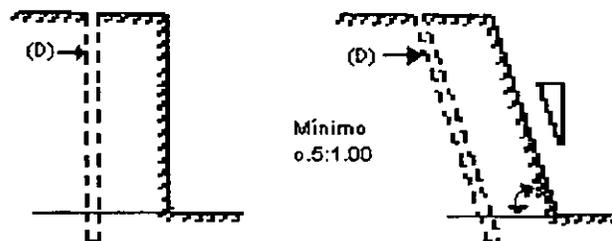
Los objetivos de una voladura se deben tener en cuenta desde su diseño. Los principales objetivos son:

- La roca debe tener la granulometría deseada. Esto se refiere a los tamaños de los fragmentos de roca, muchas veces están limitados por ciertos factores tales como la clase y tamaño del equipo de excavación y acarreo, la abertura o boca de la trituradora primaria o simplemente por el uso al que se va a destinar el material.
- Consumo mínimo de explosivos para fracturar la roca. El tipo de explosivo a usar deberá ser aquel que tenga un menor costo por  $m^3$  de roca volada. Ya elegido el explosivo, se procurará usar el mínimo de explosivos en la carga de los barrenos que produzca los resultados requeridos, esto redundará en el aspecto económico de la voladura.
- Mínima barrenación posible. Se debe perseguir hacer una distribución adecuada de los barrenos procurando tener una longitud de barrenación mínima, lo que conducirá a ahorrar tiempo y recursos influyendo también en la economía de la voladura.
- Mínimas proyecciones de la roca. Se entiende como proyección al lanzamiento de fragmentos de roca al aire, procedentes de la voladura. Es conveniente que las proyecciones de roca sean mínimas, pues son producto de un uso inútil de la energía del explosivo y además pueden ocasionar daños.
- Fracturación mínima de la roca no volada. Debe evitarse lo más posible las fracturaciones de roca atrás de la línea de corte o proyecto.

Cuando un explosivo se usa apropiadamente, consume mayor parte de su energía en forma útil, ya sea fracturando la roca o moviéndola de lugar para evitar trabazones entre sus fragmentos. Sin embargo, el resto de la energía se consume inútilmente, proyectando rocas, lo cual es muy peligroso. El control de la energía se puede llevar a cabo mediante el tamaño de los agujeros de perforación, las separaciones entre los mismos y por el tipo de explosivo.

Es importante hacer notar que todas las cifras anotadas en voladuras son aproximadas, se intenta sólo como una guía general y como una base para comenzar a hacer pruebas en cada caso particular.

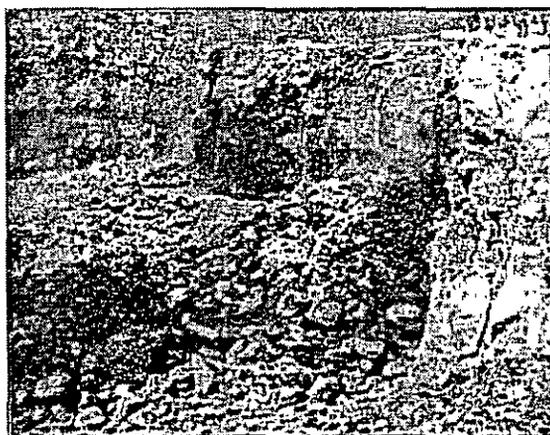
Para abrir un banco se hacen pequeñas voladuras hasta formar el frente del banco (vertical o inclinado).



**Fig. 39: Muestra esquemática de un frente de banco vertical y uno inclinado.**

Luego se perforan los barrenos (D) paralelos al frente, éstos se llenan con explosivos dejando una parte vacía para formar un tapón (taco) que confine los gases de la explosión. El taco no debe ser de

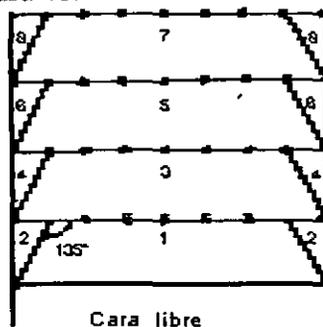
papel, cartón o cualquier substancia combustible, generalmente se forma con suelos arcillo-arenosos o limoarenosos compactados. Finalmente se hace la conexión y el disparo eléctrico de la voladura.



**Fig. 40:** La figura superior muestra el inicio de la voladura, la inferior momentos después de ésta, así como su resultado.

#### **5.4.1 Distribución de barrenos (plantillas).**

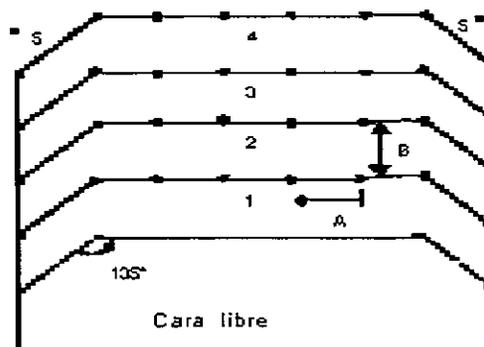
Existen diversos tipos de plantillas para voladuras de varias hileras lateralmente limitadas, la más sencilla es la que se muestra en la figura 41.



**Fig. 41:** Plantilla con dos retardos por hilera.

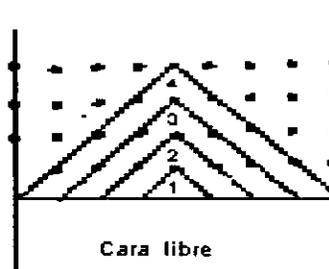
Todos los barrenos por hilera excepto los de las esquinas se inician con un mismo número de retardo, propiciando que en el momento de la detonación la roca de cada barreno tenga una salida libre. Esto no sería posible si los barrenos de la esquina se iniciaran al mismo tiempo, ya que se tendría una probabilidad muy grande de que éstos se encendieran antes de los inmediatamente próximos, quedando en condiciones de rotura desfavorables. Este tipo de encendido exige el doble de intervalos de retardo que de hileras, lo cual es una restricción cuando se trata de grandes voladuras con varias hileras, ya que los intervalos disponibles no son suficientes para la aplicación de una secuencia de encendido como la mencionada.

La plantilla anterior, se puede modificar como se muestra en la figura 42 en la cual todos los barrenos de la hilera, a excepción de los de la esquina, se encienden con el mismo intervalo que los barrenos de la hilera anterior. Con este arreglo se usa un menor número de intervalos en los estopines.



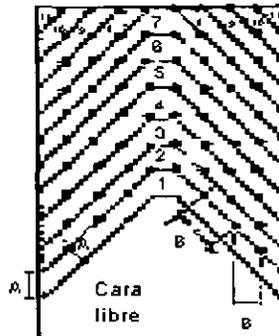
**Fig. 42: Plantilla similar a la anterior, su diferencia estriba en que en este caso se usan menos intervalos de retardo y la cara libre del banco ya no es recta.**

Otro tipo de plantilla sería la mostrada en la figura 43, la cual es adecuada para una mejor fragmentación, un mejor acabado en las paredes y una rezaga más concentrada, aunque presente malas condiciones para el desprendimiento de la parte central, pues después del encendido del retardo número 1 que tiene la rotura libre, encienden los dos barrenos de ambos lados y de la misma hilera con el retardo número 2, así como el que está atrás del volado en primer lugar, lo que da como resultado que el barreno de la segunda hilera se pueda adelantar a los de enfrente, quedándose encerrado en el momento del encendido y efectuando una voladura defectuosa.



**Fig. 43: El inconveniente de esta plantilla es que puede suceder que algún barreno central en el momento de estallar, no tenga salida libre, efectuándose una voladura defectuosa.**

Para evitar lo anterior, se utiliza una plantilla como la mostrada en la figura 44. Los dos barrenos que están al centro se han dispuesto en la hilera de modo que tengan salida libre aunque sean los primero en estallar y de esta manera no se afecta el resultado final de la voladura.



**Fig. 44: Plantilla que mejora las condiciones de desprendimiento de la roca en la parte central.**

También se debe tener en cuenta la gran importancia que tiene la relación espaciamento-berma para la fragmentación. En la figuras 43 y 44 se puede observar que  $B'$  es mayor que  $B$  y  $A'$  es menor que  $A$ , en estas condiciones el aumento del espaciamento entre barrenos, y la disminución de la berma, permiten que la relación  $B/A$  sea mayor y por consiguiente la fragmentación de la roca aumente; además el material se acumula al centro facilitándose su carga.

#### ***5.4.2 Establecimiento de los datos necesarios para diseñar un patrón de barrenación.***

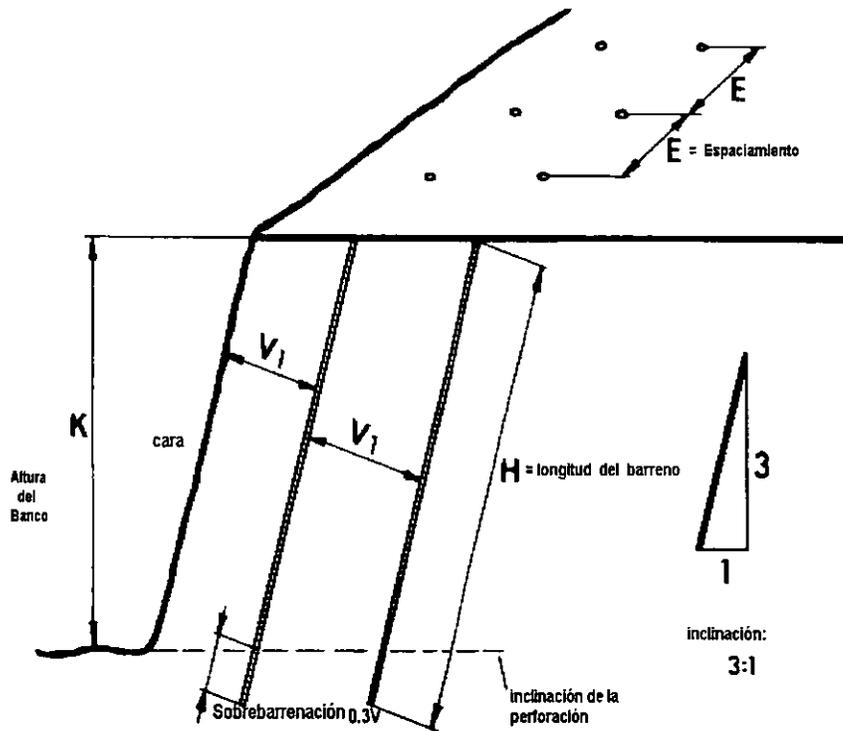
La experiencia y muchos experimentos realizados principalmente por los suecos, ha resultado en un gran número de fórmulas y "reglas del pulgar" en el diseño de una barrenación relacionada con los factores involucrados. Primero hay que examinar las características estructurales de la roca, que deben ser vistas con atención. Una vez definido el patrón de barrenación y desde luego el consumo de explosivos relacionado podrá iniciarse el proceso de excavación.

#### ***Terminología utilizada en el patrón de barrenación.***

Los términos más importantes involucrados en el patrón de barrenación son los siguientes:

- Diámetro del barreno,  $d$  (mm)
- Bordo,  $V$  (m), bordo práctico  $V1$  (m)
- Espaciamento,  $E$  (m)
- Sobrebarrenación (m)
- Altura del banco,  $K$  (m)
- Longitud del barreno,  $H$  (m)
- Inclinación del barreno.

Estos factores dependen de los datos del barreno, del tipo de roca a explotar, de los explosivos a utilizar, del tamaño de roca demandada y, en general, de los resultados finales requeridos.



Existen muchas fórmulas teóricas diseñadas para calcular el bordo y el espaciamento que serán utilizados y que cumplen con el conjunto de requerimientos. El camino más correcto es confiar en la experiencia y en algunas reglas simples para establecer los datos para la perforación del barreno a fin de obtener resultados exitosos en la voladura.

### Calculo del bordo $V$

El bordo teórico ( $V$ ) depende de la carga de fondo ( $Q_p$ ) que se coloca en el fondo del barreno, que a su vez depende del diámetro ( $d$ ) de la perforación medido en el fondo, de la altura de la carga de fondo =  $(1.0 \dots 1.3) \cdot V$  y de la densidad de carga. Además de la densidad de las perforaciones el tipo de roca y la fuerza del explosivo por unidad de peso tienen su efecto en la medida del bordo.

El bordo teórico puede ser calculado con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{dp}{33} \sqrt{\frac{PS}{\bar{c} f \frac{E}{V}}}$$

Donde:

$d_p$  = diámetro del agujero perforado medio en el fondo (mm)

$P$  = densidad de la carga del explosivo ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ )

$S$  = fuerza del explosivo

$f$  = factor que depende de la inclinación de los barrenos.

Barrenos verticales  $f = 1$

inclinación (3:1)  $f = 0.9$

inclinación (2:1)  $f = 0.85$

$E/V$  = espaciamiento entre bordo, normalmente 1.25

$\bar{c}$  = valor calculado de la constante de roca  $c$

$\bar{c} \approx c + 0.05$ , cuando  $V = 1.4 - 15m$

$\bar{c} \approx 0.070/V + c$ , cuando  $V < 1.4m$

La constante de roca ( $c$ ) es la cantidad mínima de explosivo (kg.) necesarios para extraer un  $\text{m}^3$  de roca, en una voladura normal a cielo abierto en roca maciza (por ejemplo granito),  $c = 0.4\text{kg}/\text{m}^3$ . En rocas más suaves, normalmente se incrementa  $c$ .

En la práctica sin embargo, los errores de barrenación tales como errores en la colocación del barreno y en la verticalidad del barreno deben considerarse al calcular el bordo práctico ( $V_1$ ), que es el que se usará en el momento de la explotación de roca. Cuando la altura del banco es baja ( $V_1$ ) puede ser calculado con la siguiente fórmula:

$$V_1 = V - 0.1 - 0.03H$$

Donde:

$V_1$  = bordo práctico (m)

$V$  = bordo teórico (m)

0.1 = error (collaring) (m)

0.03 H = error de alineación (m)

Cuando la altura del banco es aproximadamente tres veces el bordo, el bordo práctico puede ser calculado simplemente con:

$$V_1 = 0.04 d$$

Donde:  $d$  = diámetro del barreno (mm)

o 
$$V_1 = d$$

Donde:  $d$  = diámetro del barreno (pulgadas)

### ***Calculo del espaciamiento***

En excavaciones normales el espaciamiento del barrenado se obtiene por la fórmula:

$$E = 1.25 V1.$$

Como se vio anteriormente el valor de 1.25 puede variar dependiendo del tipo de roca. Normalmente aumentar el espaciamiento en relación con el borde puede originar un producto de menor tamaño.

#### ***Evaluación de la longitud del barrenado (H).***

Las perforaciones deben normalmente quedar 0.3V más profundas que el nivel deseado en el piso de trabajo. En el caso de un barrenado inclinado evidentemente la inclinación incrementa la longitud del barrenado.

En el caso de perforar con barrenados inclinados la roca se rompe con mayor facilidad en la parte inferior del banco, obteniéndose una mejoría de 10% ó 15% en la voladura, esta inclinación normalmente es de 2:1 ó 3:1. La inclinación tienen además la ventaja de disminuir las fracturas en la roca en la parte superior del banco.

## **CARGA Y EXPLOSIÓN**

### **5.4.3 EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS USADOS EN EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO**

#### ***LA EXPLOSIÓN Y SUS EFECTOS EN UN BARRENADO.***

**Los explosivos son compuestos químicos o mezclas los cuales en una reacción inicial forman grandes volúmenes de gases a alta temperatura y presión. Esta reacción es normalmente iniciada por un arreglo mecánico externo o un efecto creador de calor, usualmente detonadores (estopines y fulminantes)**

**La explosión en un barrenado perforado puede ser explicado como sigue:**

**El explosivo forma una masa ardiente bajo grandes presiones. La temperatura puede aumentar a 4500°C y la presión puede exceder a 250000 bar. La explosión avanza como una onda frontal de impacto a una gran velocidad. La gran presión comprime el explosivo y el aumento de temperatura inicia una reacción química. La longitud de la zona de reacción varía de acuerdo a el explosivo en cuestión de unos pocos milímetros a unos pocos centímetros. La velocidad de detonación (velocidad de explosión) varía entre 1500 m/s y 8500 m/s.**

**Cuando el explosivo está cargado (empaquetado) en un barrenado perforado en una roca la onda de choque pasa a través de la roca. La roca primero se comprime y después se generan fuerzas de tensión. Esas fuerzas de tensión causan grietas primarias muy pequeñas, y su forma es usualmente radial, extendiéndose desde el centro del barrenado. Bajo la influencia de la presión de los gases formados por el explosivo, esas grietas se expanden, la superficie libre de la roca se mueve hacia el frente, la presión disminuye y la tensión se incrementa en las grietas primarias,**

las cuales se expanden hacia la superficie, y un debilitamiento completo de la roca tiene lugar. El frente es consecuentemente roto y girado.

Propiedades requeridas de explosivos.

Las propiedades requeridas de explosivos usados en aplicaciones técnicas son:

- Eficiencia
- Manejo seguro
- Gran estabilidad
- Fácil detonación y buena explosibilidad
- Buenas características de emanaciones de gases.
- Toxicidad

La eficiencia y estabilidad: determinarán la aplicación de un explosivo, las otras características son más o menos comunes a todos los explosivos.

Cuando se compara la eficiencia de diferentes explosivos las siguientes características técnicas son de importancia:

- Velocidad de detonación (velocidad de la explosión)
- Propagación de la explosión
- Volumen específico de gas
- Calor de la explosión
- Potencia por unidad de peso
- Potencia por unidad de volumen
- Densidad de carga (densidad del explosivo).

**La velocidad de detonación:** es la velocidad (m/s) a la cual la onda frontal de detonación avanza a través de una columna de explosivos. La velocidad de detonación juega una parte importante cuando la explosión es hecha en diferentes tipos de roca. Cuando se está seleccionado el explosivo que será utilizado, el factor a ser considerado es la impedancia del explosivo, el cuál es el producto de la velocidad de detonación y la densidad de la carga (explicada posteriormente), comparada a la impedancia de la roca concerniente. (La impedancia de la roca es igual la velocidad de onda en la roca por la densidad de la roca). El mejor efecto se obtiene si la impedancia del explosivo es igual a la impedancia de la roca, o es escasamente mayor.

**Propagación de la explosión:** es la calidad de un explosivo para continuar la reacción hasta la carga total o la velocidad para iniciar la siguiente carga a través de una distancia al aire libre.

**Volumen específico del gas:** es la cantidad de gas creado por un kilogramo de explosivo, en condiciones normales (0°C y 760 mm Hg) y es expresado en l/kg.

**Calor de la explosión:** es la cantidad de energía liberada cuando el explosivo estalla, y es usualmente expresado en kcal/kg. El trabajo hecho, o el efecto de la onda de presión del gas,

depende de la cantidad de calor y el volumen de gases creados por la explosión. En la expansión provocada por el calor 30-40%, el calor es convertido en trabajo mecánico.

Potencia/unidad de peso (s): es una relación que indica la energía de la explosión del explosivo, que es calculada del volumen de gas y el calor de la explosión:

$$\frac{s_z}{s_{35\% \text{ dyn}}} = \frac{5 \cdot \text{calor de la explosión}_z}{6 \cdot \text{calor de la explosión}_{35\% \text{ dyn}}} + \frac{1 \cdot \text{volumen del gas}_z}{6 \cdot \text{volumen del gas}_{35\% \text{ dyn}}}$$

donde:

- z = explosivo bajo consideración
- 35 % dyn = 35% de dinamita
- '35 % dyn = 1

Densidad de la carga: significa la cantidad de explosivo en cierto volumen y es normalmente expresado en kg/dm<sup>3</sup>. De acuerdo a algunas fuentes la presión en la el barreno contra las paredes de la perforación es:

$$p \approx \frac{\Delta D^2}{4}$$

donde:

- p = presión de la explosión
- Δ = densidad de la carga
- D = velocidad de la explosión

La presión desarrolla la primera grieta en el barreno y depende de la presión contra las paredes del mismo.

Potencia/unidad de volumen (P · s): muestra la eficiencia dada por un explosivo en diferentes densidades de carga comparadas con la eficiencia de una dinamita 35%, en las mismas densidades de carga.

### **TIPOS DE EXPLOSIVOS:**

Un extenso rango de tipos de explosivos y grados se fabrica para obtener todos los requerimientos de voladuras. Incluyen:

- Gelatinas
- Gelnitas
- Dinamitas
- Explosivos en polvo

Todos los cuales contienen nitroglicerina

- Agentes explosivos de nitrato de amonio
- Slurries

Basados en TNT y nitrato de amonio

- Pólvora negra (grano y pelets)
- Explosivos seguros especialmente hechos para usarse en minas de carbón

### Gelatinas.

Los principales componentes de las gelatinas son la nitroglicerina, nitroalgodón, nitrato de sodio y materiales celulosicos. Sus características son consistencia plástica, alta densidad, buena resistencia al agua, libre de vapores nocivos y una buena capacidad de almacenamiento.

### Gelignitas.

Gelignitas es un tipo especial de explosivo gelatina que contiene nitroglicerina, nitroalgodón y nitrato de amonio con un suplemento de absorbente. Es este un poderoso explosivo de alta densidad con alta resistencia al agua.

### Dinamitas.

Las dinamitas son mezclas explosivas que contienen nitroglicerina y nitroglicol coagulado. Contienen también nitrato de amonio y pasta de madera. La cantidad de nitroglicerina y nitroglicol en la mezcla determina la fuerza de las dinamitas (por ejemplo 35% de dinamita contiene 35% de una mezcla de nitroglicerina y nitroglicol). La resistencia al agua es satisfactoria porque los cartuchos son protegidos por una capa de cera fundida. Usualmente como el valor del porcentaje se incrementa el explosivo se convierte en el más resistente al agua.

Las dinamitas son usadas en las cargas de fondo y con frecuencia en bajo porcentaje en las cargas de las columnas. Otro uso puede ser encontrado en trabajos de smooth-blasting y precorte en la forma de cargas prefabricadas.

### Explosivos en polvo.

Los explosivos en polvo consisten esencialmente de nitrato de amonio con nitroglicerina o trinitrotolueno (TNT). Son explosivos de baja densidad con relativamente alta potencia, que bien utilizados ampliamente para trabajos en roca suave o media bajo condiciones moderadamente secas.

### Agentes explosivos de nitrato de amonio.

Los explosivos de nitrato de amonio son en algunos casos llamados explosivos seguros por sus propiedades de manejo. Los productores de explosivos tienen diferentes nombres para varias composiciones:

#### ANFO (Nitrato de amonio y combustible)

ANFO es una mezcla de nitrato de amonio y combustible (aproximadamente 5.7%) el cual es mezclado normalmente en el sitio de trabajo. Es llamado "ammonite" si está empaquetado en cartuchos.

ANFO ha probado ser popular en cantera y minería. A pesar de su continuo éxito como explosivo comercial, tiene sus limitaciones:

- No tiene resistencia al agua
- Tiene baja densidad y baja potencia (potencia/volumen)
- Tiene una baja velocidad de detonación
- No puede ser explotado por un solo detonador normal

Aunque esas desventajas son compensadas con sus características de mejor acoplamiento a la roca (por ejemplo, contacto entre el explosivo y la pared del barrenado perforado), completando el llenado del barrenado, un alto grado de seguridad, y un bajo costo por unidad de peso, los ingenieros en minas sin embargo han encontrado los costos ocultos que pueden estar involucrados en el uso del ANFO.

Estos incluyen detalles tales como:

- Problemas en el fondo del barrenado
- Bajo porcentaje de descarga
- Altos costos de mantenimiento en equipo de trituración.
- Exceso de barrenación

Por todas estas razones se utiliza normalmente en la parte baja del barrenado un explosivo altamente confiable y ANFO o un explosivo de nitrato de amonio en la columna, con lo que se aprovecha el bajo costo del explosivo de nitrato de amonio evitando los problemas anteriormente citados.

#### Explosivos Slurry.

Estos explosivos contienen nitrato de amonio, TNT, agua y sustancias para mantener el explosivo homogéneo. Las propiedades de alguna composición individual depende del tipo de proporciones de los ingredientes sólidos.

Los Slurries son específicamente diseñados para explosiones en barrenos largos y condiciones humedad. Ellos son relativamente insensibles a los iniciadores y por lo tanto necesitan ser iniciados con un primer explosivo. Esos primero explosivos son TNT comprimido o un iniciador especial. Los Slurries son resistentes al agua y son también bombeados directo dentro del barreno o aplicados en bolsas de plástico.

Las proporciones de nitrato de amonio, TNT y agua son normalmente 65.5/20/14.5. La mezcla detona en barrenos de 100 mm o más. La máxima energía es obtenida con un slurry de 71/18/11, pero se requiere un gran diámetro del barreno. Si los slurries son usados en barrenos pequeños, el porcentaje de TNT debe ser incrementado a 30-35%. En esta composición el slurry puede ser detonado en un diámetro de barreno menor a 35 mm. Esto también se aplica si el nitrato de amonio (AN) es sustituido por nitrato de sodio (SN), en la proporción de 30/30/30/10 de AN/SN/TNT/H<sub>2</sub>O. El costo es entonces incrementado sobre 35% y su densidad es mayor y puede ser arriba de 1.70 kg/dm<sup>3</sup>.

La figura 45 muestra varias formas de carga del banco con el explosivo

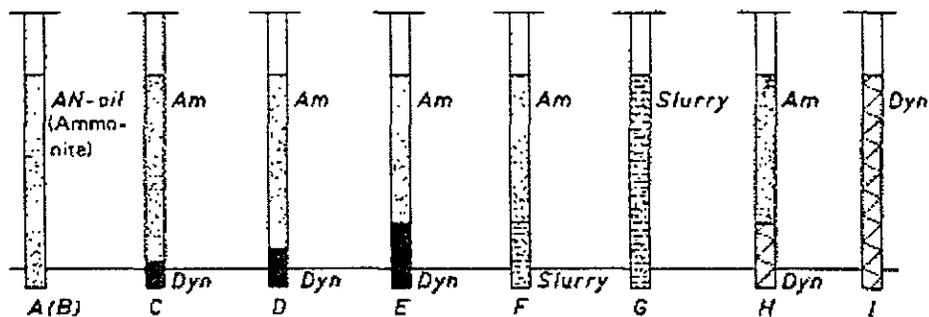


Fig. 45. Varias alternativas para carga del banco

La tabla 12 muestra el rompimiento relativo de volumen de roca/barreno.

Alternativa	Carga del explosivo de fondo			Explosivo carga de columna	Rompimiento relativo volumen/barreno
	V	0.6 V	0.4 V		
A	ANFO			ANFO	0.81 - 1.08
B	Amonita			Amonita	1.02
C			Dinamita	ANFO/Amonita	1.28
D		Dinamita		ANFO/Amonita	1.40

E	Dinamita			ANFO/Amonita	1.50
F	Slurry			ANFO/Amonita	1.21
G	Slurry			Slurry	1.21
H	Dinamita			ANFO/Amonita	1.00
I	Dinamita			Dinamita	1.00

Tabla 12. Rompimiento relativo entre volumen/barreno.

### **SELECCIÓN DE EXPLOSIVOS.**

En la superficie de minas y canteras todo el rango de explosivos puede encontrar aplicación por la variedad de combinaciones de las condiciones presentes en ella.

La mejor colocación de explosivos o combinaciones de explosivos para un conjunto de condiciones dadas, puede solamente ser determinada después de que muchos factores han sido considerados, cada uno apuntando a un requerimiento particular del explosivo tales como potencia, densidad, grado de resistencia al agua, sensibilidad de detonación y propagación, etc. Los principales factores para tomarse en cuenta son:

- **Depósitos en estratos que van a ser volados:** Estos podrían variar considerablemente desde laminas de pizarra suave hasta granitos duros y masivos. En el mejor caso una baja densidad, baja potencia del explosivo podría ser suficiente, mientras que para el último una alta potencia, alta densidad de explosión serían requeridas.
- **Grado de fragmentación requerido:** Esto dependerá del tipo de equipo de carga utilizado y más específicamente en el tamaño del cucharón utilizado en la máquina cargadora. Otras cosas serán iguales, un más alto grado de fragmentación podría ser requerido para una draga que para un cargador tipo pala. Para un esquema de colocación de barrenos dado el grado de fragmentación obtenido dependerá de la concentración de la energía del explosivo provisto en los barrenos perforados y serán gobernados por la potencia y la densidad del explosivo empleado.
- **Condiciones del barreno:** Estas podrían variar de completamente mojadas a completamente secas. Para condiciones secas puede ser empleado cualquier tipo de explosivo que tenga la apropiada potencia y densidad para el banco a ser explotado. Para condiciones húmedas un tipo de explosivo resistente al agua, (por ejemplo nitroglicerina, gelatina o slurry ) se requiere. Donde los barrenos están parcialmente llenos con agua, un explosivo con resistencia al agua debe ser usado a fin al menos hasta que la columna de carga esté arriba del nivel del agua.
- **Diámetro del barreno.** Este puede variar considerablemente de 48 mm a 300 mm (12") o más. El diámetro del barreno puede influir en el tipo de explosivo que deba ser usado, y generalmente a diámetro más pequeño corresponde mayor sensibilidad dada por la composición del explosivo (para iniciar y propagarse a través de la columna).

#### 5.4.5 Determinación de la carga de explosivos.

Las cargas utilizadas en una explotación normal a cielo abierto son: la carga de fondo ( $Q_b$ ) y la carga de columna ( $Q_c$ ) y se distribuyen en el interior del barreno como se ilustra en la siguiente figura:

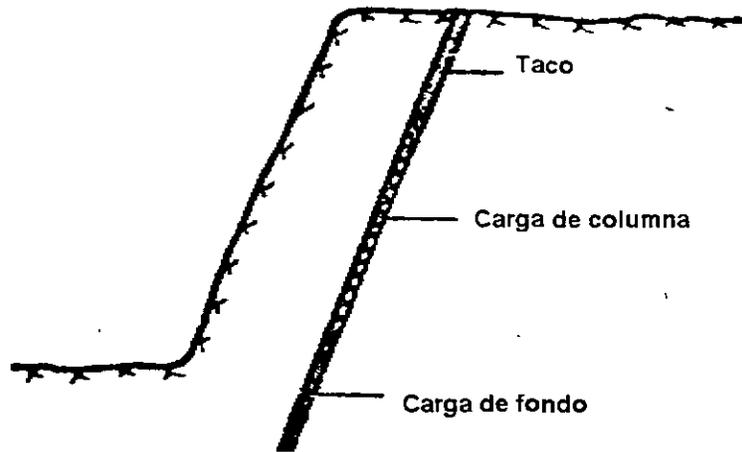


Fig. 46. Colocación normal de las cargas en un barreno perforado

#### CALCULO DE LA CARGA DE FONDO, $Q_b$

El propósito de la carga de fondo es el de cortar la roca a la profundidad requerida. Cuando se ha determinado el bordo y el espaciamiento aplicando las fórmulas:

$$V = \frac{d_p}{33} \sqrt{\frac{P \cdot s}{\bar{c} \cdot f \cdot \left(\frac{E}{V}\right)}} \quad \dots(1)$$

$$V_1 = V - 0.1 - 0.03H \quad \dots(2)$$

$o'$

$$V_1 = 0.04d \quad \dots(3)$$

$$E = 1.25V \quad \dots(4)$$

$$H = K + 0.3V + H_i \quad \dots(5)$$

La carga de fondo se puede determinar como sigue:

- Para alturas de banco menores que  $1.8.V$ , se usa una carga de fondo de altura  $H-V$
- Para alturas de banco mayores a  $1.8.V$ , la carga de fondo puede ser calculada como sigue:

$$P_b = \bar{c} V^2 \quad \dots (6a)$$

En donde:

- $P_b$  = Carga de fondo por metro de barreno, kg/m
- $c$  = constante calculada de la "constante de roca" ( $c$ )
- $V$  = Bordo teórico

o cuando la densidad de la carga es aproximadamente =  $1.27 \text{ kg/dm}^3$ :

$$P_b = \frac{d^2}{1000} \quad \dots (6b)$$

En donde:

- $P_b$  = carga de fondo (kg/m)
- $d$  = diámetro del barreno en el fondo (mm)

Algunos valores de  $P_b$  se dan en la siguiente tabla 13 para varios diámetros de barreno.

Diámetro de barreno en el fondo $d$ (mm)	Carga de fondo $P_b$ (kg/m)	Carga de la columna $P_c$ (kg/m)	Bordo teórico $V$ (m)
25	0.63	0.25	1.15
29	0.84	0.34	1.3
32	1.0	0.4	1.5
38	1.4	0.6	1.8
44	1.9	0.8	2.0
50	2.5	1.0	2.3
63	4.0	1.6	3.0
75	5.6	2.3	3.5

Tabla 13: Bordo teórico, carga de fondo y carga de columna como función del diámetro de barreno en el fondo.

La longitud de la carga de fondo cuando alcanza una profundidad de  $0.3 \cdot V$  por debajo de la línea teórica de piso y una distancia  $V$  por arriba de ésta puede calcularse de la fórmula:

$$h_b = 1.3 \cdot V \quad \dots (7)$$

En donde:

$h_b$  = longitud de la carga de fondo (m).

La carga de fondo  $Q_b$  (kg.) se calcula aplicando la fórmula:

$$Q_b = 1.3V \cdot P_b, \quad \dots (8)$$

Los valores del bordo teórico dados en la tabla anterior, consideran que se usa una dinamita 35% y una densidad de carga de  $1.27 \text{ kg/dm}^3$ .

Cuando la densidad de carga es más pequeña o bien son utilizados explosivos distintos a la dinamita 35%, el bordo teórico puede ser calculado aplicando la fórmula (1), y usando este valor, la carga de fondo puede obtenerse con las fórmulas 6ª, 7 y 8.

Otra manera de calcular el bordo para diferentes explosivos y densidades de carga es la utilización de la siguiente fórmula:

$$\frac{V_x}{V_1} = \sqrt{\frac{S_x \cdot P_x}{S_1 \cdot P_1}}$$

En donde:

$V_x$  = Bordo por ser determinado

$V_1$  = Bordo proporcionado por la tabla

$S_x$  = Fuerza/peso del explosivo usado

$P_x$  = Densidad de carga del explosivo usado

$S_1$  = Fuerza/peso de la dinamita 35% ( $S = 1$ )

$P_1$  = Densidad de carga de la dinamita 35% ( $P = 1.27 \text{ kg/dm}^3$ )

La velocidad de explosión del explosivo usado deberá ser cercano a la de la dinamita 35% cuando se use la fórmula anterior. Esto se debe a que la fuerza de corte de la carga de fondo es determinada en parte por la velocidad del explosivo.

Cuando la constante de la roca  $c$  sea distinta a  $0.40 \text{ kg/m}^3$  (el valor en que están basadas las tablas) los valores dados en la tabla pueden ser ajustados ya sea disminuyendo el bordo o incrementando la carga, lo que conduce a barrenaciones de mayor diámetro.

El cambio de bordo puede calcularse con exactitud razonable por medio de la fórmula:

$$V_x = \sqrt{\frac{c}{c_x}} \cdot V$$

Donde:

$V_x$  = Bordo cambiado

$c$  = constante de roca = 0.4

$c_x$  = nueva constante de roca (usualmente más grande que  $c$ )

$V$  = bordo dado en la tabla

La carga requerida puede ser calculada mejor primero determinando el nuevo diámetro y entonces buscando la carga adecuada en la tabla.

El nuevo diámetro del barreno puede ser calculado aplicando la fórmula:

$$d_x = \sqrt{\frac{c_x}{c}} \cdot d$$

En donde:

$d_x$  = nuevo diámetro del barreno (mm)

$c$  = constante de roca (0.4)

$c_x$  = nueva constante de roca (usualmente mayor que  $c$ )

$d$  = diámetro del barreno dado en la tabla (mm)

### ***CALCULO DE LA CARGA DE COLUMNA, $Q_c$***

Cuando la altura del banco excede  $1.8 \cdot V$ , se usa una carga de columna sobre la carga de fondo. Esta se extenderá hasta una altura de  $0.5V$ ,  $V$  medida a partir de la parte superior del barreno. La longitud restante deberá llenarse con arena u otro material similar (taco).

La función de la carga de columna es la de facilitar la extracción de la roca y de permitir el control del tamaño de la roca y del lanzamiento de la misma.

La carga de la columna por metro de barreno es del 40 al 100% de la carga de fondo por metro, dependiendo del lanzamiento permitido, del tamaño de los bloques requeridos y del vuelo de las piedras.

La carga de columna mínima que garantizará la extracción de la roca en corte a cielo abierto normales, por ejemplo en granito sólido es:

$$P_c = 0.4 \cdot P_b$$

En donde:

$P_c$  = carga de columna (kg/m)

$P_b$  = carga de fondo (kg/m)

Cuando la roca está fracturada o es dura (correosa), rocas ígneas oscuras (gabro y peridotita) o anfibolita, la carga de columna por metro de barreno (kg/m) será:

$$P_c = 0.5 \dots 0.6 P_b$$

La altura de la carga puede calcularse restando la altura de la carga de fondo (= 1.3 V) y la altura del taco (= V) de la longitud total del barreno.

Por lo mismo:

$$h_c = H - 2.3V$$

En donde:

$h_c$  = longitud de la carga de columna (m)

$H$  = longitud del barreno (m)

$V$  = bordo (m)

El peso de la carga de columna requerida puede ser calculada de la fórmula:

$$Q_c = h_c \cdot P_c$$

En donde:

$Q_c$  = Peso de la carga de la columna (kg)

$h_c$  = longitud de la carga de la columna (m)

$P_c$  = peso de la carga de columna por metro (kg/m)

### **CARGA TOTAL EN EL BARRENO $Q_{TOT}$**

La longitud de carga en el barreno es:

$$h_{TOT} = h_b + h_c \quad (\text{m})$$

y en peso es:

$$Q_{TOT} = Q_b + Q_c \quad (\text{KG})$$

### **CARGA ESPECIFICA, $q$**

El conocimiento de la carga específica es de especial importancia en la etapa de planeación cuando se determina el tamaño de los bloques deseados y su colocación después de la voladura. La carga específica puede ser calculada usando la fórmula:

$$q = \frac{Q_{TOT}}{V_1 \cdot E \cdot K}$$

En donde:

$q$  = carga específica ( $\text{kg/m}^3$ )

$Q_{TOT}$  = Peso de la carga total en la perforación

$V_1$  = Bordo práctico (m)

$E$  = espaciamento (m)

$K$  = altura del banco (m)

### ***Explosión controlada.***

Cuando la carga del explosivo estalla en el barreno las grietas se forman en la roca ocurre con frecuencia en la sobreexcavación. Esto es indeseable, por ejemplo en la construcción de las bases o paredes de túneles y algunos métodos para obtener el perímetro exacto para la explosión han sido desarrollados como respuesta a lo anterior. Hay diseños para excavar una roca con especificaciones estrictas, para provocar una superficie bien cortada y mantener la roca tan sólida como sea posible.

Los principales métodos utilizados son smooth blasting (voladura amortiguada) y presplitting (precorte), y requieren cuidado para la barrenación y explosión. En ambos casos el espaciamento del barreno es más pequeño que el usual, la densidad de la carga es menor, y se deja un espacio alrededor de la carga en el barreno perforado. El propósito del espacio es para acojinar el estallido y prevenir que se formen grietas, o que los gases de la explosión se propaguen hacia la roca que se pretende mantener sólida. En lugar de esto, la roca principal es abierta a lo largo de una línea de barrenos, y así el contorno se preforma.

Las pruebas han mostrado que las cargas son más efectivas cuando se tiene una forma cilíndrica, en el barrenos, y se obtienen mejores resultados si las cargas son detonadas instantáneamente.

El smooth blasting y el presplitting difieren principalmente en el hecho de que el smooth blasting ocurre después de que los barrenos principales han explotado, mientras que el presplitting ocurre antes de que la carga primaria sea detonada. El presplitting también abarca un espaciamento de barrenos menor y una carga mayor que el smooth blasting. En el smooth blasting, el resultado depende del radio del espaciamento (E) del borde (V) el cual debe ser  $E/V \leq 0.8$ .

Si el borde es demasiado grande, la carga será ineficaz o por otro lado debe ser usada una carga más pesada, la cual pondrá en peligro la roca que se desea mantener. Pero si el borde es demasiado pequeño la explosión de la carga tenderá hacia adelante, produciendo un diámetro áspero.

En ambos casos la sobrecarga debe excitarse no solo en los barrenos del contorno sino también en los barrenos adyacentes donde las vibraciones causarán grietas que dañarán el contorno a proteger.

*Bordo, espaciamento y cantidad de explosivos necesarios.*

La siguiente tabla muestra la relación entre el espaciamento, bordo y carga en el presplitting y el smooth blasting basadas en experiencias de varios países.

Los valores de espaciamento en la tabla 14 son valores máximos con los que buenos resultados han sido obtenidos. Siempre que el espaciamento del barrenos (E) esté disminuyendo el borde (V) debe ser incrementado para mantener el valor constante de E a V.

Diámetro del barrenos $\phi$ mm	Carga kg/m	Smooth blasting		Presplitting E (m)
		E (m)	V (m)	
30	0.10	0.5	0.7	0.25 ... 0.60
37	0.12	0.6	0.9	0.30 ... 0.60
44	0.17	0.6	0.9	0.30 ... 0.60
50	0.25	0.8	1.1	0.45 ... 0.70
62	0.35	1.0	1.3	0.55 ... 0.80
75	0.5	1.2	1.6	0.60 ... 0.90
87	0.7	1.4	1.9	0.70 ... 1.0
100	0.9	1.6	2.1	0.80 ... 1.2

Tabla 14. Bordo, espaciamiento y carga en perímetro exacto de la explosión. La densidad de barrenación en presplitting depende mucho del tipo de roca.

Para el presplitting obviamente solo el valor de E es dado. Con valores más pequeños de E el resultado ha sido mejor que con los valores más grandes que los dados en la tabla anterior.

**Sistemas de iniciación usados en varios métodos para obtener un perímetro exacto de la explosión.**

El diámetro de la explosión puede ser dividido en más detalles como los siguientes:

- A. Presplitting
  - a) Presplitting antes de la explosión del banco
  - b) Presplitting junto con el banco a ser explotado
  
- B. Smooth blasting
  - a) Perímetro volado después de la explosión del banco
  - b) Perímetro volado junto con el banco explotado.

Los dos métodos de presplitting son ilustrados en las siguientes figuras 47 y 48.

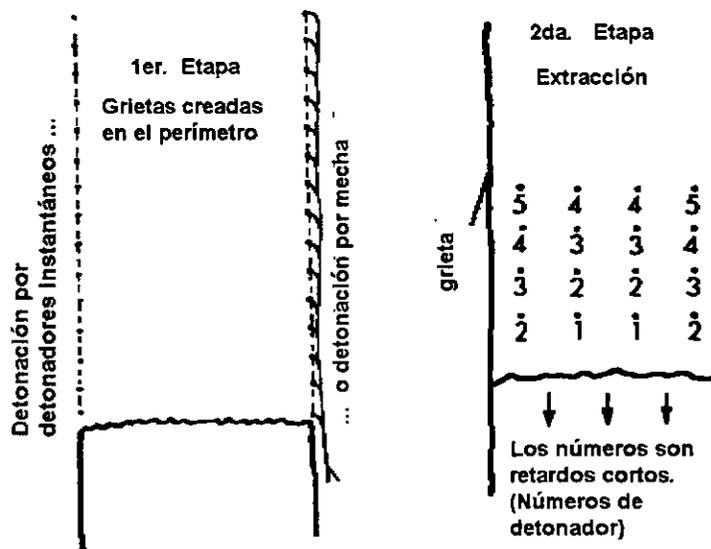


Fig. 47. El diagrama ilustra el principio de presplitting antes de que el banco sea volado. El perímetro de la grieta es hecha antes de la explosión de los barrenos del banco.

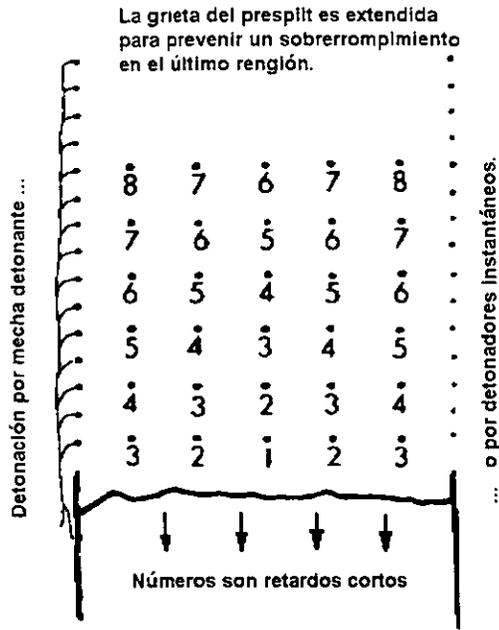


Fig. 48. El diagrama ilustra el principio de presplitting cuando este se inicia junto con la explosión del banco de barrenos.

La explosión suave del perímetro después, y junto con, el campo principal explotado es ilustrado en las figuras 49 y 50.

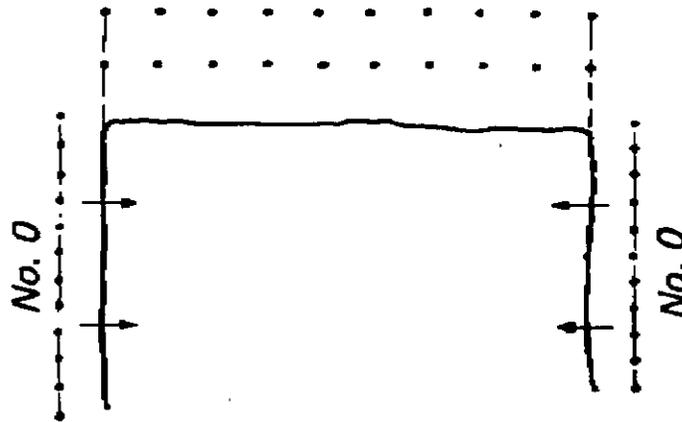


Fig. 49. Explotación del perímetro después de la explosión principal.

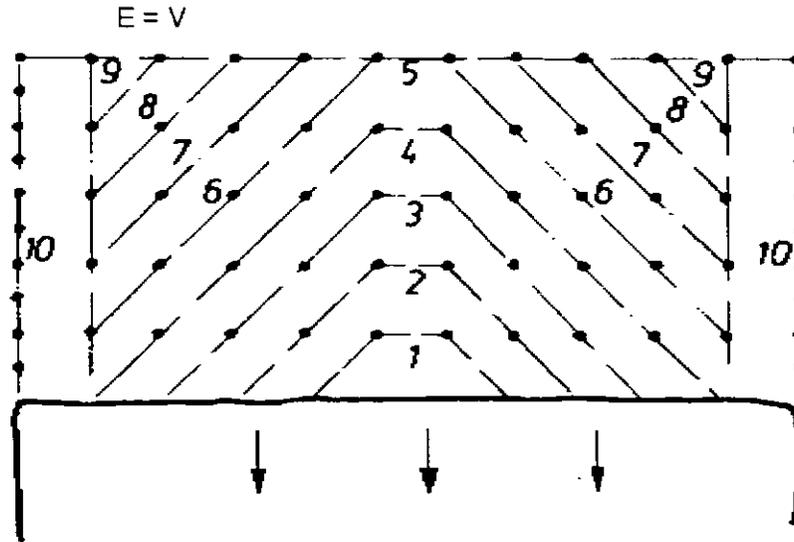


Fig. 50. Explotación del perímetro junto con la explosión principal

En ambos, presplitting y smooth blasting la detonación está arreglada de tal forma que la línea de barrenos explote simultáneamente. Los detonadores usados son detonadores eléctricos y el iniciador es en muchos casos desarrollado por un cordón detonante.

Cuando las vibraciones deben ser mínimas, la iniciación de detonadores de corto retardo pueden ser arreglados de modo que los primeros cinco barrenos sean iniciados con el detonador No. 1, los siguientes cinco con el No. 2 y así sucesivamente, o alternando sucesivamente los barrenos que puedan ser iniciados, por ejemplo, el barrenos No. 1 con el detonador No. 1, el barreno No. 2 con el detonador No. 2 y continuar de la misma forma. En estos casos los intervalos de los detonadores deben ser tan cortos como sea posible. Cuando se usen detonadores sucesivos en barrenos sucesivos los valores para el espaciamiento del barreno dado en la tabla debe ser decrementados sobre 40 ... 50%.

#### 5.4.6 Revisión de la barrenación y corrección de defectos.

Antes de realizar la carga de explosivos debe revisarse las condiciones en que se encuentran los barrenos (Fig. 51); si presentan obstrucciones, huecos o agua pueden ocasionar que el resultado de la voladura sea defectuoso. Para evitar esto, cualquier obstrucción del barreno deberá ser retirada ya sea con el atacador o por algún otro medio, si contiene agua o humedad se deberá usar explosivos resistentes a esas condiciones y si se tienen huecos estos deberán corregirse.

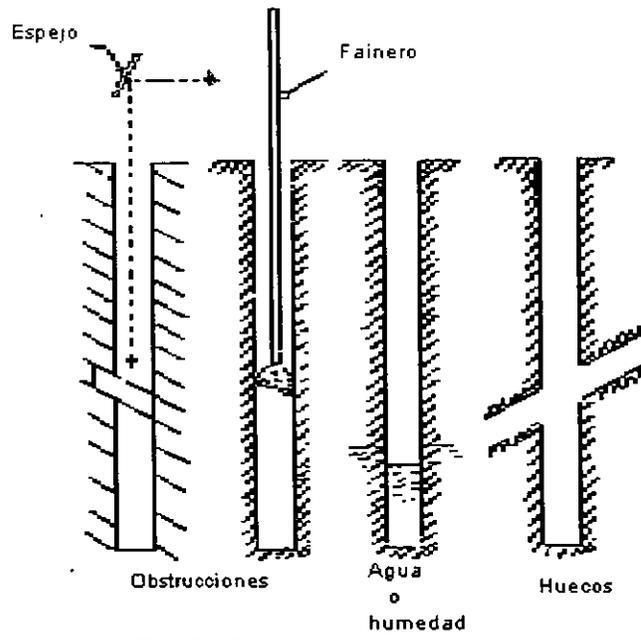


Fig. 51: Revisión de un barreno.

La corrección de los huecos es necesaria ya que ocasionan pérdida de energía del explosivo y por consiguiente que su desempeño sea defectuoso. También la energía subterránea ocasiona los ya mencionados problemas.

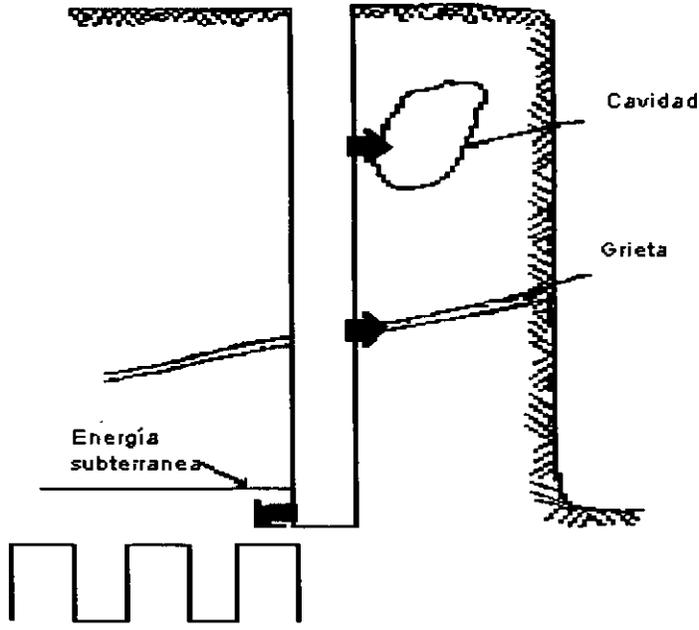


Fig. 52: Pérdida en la energía del explosivo en zonas débiles.

Cuando el hueco se encuentra en la parte inferior del barreno, se puede rellenar con material inerte como arena o tierra y posteriormente depositar el explosivo; también se puede colocar un tapón en la boca del hueco evitando así el paso del explosivo.

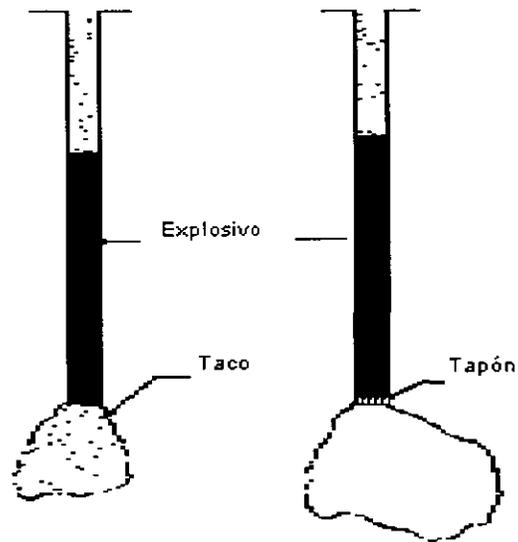


Fig. 53: Corrección de un hueco en la parte inferior del barreno.

Si el hueco no se encuentra en la parte inferior del barreno, se depositará el explosivo hasta donde empieza el hueco rellenándose éste de material inerte formándose así un taco y después se depositará la carga explosiva faltante. Es importante notar que se necesitarán dos cebos para iniciar las cargas ya que quedaron separadas por el taco.

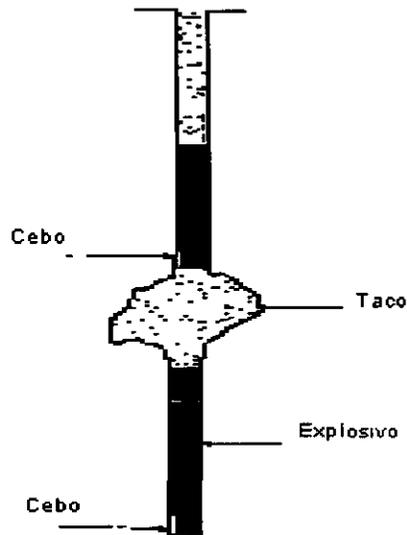


Fig. 54: Corrección de un hueco intermedio del barreno.

Cuando el problema es una grieta y ésta se detecta durante la barrenación, se rellenará con mortero de arcilla o cemento y se volverá a barrenar.

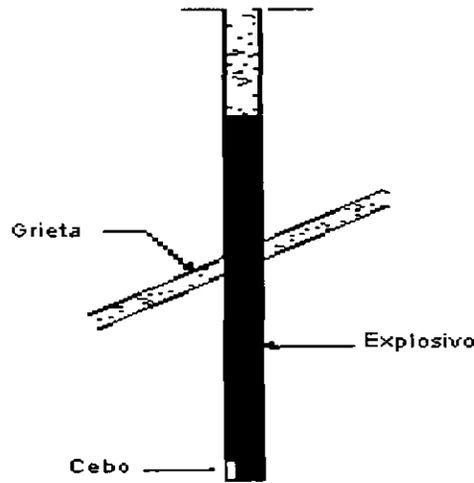


Fig. 55: Corrección de una grieta.

Puede darse el caso que un mismo barreno presente varios problemas: huecos, grietas, capas de material débil, etc., para solucionar esto pueden usarse varios tacos intermedios. Un ejemplo de ello es la siguiente figura.

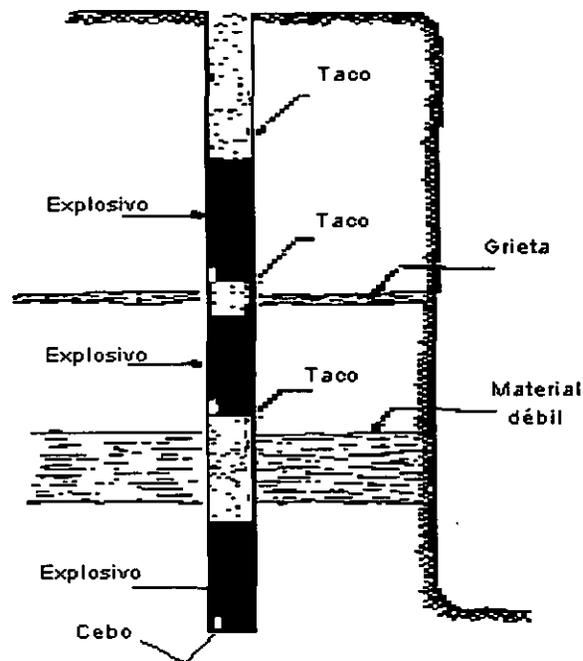


Fig. 56: Corrección de diversos problemas en un barreno usando tacos.

Cuando se tienen capas muy resistentes en la parte alta del banco, se pueden formar dos tacos a manera de aumentar el explosivo precisamente en la parte alta. Otra forma es haciendo barrenos auxiliares en la zona del taco para que ayuden en el momento de la explosión a la rotura de la capa resistente.

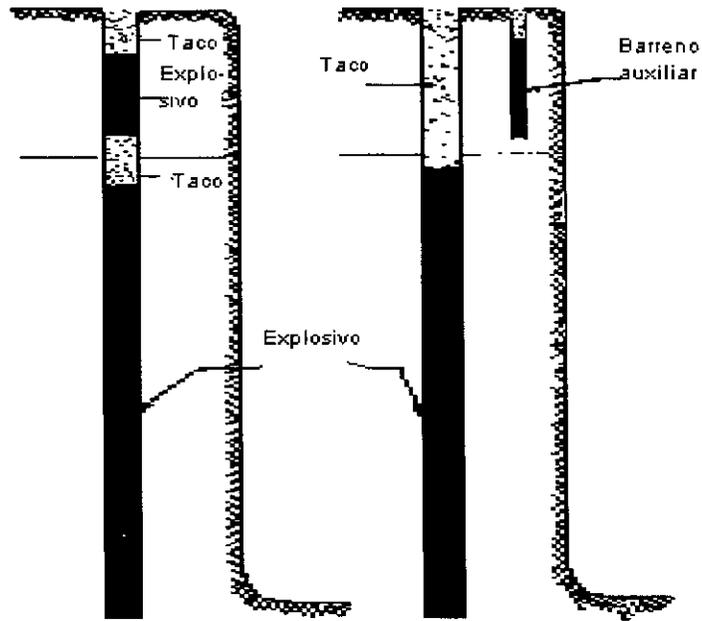


Fig. 57: Métodos para romper capas muy resistentes en la parte alta.

En rocas fisuradas se debe tener muy en cuenta la dirección de la estratificación para no crear casos de inestabilidad que pueden ocasionar desprendimiento de bloques de roca, barrenos cortados, etc., que resultan peligrosos y además perjudican los resultados que se persiguen. Las figuras siguientes muestran algunos ejemplos de los mencionado.

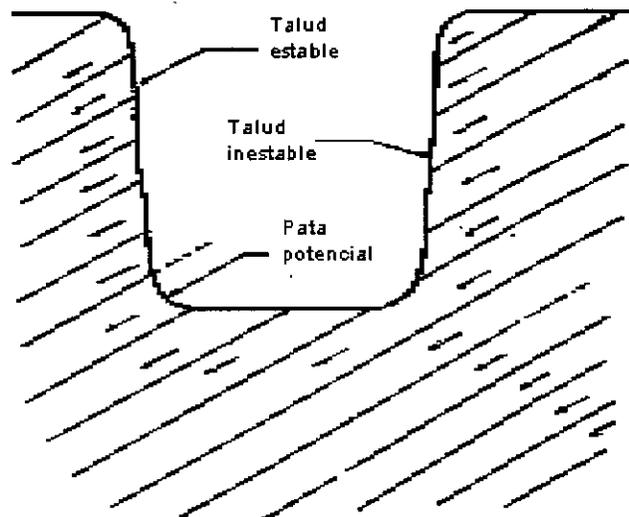


Fig. 58. Efecto del echado de la roca en la estabilidad de taludes y en la formación de patas.

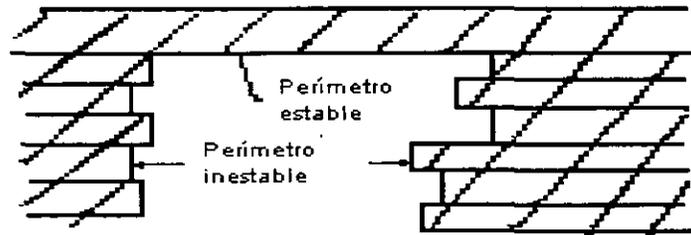


Fig. 59: Efecto de la estratificación en la estabilidad de la excavación. (Planta).

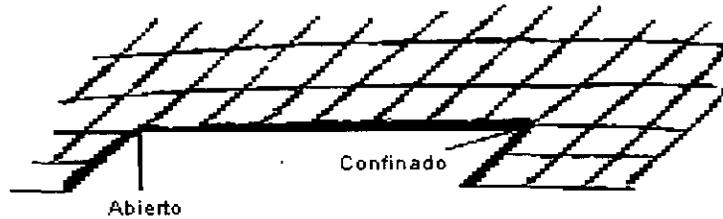


Fig. 60: Rincones abiertos y confinados, causados por la estratificación (Planta).

## EJEMPLO

Se presenta el esquema de solución de un problema en el que se analizan dos alternativas, para seleccionar la más económica. Los precios de los insumos no corresponden a alguna fecha en particular, por lo que para calcular un caso real deberán sustituirse los datos numéricos por los correspondientes a la fecha del análisis. La secuencia es la importante. Se han utilizado algunas simplificaciones para hacer el ejemplo más sencillo, recordemos que el consumo de explosivo, por ejemplo puede variar de acuerdo con la roca y su fragmentación o irregularidades.



\* Debido a la variación del tipo de cambio, los costos del material y equipo no corresponden a la realidad actual.

**NOTA: LOS PRECIOS MANEJADOS CORRESPONDEN A DICIEMBRE DE 1993, SUSTITUIR EL VALOR DEL DÓLAR A LA FECHA ACTUAL, PARA OBTENER LOS PRECIOS ACTUALES.**

## **EJEMPLO DE ANÁLISIS BÁSICO**

**CONCEPTO: BARRENACIÓN, CARGA Y VOLADURA UTILIZANDO EXPLOSIVOS APROPIADOS PARA OBTENER LA FRAGMENTACIÓN REQUERIDA DE LA ROCA, CON LA TOLERANCIA DE PESO A QUE DEBE SUJETARSE.**

### I. DATOS GENERALES DE EXPLOTACIÓN DEL BANCO.

	UNIDAD	TRACK DRILL	T4-WH
1.- Diámetro del barreno	pulg (cm)	3.0 (7.62)	6.5 (16.51)
<u>PLANTILLA DE BARRENACIÓN:</u>			
2.- Bordo	m	2.8	5.6
3.- Espaciamiento	m	3.5	7.0
4.- Longitud de barrenación	m	9.0	22
5.- Altura del banco	m	8.15	20
6.- Volumen de material por barreno 2 x 3 x 5	m <sup>3</sup>	79.87	784
7.- Barrenación específica 4÷6	m/m <sup>3</sup>	0.1127	0.028
8.- Carga de fondo (Tovex)	m kg	1.93 10.83	4.4 130.7
9.- Carga de columna (Supermexamón)	m kg	4.27 15.58	12.0 205.5
10.- Taco 10 = Bordo	m	2.8	5.6
11.- Carga específica Puntos(8+9)/6	kg/m <sup>3</sup>	0.33	0.43
12.- Tipo de perforadora	I.R.	CM-350	T4-WH
13.- Velocidad de barrenación (Gross)	m/hr	14	20

## II. ANÁLISIS.

### 1.- Extracción

#### 1.A.- EXTRACCIÓN CON TRACK-DRILL

##### 1.1.A.- Barrenación

##### a).- Equipo

Perforadora CM-350	\$ 78.46/hr
Compresor 600 PCM	<u>\$ 55.05/hr</u>
	\$133.51/hr

Barrenación específica = 0.1127 m/m<sup>3</sup> en banco

Velocidad de barrenación = 14 m/hr

$$\text{Cargo} = \frac{\$133.51/\text{hr} \times 0.1127\text{m}/\text{m}^3}{14\text{ m/h}} = \$1.07/\text{m}^3$$

##### b).- Operación (turnos de 10 horas)

Compresorista	\$ 47.54/t
Operador de Perforadora	\$ 46.18/t
Ayudante	<u>\$ 37.76/t</u>
	\$131.48/t
Herr. Y Eq. De Seg. (2%)	<u>\$ 2.63/t</u>
	\$134.11/t

$$\text{Cargo} = \frac{\$134.11/\text{t} \times 0.1127\text{m}/\text{m}^3}{10\text{ hr/t} \times 0.75 \times 14\text{ m/hr}} = \$0.14/\text{m}^3$$

##### c).- Acero de barrenación

	COSTO/UNID	IMPORTE	VIDA	IMPORTE /VIDA X 0.1127
3 Barras de ext.	\$729.47	\$2,188.47	1,800	\$0.14/m <sup>3</sup>
3 Coples	\$162.11	\$ 486.33	900	\$0.06/m <sup>3</sup>
1 Zanco	\$547.93	\$ 547.93	2,100	\$0.03/m <sup>3</sup>
1 Broca	\$302.58	\$ 302.58	450	\$0.08/m <sup>3</sup>

$$\text{CARGO TOTAL POR BARRENACIÓN} = \frac{\$0.31 / m^3}{\$1.52 / m^3}$$

#### 1.B.- EXPLOSIVOS

##### A.- Materiales

Carga específica = 0.33 kg/m<sup>3</sup>

Carga = 26.41 kg/barreno

a).- Cargo de fondo = 10.83 kg de tovox 700

Costo del tovox 700 = \$14.12/kg

$$\text{Cargo} = \frac{\$14.12 / kg \times 10.83 kg / barr}{79.87 m^3 / barr} = \$1.91 / m^3$$

b).- Carga por columna = 15.58 kg

Supremexamón \$3.40/kg

$$\text{Cargo} = \frac{\$3.40 / kg \times 15.58 kg / barr}{79.87 m^3 / barr} = \$0.66 / m^3$$

c).- Estopines MS=\$9.54/pza

$$\text{Cargo} = \frac{\$9.54 / pza \times 1 pza / barr.}{79.87 m^3 / barr} = \$0.12 / m^3$$

d).- Alambre TW-20 = \$0.21/m

$$\text{Cargo} = \frac{2(11\text{ m} - 5\text{ m}) \times \$0.21/\text{m}}{79.87\text{ m}^3/\text{barr.}} = \$0.03/\text{m}^3$$

\$2.72/m<sup>3</sup>

B.- Mano de Obra (turnos de 10 horas)

Cuadrilla para poblado y tronado:

1 Poblador	\$ 41.68/t
2 Cargadores X \$46.18	\$ 92.36/t
2 Ayudantes X \$37.76	\$ 75.52/t
	\$ 209.56/t

Herr. Y Eq. De Seg. (2%)	\$ 4.19/t
	\$ 213.75/t

$$\text{Cargo} = \frac{\$213.75/t}{45\text{ barr}/t \times 79.87\text{ m}^3/\text{barr.}} =$$

\$0.06/m<sup>3</sup>

C.- Equipo

Para sopleteado de la barrenación:

Compresor 600 PCM	\$ 55.05/hr
-------------------	-------------

$$\text{Operador} = \frac{\$47.54/t \times 1.02}{10\text{ hr}/t \times 0.75} = \$ 6.47/\text{hr}$$

\$ 61.52/hr

$$\text{Cargo} = \frac{\$61.52/\text{hr} \times 6\text{ min}/\text{barr.}}{45\text{ min}/\text{hr} \times 79.87\text{ m}^3/\text{barr.}} = \underline{\$0.10/\text{m}^3}$$

CARGO POR EXPLOSIVOS \$2.88/m<sup>3</sup>

1.- EXTRACCIÓN = \$ 4.40/m<sup>3</sup>

1.C.- EXTRACCIÓN CON MAQUINA ROTATORIA.

A.- Barrenación

a).- Equipo

Perforadora T4-WH	\$ 224.15/hr
Compresor Alta Presión	\$ 63.76/hr
	\$ 287.91/hr

Barrenación específica = 0.028 m/m<sup>3</sup>  
 Velocidad de barrenación = 20 m/hr

$$\text{Cargo} = \frac{\$287.91 / \text{hr} \times 0.028 \text{ m} / \text{m}^3}{20 \text{ m} / \text{hr}} = \$0.40 / \text{m}^3$$

b).- Mano de Obra

0.5 Cabo x \$ 44.04/t	\$ 22.02/t
1 Perforista	\$ 46.18/t
1 Ayudante	\$ 37.76/t
1 Compresorista	<u>\$ 47.54/t</u>
	\$ 153.50/t

Herr. Y Eq. De Seg. (2%) \$ 3.07/t  
 \$ 156.57/t

$$\text{Cargo} = \frac{\$156.57 / \text{t} \times 0.028 \text{ m} / \text{m}^3}{10 \text{ hr} / \text{t} \times 0.75 \times 20 \text{ m} / \text{hr}} = \$0.03 / \text{m}^3$$

c).- Acero de Barrenación.

	No. de pza.	Costo Unit. U. S.	Costo Total U. S.
Tubería 5 1/2" ø	3	1,045.00	\$ 3,135.00
Sustituto de 5 1/2" ø	3	766.00	\$ 2,298.00
Portabarrena de 5 1/2" ø	1	919.00	<u>\$ 919.00</u>
		U.S.	<b>\$ 6,352.00</b>

Vida Útil = 6,000 horas

$$\frac{US\ 6,532.00 \times \$3.3304 / US \times 1.15}{6,000\ hr} = \$4.05 / hr$$
$$\text{Cargo} = \frac{\$4.05 / hr \times 0.028 m / m^3}{20\ m / hr} = \$0.01 / m^3$$

Martillo:

$$\frac{US4,160.00 \times \$3.3304 / US \times 1.15 \times 14}{6,000\ hr} = \$3.72 / hr$$
$$\text{Cargo} = \frac{\$3.72 / hr \times 0.028 m / m^3}{20\ m / hr} = \$0.01 / m^3$$

Broca de 6 1/2" ø :

$$\frac{US640.00 \times \$3.3304 / US \times 1.15 \times 0.028 m / m^3}{350m} = \$0.20 / m^3$$

\$0.22/m<sup>3</sup>

CARGO POR BARRENACIÓN = \$ 0.65/m<sup>3</sup>

### 1.B.- EXPLOSIVOS.

#### A.- Materiales

a).-

Carga específica = 0.44 kg/m<sup>3</sup>

Carga de fondo = 130.7 Kg de Tovex Extra

Costo del Tovex Extra = \$14.12/kg

$$\text{Cargo} = \frac{\$14.12 / kg \times 130.7 kg / barr.}{783 m^3 / barr.} = \$2.35 / m^3$$

b).- Carga de columna 205.5 kg de Anfomex

Costo del Anfomex = \$2.40/kg

$$\text{Cargo} = \frac{\$2.40 kg \times 205.5 kg / barr.}{784 m^3 / barr.} = \$0.63 / m^3$$

c).- Iniciador Detomex No.1

Uno es el fondo + 2 a cada 7 m  
Igual a 3 piezas

$$\text{CARGO} = \frac{\$20.10 / \text{pza.} \times 3 \text{pz} / \text{barr}}{784 \text{ m}^3 / \text{barreno}} = \$0.08 / \text{m}^3$$

d).- Estopines MS \$9.50/pza

$$\text{CARGO} = \frac{\$9.50 / \text{pza.} \times 1 \text{pza} / \text{barr}}{784 \text{ m}^3 / \text{barreno}} = \$0.01 / \text{m}^3$$

e).- Primacord Reforzado.

22 metros / barreno

$$\text{CARGO} = \frac{\$1.67 / \text{m} \times 22 \text{ m} / \text{barreno}}{784 \text{ m}^3 / \text{barreno}} = \$0.05 / \text{m}^3$$

f).- Alambre TW-20 \$ 0.21/m

$$\text{CARGO} = \frac{40.5 \text{ m} \times \$0.21 / \text{m}}{784 \text{ m}^3 / \text{barr.}} = \$0.01 / \text{m}^3$$

g).- Guía TW-14

$$\text{CARGO} = \frac{1 \text{ m} / \text{barreno} \times \$0.70 / \text{m}}{784 \text{ m}^3 / \text{barreno}} = \$0.00 / \text{m}^3$$

h).- Explosor, Galvanómetro, etc. = \$0.15/m<sup>3</sup>

B.- Mano de Obra

Cuadrilla para poblado y tronado:

1 Poblador	\$ 41.68/t
2 Cargadores X \$23,618.58/t	\$ 92.36/t
2 Ayudantes X \$19,299.27/t	<u>\$ 75.52/t</u>
	\$ 209.56/t

Herr. Y Eq. De Seg. (2%)	<u>\$ 4.19/t</u>
	\$ 213.75/t

$$\text{CARGO} = \frac{\$213.75 / t}{12.5 \text{ barrenos} / t \times 784 \text{ m}^3 / \text{barreno}} = \$0.02 / \text{m}^3$$

C.- Equipo

Para sopleteado de la barrenación:

Compresor 600 PCM	\$ 55.05/hr
Operador = $\frac{\$47.54 / \text{hr} \times 1.02}{10 \text{ hr} / t \times 0.75} =$	<u>\$ 6.47 / hr</u>
	\$ 61.52/hr

$$\text{CARGO} = \frac{\$47.54 / \text{hr} \times 10 \text{ min} / \text{barreno}}{45 \text{ min} / \text{hr} \times 784 \text{ m}^3 / \text{barreno}} = \$0.02 / \text{m}^3$$

CARGO POR EXPLOSIVOS     \$ 3.32/m<sup>3</sup>

CARGO POR EXTRACCIÓN CON T4-WH =     \$ 3.97/m<sup>3</sup>



**COSTO PROMEDIO DE EXTRACCIÓN**

**RESUMEN DEL CARGO POR BARRENACIÓN, CARGA DE EXPLOSIVOS Y VOLADURA**

BARRENACIÓN	TRACK-DRILL \$/m <sup>3</sup> -banco	T4-WH \$/m <sup>3</sup> -banco
Equipo	\$ 1.07	\$ 0.40
Mano de Obra	\$ 0.14	\$ 0.03
Acero de Barrenación	<u>\$ 0.31</u>	<u>\$ 0.22</u>
	\$ 1.52	\$ 0.65
<b>CARGO DE EXPLOSIVOS</b>		
Materiales	\$ 2.72	\$ 3.28
Mano de Obra	\$ 0.06	\$ 0.02
Equipo	<u>\$ 0.10</u>	<u>\$ 0.02</u>
	<u>\$ 2.88</u>	<u>\$ 3.32</u>
<b>COSTO POR m<sup>3</sup>- BANCO</b>	<b>\$ 4.40</b>	<b>\$ 3.97</b>

Peso volumétrico de roca basáltica del BANCO No. 2 =  
2,935 kg/m<sup>3</sup>

Peso volumétrico de roca caliza del BANCO No. 1 = 2,595  
kg/m<sup>3</sup>

BANCO No. 2	<u>TRACK-DRILL</u>	<u>T4-WH</u>
$\text{COSTO} = \frac{\$/m^3 - \text{Banco}}{2.935 \text{ ton} / m^3 - \text{Banco}} =$	\$ 1.50/ton	\$1.35/ton
	BANCO No. 1	
$\text{COSTO} = \frac{\$/m^3 - \text{Banco}}{2.595 \text{ ton} / m^3 - \text{Banco}} =$	\$1.70/ton	\$1.53/ton

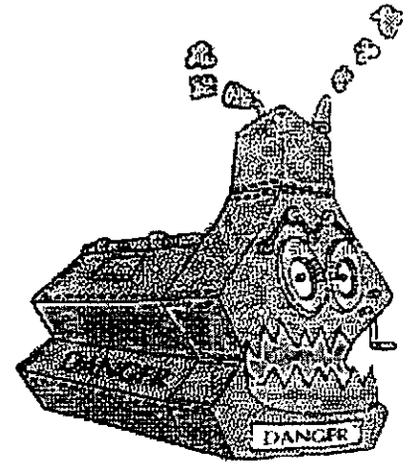
**SALARIOS REALES  
ÁREA GEOGRÁFICA "A"**

NÚMERO OFICIO	PROFESIÓN U OFICIO	SALARIO BASE	FACTOR DE ADECUACIÓN	SALARIO ADECUADO	FASAR	SALARIO REAL
61	PERFORISTA	\$21.99	1.20	\$26.39	2.10	\$46.18
*	CABO	\$20.97	1.20	\$25.16	2.10	\$44.04
*	COMPRESORISTA	\$22.64	1.20	\$27.17	2.10	\$47.54
*	POBLADOR	\$21.03	1.20	\$25.24	2.10	\$41.68
*	CARGADOR	\$21.99	1.20	\$26.39	2.10	\$46.18
*	AYUDANTE	\$17.98	1.20	\$21.58	2.10	\$37.76

\* salarios estimados

FASAR: factor para obtener el salario real.

Salario real = Salario base x FASAR



El uso de los explosivos e iniciadores, en todos los países está regulado por la ley, existen reglas relacionadas con la compra, transporte y uso de los explosivos, por lo que deberá revisarse con cuidado toda esta reglamentación a fin de no tener sorpresas posteriores.

Una buena idea es asesorarse con el vendedor de explosivos seleccionado, que conoce con toda seguridad todo lo relacionado tanto con las leyes como con las recomendaciones de seguridad y personas que tienen suficiente experiencia para el manejo y transporte de explosivos y accesorios.

## 5.4.8 VOLADURAS CONTROLADAS

Los consumidores de explosivos han buscado y ensayado muchas maneras para reducir el exceso de rompimiento o sobreexcavación de las voladuras. Por razones de seguridad, el rompimiento excesivo es inconveniente tratándose de taludes, bancos, frentes o pendientes inestables y es también económicamente inconveniente cuando la excavación excede la "línea de pago" (implica concreto extra y los taludes fracturados requieren un mantenimiento costoso).

En voladuras controladas se utilizan varios métodos para reducir el exceso de rompimiento; sin embargo, todos tienen un objetivo común; disminuir y distribuir mejor las cargas explosivas para reducir al mínimo los esfuerzos y la fractura de la roca más allá de la línea misma de excavación.

Por muchos años la Barrenación en Línea fue el único procedimiento utilizado para controlar el rompimiento excesivo. La Barrenación en Línea o de límite simplemente consiste de una serie de barrenos en línea, vacíos, a corta distancia unos de otros y a lo largo de la línea misma de excavación, proporcionando así un plano de debilidad que la voladura puede romper con facilidad.

Las voladuras controladas difieren del principio de la Barrenación en Línea, esencialmente, en que algunos o todos los barrenos se disparan con cargas explosivas relativamente pequeñas y debidamente distribuidas. La detonación de estas pequeñas cargas tiende a fracturar la roca entre los barrenos y permite mayores espaciamientos que en el caso de la Barrenación en Línea. Por lo tanto, los costos de barrenación se reducen y en muchos casos se logra un mejor control del exceso de rompimiento.

### ***Barrenación en línea, de límite o de costura.***

#### **Principio:**

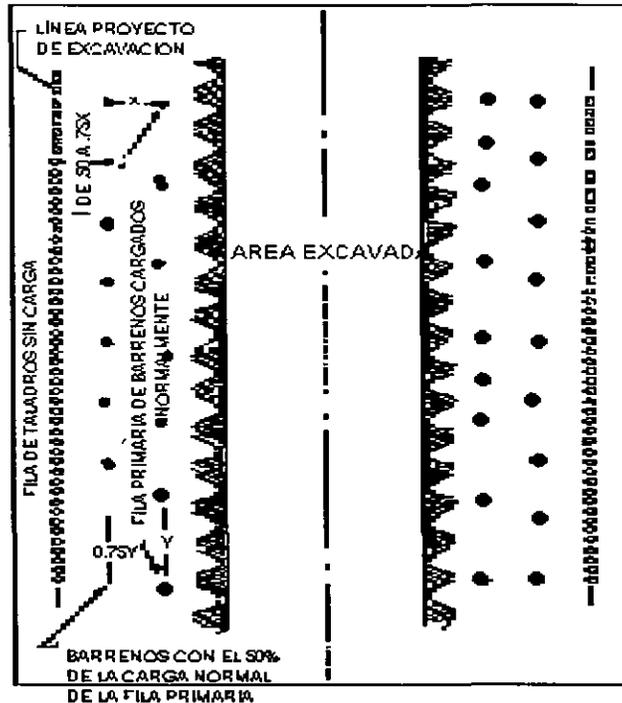
La voladura con Barrenación en Línea involucra una sola hilera de barrenos de diámetro pequeño, poco espaciados, sin carga y a lo largo de la línea misma de excavación o de proyecto. Esto provoca un plano de menor resistencia, que la voladura primaria pueda romper con mayor facilidad. También origina que parte de la ondas de choque creadas por la voladura sean reflejada, lo que reduce la fracturación y las tensiones en la pared terminada.

#### **Aplicación:**

Las perforaciones de la Barrenación en Línea generalmente son de 1 ½" a 3" de diámetro y se separan de 2 a 4 veces su diámetro a lo largo de la línea de excavación. Los barrenos mayores de 3" se usan poco en este sistema pues los altos costos de barrenación no pueden compensarse suficientemente con mayores espaciamientos.

La profundidad de los barrenos dependen de su buena alineación. Para obtener buenos resultados, los barrenos deben quedar en el mismo plano. Cualquier desviación en ellos, al tratar de barrenar más profundamente, tendrá un efecto desfavorable en los resultados.

Para barrenos de 1 ½" a 3" de diámetro las profundidades mayores a 9 metros son raramente satisfactorias.



**Fig. 61: Plantilla típica del procedimiento de Barrenación en Línea.**

Los barrenos de la voladura directamente adyacentes a los de la Barrenación en Línea, se cargan generalmente con menos explosivos y también a menor espaciamiento que los otros barrenos. La distancia entre las perforaciones de la Barrenación en Línea y los más próximos, cargados, es usualmente del 50 al 75% de la pata usual (Fig. 61).

Los mejores resultados con la Barrenación en Línea se obtienen en formaciones homogéneas en donde los planos de estratificación, juntas, fallas y hendeduras son mínimas.

Trabajos subterráneos .- La aplicación de la teoría básica del sistema de Barrenado en Línea, esto es, utilizando solamente barrenos vacíos, es muy limitada en trabajos subterráneos. Generalmente se usan barrenaciones cerradas, pero siempre cargadas aunque ligeramente. A este procedimiento hemos preferido llamarle Voladura Perfilada y será descrito posteriormente.

### 5.6.1 Voladuras amortiguadas.

Principio:

Las Voladuras Amortiguadas a veces denominada como voladura para recortar, lajear o desbastar, se introdujo en el Canadá hace varios años. Al igual que la Barrenación en Línea, la Voladura Amortiguada implica una sola fila de barrenos a lo largo de la línea proyecto de excavación.

Las cargas para las voladuras amortiguadas deben ser pequeñas, bien distribuidas, perfectamente retacadas y se harán explotar después de que la excavación principal ha sido despejada.

Al ser volada la pata, el taco amortigua la vibración dirigida hacia la pared terminada, reduciendo así el mínimo la fractura y las tensiones en esta pared. Disparando los barrenos de amortiguamiento a pequeños intervalos, la detonación tiende a cortar la roca entre ellos dejando una superficie uniforme y con un mínimo de sobreexcavación.

Obviamente, a mayor diámetro de barreno, se obtiene mayor amortiguamiento.

Aplicación:

Trabajos a cielo abierto .- La pata o berma y el espaciamento variarán de acuerdo con el diámetro de los barrenos que se hagan. La tabla No. 15 muestra una guía de patrones y cargas para diferentes diámetros de barrenos. Nótese que los números mostrados cubren un campo promedio debido a las variaciones que resultan del tipo de formación de roca por volarse. Con este procedimiento los barrenos se cargan con cartuchos enteros o usándose generalmente cartuchos de 1 ½" de diámetro por 8" de largo y colocándose a 1 o 2 pies de separación centro a centro.

DIÁMETRO DEL BARRENO EN PULGADAS	ESPACIAMIENTO EN METROS (1)	BERMA EN METROS (1)	CARGA EXPLOSIVA EN Kg/m (1) y (2)
2 - 2 ½	0.90	1.20	0.12 - 0.40
3 - 3 ½	1.20	1.50	0.20 - 0.75
4 - 4 ½	1.50	1.80	0.40 - 1.0
5 - 5 ½	1.80	2.00	1.0 - 1.5
6 - 6 ½	2.00	2.50	1.5 - 2.20

Tabla No. 15 .- Cargas y plantillas propuestas para Voladuras Amortiguadas. El número (1) indica que dependen de la naturaleza de la roca, las cifras anotadas son promedio.

El número (2) indica que el diámetro del cartucho deberá ser igual o menor que la mitad del diámetro del barreno.

Para efectos de un amortiguamiento máximo las cargas debèn colocarse dentro del barreno tan próximas como sea posible a la pared correspondiente al lado de la excavación.

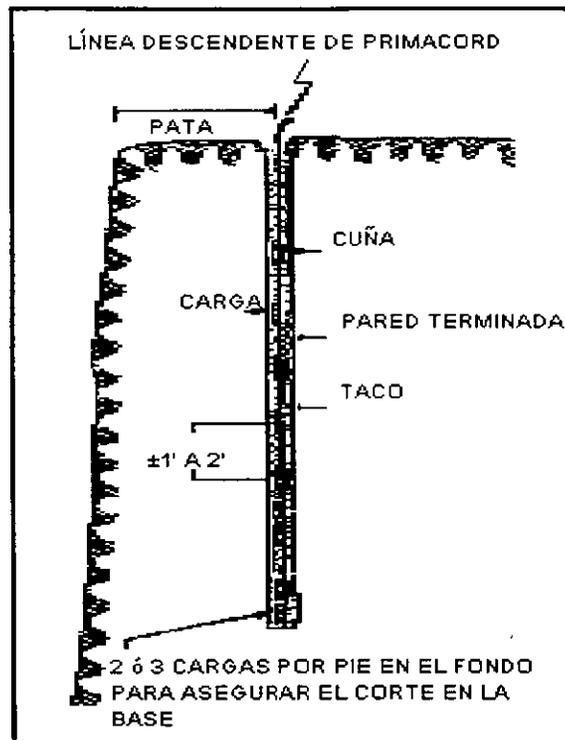
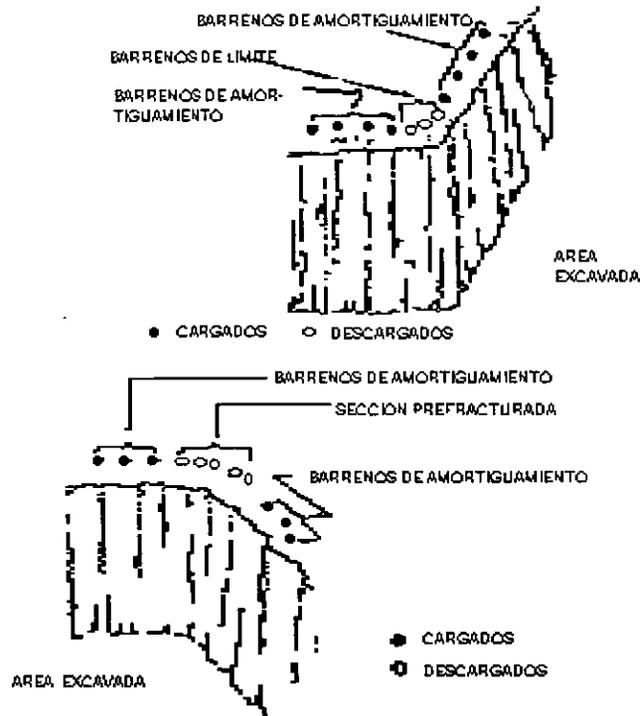


Fig. 62: Colocación de las cargas de explosivos para Voladuras Amortiguadas.

El retardo mínimo entre la explosión de los barrenos amortiguadores proporciona la mejor acción de corte entre barreno y barreno; por lo tanto, normalmente se emplean líneas troncales de Primacord. En donde el ruido y la vibración resulten críticos, se pueden obtener buenos resultados con estopines de retardo MS.

La profundidad máxima que puede volarse con éxito por este método, depende de la precisión del alineamiento de los barrenos. Con barrenos de diámetros mayores puede mantenerse un mejor alineamiento a mayor profundidad. Las desviaciones de más de 6" del plano de los barrenos dan generalmente malos resultados. Se han hecho voladuras con éxito usando barrenos de amortiguamiento hasta de 90 pies de profundidad.

Cuando se realizan voladuras por amortiguamiento en áreas curvas o en esquinas, se requiere menores espaciamiento que cuando se vuela una sección recta. Pueden también utilizarse ventajosamente taladros-guía cuando se vuelan caras no lineales. En esquinas de 90, una combinación de varios procedimientos para voladuras controladas (barrenación en línea, precorte, etc.), dará mejores resultados que la voladura amortiguada simple.



**Fig. 63: Voladuras Amortiguadas en frentes, en esquina o en rincón combinada con otro método de Voladura controlada.**

#### Ventajas:

La voladura Amortiguada ofrece ciertas ventajas, tales como: Mayores espaciamientos entre barrenos para reducir los costos de perforación.

Mejores resultados en formaciones no consolidadas.

El mejor alineamiento obtenido con barrenos de gran diámetro permite perforar barrenos más profundos.

#### *Voladuras Perfiladas o de Afine.*

#### Principio:

Puesto que el uso de este método en trabajos al descubierto es prácticamente idéntico a los de la Voladura Amortiguada, se tratará sobre su aplicación solamente en trabajos subterráneos.

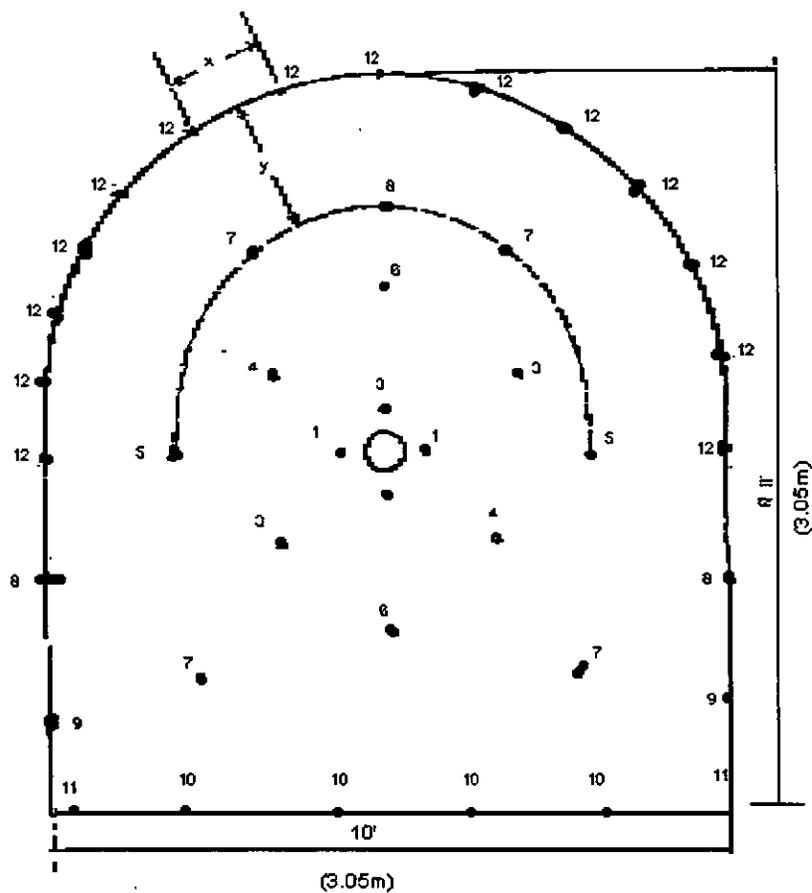
El principio básico de la Voladura de Afine es el mismo que el de la Voladura Amortiguada: se hacen barrenos a lo largo de los límites de la excavación y se cargan con poco explosivo para eliminar el banco final. Disparando con un mínimo de retardo entre los barrenos, se obtiene un efecto cortante que proporciona paredes lisas con un mínimo de sobreexcavación.

**Aplicación:**

Trabajos subterráneos.- En frentes subterráneos, en donde la roca del techo y de los contrafuertes se derrumba y desmorona por la falta de consolidación del material, el exceso de rompimiento es común debido a la acción triturante y al sacudimiento de las voladuras.

Empleando el método de la voladura Perfilada o de Afine con cargas ligeras y bien distribuidas en los barrenos perimetrales, se requieren menos soportes y resulta una menor sobreexcavación. Aún en formaciones homogéneas más duras, este método proporciona techos y paredes más lisos y más firmes.

La Voladura Perfilada en trabajos subterráneos utiliza barrenos perimetrales en una relación de aproximadamente  $1 \frac{1}{2}$  a 1, entre el ancho de la berma (Y) y el espaciamiento (X) usando cargas ligeras, bien distribuidas y disparadas en el último período de retardo de la voladura (Fig. 64). Estos barrenos son los últimos en dispararse para asegurar que la roca fragmentada se desplace lo suficiente para ofrecer el máximo desahogo a los barrenos de la Voladura Perfilada. Este franqueo permite la libre remoción del banco final y produce menos fractura más allá del límite de la excavación.



**Fig. 64: Plantilla típica para explosiones retardadas en galerías de avance.**

Las cargas pequeñas bien distribuidas en los barrenos perimetrales usando plantillas y retardo convencionales, han producido regularmente resultados satisfactorios. La tabla 16 proporciona las plantillas recomendadas y las cargas en libras por pie, para la Voladura Perfilada.

DIÁMETRO DEL BARRENO EN PULGADAS	ESPACIAMIENTO EN METROS (1)	BERMA EN METROS (1)	CARGA EXPLOSIVA Kg/m (1)
1 ½ - 1 ¾	0.6	0.90	0.20 - 0.40
2	0.70	1.10	0.20 - 0.40

**Tabla 16 .- Cargas y espaciamento para Voladuras Perfiladas. El número (1) indica que dependen de la naturaleza de la roca.**

**Las cifras anotadas son promedios.**

Puesto que no es conveniente ni práctico atar cargas a las líneas de Primacord en barrenos horizontales, la Voladura Perfilada se realiza cargando a carril cartuchos de explosivos de baja densidad de pequeños diámetros para obtener tanto cargas pequeñas como su buena distribución a lo largo del barreno.

A diferencia de las voladuras a cielo abierto, las voladuras subterráneas tienen una sola cara libre para el desplazamiento de la roca, por lo que será necesario facilitarle su salida; por ello los primeros barrenos en detonar tienden a crear un vacío hacia el cual se vuela sucesivamente la roca. Esta abertura llamada *cuña* o *cuele* es la llave de la voladura pues abre la roca aproximadamente en forma cilíndrica hasta la profundidad de barrenación. La *cuña* es la parte más importante de la voladura ya que el resto de los barrenos no pueden romper eficientemente a menos que la *cuña* haya sido removida.

Existen diversos tipos de *cuñas*, siendo las más usadas por su menor dificultad en la barrenación la *cuña quemada*. Esta *cuña* consiste en un grupo de barrenos cercanos entre sí, paralelos a la dirección de avance y ubicados generalmente al centro del frente de la excavación. Los barrenos que rodean el área de la *cuña* dispararán algunos milisegundos después según un plan previamente determinado (plantilla de detonación, ver figuras 64 y 65).

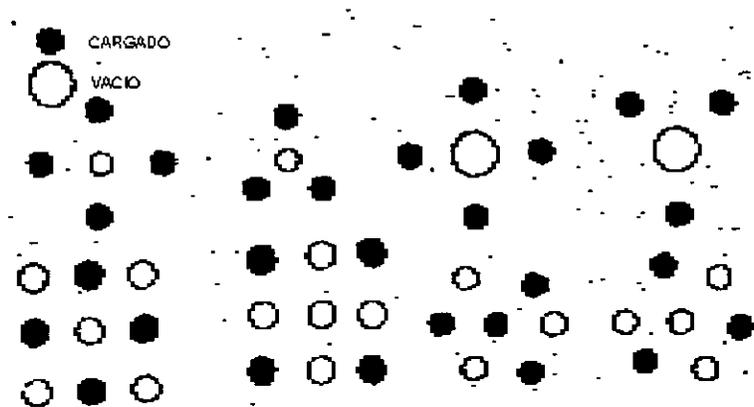


Fig. 65: Algunos tipos de cuñas quemadas.

Como puede observarse los barrenos vacíos de las cuñas quemadas pueden ser de igual o de mayor diámetro que los barrenos cargados; el que sean de mayor diámetro sólo se justifica cuando se dispone del equipo de barrenación necesario y que éste permita tener una mayor eficiencia en la barrenación.

El resultado de una voladura puede ser muy variable, de acuerdo a la relación entre centros y el diámetro de los barrenos vacíos. Cuando la distancia es mayor que el doble del diámetro del barreno vacío, la rotura puede no llegar a realizarse ya que la concentración de la carga necesaria es tan grande que hay una deformación plástica de la roca entre los dos barrenos.

Si se aproximan los dos barrenos y la carga se ajusta, el propósito de la verdadera rotura de la roca entre ambos está asegurado. Sin embargo, la rotura no es la única condición necesaria, ya que al mismo tiempo los gases de la explosión deben lanzar a través de la abertura la mayor cantidad posible de roca arrancada.

En la Figura 66 se ve la variación de las condiciones de rotura con las diferentes distancias entre el barrenos cargado y el barreno vacío. Pueden también observarse las variaciones de los resultados al aumentar la distancia entre barrenos. Para una distancia entre centros menor que 1.5 veces el diámetro del barreno vacío, la abertura es una voladura limpia. Entre 1.5 y 2 veces el diámetro del barreno vacío solamente hay rotura y para distancias mayores como ya se dijo, deformación plástica.

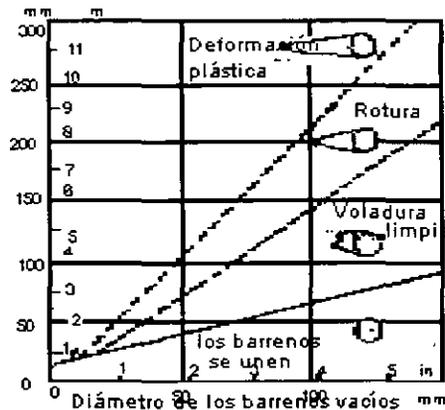


Fig. 66: Resultado cuando se detona hacia un barrenado vacío con distintas distancias y diámetros del mismo.

Ventajas:

La Voladura Perfilada o de Afine ofrece dos ventajas principales:

Reduce el rompimiento excesivo que producen los métodos convencionales.

Requiere menos ademe.

### ***Prefracturado.***

Principio:

El Prefracturado, también llamado Precorte o Pre-ranurado comprende una fila de barrenos a lo largo de la línea de excavación. Los barrenos son generalmente del mismo diámetro (2" a 4") y en la mayoría de los casos, todos cargados. El Prefracturado difiere de la Barrenación en Línea, de la Voladura Amortiguada y de la Voladura Perfilada, en que sus barrenos se disparan antes que cualquier barreno de los de alguna sección de la excavación principal inmediata.

La teoría del prefracturado consiste en que cuando dos cargas se disparan simultáneamente en barrenos adyacentes, la suma de esfuerzos de tensión procedentes de los barrenos rompe la pared de roca intermedia y origina grietas entre los barrenos (Fig. 67). Con cargas y espaciado adecuado, la zona fracturada entre los barrenos se constituirá en una angosta franja que la voladura principal puede romper con facilidad. El resultado es una pared lisa que casi o produce sobreexcavación.

El plano prefracturado refleja parte de las ondas de choque procedentes de las voladuras principales inmediatamente posteriores, impidiendo que sean transmitidas a la parte terminada, reduciendo al mínimo la fracturación y la sobreexcavación. Esta reflexión de las ondas de choque de las voladuras principales también tiende a reducir la vibración.

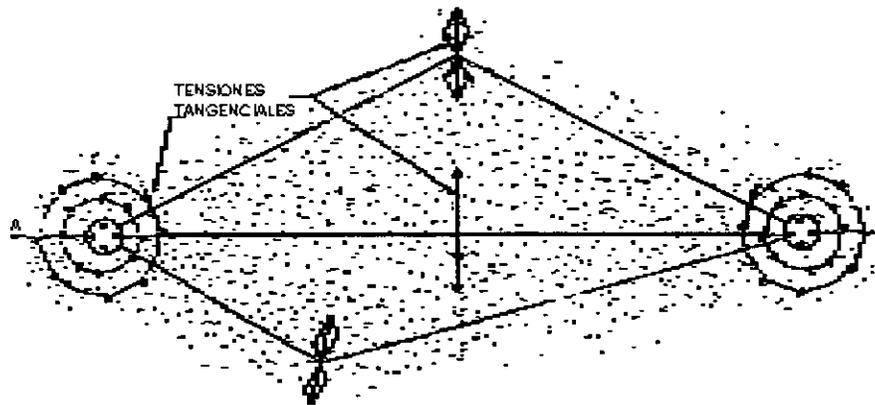


Fig. 67: Si pensamos en una roca de extensión infinita, dos barrenos como los de la Fig. 22, tronados simultáneamente, sumarán las tensiones a la roca, especialmente en el plano que los une (A-B) ya que, además de ser el plano de menor resistencia, es el lugar geométrico de la máxima suma de las tensiones, por lo que la roca tiende a romperse por dicho plano.

#### Aplicación:

Trabajos a cielo abierto.- Los barrenos para prefracturar se cargan de manera similar a los barrenos para voladuras amortiguadas, esto es, se forman cargas "en rosario" de cartuchos enteros o partes de cartucho, de 1" o 1 ½" de diámetro, por 8" de largo, espaciados de 1 a 2 pies centro a centro.

Como en las Voladuras Amortiguadas, los barrenos se disparan generalmente en forma simultánea, usando una línea troncal de Primacord. Si se disparan líneas demasiado largas se pueden retardar algunos tramos con estopines MS o Conectores Primacord MS.

En roca sin consolidación alguna, los resultados se mejorarán utilizando barrenos-guía o de alivio (sin carga), entre los barrenos cargados, provocando así el corte a lo largo del plano deseado. Aún en formaciones más consistentes, los barrenos-guía colocados entre los cargados, dan mejor resultado que aumentando la carga explosiva por barreno.

Los espaciamientos promedio y las cargas por pie de barreno se dan en la Tabla 17. Estas cargas anotadas son para las condiciones de rocas normales y pueden obtenerse utilizando cartuchos de explosivos convencionales, fraccionados o enteros, espaciados y ligados a líneas de Primacord, ("rosario").

DIÁMETRO DEL BARRENO EN PULGADAS.	ESPACIAMIENTO EN METROS (1)	CARGA EXPLOSIVA EN Kg/m (1) (2)
1 ½ - 1 ¾	0.30 - 0.45	0.12 - 0.40
2 - 2 ½	0.45 - 0.60	0.12 - 0.40
3 - 3 ½	0.45 - 0.90	0.20 - 0.75
4	0.60 - 1.20	0.40 - 1.0

Tabla 17.- Cargas y espaciamento propuestos para el Prefracturado. El número (1) indica que dependen de la naturaleza de la roca y el (2) que el diámetro del cartucho debe ser igual o menor a la mitad del diámetro del barreno.

NOTA: Principio del Prefracturado. Si los barrenos están sobrecargados, la zona de fractura se extenderá más allá de la zona de tensión.

La profundidad que puede prefracturarse de una sola vez, nuevamente dependen de la habilidad para mantener un buen alineamiento de los barrenos. Las desviaciones mayores a 6" del plano de corte deseado, darán resultados negativos. Generalmente la máxima profundidad que puede utilizarse para barrenos de 2" a 3 ½" de diámetro sin una desviación considerable en el alineamiento es de 50 pies.

Teóricamente, la longitud de una voladura para Prefacturar es ilimitada. En la práctica, sin embargo, el disparar muy adelante de la excavación primaria puede traer problemas pues las características de la roca pueden cambiar y la carga ser causa de un exceso de fractura en las zonas más débiles. Llevando el Prefracturado adelante únicamente a la mitad de la voladura principal siguiente (Fig. 68), los conocimientos que se van obteniendo con las voladuras principales respecto a la roca, pueden aplicarse a los disparos de prefracturado subsecuentes. En otras palabras, las cargas pueden modificarse si es necesario y se corre un menor riesgo que si se dispara el total de la línea de excavación antes de avanzar con las voladuras principales.

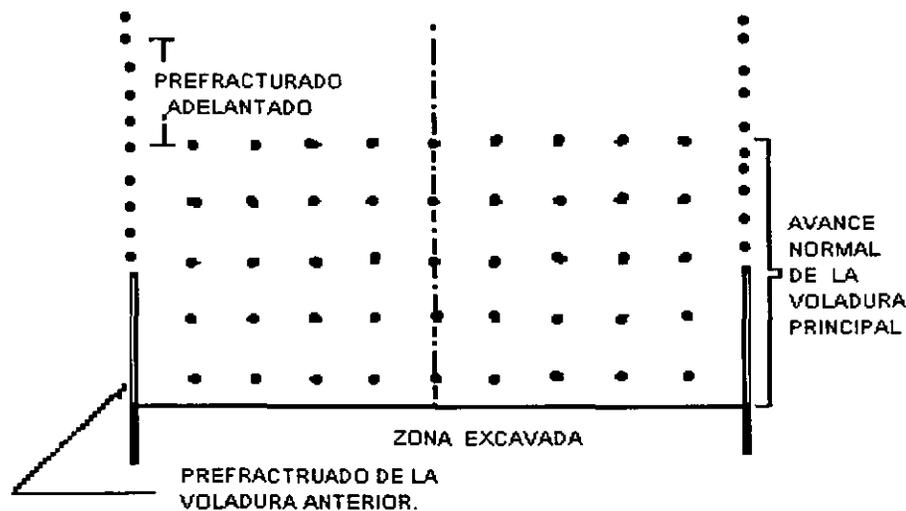
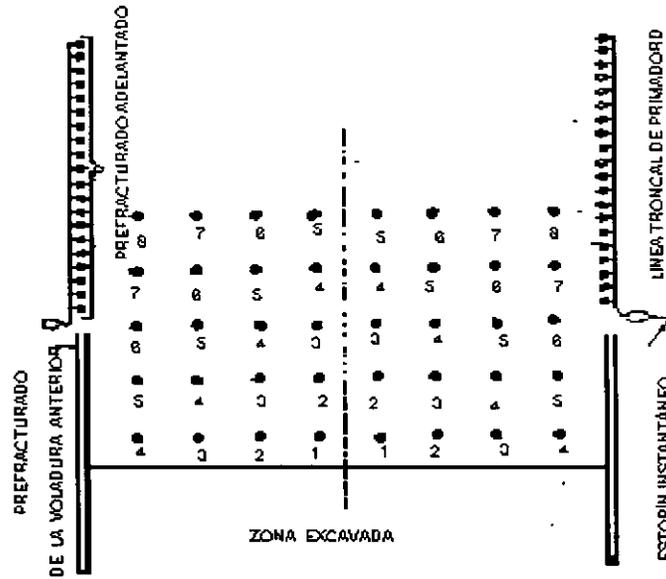
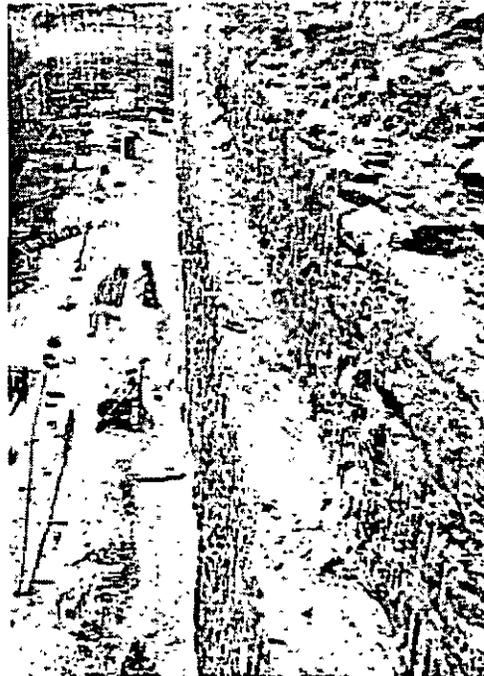


Fig. 68: Procedimiento empleado para el prefracturado.

El Prefracturado puede realizarse simultáneamente a la voladura principal retrasando sus barrenos con retardadores MS, de manera que los barrenos de Prefracturado estallen primero que los de la voladura principal.



**Fig. 69: Procedimiento de explosiones retrasadas durante la voladura principal en el Prefracturado.**



**Fig. 70: Uso del precorte para la excavación de un canal parte de un proyecto de Planta Hidroeléctrica. Nótese la línea de corte bien definida en las paredes.**

Ventajas:

El Prefracturado ofrece las siguientes ventajas:

Aumento en el espaciamiento de los barrenos-reducción de costos de barrenación.

No es necesario regresar a volar taludes o paredes después de la excavación principal.

#### 5.4.9 Uso de explosivos en demoliciones

## USO DE EXPLOSIVOS EN DEMOLICIONES.

FACTORES IMPORTANTES:

- Selección del explosivo.
- Confinamiento.
- Dosificación del explosivo
- Colocación inteligente de los explosivos.

#### *Selección del explosivo.*

Cualquier explosivo disponible es adecuado si se toma en cuenta su eficiencia (Tabla 18). Entre más violento, mejor.

Los explosivos generalmente usados en construcción se enlistan en la Tabla 18 y se muestran algunas de sus propiedades:

- Fuerza y velocidad de detonación para dar idea de su violencia.
- Y principalmente la eficiencia relativa ( $\eta$ ) como carga (TNT = 1.00)

EXPLOSIVO	FUERZA	USO	VELOCIDAD DE DETONACIÓN	FACTOR DE FUERZA RELATIVA ( $\eta$ ) (TNT=1.00)	RESISTENCIA AL AGUA
Dinamita Nitroglicerina	40% 50% 60%	General, Demolición y Rocas Aisladas	4,600	0.65	BUENA < 24 HS:

Dinamita	40%	Desmontes, Cráteres.	2,700	0.41	POBRE	D I N A M I
Amoniaco	50%		3,400	0.46		
(Granulada o Extra)	60%		3,700	0.53		
Dinamita	40%	Zanjas y Demoliciones	2,400	0.42	BUENA	T A S
Gelatina	50%		2,700	0.47		
	60%		4,900	0.76		
TOVEX 100	40%	Demolición y Rocas aisladas	4,050	0.44	EXCELENTE	H I D R O G E L E S
TOVEX 700	60%		4,800	0.59		
TOVEX P			4,800	0.59		
TOVEX EXTRA			5,500	0.60		
GODYNE	75%		3,900	0.70		
Nitrato de Amonio		ZANJAS	3,300	0.42	MALA	

Tabla 18.- Propiedades de los explosivos, útiles en demoliciones.

### **Confinamiento.**

La detonación de un explosivo produce presión en todas direcciones, si la carga no está completamente confinada la resistencia no es igual en todos los lados, la presión rompe el punto más débil y se pierde parte del efecto destructivo.

El mayor confinamiento es cuando la carga está dentro del objeto a demoler (generalmente en un barreno) y este barreno se sella empacando por lo menos 30 cm. Del barreno con material arcillo-arenoso o arcillo-limoso: no se deben usar materiales ligeros que serán arrojados por la presión antes de la explosión completa, ni materiales inflamables como papel, aserrín o sacos.

A veces se colocan las cargas externamente para evitar la barrenación (o cuando ésta es difícil o inconveniente) y entonces, si es posible, se logra un confinamiento parcial atando los explosivos al objeto cubriéndolos con arena o arcilla, o algún otro material denso, que puede estar en sacos o suelto (en sacos es más eficiente). Para máxima eficiencia el espesor de este material de confinamiento, debe ser igual al radio de rotura ( R ) la distancia del explosivo al punto externo más próximo del objeto a demoler (ver Fig. 78).

**Dosificación.**

FÓRMULAS EMPÍRICAS PARA CALCULAR LA CANTIDAD DE EXPLOSIVOS P  
(EN KG DE TNT)

**Cargas para cortar árboles y madera.**

D = menor diámetro del árbol o menor dimensión de la madera.

**Cargas externas no confinadas.**

$$P = \frac{D^2}{550} \quad (\text{D en cm.})$$

EJEMPLO 1:

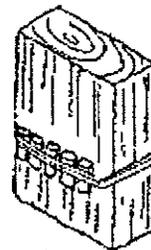
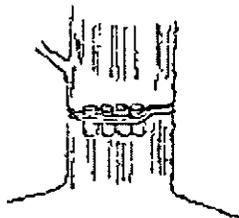
Si hay un árbol de 50 cm, de diámetro, la carga P será

$$P = \frac{50^2}{550} = 4.5 \text{ Kg. de TNT}$$

Si usamos dinamita gelatina, 40%, la carga será:

( $\eta$ ) = 0.42, de la Tabla 18

$$\frac{4.5}{\eta} = \frac{4.5}{0.42} = 10.7 \text{ Kg}$$



**Fig. 71**

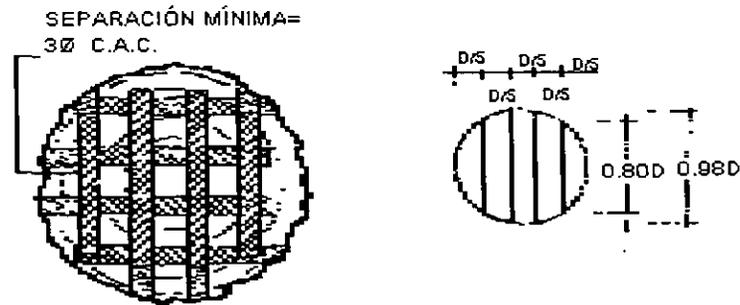
**Fig. 72**

**Cargas externas no confinadas.**



Es un barreno muy grueso, difícil de hacer en el árbol y con probables problemas en el tapón, ya que  $T = 30 \text{ cm} < 10 \phi$ .

Si usamos esta disposición:



$$\sum L = 2 \times 2 (0.80D + 0.98D)$$

$$\sum L = 7.12D$$

Fig. 74

la profundidad disponible es:

$$Z = 7.12xD - 8(10\phi + 15)$$

$$Z = 7.12 \times 100 - 8(30 + 15) = 352$$

$$\phi = \sqrt{\frac{3,990 \times 4}{\pi \times 352 \times 1.3}} = 3.3$$

$$10\phi = 33 \text{ cm.} > 30$$

Aumentemos  $\phi$  a 3.5 cm y probemos:

$$Z = 712 \times 100 - 8(35 + 15) = 312 \text{ cm}$$

$$\phi = \sqrt{\frac{3,990 \times 4}{\pi \times 312 \times 1.3}} = 3.5 \text{ cm}$$

$$10 \phi = 35 \text{ cm} = T$$

se acepta la disposición.

Se usan también las siguientes disposiciones en una o varias capas.

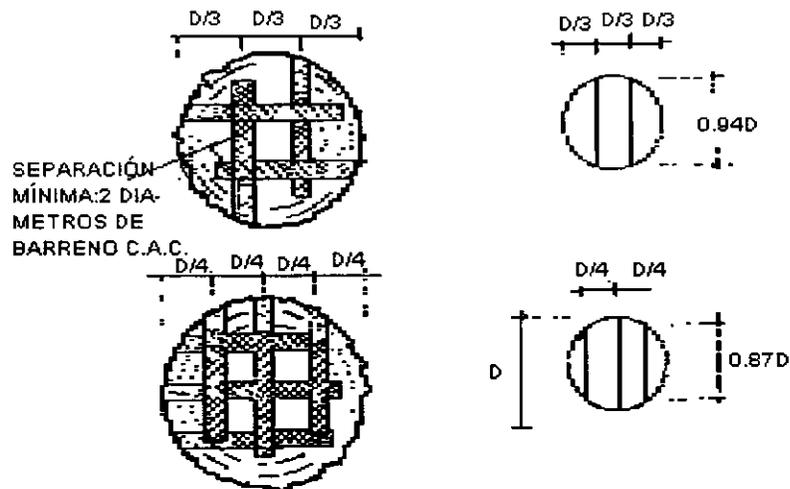


Fig. 75

En cualquier disposición que se use, la perforación de los barrenos es muy laboriosa, por eso generalmente se prefieren las cargas exteriores. Cuando se usen los barrenos es conveniente inclinar el plano de barrenación para controlar la dirección de la caída.

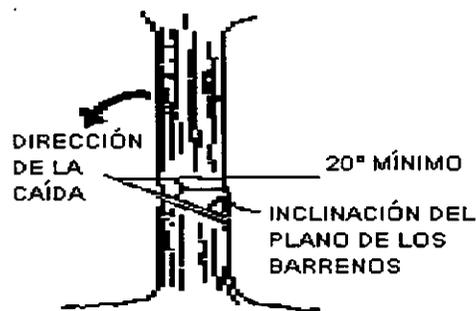


Fig. 76.

### Cargas para demoler traves de concreto.

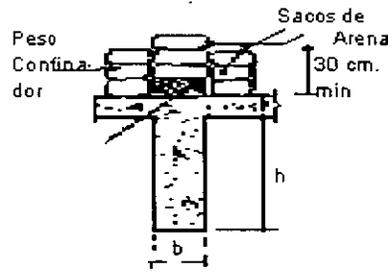


Fig. 77

La carga se calcula con la fórmula:

$$P = \frac{bh^2}{21,000}$$

P en Kg. de TNT, b y h en cm

EJEMPLO 3:

Si tenemos una traves de 40 x 90 cm

La carga será:

$$P = \frac{40 \times 90^2}{21,000} = 15.4 \text{ Kg. de TNT}$$

Si usamos: Dinamita gelatina 40%:  $\eta = 0.42$  (De Tabla 18)

$$P = \frac{15.45}{\eta} = \frac{15.45}{0.42} = 36.7 \text{ Kg.}$$

El peso confinador debe ser por lo menos 1 o 1.5 veces el peso de la traves en una longitud igual a la del explosivo, por ejemplo si el explosivo lo repartimos en una longitud de 50 cm (la longitud paralela al eje debe ser mínima para concentrar el efecto del explosivo en una zona pequeña de la traves). Entonces el peso de esa longitud de traves es:

$$0.5 \times 0.40 \times 0.9 \times 2,400 = 432 \text{ Kg.}$$

El peso confinador debe ser entre 400 y 600 Kg, sobre la traves, si no es posible colocar el peso confinador entonces la carga explosiva debe aumentar alrededor de 1.5 veces.

**Rotura de muros de concreto, mampostería y cráteres en roca:**

Se usa la fórmula:

$$P = \frac{R^3 KC}{60,000}$$

P = kilogramos de TNT

R = radio de la rotura en cm. (Ver fig. 78)

K = factor de material. (ver Tabla 19)

C = factor de amortiguamiento (ver Fig. 78)

MATERIAL	K
Mampostería pobre	0.23
Mampostería buena	0.35
Concreto simple	0.45
Concreto reforzado (Sin romper el acero)	0.7

Tabla 19.

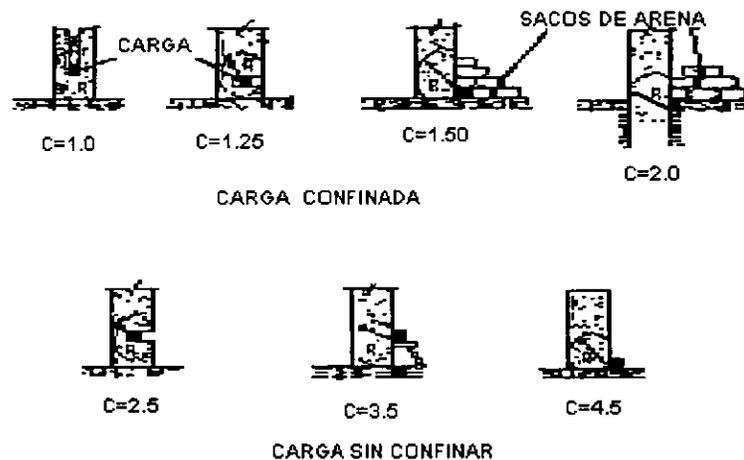


Fig. 78: Valores de C

Ejemplo 4:

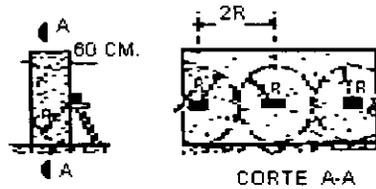


Fig. 79

En un muro de 60 cm. de espesor de concreto sin reforzar: ¿Cuál es la carga necesaria de dinamita nitroglicerina 40%, sin confinar?

$$\begin{aligned}
 R &= 60 \text{ cm.} \\
 K &= 0.45 \text{ (de la tabla 19)} \\
 C &= 3.5 \text{ (de figura 78)}
 \end{aligned}$$

$$P = \frac{60^3 \times 0.45 \times 3.5}{60,000} = 5.67 \text{ Kg. de TNT}$$

$$\eta = 0.65 \text{ (de la tabla 18)}$$

$$P = \frac{5.67}{0.65} = 8.7 \text{ Kg./carga}$$

Si el muro, tiene una longitud (L) de 5.30 m, el número de cargas requeridas (N) es:

$$N = \frac{L}{2R} = \frac{5.30}{1.2} = 4.4 \doteq 5 \text{ cargas de 8.7 Kg.}$$

#### EJEMPLO 5:

Demoler una columna de 0.40 x 0.60 de concreto reforzado con una carga de 40 cm, sobre el suelo, con dinamita gelatina 60%, sin confinar.



### ***Cargas para acero estructural perfiles y placas.***

La carga se calcula con la fórmula:

$$P = \frac{A}{36}$$

Donde:

P = carga en kg, de TNT

A = área transversal de la sección de acero en cm<sup>2</sup>

EJEMPLO 6:

Si queremos cortar una vigueta de 8":

Del manual: A=40.71 cm<sup>2</sup>

$$P = \frac{40.71}{36} = 1.13 \text{ Kg. de T. N. T.}$$

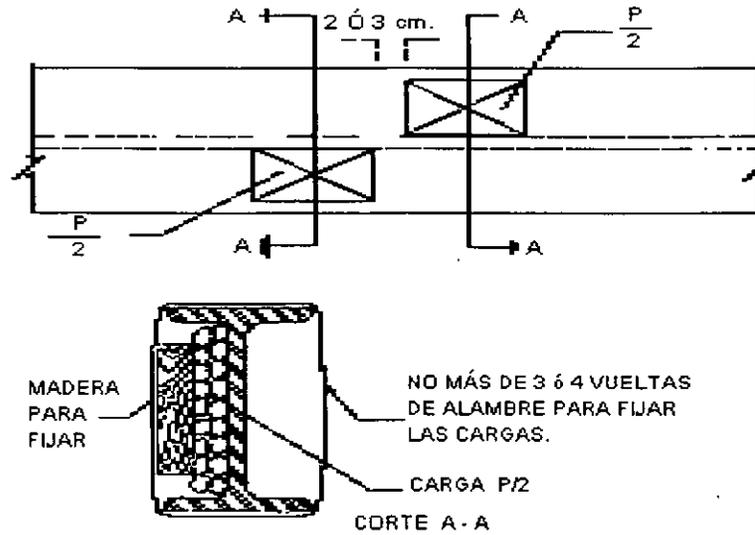
Si usamos dinamita nitroglicerina al 50%:

$\eta = 0.65$  (De Tabla 18)

$$P = \frac{1.13}{\eta} = \frac{1.13}{0.65} = 1.74 \text{ Kg.}$$

En cualquier caso se debe evitar poner cargas en lados opuestos de una placa porque tienden a neutralizarse mutuamente.

Cuando es posible, se deben colocar las cargas en lados opuestos pero desplazadas, dejando una separación de 2 o 3 cm, entre ellas para producir esfuerzo cortante, como en la Figura.



**Fig. 81: Forma recomendable de fijar el explosivo en un perfil estructural.**

***Cargas para cortar varillas para refuerzo de concreto, cadenas y cables para diámetros de 2" o menos.***

La carga se calcula con la fórmula:

$$P = \frac{D^2}{2.2}$$

Donde:

P = carga en kg., de TNT  
D = diámetro en pulgadas.

o también:

$$P = D^2/13.8$$

Donde el diámetro están en cm

**EJEMPLO 7:**

Romper una barra de acero de refuerzo de 1" (2.5 cm) con dinamita amoniacal 60%:

$$P = \frac{2.5^2}{13.8} = 0.45 \text{ Kg. de TNT}$$

Para dinamita amoniacal 60%:

$\eta = 0.53$  (De Tabla 18)

$$P = \frac{0.45}{0.53} = 0.85 \text{ kg. de dinamita amoniacaal } 60\%$$

Esta dinamita se fija con alambre, y procurando colocarla de un solo lado de la barra, en un solo punto.

EJEMPLO 8:

Romper una cadena con eslabones formados por acero redondo de  $\frac{1}{2}$ ", con dinamita gelatina 60%:

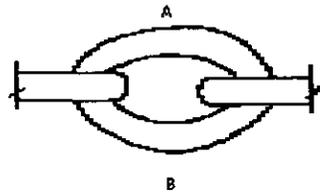
$$D = \frac{1}{2} = 0.5"$$

$$P = \frac{0.5^2}{2.2} = 0.11 \text{ kg. de T. N. T.}$$

Para dinamita gelatina 60%:

□□□□□□ □  $\eta = 0.76$  (De Tabla 18)

$$P = \frac{0.11}{0.76} = 0.145 \text{ de dinam ita gelatina } 60\%.$$



**Fig. 82: Use 0.145 kg. de dinamita en el punto A y otro tanto en el punto B, para demoler el eslabón.**

***Demolición de tocones:***

Las fórmulas que se usan son:

***Para tocones muertos:***

$$P = 1.5 D$$

***Para tocones vivos o recientes:***

$$P = 3 D$$

En las dos fórmulas:

P = carga en kg de TNT

D = diámetro del tocón en m., medido a 30 o 40 cm Arriba del suelo.

EJEMPLO 9:

Extraer el tocón muerto de la Fig. 83, con dinamita nitroglicerina 40%:

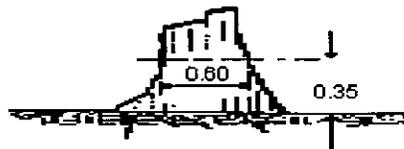


Fig. 83.

Como se trata de un tocón muerto:

$$P = 1.5 D = 1.5 \times 0.60 = 0.90 \text{ kg. de TNT.}$$

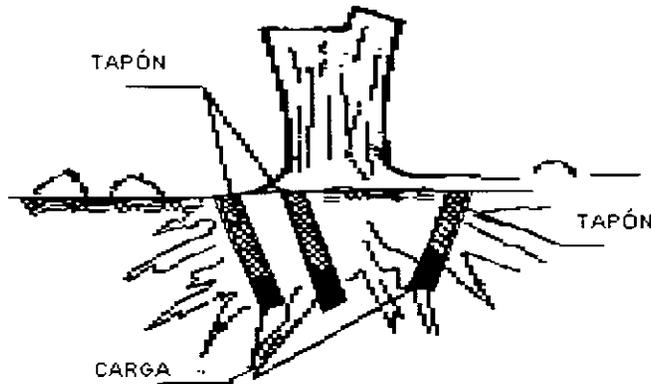
Para dinamita nitroglicerina 40%:

□□□□□□□□□□  $\eta = 0.65$  (de Tabla 18)

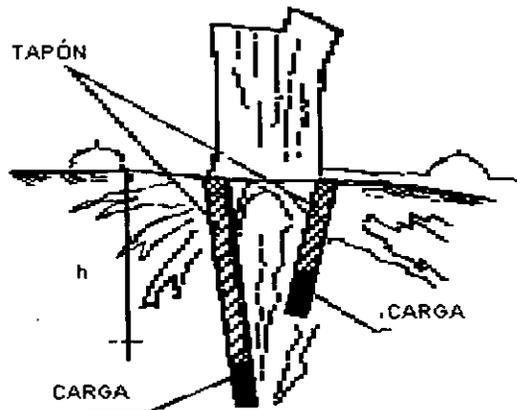
$$P = \frac{0.90}{0.65} = 1.40 \text{ kg. de dinamita nitroglicerina 40\%}$$

Para colocar la dinamita debemos distinguir (al sacar el primer tocón nos daremos cuenta) entre los tocones de árboles de raíces laterales (Fig. 84) y los de raíces profundas (Fig. 85). Si no podemos distinguir cual es el caso, proceder como si fueran de raíces laterales. Cuando se usen varias cargas se debe asegurar que estallen simultáneamente.

**Importante:** Protegerse bien y lejos, pues estas voladuras son violentas (Ver Tabla 20).



**Fig. 84: Colocación de cargas en árboles de raíces laterales.**  
 En estos casos coloque las cargas lo más cerca posible del centro del tocón y a una profundidad igual al radio de la base del tocón. Use 3 ó 4 cargas, de manera que la suma de todas ellas sea la carga "P" calculada.



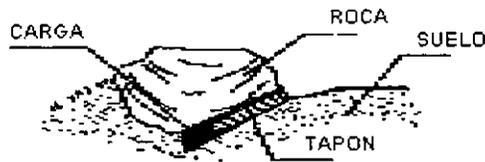
**Fig. 85: Colocación de cargas en raíces profundas.**  
 Usar de 1 a 4 cargas, de manera que la suma de todas ellas sea la carga "P" calculada.  
 Si se quiere cortar la raíz a una profundidad h se debe usar un número par de cargas (2 ó 4) y colocar la mitad abajo de esta profundidad para provocar un efecto cortante.

***Demolición de rocas aisladas.***

Se deben distinguir tres métodos:

***Método del barreno de culebra.***

Aplicable en rocas superficiales o poco hundidas, menores de 2 m<sup>3</sup>



**Fig. 86: Barreno de culebra.**

Este método consiste en hacer un barreno lo suficientemente largo para contener la carga y el tapón. Se excava bajo la roca, se carga y se hace estallar.

La fórmula para calcular la carga es:

$$P = 1.1D - 0.2$$

Donde:

P = la carga en Kg de TNT

D = diámetro de la roca en m.

**EJEMPLO 10:**

Demoler una roca de 1.00 de diámetro con dinamita extra 40%:

$$P = 1.1 \times 1.0 - 0.2 = 0.9 \text{ kg. de TNT.}$$

Para dinamita extra 40%:

□□□□□□□□□□  $\eta = 0.41$  (De Tabla 18)

$$P = \frac{0.9}{0.41} = 2.20 \text{ kg. de dinamita extra 40\%}$$

***Método de la carga externa***

También aplicable en rocas superficiales.



**Fig. 87: Método de la carga externa.**

En este método sencillamente se coloca la carga sobre, o a un lado, de la roca y se cubre con 25 o 30 cm, de lodo o arcilla. Después se hace estallar. Se debe poner la carga en bolsa de plástico para que no la afecte la humedad del lodo.

Este método es muy efectivo y económico. El tamaño de la carga se calcula con la fórmula:

$$P = 2.2 D - 0.5$$

Donde:

P = carga en Kg., de TNT

D = diámetro de la roca en m

#### EJEMPLO 11:

Demoler una roca de 60 cm, de diámetro con dinamita granulada 60%:

$$P = 2.2 \times 0.6 - 0.5 = 0.82 \text{ Kg. de T.N.T.}$$

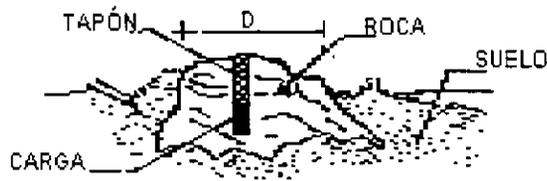
Para dinamita granulada 60%:

□□□□□□ □ η = 0.53 (De Tabla 18)

$$P = \frac{0.82}{0.53} = 1.55 \text{ Kg. de dinamita granulada 60\%}$$

#### ***Método Clásico.***

Que consiste en taladrar un barreno y en este meter la carga y confinarla con un tapón o taco. Este método es el más eficiente en el caso que la roca no sea superficial sino que forme parte de una roca mayor o de un manto de roca.



**Fig. 88: Método clásico.**

El barreno se debe taladrar hasta una profundidad igual al radio de la roca bajo el nivel del suelo. La carga de explosivo se calcula con la fórmula:

$$P = 0.15 D$$

Donde:

P = carga en kg de TNT  
 D = diámetro de la roca en m

**EJEMPLO 12:**

Demoler una saliente de roca de 1.20 m de diámetro que es parte de un manto rocoso, con dinamita extra 40%.

$$P = 0.15 \times 1.20 = 0.18 \text{ kg de TNT}$$

Para dinamita extra 40%:

$$\eta = 0.41 \text{ (De Tabla 18)}$$

$$P = \frac{0.18}{0.41} = 0.44 \text{ kg.}$$

Si el explosivo no cabe en el barreno, este se puede "secantear", es decir dejar caer al fondo del barreno cartuchos con fulminante y mecha encendida, de manera que estallen en el fondo formando una pequeña cámara, estos cartuchos se dejan caer uno a uno hasta que la cámara tenga el tamaño suficiente para contener el explosivo. Limitación importante: No colocar la carga definitiva en la cámara hasta que se halla enfriado ( 1 hora) después del "secanteo".

Esta es de las pocas aplicaciones en que se justifica el secanteo, ya que en voladuras para corte o bancos es absurdo y generalmente antieconómico.

Importante: Las voladuras de rocas aisladas son muy violentas y peligrosas pues producen muchas proyecciones, es necesario extremar precauciones. (Ver Tabla 20)

KG. DE EXPLOSIVOS	DISTANCIA SEGURA MÍNIMA EN DEMOLICIONES A CAMPO ABIERTO (EN METROS)
0.5 a 10	250 m
20	320 m
30	370 m
50	440 m
100	530 m
200	700 m

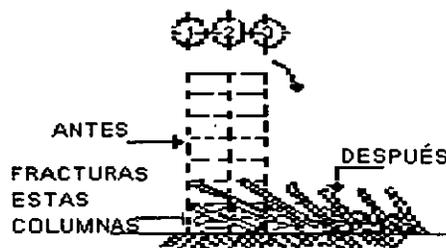
Tabla 20.

**Corolario.**

El éxito de la Demolición consiste en la colocación inteligente de los explosivos, lo que se logra con un poco de experiencia y el empleo de las normas aquí descritas y dosificándolo por medio de pruebas en cada caso.

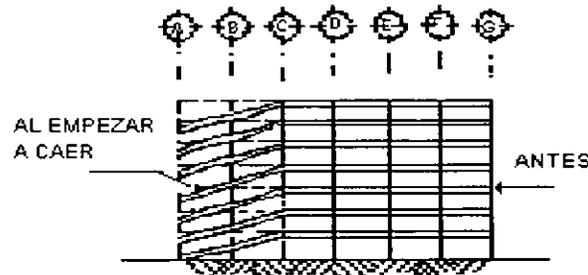
**Demolición de edificios.**

El objetivo no es convertir el edificio en escombros usando la energía del explosivo, sino romper con explosivos las partes vulnerables del edificio, para que, al caer, se fracturen sus elementos y estos queden de tal manera dispuestos, que sea fácil separarlos del resto y cargarlos a los vehículos de acarreo. (fig. 89). Para esto es usual tronar las columnas de la planta baja.



**Fig. 89: Para que el edificio caiga hacia el lado derecho los ejes de columna se tienen que tronar en el orden 3,2,1 con estopines de tiempo.**

Para que las losas se fracturen se necesita quitarles primero el apoyo de un extremo (a lo largo) para que al deformarse se fracturen.



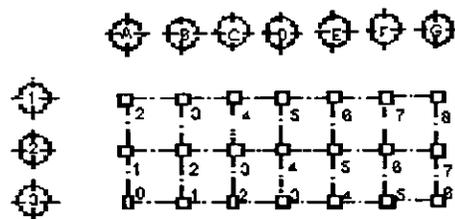
**Fig. 90: Para lograr el efecto mostrado se requiere tronar los ejes de columnas en el orden A, B, C, D, E, F, G. (También las columnas de Planta Baja).**

Con esto se asegura que toda la losa resultará fracturada y con el acero expuesto.

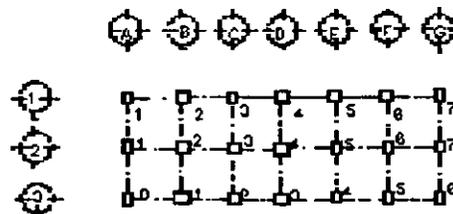
Si a este efecto sumamos el efecto mostrado en la Fig. 89, tenemos losas fracturadas y arregladas para cargar, entonces hay que cortar el acero de refuerzo con sopletes y dividir las losas en secciones lo más grande posible solamente limitadas por el tamaño de la grúa y el equipo de transporte, una vez cortadas se cargan y acarrean.

Se usará un cargador frontal para juntar y cargar el cascajo suelto. También se proveerá un sistema de riego del escombro para confinar lo más rápidamente posible la gran cantidad de polvo producida: este riego se hace con agua pulverizada, inmediatamente después de la caída del edificio.

Para sumar los efectos mostrados en las Figuras 89 y 90 los estopines de tiempo deben distribuirse conforme a las figuras 91 y 92.



**Fig. 91: Planta del edificio.**



**Fig. 92: Planta del edificio**

con esta última disposición se ahorra un tiempo de los estopines pero el desplazamiento lateral (fig. 89) es menor.

La disposición de los explosivos en cada elemento en particular, columnas o muros debe hacerse conforme a lo dicho; el taco se puede hacer con mortero de fraguado rápido, con estabilizador de volumen, evitando mojar los explosivos de los niveles.

Cuando las traveses inferiores representan una gran resistencia estructural deben volarse en el mismo orden que las columnas.

Es conveniente usar estopines de largo intervalo como los de la serie MARK V. Cuando los tiempos no son suficiente se puede usar el explosor secuencial.

Será necesario también rodear la planta baja con una protección para evitar la proyección de fragmentos de la voladura de las columnas.

Se debe advertir y retirar a la gente de los alrededores para evitar pánico.

También se revisarán los edificios próximos pues pueden resultar afectados, especialmente si están dañados.

## CONCLUSIONES

- 1.- Los explosivos son una fuente de energía concentrada que el ingenio del hombre puede permitir aprovecharlos de diferentes maneras para su propio beneficio.
- 2.- En la mayoría de las excavaciones en roca, los explosivos constituyen el medio más económico, pues ayudan a realizar el trabajo con mayor rapidez, facilidad y eficacia que cualquier medio mecánico.
- 3.- El uso de los explosivos en la construcción es muy amplio y cada vez ha ido en aumento, lo cual es fundamental para el desarrollo de la civilización actual.
- 4.- Las dos únicas compañías fabricantes de explosivos en nuestro país son: Du Pont y Atlas de México, las cuales tienen distribuidores en diversos lugares del territorio nacional.
- 5.- La adquisición y uso de los explosivos están regidos en nuestro país por disposiciones y reglamentos de la Secretaría de la Defensa Nacional.
- 6.- Como resultado de la constante evolución en la tecnología de los explosivos se tienen nuevos productos, accesorios y técnicas de voladura.
- 7.- Para el éxito de una voladura es necesario seleccionar correctamente el explosivo tomando en cuenta sus propiedades, así como los dispositivos de iniciación, los accesorios y técnicas existentes.
- 8.- En los explosivos encartuchados a menor diámetro se tiene una mayor sensibilidad y velocidad de detonación.
- 9.- Antes de usar cualquier explosivo o accesorio es conveniente hacer pruebas, ya que las características que proporcionan los fabricantes pueden verse afectados por la diversidad de factores externos a los que están sometidos.
- 10.- Se debe procurar hacer una buena distribución en la plantilla de detonación; con esto se consigue una salida libre de la roca, una mejor fragmentación, una rezaga concentrada y menores proyecciones, vibraciones y ruido.
- 11.- En una voladura es imprescindible conocer la roca y el estado en que se encuentre, es decir el grado de agrietamiento, fallas, intemperismo, etc., ya que evidentemente pueden variar los resultados.
- 12.- La granulometría de la roca está íntimamente ligada al uso al que se le va a destinar. No siempre lo más recomendable es la fragmentación más pequeña como suele creerse.
- 13.- La voladura de rocas no es un arte sino una técnica basada en principios lógicos y razonables.
- 14.- La base teórica para el cálculo de la carga en el diseño de voladuras se fundamenta en valores empíricos proporcionados por las pruebas y los resultados prácticos que se han ido acumulando, sin

embargo esta cifras son sólo el punto de partida debiéndose hacer las pruebas correspondientes a cada caso específico.

15.- El método sueco para diseño de voladuras es más acorde con la realidad que el método americano pues toma como dato e inicio del diseño la altura del banco en vez de calcularla.

16.- En las pruebas para ajustar el diseño de la voladura al banco deberá observarse el tamaño de la roca obtenida, las proyecciones, el ángulo del montón, etc.

17.- Debido a que la barrenación es un factor muy importante desde el punto de vista económico deberá procurarse desde el diseño utilizar al máximo el volumen del barreno para la carga de explosivos.

18.- Existen varias técnicas de voladuras controladas, todas ellas tienen como finalidad reducir el sobrerrompimiento y fracturación de la roca residual o sea atrás de la línea de proyecto de excavación.

19.- Todos los explosivos son peligrosos si se hace mal uso de ellos, por eso deberán ser manejados por personas experimentadas y que conozcan las normas y medidas de seguridad establecidas.

## APÉNDICE

### TRANSPORTE, MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE EXPLOSIVOS

#### *Transporte de Explosivos.*

1. Cualquier vehículo que esté transportando explosivos deberá estar marcado o pintado o tener un letrero en la parte delantera, a ambos lados y en la parte trasera con la palabra "Explosivos" en letras de no menos de 4 pulgadas de altura en colores que hagan contraste, con los del fondo; o el vehículo deberá llevar en un lugar visible una bandera roja de no menos de 24 pulgadas de lado con la palabra "Explosivos" en letras rojas de cuando menos 3 pulgadas de altura o la palabra "Peligro" en letras de 6 pulgadas de altura.
2. Los vehículos no deberán llevar cápsulas detonadoras fulminantes cuando estén transportando otros explosivos; ni metales, herramientas metálicas, aceite, cerillos, armas de fuego, ácidos, sustancias inflamables, o materiales semejantes.
3. Los vehículos que transportan explosivos no deberán estar sobrecargados y en ningún caso se apilarán las cajas o latas de explosivos a una altura mayor que la de la carrocería. Cualquier vehículo de caja abierta deberá llevar una lona para cubrir las cajas o latas de explosivos.
4. Todos los vehículos, cuando estén transportando explosivos deberán inspeccionarse para determinar si: los frenos y el mecanismo de la dirección están en buenas condiciones; si los alambres eléctricos están en buenas condiciones; si los alambres eléctricos están bien

aislados y firmemente asegurados; si la carrocería y el chasis están limpios y libres de acumulaciones de aceite y grasas; si el tanque de combustible y la línea de alimentación están seguros, y sin fugas, si se han proporcionado dos extinguidores de incendio, localizados cerca del asiento del chofer; y, en general, si el vehículo está en condiciones adecuadas para el transporte de explosivos.

5. El piso de los vehículos deberá estar perfectamente empalmado y ajustado. Cualquier pieza metálica que esté expuesta en el interior del vehículo y que pueda entrar en contacto con algún paquete de explosivos deberá ser cubierta o protegida con madera o algún material no metálico.
6. Los explosivos no deben transportarse en remolque. Asimismo, a los vehículos que transporten explosivo no deberá engancharseles ningún tipo de remolque.
7. Los vehículos que transportan explosivos no deben llevar pasajeros ni personas no autorizadas para viajar en ellos. No debe permitirse fumar ni llevar cerillos.
8. Los paquetes o cajas de explosivos no deben aventarse o dejarse caer al estarlos cargando, descargando o acarreado, sino que deben depositarse cuidadosamente y almacenarse o colocarse de tal manera que no se deslicen, caigan o muevan.
9. Los motores de los vehículos que transportan explosivos deberán estar parados antes de cargar o descargar los explosivos.

Las recomendaciones para el manejo de explosivos son las siguientes:

#### *Manejo de Explosivos.*

1. Las cajas o barriles que contengan explosivos deben levantarse y bajarse cuidadosamente sin deslizarlos unos sobre otros, o dejarlos caer de un nivel al siguiente, ni manejarse bruscamente.
2. Las cajas, latas, o paquetes de explosivos no deben abrirse dentro de un almacén de explosivos o arsenal, ni siquiera en un radio de 50 pies del almacén o arsenal.
3. Deben emplearse herramientas fabricadas con madera o con algún otro material no metálico para abrir las cajas o barriles o cualesquiera otra vasija en que se encuentre contenido un explosivo. Nunca deben emplearse herramienta metálicas.
4. Los explosivos y detonantes que se les den a los obreros deberán colocarse en receptáculos aislados independientes, equipados con tapas construidas y sujetas de tal manera que no se puedan abrir accidentalmente durante el transporte.
5. No deberá permitirse a ninguna persona, excepto al operario viajar con los explosivos o detonantes cuando estén siendo transportados en un tiro, túnel, o cualquier otra obra subterránea.

### *Almacenamiento de explosivos.*

Los explosivos y los detonantes deben depositarse separadamente en almacenes independientes, secos, ventilados, a prueba de balas y resistente al fugo, alejados de otros edificios, vías de ferrocarril, y carreteras. La Tabla Americana de Distancias proporciona las distancias de seguridad entre otros edificios, vías de ferrocarril y carreteras, para cantidades variables de explosivos y detonantes.

Una bodega para el almacenamiento de explosivos debe estar construida de tal manera que se evite el congelamiento del explosivo durante largos períodos de tiempo en climas fríos. Si el explosivo se congela, deberá descongelarse antes de utilizarlo, ya que el peligro de que explote prematuramente es mucho mayor cuando está congelada.

## **Tema 6 - Cuidado del equipo mayor**

### **6.1 Planeación y organización del mantenimiento**

### **6.2 Capacitación**

### **6.3 Importancia económica del mantenimiento**

## **Mantenimiento de equipo**

### **ENSA Equipo Nacional**

Esta empresa cuenta con infraestructura en instalaciones y herramienta especializada suficiente, para atender todas las necesidades en diferentes marcas como son:

CATERPILLAR, GROVER, TEREX, JOHN DEERE, GARNER, DENVER PLANELEC, POTAIN, BARBER GREEN, LINK-BELT, BOMAG, EUCLID, INGERSOLL RAND, COMPACTO, ATLAS COPCO, LIEBHERR, KOMATSU.

Se tiene una capacidad instalada para reparar simultáneamente 100 máquinas mayores, 30 vehículos y 200 máquinas menores, en una superficie de 18,193 m<sup>2</sup> techados y 43,458 m<sup>2</sup> sin techar.

#### ***Clasificación de la maquinaria:***

- Problemas en Nomenclatura, agrupación y clasificación (combinación de números, letras y claves para identificar cada máquina)
- Objetivos de la Clasificación: correcta identificación, uniformizar criterios, mejor control, adecuar programación de utilización y mantenimiento
- Bases para agrupar maquinaria:

- a) Su aplicación o uso específico
  - Carreteras (tractores, compactadores, motoconformadoras)
  - Túneles (perforación, compresoras)
- b) Su diseño o mecanismo base
  - Neumática (Perforadora)
  - Técnica (Caldera)
  - Eléctrica (Generador)
  - Mecánica (Malacate)
- c) Por su mantenimiento

- Mayor (programa en horas trabajadas)
  - Menor (Programa en días trabajados)
  - Vehículos (Programa en km. Recorridos)
- d) Por su rendimiento económico
- Auxiliar
  - General
  - Productivo
- e) Por su manejo en materiales de construcción
- Remoción de materiales (palas, perforadoras)
  - Transporte de material (camiones y escrepas)
  - Tratamiento de materiales (trituradora, cribas)
- f) Por último por la inversión que presentan.

Los servicios que presta ENSA son:

- Taller de reparación de maquinaria para la construcción
- Laboratorio de análisis de aceite (análisis de aceite de las máquinas, estadísticas para determinar las horas de cambio)
- Mantenimiento preventivo a obras
- Inspección y prueba de maquinaria en planta y obras.

### ***Tipos de mantenimiento:***

#### **a) Predictivo**

Se basa fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda. Se utiliza como información lo siguiente:

- Análisis estadístico de vidas útiles de piezas y conjuntos (proporcionados por el fabricante o por la experiencia misma de los usuarios)
- Análisis físico de piezas de desgaste
- Análisis de laboratorio y diagnóstico de campo. Aquí se detectan si el aceite contiene: cobre, cromo, aluminio, hierro silicio, contenido de agua.

Con este mantenimiento se eliminan los siguientes problemas:

- Sustituir en forma rutinaria partes costosas, solo para estar del lado seguro
- Adivinar que tiempo le queda de vida a las diferentes partes del equipo
- Suspender el servicio fuera del programa por fallas imprevistas.

#### **b) Preventivo**

Su característica principal es la de detectar fallas en su fase inicial y corregirlas oportunamente, es decir, incluye todo ajuste de mecanismos, hasta cambio de conjuntos. Su aplicación es menos costosa y consume menor tiempo que el mantenimiento predictivo.

Con este mantenimiento se logra lo siguiente:

- Los trabajos pueden efectuarse en la fecha debida

- Se pueden programar las reparaciones
- Da como resultado un funcionamiento más eficiente del equipo y consecuentemente aumenta la productividad.
- Disminuye el costo por máquina parada
- Evita reparaciones más costosas
- Se incrementa su valor de rescate.

c) Correctivo.

Es el mantenimiento realizados después de la falla, ya sea por síntomas claros y avanzados o por falla total. Este tipo de mantenimiento esta fuera del programa, su ejecución inmediata es imperativo y en ocasiones incosteable, el costo de operación es sumamente elevado, los tiempos de paro del equipo son prolongados.

División del TALLER:

- Departamento de armado I
- Departamento de armado II
- Departamento de compresores
- Departamento de electricidad industrial
- Departamento de vehículos
- Departamento de maquinaria menor
- Departamentos de apoyo
- Compras
- Almacén
- Biblioteca

Para tener un mejor control en las reparaciones se han dividido las áreas de trabajo por especialización, en tres departamentos.

- a) Por tipo de máquina (mayor, menor y vehículos)
- b) Por grupo de máquina (tractores, dragas, cargadores, motoescrepas, grúas, motoconformadoras, retroexcavadoras, etc.)
- c) Por conjuntos y apoyos (motores, sistemas hidráulicos, soldadura, pintura)

#### DEPARTAMENTO DE ARMADO I

Funciona como departamento base para el desarmado y armado de máquinas típicas para el movimiento de tierras como son:

- Tractores
- Cargadores
- Motoconformadoras
- Camiones fuera de carretera.

#### DEPARTAMENTO DE ARMADO II

En este departamento se reparan las máquinas especializadas en excavación, perforación, trituración, compactación, pavimentación y montaje como son:

- Retroexcavadoras s/neumáticos
- Retroexcavadoras s/orugas

- Perforadoras rotatorias
- Trituradoras
- Compactadores
- Pavimentadoras y plantas de asfalto
- Grúas hidráulicas
- Dragas.

#### DEPARTAMENTO DE COMPRESORES

Su función es reparar grupos estacionarios y portátiles de todas las capacidades.

#### DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD INDUSTRIAL.

En este departamento se reparan las unidades generadoras y tableros de plantas de luz, sirviendo como apoyo para las reparaciones de motores eléctricos y tableros de otro tipo de máquinas.

#### DEPARTAMENTO DE VEHÍCULOS

Especializado en la reparación de unidades como:

- Plataformas sin camión
- Camión redilas
- Camión pipa
- Revolvedoras sin camión
- Grúas sin camión plataforma
- Camión de volteo
- Plataformas (altas y low-boy)
- Tractocamión
- Equipos de lubricación y lavado sin camión
- Petrolizadora sin camión.

#### DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA MENOR

Se reparan las siguientes máquinas:

- Track drills
- Revolvedores manuales
- Compactadoras de placa
- Vibradores para concreto
- Rompedoras y perforadoras de pavimento
- Bandas de transportación
- Bombas para agua y lodos
- Bombas para concreto
- Malacates.

#### DEPARTAMENTOS DE APOYO

Sirven como soporte de los departamentos base y buscando la especialización, se cuenta con los siguientes departamentos de apoyo:

a) Área de armado de motores. Algunas de las funciones e instalaciones de esta área son las siguientes:

- Armado de cabezas
- Sustitución de guías para válvulas

- Laboratorio diesel
- Reparación de turbocargadores
- Bancos de pruebas y calibración de bombas de inyección
- Bancos de prueba y calibración de inyectores
- Áreas de verificación de motores en dinamómetro
- Panel de control de los dinamómetros

- b) Área de reparación de sistemas hidráulicos
- c) Área de máquinas y herramientas
- d) Área de reconstrucción de tránsitos
- e) Área de soldadura
- f) Área de hojalatería
- g) Área de Sand-Blast
- h) Área de lavado de máquinas
- i) Área de pintura

Con objeto de agilizar la recepción de materiales y refacciones, se cuenta con un amplio almacén, el cual funciona como custodio, verificando precio y calidad antes de entregarlas al área responsable.

Se mantiene un estricto control sobre los residuos peligrosos que maneja como son llantas de las máquinas, baterías, aceites, etc., los cuales los almacena en un área especial para ellos para posteriormente sacarlos o venderlos. Así mismo dentro de las diversas instalaciones se encuentran botes especiales para recolectar dichos residuos.

#### Biblioteca.

Como soporte para la elaboración de pedidos de refacciones y como apoyo técnico en las reparaciones se cuenta con toda la información del fabricante de los equipos como son:

- Catálogos de partes
- Manual del taller
- Manual de operación.

Con esto se garantiza que las refacciones se suministren de acuerdo a la marca, modelo y serie especificada por el fabricante.

#### DIAGNOSTICO Y CONTROL DE CALIDAD.

Una vez que la máquina ha sido reparada se pasa al área de diagnóstico y control de calidad, el cual cuenta con personal capacitado, camionetas de diagnóstico con equipo y herramienta especializada para la revisión, pruebas de operación y verificación de especificaciones de acuerdo a normas del fabricante. Las ventajas del uso del servicio de diagnóstico son:

- Tener presente el estado físico y mecánico del equipo.
- Ser un elemento de juicio para el mantenimiento preventivo
- Detectar fallas potenciales
- Detectar causa de fallas
- Abaratar los costos de rehabilitación, reparando estrictamente los conjuntos dañados.

## LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ACEITE

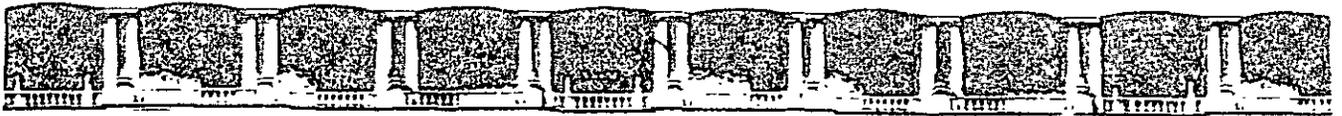
Mediante la utilización de equipo con tecnología de punta se proporciona el servicio de análisis de aceite usado para el monitoreo periódico del equipo, tomando en cuenta los compartimentos más importantes de su maquinaria, como son:

- Motor
- Transmisión
- Sistema hidráulico
- Diferenciales
- Mandos finales.

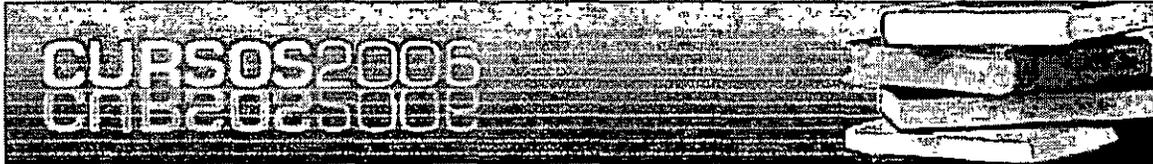
Para otros sistemas o conjuntos, el análisis de aceite está dirigido a satisfacer las necesidades de los usuarios y proporciona información relacionado con fallas que pueden ser ocasionadas por desgaste anormal o presencia de contaminantes. Este programa le ayudará a reforzar el mantenimiento preventivo y predictivo.

Cuando se detectan incrementos en la tendencia de desgaste, generalmente causados por la presencia de contaminantes tales como tierra (silicio), combustible, lacas, lodos, barnices o agua, los que provocan oxidación del aceite, cambios en la viscosidad o variaciones en la reserva alcalina del aceite (TBN), todos problemas potenciales; estos problemas son considerados y reportados en un formato de interpretación por muestra, el cual proporciona la siguiente información:

- Tendencias de desgaste: aceptables, reportables o urgentes
- Estado del aceite
- Recomendaciones de mantenimiento predictivo: Usted recibirá un reporte de interpretación de análisis de aceite por cada conjunto que muestre periódicamente en su equipo y los resultados individuales irán apareciendo en los formatos para que controle la tendencia de desgaste del conjunto y lleve su historia.



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA



# CURSOS ABIERTOS

## EXCAVACIONES Y TERRACERIAS CA 43

TEMA

CAMIÓN DE VOLTEO

**EXPOSITOR: ING. JOSÉ LUIS ESQUIVEL ÁVILA**  
**DEL 16 AL 20 DE OCTUBRE DE 2006**  
**PALACIO DE MINERÍA**

## Camión de volteo 7 m<sup>3</sup>



## Sistema de Precios Unitarios y Presupuesto

### ANALISIS DE PRECIOS

Básico	C156AE (HR)	CAMIÓN DE VOLTEO DINA 7M GRAVA	ACTIVA	INACTIVA	RESERVA
===== DATOS GENERALES =====					
PAD	Precio de Adquisición	\$ 36,514.44	VE	Fecha de Cotización	
EQAD	Equipo Adicional	\$ -	HA	Vida Económica	12000 hrs.
LLAN	Llantas	\$ 1,528.86	MOTOR	Horas al año	2400 hrs.
VA	Valor Inicial = PAD + EQAD - LLAN =	\$ 34,985.58	FO	DIESEL	175 HP
	36514.44 + 0.00 - 1528.66		PO	Potencia de Operación	75%
VR	Valor de Rescate	\$ 3,498.56	Q	Factor de Operación	131.25 HP op.
POVR	Porcentaje de valor de Rescate	% 10.00	PC	Factor de mantenimiento	2.29
INTE	Tasa de Intereses	% 26.90	PAM	Precio Combustible	\$ 0.39
SEGU	Prima de Seguros	% 3.00	C	Precio aceite motor	\$ 2.13
HV	Vida Económica de llantas	1500 hrs.	COMB	Capacidad Carter	18 lts
VLL	Valor de Llantas	\$ 1,528.86	CMLU	Combustible	0.15 Lts/HP-hr
MANT	Mantenimiento	% 229	LUBR	Cambio de Lubricante	150 hrs
				Lubricante	0.00026 Lts/HP-hr
===== CARGOS FIJOS =====					
D	Depreciación = (VA - VR) / VE =	(34985.58 - 3498.56) / 12000.00 =		\$ 2.62	
I	Inversión = INTE x (VA + VR) / (2 x HA) =	0.27 x (34985.58 + 3498.56) / (2 x 2400.00) =		\$ 2.16	
S	Seguros = SEGU x (VA + VR) / (2 x HA) =	0.03 x (34985.58 + 3498.56) / (2 x 2400.00) =		\$ 0.24	
M	Mantenimiento = QD =	2.62 x 2.29 =		\$ 6.00	
<b>TOTALES CARGOS FIJOS POR HORA</b>				<b>\$ 11.02</b>	
===== CONSUMOS =====					
E	Combustible = PO x COMB x PC =	131.25 x 0.15 x 0.39		\$ 7.74	
L	Lubricante = (PO x LUB + C / CMLU) x PAM =	(131.25 x 0.00026 + 18 / 150) x 2.13		\$ 0.26	
LL	Llantas = VLL / HV =	1528.86 / 1500.00		\$ 1.02	
<b>TOTALES CONSUMOS POR HORA</b>				<b>\$ 9.02</b>	
<b>COSTO DIRECTO HORA-MÁQUINA (HMD)</b>				<b>\$ 20.04</b>	
(VEINTE U.S. DOLARES 04/100)					

Cotización tomada: 1 dólar - 9.6 pesos

## Cargador de 2.75 yardas<sup>3</sup>



## Sistema de Precios Unitarios y Presupuesto

### ANALISIS DE PRECIOS

Básico	A223T (HR)	CARGADOR NEUM CAT 928F	ACTIVA	INACTIVA	RESERVA
===== DATOS GENERALES =====					
PAD	Precio de Adquisición	\$ 100,712.85		Fecha de Cotización	
EQAD	Equipo Adicional	\$ -	VE	Vida Económica	9680 hrs.
LLAN	Llantas	\$ 2,304.69	HA	Horas al año	2640 hrs.
VA	Valor Inicial = PAD + EQAD - LLAN =	\$ 98,408.16	MOTOR:	DIESEL	120 HP
	36514.44 + 0.00 - 2304.69		FO	Factor de Operación	75%
VR	Valor de Rescate	\$ 19,681.63	PO	Potencia de Operación	90 HP op.
POVR	Porcentaje de valor de Rescate	% 20.00	Q	Factor de mantenimiento	1.45
INTE	Tasa de Intereses	% 26.90	PC	Precio Combustible	\$ 0.39
SEGU	Prima de Seguros	% 3.00	PAM	Precio aceite motor	\$ 2.13
HV	Vida Económica de llantas	1500 hrs	C	Capacidad Carter	15 lts
VLL	Valor de Llantas	\$ 2,304.69	COMB	Combustible	0.15 Lts/HP-hr
MANT	Mantenimiento	% 145	CMLU	Cambio de Lubricante	150 hrs
			LUBR	Lubricante	0.00026 Lts/HP-hr
===== CARGOS FIJOS =====					
D	Depreciación = (VA - VR) / VE =	(98408.16 - 19681.63) / 9680.00 =		\$ 8.13	
I	Inversión = INTE x (VA + VR) / (2 x HA) =	0.27 x (98408.16 + 19681.63) / (2 x 2640) =		\$ 6.02	
S	Seguros = SEGU x (VA + VR) / (2 x HA) =	0.03 x (98408.16 + 19681.63) / (2 x 2640) =		\$ 0.67	
M	Mantenimiento = QD =	1.45 x 8.13 =		\$ 11.79	
<b>TOTALES CARGOS FIJOS POR HORA</b>				<b>\$ 26.61</b>	
===== CONSUMOS =====					
E	Combustible = PO x COMB x PC =	90 x 0.15 x 0.39		\$ 5.31	
L	Lubricante = (PO x LUB + C / CMLU) x PAM =	(90 x 0.00026 + 18 / 150) x 2.13		\$ 0.26	
LL	Llantas = VLL / HV =	2304.69 / 1500.00		\$ 1.54	
<b>TOTALES CONSUMOS POR HORA</b>				<b>\$ 7.11</b>	
<b>COSTO DIRECTO HORA-MÁQUINA (HMD)</b>				<b>\$ 33.72</b>	

**NOTA: Todas las cantidades se encuentran en dólares.**  
 Cotización tomada: 1 dólar - 9.60 pesos

## Cargadores de ruedas

## Especificaciones

						
MODELO	914G		924F		928F	
Potencia en el volante	87 kW	90 hp	78 kW	105 hp	89,5 kW	120 hp
Modelo de motor	3054T		3114T		3116T	
Clasificación de RPM del motor	2200		2400		2400	
Calibre	100 mm	3,94"	105 mm	4,13"	105 mm	4,13"
Carrera	127 mm	5"	127 mm	5"	127 mm	5"
Número de cilindros	4		4		6	
Cilindrada	4,0 L	243 pulg <sup>3</sup>	4,4 L	268 pulg <sup>3</sup>	6,0 L	403 pulg <sup>3</sup>
Velocidades de avance	km/h mph		km/h mph		km/h mph	
1a.	7,0	Bajo 4,3	7,1	4,4	6,8	4,2
2a.	20,0	Bajo 12,4	13,1	8,2	12,0	7,4
3a.	9,0	Alto 5,6	23,6	14,8	21,1	13,1
4a.	35,0	Alto 21,7	38,2	23,9	37,0	22,9
Velocidades de retroceso	km/h mph		km/h mph		km/h mph	
1a.	7,0	Bajo 4,3	7,1	4,4	6,8	4,2
2a.	20,0	Bajo 12,4	13,1	8,2	12,0	7,4
3a.	9,0	Alto 5,6	23,6	14,8	21,1	13,1
4a.	35,0	Alto 21,7	—	—	—	—
Tiempo del ciclo hidráulico, con carga nominal en cucharón:	Segundos		Segundos		Segundos	
Levantamiento	5,8		4,3		6,2	
Descarga	2,1		1,3		1,1	
Descenso libre (vacío)	3,2		2,7		2,3	
Total	10,9		8,3		9,6	
Entrevia	1,80 m	5'11"	1,85 m	6'1"	1,95 m	6'6"
Ancho con neumáticos	2,28 m	7'5"	2,32 m	7'7,7"	2,46 m	8'1"
Espacio libre sobre el suelo	456 mm	18"	318 mm	12,5"	320 mm	12,7"
Capac. del tanque de combustible	150 L	39,8 gal. EE.UU.	157 L	41,5 gal. EE.UU.	200 L	52,8 gal. EE.UU.
Capac. del tanque hidráulico	70 L	18,5 gal. EE.UU.	53 L	14,0 gal. EE.UU.	55 L	14,3 gal. EE.UU.
Capac. del sistema hidráulico (incluyendo el tanque)	100 L	26,4 gal. EE.UU.	77 L	20,3 gal. EE.UU.	100 L	26,4 gal. EE.UU.

## Cargadores de ruedas

## Información sobre rendimiento

● 928F

Tipo de cucharón		Cucharones para excavación			Cucharones para excavación			Dientes para penetración soldados a ras
		Cuchilla empernable	Dientes y segmentos	Dientes	Cuchilla empernable	Dientes y segmentos	Dientes	
Capacidad, colmado (\$)	m <sup>3</sup>	2,0	2,0	1,8	2,1	2,1	2,0	2,0
	yd <sup>3</sup>	2,6	2,6	2,3	2,75	2,75	2,6	2,6
Capacidad, a ras (\$)	m <sup>3</sup>	1,7	1,7	1,6	1,8	1,8	1,7	1,7
	yd <sup>3</sup>	2,25	2,25	2,1	2,4	2,4	2,25	2,25
Ancho (\$)	mm	2549	2549	2549	2549	2549	2549	2549
	pies/pulg	8'4"	8'4"	8'4"	8'4"	8'4"	8'4"	8'4"
Despajo de descarga a 45° a levantamiento máximo (\$)	mm	2736	2631	2631	2736	2631	2631	2623
	pies/pulg	9'0"	8'8"	8'8"	9'0"	8'8"	8'8"	8'7"
Alcance de descarga a levant. máximo, a 45° (\$)	mm	956	1059	1059	956	1059	1059	958
	pies/pulg	3'2"	3'6"	3'6"	3'2"	3'6"	3'6"	3'2"
Alcance a un ángulo de descarga de 45°, despajo de 2130 mm (7'0") (\$)	mm	1410	1453	1453	1410	1453	1453	1345
	pies/pulg	4'7"	4'8"	4'8"	4'7"	4'8"	4'8"	4'5"
Alcance con brazos horizontales y el cucharón a nivel	mm	2182	2329	2329	2182	2329	2329	2284
	pies/pulg	7'2"	7'8"	7'8"	7'2"	7'8"	7'8"	7'6"
Profundidad de excavación (\$)	mm	119	133	133	119	133	133	107
	pulg	4,7"	5,2"	5,2"	4,7"	5,2"	5,2"	4,2"
Longitud total (\$)*	mm	6946	7093	7093	6946	7093	7093	7030
	pies/pulg	22'9"	23'3"	23'3"	22'9"	23'3"	23'3"	23'1"
Altura total (cucharón a levant. máx.) (\$)	mm	4783	4783	4783	4861	4861	4861	4924
	pies/pulg	15'8"	15'8"	15'8"	15'11"	15'11"	15'11"	16'2"
Angulo del cucharón con el suelo a descarga total y levant. máximo		52,9°	52,9°	52,9°	52,9°	52,9°	52,9°	48,1°
Carga límite de equilibrio estático Máquina derecha (\$)	kg	9071	8976	9139	9074	8979	9143	9127
	lb	19.956	19.747	20.106	19.963	19.754	20.115	20.079
Carga límite de equilibrio estático A giro pleno de 40° (\$)	kg	7930	7836	7989	7830	7836	7990	7969
	lb	17.446	17.239	17.576	17.446	17.239	17.578	17.532
Fuerza de desprendimiento (\$)**	kg	10.106	10.057	10.912	10.091	10.042	10.898	11.365
	lb	22.283	22.125	24.006	22.200	22.092	23.971	25.003
Peso en orden de trabajo*	kg	11.089	11.150	11.077	11.089	11.170	11.097	11.148
	lb	24.352	24.530	24.369	24.396	24.574	24.413	24.526
Peso de embarque	kg	10.852	10.933	10.860	10.872	10.953	10.880	10.931
	lb	23.874	24.053	23.892	23.918	24.097	23.936	24.048

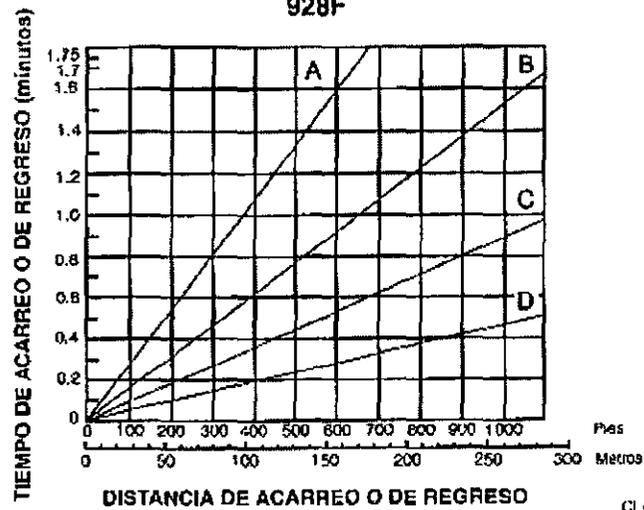
\*La carga límite de equilibrio estático y el peso en orden de trabajo se basan en una máquina estándar con neumáticos 17.5 x 25 (L-2) de 12 toneladas, tanque lleno de combustible, refrigerante, lubricantes y operador.

\*\*Medido 102 mm (4.0") desde el borde de la cuchilla con el pesador de articulación del cucharón como punto fijo, de acuerdo con la norma SAE J732JUN92.

Nota: Las especificaciones y clasificaciones cumplen con todas las normas pertinentes establecidas por la SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices). Las normas SAE J732JUN92 y J742FEB85 que rigen las clasificaciones de cargador están indicadas en el texto con el símbolo (\$).

	Cambio en el peso en orden de trabajo		Cambio en la carga límite articulada de equilibrio estático	
	kg	lb	kg	lb
Neumáticos 15.5-25, 8 toneladas (L-2) y aros	- 79	- 174	- 51	- 112
Neumáticos 15.5-25, 12 toneladas (L-3) y aros	- 19	- 42	- 12	- 26
Neumáticos 15.5-R23, radiales (equivalente a L-2) y aros	- 30	- 66	- 19	- 42
Neumáticos 15.5-R25, radiales (equivalente a L-3) y aros	+ 52	+ 137	+ 41	+ 90
Neumáticos 17.5-25, 12 toneladas (L-2) y aros	0	0	0	0
Neumáticos 17.5-R25, radiales (equivalente a L-2) y aros	+ 46	+ 101	+ 31	+ 68
Neumáticos 17.5-R25, radiales (equivalente a L-3) y aros	+ 166	+ 368	+ 109	+ 240

928F



CLAVE

- A — 1a. Avance y retroceso
- B — 2a. Avance y retroceso
- C — 3a. Avance y retroceso
- D — 4a. Avance

NOTA: El tiempo de maniobras, carga y descarga debe añadirse al tiempo de viaje para obtener el tiempo del ciclo

## Motoescrepa de 21 yardas<sup>3</sup>



## Sistema de Precios Unitarios y Presupuesto

### ANALISIS DE PRECIOS

Básico A225K (HR)

MOTOESCREPA CAT 621F 21 YD<sup>3</sup>

===== ACTIVA ===== INACTIVA ===== RESERVA =====

#### DATOS GENERALES

PAD	Precio de Adquisición	\$	386,697.09		Fecha de Cotización.	
EQAD	Equipo Adicional	\$	-	VE	Vida Económica	12000 hrs.
LLAN	Llantas	\$	14,069.21	HA	Horas al año	2640 hrs
VA	Valor inicial = PAD + EQAD - LLAN =	\$	372,627.88	MOTOR:	DIESEL	365 HP
	386697.09 + 0.00 - 14069.21			FO	Factor de Operación	75%
VR	Valor de Rescate	\$	74,525.58	PO	Potencia de Operación	273.75 HP op
POVR	Porcentaje de valor de Rescate	%	20.00	Q	Factor de mantenimiento	1.32
INTE	Tasa de Intereses	%	26.90	PC	Precio Combustible	\$ 0.39
SEGU	Prima de Seguros	%	3.00	PAM	Precio aceite motor	\$ 2.13
HV	Vida Económica de Llantas		2250 hrs.	C	Capacidad Carter	38 lts
VLL	Valor de Llantas	\$	14,069.21	COMB	Combustible	0.15 Lts/HP-hr
MANT	Mantenimiento	%	132	CMLU	Cambio de Lubricante	150 hrs
				LUBR	Lubricante	0.00026 Lts/HP-hr

#### CARGOS FIJOS

D	Depreciación = (VA - VR) / VE =	(372627.88 - 74525.58) / 12000 =	\$ 24.84
I	Inversión = INTE x (VA + VR) / (2 x HA) =	0.27 x (372627.88 + 74525.58) / (2 x 2640) =	\$ 22.78
S	Seguros = SEGU x (VA + VR) / (2 x HA) =	0.03 x (372627.88 + 74525.58) / (2 x 2640) =	\$ 2.54
M	Mantenimiento = QD =	1.32 x 24.84 =	\$ 32.79

#### TOTALES CARGOS FIJOS POR HORA

\$ 82.95

#### CONSUMOS

E	Combustible = PO x COMB x PC =	273.75 x 0.15 x 0.39	\$ 16.14
L	Lubricante = (PO x LUB + C / CMLU) x PAM =	(273.75 x 0.00026 + 38 / 150) x 2.13	\$ 0.69
LL	Llantas = VLL / HV	14069.21 / 2250	\$ 6.25

#### TOTALES CONSUMOS POR HORA

\$ 23.08

COSTO DIRECTO HORA-MÁQUINA (HMD)

\$ 106.03

(CIENTO SEIS U.S. DOLARES 03/100)

\*\*\*\* Los costos se encuentran en dólares. Cotización tomada: 1 dólar - 9.6 pesos

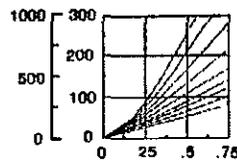
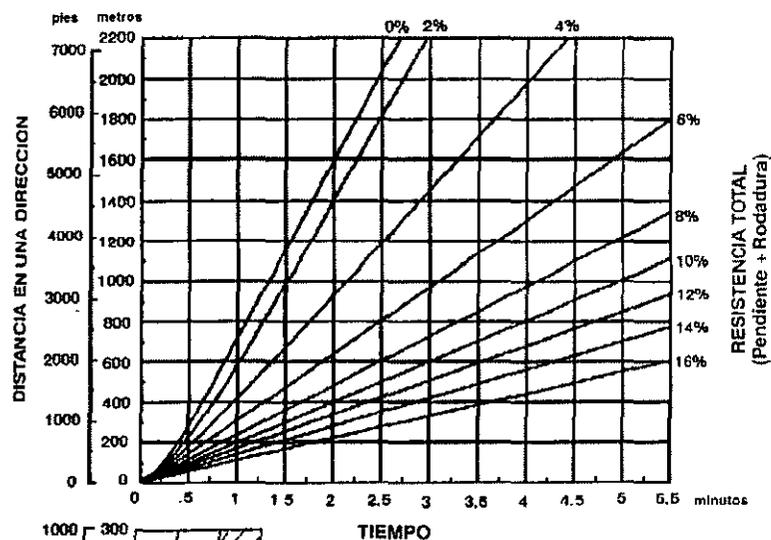
Tiempo de desplazamiento de la 621F con sinfín — Cargada  
 • Neumáticos 33.25-29

Mototrallas



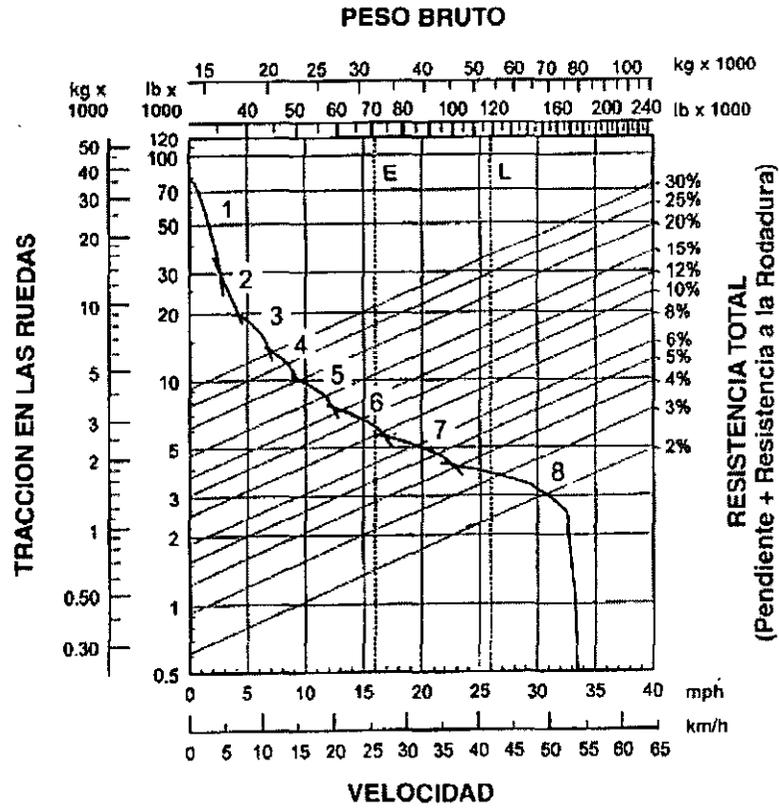
MODELO	621F	
Potencia en el volante: Tractor	272 kW	365 hp
Peso aprox. en orden de trabajo (vacía)◀	37.762 kg	83.250 lb
Capacidad de la trailla (colmada)	15,96 m <sup>3</sup>	21 yd <sup>3</sup>
Carga nominal	21.775 kg	48.000 lb
Peso en orden de trabajo (cargada)	57.950 kg	127.750 lb
ACCESORIO SINFIN		
Diámetro del sinfín	1320 mm	52"
RPM del sinfín	Variable 55 a 35 RPM	
Potencia del sinfín	149 kW	200 hp
Flujo hidráulico	273 L/min	72 gal/min
Flujo de enfriamiento	—	
Prestión del sistema	41.370 kPa	6000 lb/pulg <sup>2</sup>
Control del sinfín	electrónico	

CARGADA

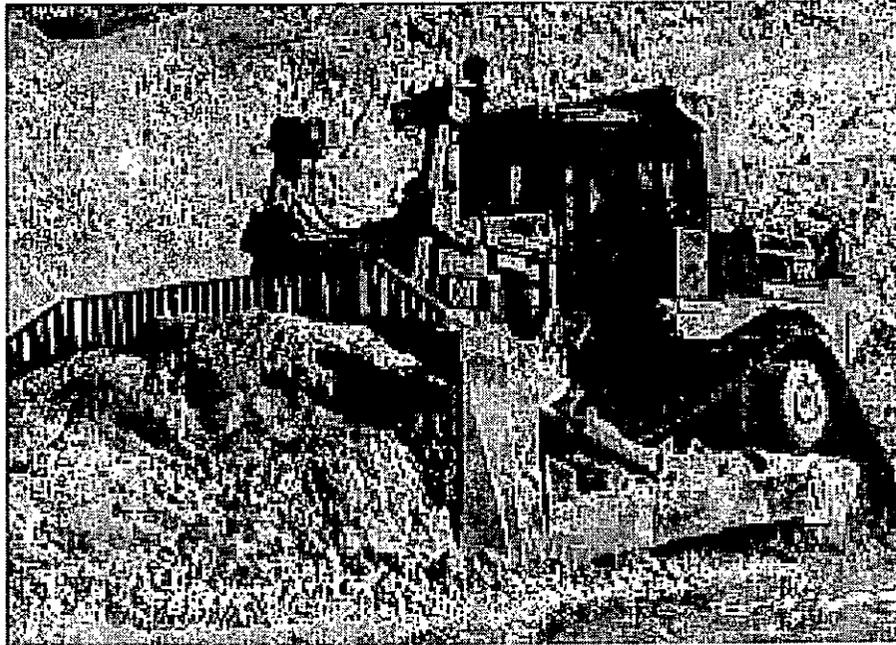


Peso vacío del vehículo: 37.762 kg (83.250 lb)  
 Carga útil: 21.775 kg (48.000 lb)

Tracción en las ruedas - Velocidad -  
 Rendimiento en Pendiente de la 621F  
 • Neumáticos 33.25-29



# Tractor



**Sistema de Precios Unitarios y Presupuesto**  
**ANALISIS DE PRECIOS**

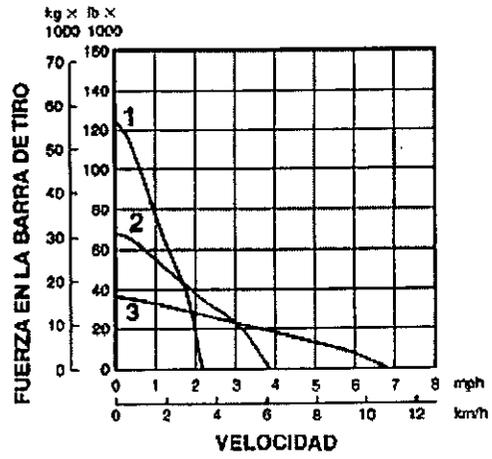
Básico	A740S	(HR)	TRACTOR/ORU CAT DBR 37029K		ACTIVA	INACTIVA	RESERVA
===== DATOS GENERALES =====							
PAD	Precio de Adquisición	\$	322,569.29		Fecha de Cotización:		
EQAD	Equipo Adicional	\$	-	VE	Vida Económica	9750 hrs	
LLAN	Llantas	\$	-	HA	Horas al año	2640 hrs.	
VA	Valor inicial = PAD + EQAD - LLAN =	\$	322,569.29	MOTOR	DIESEL	305 HP	
	38514.44 + 0.00 - 0.00			FO	Factor de Operación	75%	
VR	Valor de Rescate	\$	64,513.86	PO	Potencia de Operación	228.75 HP op	
POVR	Porcentaje de valor de Rescate	%	20.00	Q	Factor de mantenimiento	1.47	
INTE	Tasa de Intereses	%	28.90	PC	Precio Combustible	\$ 0.39	
SEGU	Prima de Seguros	%	3.00	PAM	Precio aceite motor	\$ 2.13	
HV	Vida Económica de Llantas	0 hrs.		C	Capacidad Carter	32.5 lts	
VLL	Valor de Llantas	\$	-	COMB	Combustible	0.15 Lts/HP-hr	
MANT	Mantenimiento	%	147	CMLU	Cambio de Lubricante	150 hrs	
				LUBR	Lubricante	0.00026 Lts/HP-hr	
===== CARGOS FIJOS =====							
D	Depreciación = (VA - VR) / VE =		(322569.29 - 64513.86) / 9750.00 =		\$	26.47	
I	Inversión = INTE x (VA + VR) / (2 x HA) =		0.27 x (322569.29 + 64513.86) / (2 x 2640) =		\$	19.72	
S	Seguros = SEGU x (VA + VR) / (2 x HA) =		0.03 x (322569.29 + 64513.86) / (2 x 2640) =		\$	2.20	
M	Mantenimiento = QD =		1.47 x 26.47 =		\$	38.91	
<b>TOTALES CARGOS FIJOS POR HORA</b>						<b>\$ 87.30</b>	
===== CONSUMOS =====							
E	Combustible = PO x COMB x PC =		228.75 x 0.15 x 0.39		\$	13.48	
L	Lubricante = (PO x LUB + C / CMLU) x PAM =		(228.75 x 0.00026 + 32.5 / 150) x 2.13		\$	0.59	
<b>TOTALES CONSUMOS POR HORA</b>						<b>\$ 14.07</b>	
<b>COSTO DIRECTO HORA-MÁQUINA (HMD)</b>						<b>\$ 101.37</b>	
(CIENTO UNO U.S. DOLARES 37/100)							

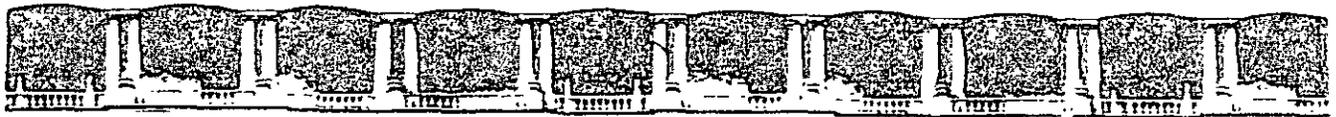
**NOTA: Todas las cantidades se encuentran dólares.**  
**Cotización tomada: 1 dólar - 9.60 pesos**



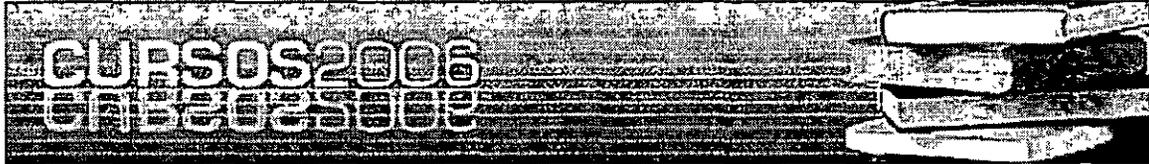
MODELO	D7H LGP Serie II		D8R	
	Potencia en el volante	171 kW	230 hp	228 kW
Peso en orden de trabajo* (Con servotransmisión)	27 065 kg	59.700 lb	—	
(Servotransmisión con dirección de diferencial)	27 364 kg	60.300 lb	37.029 kg	81.534 lb
Modelo de motor	3308		3406C	
RPM del motor	2100		2100	
Número de cilindros	6		6	
Calibre	121 mm	4,75"	137 mm	5,4"
Carrera	152 mm	6"	165 mm	6,5"
Cilindrada	10,5 L	638 pulg <sup>3</sup>	14,6 L	893 pulg <sup>3</sup>
Rodillos inferiores (cada lado)	7		8	
Ancho de zapata estándar	914 mm	36"	560 mm	22"
Largo de cadena en el suelo	3,16 m	125"	3,21 m	10'6"
Área de contacto con el suelo (con zapata estándar)	5,76 m <sup>2</sup>	8960 pulg <sup>2</sup>	3,57 m <sup>2</sup>	5544 pulg <sup>2</sup>
Entrejea	2,24 m	88"	2,08 m	6'10"
<b>DIMENSIONES PRINCIPALES:</b>				
Altura (parte superior desguarnecida)**	2,74 m	9'0"	2,67 m	8'9"
Altura (incluye ROPS)	—		3,51 m	11'6"
Altura (incluye toldo ROPS)	3,53 m	11'7"	3,51 m	11'6"
Altura (incluye cabina ROPS)	3,58 m	11'9"	3,45 m	11'3"
Longitud total (con Hoja SU)***	—		6,39 m	21'0"
(sin hoja)	—		4,93 m	16'2"
Longitud total (con Hoja P)	5,81 m	19'1"	—	
(sin hoja)	4,74 m	15'6"	—	
Longitud total (con Hoja S)	—		—	
(sin hoja)	—		—	
Ancho (con muñón)	3,37 m	11'1"	3,05 m	10'
Ancho (sin muñón — con zapatas estándar)	3,15 m	10'4"	2,7 m	8'9"
Ancho (con zapatas estándar)	—		—	
Espacio libre sobre el suelo	496 mm	19,5"	606 mm	23,0"
Tipos y anchos de hoja:				
Recta	4,49 m	14'9"	—	
Orientable recta	—		4,98 m	16'4"
Universal	—		4,26 m	14'0"
Semuniversal	—		3,94 m	12'11"
Capacidad de llenado del tanque de combustible	479 L	127 gal. EE.UU.	625 L	165 gal.   4 EE.UU.

'D8R  
D8R LGP





FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA



# CURSOS ABIERTOS

## EXCAVACIONES Y TERRACERIAS CA 43

TEMA  
GLOSARIO

**EXPOSITOR: ING. JOSÉ LUIS ESQUIVEL ÁVILA**  
**DEL 16 AL 20 DE OCTUBRE DE 2006**  
**PALACIO DE MINERÍA**

# Glosario

## **Correo electrónico:**

El correo electrónico es un medio para enviar mensajes a través de la red mundial Internet. Como su nombre lo indica, se puede considerar una evolución del correo tradicional en el que para enviar una carta no se necesita comprar una estampilla y esperar varios días o semanas para que llegue a su destinatario. La información a través de la red viaja a gran velocidad, en ocasiones es común que llegue el mensaje inmediatamente después de haber sido enviado, sin embargo, otras veces tarda un poco debido a tráfico en la red, política de uso de algunas computadoras intermedias o fallas temporales en la red.

## **Generación de alternativas:**

Supongamos que voy a cortar una ladera para formar un terraplén. Puedo utilizar tractor, motoescraper, pala y camiones, draga y camiones, motoconformadora con cargador lateral mas equipo de acarreo etc. Además pudiera convenir una combinación de diversos equipos de carga y acarreo. Tendría que definir diversos tamaños de los equipos mencionados, etc.

Para facilidad puedo formar un árbol con las diferentes combinaciones para después analizar los costos de cada alternativa, tal y como se indican abajo.

## **Internet:**

Internet es una red mundial de computadoras. A esta red se puede ingresar desde cualquier computadora con conexión a la línea telefónica (desde el hogar o la oficina) o bien, con una conexión directa a un servidor enlazado a Internet (en las universidades o negocios).

## **Intranet:**

Intranet es una red local que utiliza los mismos protocolos e interfaces que Internet, pero no tiene salida hacia la red mundial, esto es, enlaza únicamente a las personas dentro de un mismo negocio, oficina o escuela.

## **Variables aleatorias:**

Si a un valor de una variable  $x$ , corresponden varios valores de la variable  $y$ , estamos ante una variable aleatoria, ya que no existe una relación biunívoca entre las variables " $x$ " y " $y$ ".

Evidentemente en una obra de construcción no se puede definir con exactitud el costo, que depende de variables aleatorias, como costo del transporte, habilidad del obrero, disponibilidad del equipo, condiciones atmosféricas, etc.

El ingeniero se encuentra generalmente con variables aleatorias, como son las cargas sobre una estructura, que dependen del destino o uso de la estructura y de una serie de imponderables, como vientos, sismos etc.

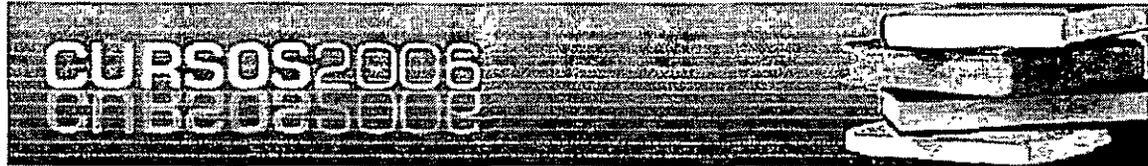
Algunas veces se tienen que analizar las variables aleatorias para conocer su comportamiento, en otras se toma un valor tal, que tiene probabilidades de ocurrir, aunque sean pequeñas o a largo plazo ; por ejemplo en el diseño de una tubería para conducir el agua el coeficiente de rugosidad se considera como si la tubería tuviera muchos años de uso y la resistencia al paso del agua fuera muy grande, esto es se prevé una  $Q$  que al principio será mayor que la de diseño.

En otros casos se toma un valor muy grande, también de manera que la probabilidad de ocurrencia de valores mayores sea muy pequeña, así si queremos calcular una estructura consideramos una envolvente de cargas tal que produzca valores en los esfuerzos dentro de la seguridad.

En el caso de los costos, lo usual es considerar los valores más probables, ya que, el presupuesto de una obra se obtiene normalmente por la combinación de gran número de costos analizados en forma separada.



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA



# CURSOS ABIERTOS

EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

CA-43



TEMA

REGLAMENTACIÓN MUNICIPAL

**EXPOSITOR: ING. JOSÉ LUIS ESQUIVEL ÁVILA**  
**DEL 16 AL 20 DE OCTUBRE DE 2006**  
**PALACIO DE MINERÍA**

## REGLAMENTO PARA LA EXCAVACION, EXTRACCION Y NIVELACION DE TERRENOS EN EL MUNICIPIO DE TIJUANA

Publicado en el Periódico Oficial No. 26, sección I, de fecha 25 de junio de 1993, tomo C.

### CAPITULO PRIMERO DISPOSICIONES GENERALES

ARTICULO 1.- OBJETO.- Es propósito de este Reglamento salvaguardar la vida, bienes, y bienestar públicos fijando normas para regular la excavación, extracción y nivelación de terrenos públicos y privados.

ARTICULO 2.- ALCANCE.- Este Reglamento es de aplicación general en el Municipio de Tijuana, B.C., quedando sujetos a sus disposiciones todas las personas físicas o morales, públicas o privadas, que realicen trabajos de excavación, nivelación y construcción de terracerías dentro del Municipio.

ARTICULO 3.- NORMATIVIDAD.- El presente Reglamento fija las reglas y normas a que deberán sujetarse los trabajos de excavación, nivelación y construcción de terracerías, incluyendo rellenos y terraplenes; establece los procedimientos administrativos para la expedición de las respectivas licencias, preveé aprobación de planos y proyectos, así como la inspección y supervisión de trabajos relativos a cualquier movimiento de tierra.

ARTICULO 4.- REQUISITO DE LICENCIA.- Es obligatoria la obtención previa de licencia, ante la Dirección de Planeación del Desarrollo Urbano y Ecología, para efectuar trabajos de nivelación de terrenos, extracción de material y movimientos de tierra en general, exceptuándose los siguientes casos:

I).- Nivelación en zona aislada, integrada si no existe peligro aparente para propiedades públicas o privadas.

II).- Excavaciones bajo el nivel de piso para sótanos y cimentaciones de un edificio, muros de contención u otra estructura autorizada mediante una licencia debidamente expedida (fosas, letrinas, etc.). Esta excepción no incluye los rellenos realizados con material procedente de tal excavación ni las excavaciones que tengan una altura libre no

apoyada superior a 1.50 m. al terminarse la estructura.

III).- Excavación de fosas en los cementerios.

IV.- Sitios de disposición de residuos sólidos que estén previamente autorizados, bajo normas o reglamentos diversos.

V).- Excavaciones para pozos, túneles y acometidas para servicios públicos.

VI.- Excavaciones exploratorias o sondeos realizadas por instituciones públicas, bajo la supervisión de ingenieros de suelos o ingenieros geólogos.

VII).- Excavaciones que tengan menos de 0.60 m. de profundidad o no generen taludes en corte mayores de 1.50 m. de altura y con pendiente mayor de 1 a 1.5 m.

VIII).- Rellenos con espesor menor de 0.60 m. colocados sobre terreno natural con pendiente menor que 5 horizontal por uno vertical o menor de 1.00 m. si no se prevé que deberá soportar estructuras y que no exceda de 40 m<sup>3</sup> en un lote dado y que no obstruya un cauce de drenaje natural.

ARTICULO 5.- RIESGOS.- Cuando a juicio de la autoridad, cualquier excavación, relleno o terraplen existente en terrenos públicos o privados, llegue a constituir en riesgo para la salud, la vida o ponga en peligro bienes o afecte en forma adversa la seguridad, uso o estabilidad de una vía pública o canal de desagüe, el propietario del terreno en que se ubique tal excavación o relleno o la persona o agente que tenga el control o administración de tal bien, tiene la obligación de reparar o eliminar tal excavación o relleno.

Al efecto la dirección, girará orden escrita en la que especifique las causas del riesgo, las medidas a tomar para eliminarlo y el plazo que se concede para ello.

ARTICULO 6.- DEFINICIONES.- Para los efectos de este reglamento son aplicables las siguientes definiciones:

I.- AUTORIDAD: El Presidente Municipal, el Director de Planeación del Desarrollo Urbano y Ecología, el Director de Obras y Servicios Públicos y el Director del Departamento de Reglamentos Municipal.

II.- BANCO: Es un escalón relativamente plano excavado en el terreno sobre el cual ha de colocarse un relleno.

III.- CERTIFICACION: Se entiende como una opinión escrita sobre el avance y terminación del trabajo, dada desde el punto de vista de ingeniería y/o geología y expedida por la autoridad.

IV.- COMPACTACION: Incremento de densidad de un relleno por medios mecánicos.

V.- DIRECCION: La Dirección de Planeación del Desarrollo Urbano y Ecología.

VI.- EROSION: Es el desgaste de la superficie de la tierra como resultado del movimiento del viento, agua y/o hielo.

VII.- EXCAVACION: Es la remoción de material del terreno por medios

mecánicos.

VIII.- INGENIERIA CIVIL: Es la aplicación del conocimiento de las fuerzas de la naturaleza, principios de mecánica y de las propiedades de los materiales a la evaluación, diseño y construcción de obras civiles para uso en beneficio de la humanidad.

IX.- INGENIERIA GEOLOGICA: Es la aplicación de los conocimientos y principios geológicos a la investigación y evaluación de las formaciones naturales de roca y suelo para su uso en el diseño de obras civiles.

X.- INGENIERIA TOPOGRAFICA: Es la aplicación de los conocimientos del estudio del terreno natural para la elaboración y diseño de terracerías y proyecto urbano con resultados definitivos para el desplante de las obras civiles.

XI.- INGENIERO TOPOGRAFICO.- Es un ingeniero profesional debidamente titulado con cédula profesional y registrado para ejercer en el Estado todo lo relacionado con el proyecto planimétrico y altimétrico que involucra la superficie de la tierra y los movimientos que en ella se generen.

XII.- INGENIERIA DE SUELOS: Significa la aplicación de los principios de la mecánica de suelos a la investigación, evaluación y diseño de obras civiles que involucren el uso de materiales de tierra y la inspección y ensaye de las construcciones resultantes.

XIII.- INGENIERO CIVIL: Es un ingeniero profesional debidamente titulado y registrado en el Municipio, para ejercer en el campo de las obras civiles.

XIV.- INGENIERO GEOLOGO: Se entiende como el profesional de la geología titulado, registrado en el Municipio y debidamente familiarizado y versado en problemas de geo-ingeniería.

XV.- INGENIERO DE SUELOS: Es un ingeniero civil con experiencia y conocimientos especializados en el área y práctica de la ingeniería de suelos.

XVI.- LLAVE: Es un relleno compactado según diseño colocado en una trinchera excavada en el terreno bajo el pie de talud de un relleno propuesto.

XVII.- NIVEL: Significa la localización vertical de la superficie del terreno.

XVIII.- NIVEL EXISTENTE: Es el que tiene el terreno antes de iniciar los trabajos de nivelación.

XIX.- NIVEL GRUESO: Es el que se alcanza cuando se obtiene una rasante que se aproxima a la que establecen los planos de proyecto aprobados.

XX.- NIVEL TERMINADO: Es el que señalan los planos autorizados como definitivo.

XXI.- NIVELACION: Es la condición de la rasante que se obtiene a la terminación de los trabajos de nivelación, pendiente: es una extensión de terreno inclinada, cuya inclinación se expresa como la relación de distancia horizontal a distancia vertical.

XXII.- PRESTAMO: Es material de suelo obtenido fuera del sitio para emplearlo en la nivelación de este. Roca de fondo: Es la roca sólida del lugar.

XXIII.- SITIO: Es cualquier lote o parcela de terreno o combinación contigua de

ellos, de un mismo propietario, en el que se realiza o autoriza un trabajo de nivelación.

XXIV.- SUELO: Es el depósito superficial natural que se encuentra sobre la roca de fondo.

XXV.- TERRAPLEN: Es un depósito de material de suelo colocado por medios artificiales.

XXVI.- TERRAZA: Es un escalón sensiblemente horizontal construido en la cara o frente de la superficie de un talud para efectos de drenaje o mantenimiento.

## CAPITULO SEGUNDO DE LAS ATRIBUCIONES, LICENCIAS, PERMISOS, ESPECIFICACIONES Y REQUISITOS GENERALES

ARTICULO 7.- DE LAS AUTORIDADES: Les corresponde la aplicación del presente Reglamento, al Presidente Municipal, al Director de Planeación del Desarrollo Urbano y Ecología, al Director de Obras y Servicios Públicos Municipales y al Director del Departamento de Reglamentos Municipales.

ARTICULO 8.- FACULTADES: Las Autoridades señaladas en el artículo anterior, tendrán las siguientes atribuciones:

I.- Conceder, negar, prorrogar o en su caso cancelar, la licencia a que se contrae el contenido del artículo cuarto, del presente reglamento.

II.- Vigilar, por medio de inspectores el cumplimiento del presente reglamento.

III.- Requerir la exhibición de documentos relativos a la obra, así como expedir citatorios y requerimientos, para que el responsable o propietario de la obra, acredite estar al corriente con las exigencias que el presente reglamento prevé.

IV.- Aplicar las sanciones que correspondan con motivo de las infracciones al presente Reglamento, en los términos del capítulo respectivo.

V.- En lo relativo a citatorios, requerimientos, actas e inspecciones que se realicen para verificar el cumplimiento de las disposiciones contenidas en este reglamento, los inspectores habilitados por la autoridad, estarán investidos de fe pública.

ARTICULO 9.- REQUISITOS PARA LICENCIA.- Salvo las excepciones señaladas en el artículo 4to., toda persona que pretenda realizar trabajos de nivelación, deberá antes de iniciarlos obtener licencia de la dirección. Se requiere permiso diverso y por separado para cada sitio, aún cuando cada permiso puede autorizar trabajos de excavación y/o de terraplen.

ARTICULO 10.- SOLICITUD: Para obtener una licencia, el solicitante presentará solicitud escrita, en forma preparada expofeso en la que se señalarán los siguientes requisitos:

I.- Se identificará y describirá el trabajo que deberá amparar la licencia que se

solicita;

II.- Describirá al terreno en el que se propone realizar el trabajo con datos catastrales de lote, manzana, colonia o zona catastral, delegación, número oficial y calle, o en su defecto la información que se requiera para identificar y localizar precisa e inequívocamente el predio en que ha de realizarse el trabajo;

III.- Indicará el uso que se pretende dar al predio que se va a mejorar;

IV.- Se acompañarán los planos y especificaciones que señala el artículo 11, del presente reglamento.

V.- Señalará el valor del trabajo propuesto;

VI.- La solicitud deberá ser firmada por el propietario del predio o su representante legal y el profesional responsable del trabajo.

VII.- Cualquier dato adicional o información complementaria que dentro de lo razonable, juzgue pertinente la dirección de planeación del desarrollo urbano y ecología.

VIII.- Cuantificación de los volúmenes a manejar.

IX.- Título de propiedad, o poder bastante y suficiente para efectuar los trabajos solicitados, otorgado por el propietario legal del predio de que se trate.

X.- Constancia suficiente de que el predio se encuentra al corriente en el cumplimiento de sus obligaciones fiscales ante el Municipio.

ARTICULO 11.- PLANOS Y ESPECIFICACIONES: Cuando la dirección, lo requiera, cada solicitud deberá acompañarse de tres juegos de planos, especificaciones y de información de apoyo en la forma de informes de ingeniería de suelos y geo-ingeniería. Los planos y especificaciones deberán prepararse por un ingeniero civil perito responsable, debidamente registrado ante la Dirección y firmados por el.

ARTICULO 12.- INFORMACIÓN EN PLANOS Y ESPECIFICACIONES: Los planos se dibujarán a escala, sobre tela o papel de calidad adecuada y tendrán la suficiente claridad para indicar la naturaleza y extensión del trabajo propuesto y mostrarán en detalle que se satisficieron las disposiciones de este reglamento y de todas las Leyes, reglamentos y normas vigentes aplicables a la materia. La primera página de cada juego de planos contendrá la localización de la obra y el nombre y dirección del propietario y de la persona que los formuló, así como su firma, título, número de cédula profesional y registro de perito.

Los planos incluirán la siguiente información:

A).- Plano de la zona de ubicación, e inmediaciones.

B).- Límites de propiedad y curvas de nivel precisa del terreno original y detalles del terreno y área de drenaje o cuencas hidrológicas.

C).- Dimensiones limitantes, alzados o curvas de nivel que se deban lograr mediante el terraje y los canales de drenaje propuestos y las construcciones que hayan de efectuarse.

D).- Planos detallados de todos los elementos superficiales o subterráneos de drenaje, muros, entubaciones, presas y otros elementos de protección que hayan de construirse con o como parte del trabajo propuesto, junto con un mapa que represente el área o cuenca de drenaje y el gasto estimado del área que haya de servir cualquier dren.

E).- La localización de cualquier edificio o estructura en el predio en el que se realizará el trabajo y la localización de edificios y estructuras en terrenos de propietarios adyacentes, que queden a menos de 5.00 metros del límite de propiedad o que puedan resultar afectadas por los trabajos propuestos.

f).- Las especificaciones deberán contener información que cubra los requisitos de construcción y materiales a emplearse.

g).- Informe de ingeniería de suelos: El informe de ingeniería de suelos a que se refiere el artículo 11, deberá incluir datos relativos a la naturaleza, distribución y resistencia de los suelos existentes, conclusiones y recomendaciones para los métodos de nivelación y criterios de diseño para medidas correctivas cuando sean necesarias, así como opiniones y recomendaciones que cubran la adecuación de los sitios que han de desarrollarse con los trabajos propuestos.

Las recomendaciones incluidas en el informe y aprobadas por la dirección, se incorporarán a los planos o a las especificaciones resultantes.

H).- Informe de ingeniería geológica: El informe de ingeniería geológica a que se refiere el artículo 11, deberá incluir una descripción adecuada de la geología del sitio, conclusiones y recomendaciones sobre el efecto de las condiciones geológicas sobre el trabajo propuesto y opiniones y recomendaciones que cubran la aceptabilidad de los sitios que se obtendrán, con la nivelación propuesta.

Las recomendaciones incluidas en el informe y aprobadas por la dirección, se incorporarán a los planos o a las especificaciones de nivelación.

**ARTICULO 13.- EXPEDICION:** La solicitud, planos y especificaciones presentados por un solicitante para una licencia de movimientos de tierra, serán revisados por la dirección. También podrán ser revisados por otras oficinas del Municipio para verificar que satisfacen lo previsto en las leyes y reglamentos aplicables. Si la dirección considera que el trabajo descrito en la solicitud de licencia y los planos respectivos satisfacen los requisitos de este reglamento y cualquier otro que sea pertinente, una vez que hayan sido cubiertos los derechos de licencia e inspección respectivos, expedirá la licencia correspondiente al interesado.

Cuando la dirección expida la licencia, emitirá un documento en el que se consigne claramente la información a que se refieren las fracciones I, II y III del artículo 10; el nombre del propietario y el del perito responsable, las características generales de la obra, el tiempo de vigencia de la licencia y el de iniciación de trabajos. Así mismo, sellará los planos de proyecto indicando la fecha. Los planos aprobados, copia de los cuales conservará la dirección, no podrán modificarse sin autorización de esta y todo el trabajo deberá realizarse de acuerdo a los planos autorizados.

La dirección podrá exigir que los trabajos se detengan y el diseño del proyecto se modifique, si ocurren retrasos que generen problemas relacionados con el estado del

tiempo, que no hubiesen sido considerados al expedirse el permiso.

ARTICULO 14.- CUOTA DE REVISIÓN.- Por la revisión de planos y proyectos de movimientos de tierra, se causarán los derechos que conforme a la Ley de Ingresos del Municipio, se prevean. Para el caso de excavación y relleno en el mismo sitio los derechos se calcularán sobre la base del volumen de excavación o relleno, cualquiera que sea el mayor. Antes de aceptar los planos y especificaciones para su revisión la dirección de planeación del Desarrollo Urbano y Ecología, se cerciorará que el solicitante haya cubierto los derechos de revisión.

La revisión de planos, para muros de contención y obra de drenaje pluvial cubiertos por otras disposiciones legales, quedará sujeta a derechos diversos a los estipulados con anterioridad y adicionales a ellos. No se cobrarán derechos diversos para los drenes superficiales normales, cunetas y otras obras similares complementarias del trabajo de terraceo.

Los derechos por revisión de planos de obras de movimientos de tierra, para licencias que autoricen trabajos adicionales a los permitidos por una licencia legalmente expedida y en vigor se calcularán como la diferencia entre los que correspondan al volumen del trabajo completo menor lo pagado por la revisión original.

ARTICULO 15.- DERECHOS DE LICENCIA DE NIVELACION: Por cada licencia de nivelación se pagarán los derechos que establezca la Ley de Ingresos del Municipio.

Los derechos por licencias de movimientos de tierra que autoricen prórroga a trabajos autorizados mediante licencia vigente y legalmente expedida, se computarán con base a la diferencia entre los derechos que corresponderían a la obra completa, incluida la ampliación y los que hayan sido cubiertos para la obtención de la licencia existente.

ARTICULO 16.- FIANZAS.- La dirección, podrá exigir fianzas del tipo y por el monto que se juzgue necesario para asegurar que el trabajo, si no se realiza conforme a los planos y especificaciones aprobados, pueda corregirse a fin de eliminar situaciones de riesgo o condiciones peligrosas.

A falta de fianza de garantía, el solicitante podrá depositar garantía en efectivo o vía de instrumento de crédito, en la tesorería municipal por una cantidad igual a la que garantizaría la fianza comercial.

ARTICULO 17.- CORTES EN GENERAL: Salvo recomendación en contrario derivadas del informe de ingeniería de suelos y/o en el de ingeniería geológica aprobados, todos los cortes se ajustarán a las disposiciones de este artículo, conforme a lo siguiente:

I) Pendiente: Los taludes de la superficie de corte no tendrán pendiente mayor que la que se juzgue segura para el uso propuesto, pero en ningún caso se aceptará pendiente superior a 2 horizontal por 1 vertical.

II) Drenaje y terraceo: El drenaje y la construcción de terrazas se ajustará a lo

dispuesto en el artículo 20.

ARTICULO 18.- TERRAPLENES.- La construcción de terraplenes se ajustará a las disposiciones de este artículo, salvo que el informe de ingeniería de suelo aprobado recomiende otras medidas.

En el caso de terraplenes o rellenos menores que no hayan de soportar estructuras o edificios y no existiendo informe de ingeniería, podrán soslayarse estas disposiciones. Todas las demás obras de esta naturaleza, se ajustarán a las siguientes especificaciones:

I.- Localización del terraplen.- Los taludes de terraplenes no podrán construirse sobre taludes naturales con pendiente mayor de 2 a 1, o donde la pata del talud se encuentre a menos de cuatro metros en sentido horizontal de la cresta de taludes de corte existente o proyectados.

II.- Preparación del terreno.- La superficie del terreno se preparará para recibir el terraplén, retirando la vegetación, material de relleno no aprobado, el suelo edafológico y demás materiales inadecuados o deleznable según lo determine el informe de ingeniería de suelo y donde los taludes sean de cinco a uno o mayores, excavando hasta roca de fondo o a otro material adecuado.

III.- Material de relleno.- Se aceptarán suelos que contengan solo cantidades menores de sustancias orgánicas y que no contengan rocas o materiales igualmente irreductibles con diámetro mayor de veinte centímetros, como material para construir terraplenes.

IV.- Compactación.- Todos los rellenos y terraplenes se compactarán a un mínimo del 90 por ciento de su peso volumétrico seco máximo, determinado conforme a la norma SOP 108-104 (prueba [proctor estandar]).

La densidad de campo se determinará de acuerdo a la norma SOP 108-104 (prueba proctor estandar) o su equivalente aprobada por la dirección.

V.- Talud.- La inclinación de las superficies de terraplenes no será mayor que la que se estime segura para el uso propuesto. Los taludes no tendrán pendiente superior a dos horizontal por uno vertical.

VI.- Drenaje y terraceo.- Deberán proveerse drenaje y terraceo en el área arriba del hombro de los taludes. La superficie de las terrazas se nivelarán y pavimentarán conforme lo estipulado por el artículo 20.

ARTICULO 19.- Restricciones.- Los remates y las patas de los taludes de cortes y rellenos deberán retirarse de los límites de propiedad, tanto como sea necesario para la seguridad de las propiedades adyacentes y para evitar daños resultantes de escurrimientos pluviales o de la erosión de los taludes.

Los remates y las puntas de los taludes de cortes y terraplenes, deberán separarse de las estructuras, tanto como sea necesario para obtener un apoyo adecuado en la cimentación y para evitar daños que puedan resultar por escurrimiento de agua o erosión de los taludes.

Salvo que se recomiende otra cosa en el informe de ingeniería de suelos aprobado

y/o en el informe de ingeniería geológica y que se muestre así en los planos de nivelación, las restricciones no serán inferiores a las que se establecen en la siguiente tabla:

**TABLA DE PESOS VOLUMETRICOS Y ANGULOS DE TALUDES NATURALES:**

MATERIAL	PESO VOLUMETRICO	GRADOS
LIMO SECO	1,500	43°
LIMO MOJADO	1,900	22° 30'
TIERRA ARCILLOSA SECA	1,500	40°
TIERRA ARCILLOSA SECA	1,600	45°
TIERRA ARCILLOSA MOJADA	2,000	20°
ARENA FINA SECA	1,600	35°
ARENA Y GRAVILLA MOJADA	1,900	25°
GRAVILLA	1,850	25°
ESCOMBROS MOJADOS	1,800	30°
TIERRA VEGETAL SECA	1,400	40
TIERRA VEGETAL HUMEDA	1,500	45°
TIERRA VEGETAL MOJADA	1,800	30°
		45°
ARCILLA MOJADA	1,900	20°
	2,000	25°

**ARTICULO 20.- DRENAJE Y TERRACEO.-** Salvo que se estipule otra cosa en el plano de nivelación aprobado, las instalaciones de drenaje y el terraceo se ejecutarán de acuerdo lo dispone este artículo, conforme a lo siguiente:

I) Terraza.- Deberán establecerse terrazas de no menos de 1.80 metros a intervalos verticales máximos de 10.00 metros para controlar el drenaje superficial y los escombros. Se proveerá acceso adecuado para permitir la limpieza y mantenimiento de estas terrazas.

Las cunetas o zanjas en las terrazas deberán tener una pendiente mínima de cinco por ciento y deberán revestirse con concreto reforzado con un mínimo de 7.5 centímetros de espesor con un pavimento equivalente aprobado. Tendrán una profundidad mínima de 30 centímetros en el punto más profundo y un ancho pavimentado no menor de 1.50 metros.

Toda cuneta o zanja que drene el escurrimiento de un área tributaria, con proyección hasta de 1,250 m<sup>2</sup>, deberá descargar a una bajante o lavadero.

II).- Drenaje subterráneo.- Los cortes y terraplenes deberán dotarse de drenaje

subterráneo tal que garantice su estabilidad.

III).- Descarga.- Todas las instalaciones de drenaje, se diseñarán para llevar el agua a la vía de drenaje práctica más próxima, que la dirección y/o cualquier autoridad a cuya jurisdicción corresponda autorizar, indique como sitio seguro para depositar dichas aguas. Si las instalaciones de drenaje descargan a terreno natural deberá proveerse un enrocamiento.

Se exigirá una pendiente mínima de dos por ciento, desde las plataformas en que se asienten edificios, hacia las instalaciones de drenaje autorizadas, salvo que la dirección exhima de este requisito en terreno plano.

ARTICULO 21.- CONTROL DE EROSION.- Pendientes. Las superficies de los taludes de cortes y terraplenes, deberán prepararse y mantenerse para controlar los efectos de la erosión. Este control podrá ser de vegetación efectiva. La protección de taludes deberá instalarse tan pronto como sea práctico y siempre antes de solicitar la aprobación final: Donde los taludes cortados o en corte, no sean susceptibles a la erosión por el carácter resistente a ella de los materiales, podrá omitirse esta protección.

Cuando sea necesario se emplearán repesos, gaviones, enrocamiento u otros dispositivos o procedimientos para controlar la erosión y proporcionar seguridad.

ARTICULO 22.- INSPECCION DE LA NIVELACION.- Todos los trabajos de nivelación para los que se requiera licencia, estarán sujetos a la inspección de la autoridad. Cuando esta lo requiera, se realizará inspección especial conforme a lo previsto por los artículos 22 y 28 del presente reglamento.

ARTICULO 23.- CLASIFICACION DE LA NIVELACION.- Todos los trabajos de nivelación que excedan de 3,750 metros cúbicos, deberán ejecutarse conforme al plan de nivelación aprobado, que deberá ser formulado por un ingeniero civil y se denominará "nivelación controlada". Las nivelaciones con volumen inferior a 3.750 metros cúbicos, se denominarán "nivelación normal" salvo que el solicitante, con autorización de la dirección decida que el trabajo se realice como "nivelación controlada".

ARTICULO 24.- REQUISITOS DE NIVELACION CONTROLADA: Para nivelación controlada, será responsabilidad del ingeniero civil que prepara el plano autorizado de nivelación, incorporar todas las recomendaciones de los informes del ingeniero de suelo y de ingeniería geológica al plan de nivelación, así mismo será responsable de la inspección y certificación profesional de la nivelación dentro del área de su especialidad técnica. Esta responsabilidad incluirá, pero no necesariamente se limitará a inspección y certificación, en cuanto al establecimiento de los ejes, elevaciones y drenajes del área de desarrollo. El ingeniero civil será el agente coordinador en el caso de que surja la necesidad de enlace entre los otros profesionales, el contratista y la dirección, asimismo el ingeniero civil será responsable de la preparación de planes y planos revisados y de la presentación de los planos de nivelación terminada al concluir los trabajos.

Se exigirán informes de ingeniería de suelos y geología en los términos del artículo 11 del presente reglamento. Durante la nivelación se presentarán al ingeniero civil y a la

dirección todos los informes necesarios, datos de compactación y recomendaciones de ingeniería de suelos y de geología, por el ingeniero de suelos y el ingeniero geólogo.

El área de responsabilidad del ingeniero de suelo, incluirá, pero no se limitará a la inspección y certificación profesional concerniente a la preparación del terreno para recibir rellenos, pruebas de compactación, estabilidad de todos los taludes terminados y el diseño de terraplenes proporcionada por el ingeniero geólogo.

El área de responsabilidad del ingeniero geólogo incluirá, pero no se limitará a la inspección y certificación profesional de lo adecuado del terreno natural para recibir terraplenes y de la estabilidad de los taludes en corte con respecto a sus características geológicas y la necesidad de subdrenes y otros dispositivos de drenaje de agua freática. Deberá enterar de lo anterior, al ingeniero de suelo y al ingeniero civil para el análisis de ingeniería.

La dirección hará la inspección de la obra en las distintas etapas que requieran certificación y a intervalos más frecuentes, cuando sea necesario determinar que se lleva un control adecuado por los consultores profesionales.

**ARTICULO 25.- REQUISITOS PARA NIVELACION NORMAL.-** La dirección puede exigir inspección y ensayos por una agencia o laboratorio de pruebas independiente.

La responsabilidad de la agencia de pruebas incluirá, pero no necesariamente se limitará a la certificación concerniente a la inspección de las áreas desbrozadas y de las bancas para recibir terraplenes y la compactación de rellenos o terraplenes.

Cuando la dirección tenga razón para considerar que hay factores geológicos involucrados, podrá exigir que la nivelación se realice conforme a las normas de nivelación controlada.

**ARTICULO 26.- NOTIFICACION DE INCUMPLIMIENTO.-** Si durante el desempeño de su responsabilidad el ingeniero civil, el ingeniero de suelos, el ingeniero geólogo o el laboratorio encuentra que el trabajo no se está realizando conforme a lo previsto en este reglamento o en el plan de nivelación aprobado, deberán informar inmediatamente y por escrito las discrepancias que encuentre, a la dirección, presentando si fuese necesario, recomendaciones de medidas correctivas.

**ARTICULO 27.- SUBSTITUCION DE RESPONSABLE.-** Si durante el desarrollo de los trabajos se substituye cualquiera de los profesionales responsables, ingeniero civil, ingeniero de suelos, ingeniero geólogo o laboratorio de control, deberán suspenderse los trabajos hasta que el substituto haya acordado aceptar la responsabilidad respectiva, dentro del área de su competencia técnica para certificar la terminación de la obra.

**ARTICULO 28.- SUPERVISION.-** Además de las inspecciones y supervisión que deban realizarse en los trabajos, en los términos de este reglamento, el propietario o su representante deberán contratar un supervisor especial que deberá estar presente en la obra durante la ejecución de todas las fases críticas que determine la dirección y durante la ejecución de todos los trabajos que impliquen riesgo excepcional o requieran supervisión

constante.

El supervisor especial será una persona calificada profesionalmente en el área técnica respectiva y autorizada por la dirección. Deberá proveer supervisión continua de los trabajos que requirieron su contratación e informará por escrito a la dirección, indicando todas las violaciones al reglamento y demás información que se requiera.

ARTICULO 29.- TERMINACION DE LOS TRABAJOS.- Informe final. A la terminación de los trabajos de nivelación gruesa y a la terminación del trabajo, la dirección podrá requerir planos, dibujos y anexos de lo siguiente:

A).- Un plano de obra terminada preparado por el ingeniero civil, que incluirá las elevaciones y niveles del terreno original y las del terreno nivelado, arreglo del drenaje del lote y localización de los drenes, elevación de todos los drenajes subterráneos y superficiales. Proveerá certificación de que el trabajo se ejecutó conforme al plan de nivelación final aprobado.

B).- Un informe de nivelación de suelos preparados por el ingeniero de suelo, que incluirá la localización y elevación de las pruebas de compactación en el campo; resúmenes de las pruebas de campo y laboratorio así como información comprobatoria y comentarios sobre cualesquier cambio hechos durante la nivelación y sus efectos en las recomendaciones hechas en el informe de la investigación de ingeniería de suelos. Proporcionará una certificación sobre la adecuación del sitio nivelado, para el uso propuesto.

C).- Un informe de ingeniería geológica preparado por el ingeniero geólogo, incluyendo una descripción final de la geología del sitio con toda la información nueva que se haya puesto de manifiesto durante la nivelación y el efecto de esta sobre las recomendaciones incluidas en el plan y planos de nivelación aprobados. Proporcionará una certificación sobre la adecuación del sitio para el uso propuesto, según lo afecten los factores geológicos.

ARTICULO 30.- AVISO DE TERMINACION.- El propietario o su representante, darán aviso a la dirección cuando los trabajos de nivelación estén listos para inspección final. La aprobación final no se expedirá hasta que hayan sido terminados todos los trabajos incluyendo la instalación de todos los dispositivos y elementos de drenaje y sus estructuras de proyección y la terminación de todas las medidas de control de erosión, de acuerdo a los planos de nivelación finales aprobados y cuando se hayan entregado todos los informes requeridos.

ARTICULO 31.- La dirección, por medio de su cuerpo técnico, levantará el acta de terminación, haciendo constar las certificaciones a que se refiere el artículo 29, la entrega de los planos de obra terminada y la responsabilidad de los ingenieros y laboratorio que hayan participado en la ejecución de la obra, así como cualquier información complementaria que se juzgue necesaria.

ARTICULO 32.- DE LA MAQUINARIA Y EQUIPO. Las personas físicas o morales, que se dediquen en forma directa o indirecta a las actividades constructivas a que

se refiere el presente reglamento, ya sea en el rubro de constructoras o de arrendamiento de maquinaria y equipo para la construcción, deberán proveer su registro ante la dirección, enterando por escrito, la siguiente información:

A).- Nombre y domicilio legal de la empresa o persona física.

B).- Nombre, domicilio legal y número telefónico de la persona que sea nombrada como responsable de las actividades de la empresa.

C).- Una relación completa y detallada de la maquinaria y equipo con el que opere, detallando sus características, tipo de unidad, capacidad volumétrica, caballaje de fuerza, tipo de tracción y combustible con el que opera.

D).- Permiso de operación del giro comercial del que se trate.

La relación a que se refiere el inciso C), anterior, se deberá mantener actualizada en todo momento, por lo que para el caso de que alguna unidad sea dada de baja de los inventarios de la empresa, o se adquiriera equipo adicional, se deberán informar por escrito a la dirección, dentro de los 15 días posteriores al en que esto ocurra, detallando sus características.

ARTICULO 33.- Las personas físicas o morales a que se refiere el artículo anterior, se abstendrán de efectuar trabajos a que se refiere el presente reglamento, cuando los particulares que les contraten, no exhiban la licencia de movimientos de tierra respectiva, la cual deberá estar en todo momento, en el sitio en el cual se efectúen los trabajos relativos.

Las personas físicas o morales que realicen los trabajos en contravención a lo anteriormente dispuesto, serán solidariamente responsables de los daños que directa o indirectamente se ocasionen a particulares o bienes públicos, así como acreedores a las sanciones derivadas del incumplimiento, conforme a lo dispuesto por el capítulo tercero del presente reglamento.

### CAPITULO TERCERO DE LAS SANCIONES Y RECURSOS ADMINISTRATIVOS

ARTICULO 34.- A las personas físicas o morales que contravengan las disposiciones contenidas en el presente reglamento, serán acreedoras de las siguientes sanciones:

A).- Suspensión de la obra.

B).- Cancelación de la licencia otorgada.

C).- Multa.

D).- Arresto.

ARTICULO 35.- SUSPENSION DE LA OBRA.- Se ordenará la suspensión de la obra, cuando derivada de una inspección se determine, mediante opinión de la autoridad, que los trabajos se realizan fuera de las normas técnicas y de seguridad o no se cumplen los requisitos previos, que provee el presente reglamento.

La autoridad concederá un plazo prudente a su discreción que el responsable de la obra, corrija las causas que dieron lugar a la suspensión.

ARTICULO 36.- CANCELACION DE LICENCIA.- Si en el plazo señalado en la orden de suspensión, se hace constar que no han desaparecido las causas que dieron lugar a esta, procederá la cancelación de la licencia otorgada.

ARTICULO 37.- MULTA.- La autoridad podrá aplicar a las sanciones que anteceden, multa de 50 a 500 veces el salario mínimo diario, vigente en la entidad, a juicio de la autoridad, tomando en cuenta la gravedad de la infracción y la afectación del interés público.

ARTICULO 38.- ARRESTO.- Procederá el arresto administrativo hasta por treinta y seis horas, cuando el infractor cometa violación al presente reglamento, habiendo sido previamente sancionado por alguno de los medios señalados en términos anteriores.

ARTICULO 39.- REINCIDENCIA.- Cuando el infractor sea reincidente a lo estipulado en los artículos 37 y 38 podrá ser sancionado con el doble de lo estipulado en dichos artículos.

ARTICULO 40.- Procederá el recurso de revocación contra la resolución que emita la dirección, en base al presente reglamento y las disposiciones aplicables al mismo.

ARTICULO 41.- El recurso de revocación deberá interponerlo el interesado dentro del término de cinco días hábiles, siguientes al de la notificación o ejecución y ante la dirección como autoridad que realizó el acto que se impugna, misma que deberá resolver dentro de un término máximo de quince días hábiles, contados a partir del día siguiente al de la interposición.

ARTICULO 42.- El recurso de revocación, deberá interponerse por escrito y no estará sujeto a forma especial alguna, debiendo contener por lo menos los siguientes datos:

I.- Nombre y domicilio del recurrente y en su caso, el de la persona que promueve en su nombre, acreditándose en todo caso, la personalidad de esta última;

II.- Acto o resolución que se impugne, identificándolo plenamente y anexando copia del mismo, y;

III.- Las razones que apoyen la impugnación del acto de autoridad, anexando los documentos que acrediten su dicho.

El escrito deberá ser firmado por el recurrente o por quien promueve en su nombre.

Los recursos hechos valer extemporáneamente serán deshechados de plano y se tendrán por no interpuestos, quedando firmes los actos y resoluciones emitidas por la dirección.

ARTICULO 43.- Contra las resoluciones emitidas por la dirección; resolviendo los recursos de revocación, cabe el recurso de revisión, el cual deberá plantearse ante la junta municipal de controversias o en su defecto, ante el Presidente Municipal, el cual se

interpondrá en los mismos términos que el de revocación, conforme a lo previsto por los artículos 171, 172, y 173 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Municipal, del Estado de Baja California, en vigor.

## **D I S P O S I C I O N E S   T R A N S I T O R I A S**

PRIMERA.- El presente Reglamento entra en vigor al día siguiente al de su publicación en el Periódico Oficial, Organo del Gobierno del Estado.

SEGUNDA.- Se derogan las disposiciones reglamentarias y administrativas dictadas por la autoridad municipal, que contravengan lo previsto en el presente reglamento.

D A D O en la Sala de Cabildo de Palacio Municipal, en la ciudad de Tijuana, Baja California, a los veintinueve días del mes de marzo de mil novecientos noventa y tres.

EL PRESIDENTE MUNICIPAL,  
C. ARQ. HECTOR GUILLERMO OSUNA JAIME

EL SECRETARIO DEL AYUNTAMIENTO,  
C. LIC. RUBEN ALFONSO FERNANDEZ ACEVES.  
Rúbrica

El ciudadano Licenciado Rubén Alfonso Fernández Aceves, Secretario General del XIV Ayuntamiento Constitucional del Municipio de Tijuana.

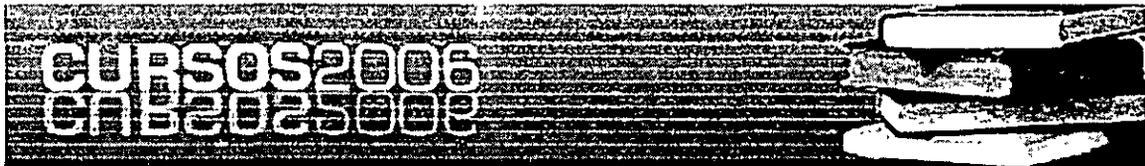
### **C E R T I F I C A**

Que el presente Reglamento para la excavación, extracción y nivelación de terrenos en el Municipio de Tijuana fue publicado el día dieciséis de junio de mil novecientos noventa y tres en un diario de mayor circulación en la municipalidad, en los términos del artículo ciento cuarenta y dos de la Ley Orgánica de la Administración Pública en vigor.

EL SECRETARIO DEL AYUNTAMIENTO,  
C. LIC. RUBEN ALFONSO FERNANDEZ ACEVES.  
Rúbrica



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



# **CURSOS ABIERTOS**

## **EXCAVACIONES Y TERRACERIAS CA 43**

**TEMA**

**LEY DE OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS  
RELACIONADOS CON LAS MISMAS**

**EXPOSITOR: ING. JOSÉ LUIS ESQUIVEL ÁVILA  
DEL 16 AL 20 DE OCTUBRE DE 2006  
PALACIO DE MINERÍA**

# LEY DE OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS RELACIONADOS CON LAS MISMAS

TEXTO VIGENTE

(Última Reforma aplicada 13/06/2003)

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos - Presidencia de la República.

ERNESTO ZEDILLO PONCE DE LEÓN, Presidente de los Estados Unidos Mexicanos, a sus habitantes sabed:

Que el Honorable Congreso de la Unión, se ha servido dirigirme el siguiente

DECRETO

"EL CONGRESO GENERAL DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, D E C R E T A:

LEY DE OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS RELACIONADOS CON LAS MISMAS

TÍTULO PRIMERO

Disposiciones Generales

**CAPÍTULO Único**

Artículo 1

La presente Ley es de orden público y tiene por objeto regular las acciones relativas a la planeación, programación, presupuestación, contratación, gasto, ejecución y control de las obras públicas, así como de los servicios relacionados con las mismas, que realicen:

I. Las unidades administrativas de la Presidencia de la República;

II. Las Secretarías de Estado, Departamentos Administrativos y la Consejería Jurídica del Ejecutivo Federal;

III. La Procuraduría General de la República;

IV. Los organismos descentralizados;

V. Las empresas de participación estatal mayoritaria y los fideicomisos en los que el fideicomitente sea el Gobierno Federal o una entidad paraestatal, y

VI. Las entidades federativas, con cargo total o parcial a fondos federales, conforme a los convenios que celebren con el Ejecutivo Federal, con la participación que, en su caso, corresponda a los municipios interesados. No quedan comprendidos los fondos previstos en el capítulo V de la Ley de Coordinación Fiscal.

Las personas de derecho público de carácter federal con autonomía derivada de la Constitución, aplicarán los criterios y procedimientos previstos en esta Ley, en lo que no se contraponga a los ordenamientos legales que los rigen, sujetándose a sus propios órganos de control.

Los contratos que celebren las dependencias con las entidades, o entre entidades y los actos jurídicos que se celebren entre dependencias, o bien, los que se lleven a cabo entre alguna dependencia o entidad de la Administración Pública Federal con alguna perteneciente a la administración pública de una entidad federativa, no estarán dentro del ámbito de aplicación de esta Ley. Cuando la dependencia o entidad obligada a realizar los trabajos no tenga la capacidad para hacerlo por sí misma y contrate a un tercero para llevarlos a cabo, este acto quedará sujeto a este ordenamiento.

No estarán sujetas a las disposiciones de esta Ley, las obras que deban ejecutarse para crear la infraestructura necesaria en la prestación de servicios públicos que los particulares tengan concesionados, en los términos de la legislación

aplicable, cuando éstos las lleven a cabo.

Los proyectos de infraestructura productiva de largo plazo se realizarán conforme a lo dispuesto por los artículos 18 de la Ley General de Deuda Pública y 30 de la Ley de Presupuesto, Contabilidad y Gasto Público Federal, y estarán regidos por esta Ley únicamente en lo que se refiere a los procedimientos de contratación y ejecución de obra pública.

Los titulares de las dependencias y los órganos de gobierno de las entidades emitirán, bajo su responsabilidad y de conformidad con este mismo ordenamiento, las políticas, bases y lineamientos para las materias a que se refiere este artículo.

Las dependencias y entidades se abstendrán de crear fideicomisos, otorgar mandatos o celebrar actos o cualquier tipo de contratos, que evadan lo previsto en este ordenamiento.

### Artículo 2

Para los efectos de la presente Ley, se entenderá por:

I. Secretaría: la Secretaría de Hacienda y Crédito Público;

II. Contraloría: la Secretaría de Contraloría y Desarrollo Administrativo.

III. Dependencias: las señaladas en las fracciones I a III del artículo 1.

IV. Entidades: las mencionadas en las fracciones IV y V del artículo 1;

V. Tratados: los convenios regidos por el derecho internacional público, celebrados por escrito entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y uno o varios sujetos de Derecho Internacional Público, ya sea que para su aplicación requiera o no la celebración de acuerdos en materias específicas, cualquiera que sea su denominación, mediante los cuales los Estados Unidos Mexicanos asumen compromisos;

VI. Contratista: la persona que celebre contratos de obras públicas o de servicios relacionados con las mismas, y

VII. Licitante: la persona que participe en cualquier procedimiento de licitación pública, o bien de invitación a cuando menos tres personas.

### Artículo 3

Para los efectos de esta Ley, se consideran obras públicas los trabajos que tengan por objeto construir, instalar, ampliar, adecuar, remodelar, restaurar, conservar, mantener, modificar y demoler bienes inmuebles. Asimismo, quedan comprendidos dentro de las obras públicas los siguientes conceptos:

I. El mantenimiento y la restauración de bienes muebles incorporados o adheridos a un inmueble, cuando implique modificación al propio inmueble;

II. Los trabajos de exploración, geotécnica, localización y perforación que tengan por objeto la explotación y desarrollo de los recursos petroleros y gas que se encuentren en el subsuelo y la plataforma marina;

III. Los proyectos integrales o llave en mano, en los cuales el contratista se obliga desde el diseño de la obra hasta su terminación total, incluyéndose, cuando se requiera, la transferencia de tecnología;

IV. Los trabajos de exploración, localización y perforación distintos a los de extracción de petróleo y gas; mejoramiento del suelo y subsuelo, desmontes; extracción y aquellos similares, que tengan por objeto la explotación y desarrollo de los recursos naturales que se encuentren en el suelo o en el subsuelo;

V. Instalación de islas artificiales y plataformas utilizadas directa o indirectamente en la explotación de recursos naturales;

VI. Los trabajos de infraestructura agropecuaria,

VII. La instalación, montaje, colocación o aplicación, incluyendo las pruebas de operación de bienes muebles que debán incorporarse, adherirse o destinarse a un inmueble, siempre y cuando dichos bienes sean proporcionados por la convocante al contratista; o bien, cuando incluyan la adquisición y su precio sea menor al de los trabajos que se contraten, y

VIII. Todos aquellos de naturaleza análoga.

#### Artículo 4

Para los efectos de esta Ley, se consideran como servicios relacionados con las obras públicas, los trabajos que tengan por objeto concebir, diseñar y calcular los elementos que integran un proyecto de obra pública: las investigaciones, estudios, asesorías y consultorías que se vinculen con las acciones que regula esta Ley; la dirección o supervisión de la ejecución de las obras y los estudios que tengan por objeto rehabilitar, corregir o incrementar la eficiencia de las instalaciones. Asimismo, quedan comprendidos dentro de los servicios relacionados con las obras públicas los siguientes conceptos:

I. La planeación y el diseño, incluyendo los trabajos que tengan por objeto concebir, diseñar, proyectar y calcular los elementos que integran un proyecto de ingeniería básica, estructural, de instalaciones, de infraestructura, industrial, electromecánica y de cualquier otra especialidad de la ingeniería que se requiera para integrar un proyecto ejecutivo de obra pública;

II. La planeación y el diseño, incluyendo los trabajos que tengan por objeto concebir, diseñar, proyectar y calcular los elementos que integran un proyecto urbano, arquitectónico, de diseño gráfico o artístico y de cualquier otra especialidad del diseño, la arquitectura y el urbanismo, que se requiera para integrar un proyecto ejecutivo de obra pública;

III. Los estudios técnicos de agrología y desarrollo pecuario, hidrología, mecánica de suelos, sismología, topografía, geología, geodesia, geotecnia, geofísica, geotermia, oceanografía, meteorología, aerofotogrametría, ambientales, ecológicos y de ingeniería de tránsito;

IV. Los estudios económicos y de planeación de preinversión, factibilidad técnica económica, ecológica o social, de evaluación, adaptación, tenencia de la tierra, financieros, de desarrollo y restitución de la eficiencia de las instalaciones;

V. Los trabajos de coordinación, supervisión y control de obra; de laboratorio de análisis y control de calidad; de laboratorio de geotecnia, de resistencia de materiales y radiografías industriales; de preparación de especificaciones de construcción, presupuestación o la elaboración de cualquier otro documento o trabajo para la adjudicación del contrato de obra correspondiente;

VI. Los trabajos de organización, informática, comunicaciones, cibernética y sistemas aplicados a las materias que regula esta Ley;

VII. Los dictámenes, peritajes, avalúos y auditorías técnico normativas, y estudios aplicables a las materias que regula esta Ley;

VIII. Los estudios que tengan por objeto rehabilitar, corregir, sustituir o incrementar la eficiencia de las instalaciones en un bien inmueble;

IX. Los estudios de apoyo tecnológico, incluyendo los de desarrollo y transferencia de tecnología entre otros, y

X. Todos aquéllos de naturaleza análoga.

#### Artículo 5

La aplicación de esta Ley será sin perjuicio de lo dispuesto en los tratados.

#### Artículo 6

Será responsabilidad de las dependencias y entidades mantener adecuada y satisfactoriamente aseguradas las obras públicas a partir del momento de su recepción.

### Artículo 7

El gasto para las obras públicas y servicios relacionados con las mismas se sujetará, en su caso, a las disposiciones específicas del Presupuesto de Egresos de la Federación, así como a lo previsto en la Ley de Presupuesto, Contabilidad y Gasto Público Federal y demás disposiciones aplicables.

### Artículo 8

La Secretaría, la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial y la Contraloría, en el ámbito de sus respectivas competencias, estarán facultadas para interpretar esta Ley para efectos administrativos.

La Contraloría dictará las disposiciones administrativas que sean estrictamente necesarias para el adecuado cumplimiento de esta Ley, tomando en cuenta la opinión de la Secretaría y, cuando corresponda, la de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Tales disposiciones se publicarán en el Diario Oficial de la Federación.

### Artículo 9

Atendiendo a las disposiciones de esta Ley y a las demás que de ella emanen, la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial dictará las reglas que deban observar las dependencias y entidades, derivadas de programas que tengan por objeto promover la participación de las empresas nacionales, especialmente de las micro, pequeñas y medianas

Para la expedición de las reglas a que se refiere el párrafo anterior, la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial tomará en cuenta la opinión de la Secretaría y de la Contraloría

### Artículo 10

En materia de obras públicas y servicios relacionados con las mismas, los titulares de las dependencias y los órganos de gobierno de las entidades serán los responsables de que, en la adopción e instrumentación de las acciones que deban llevar a cabo en cumplimiento de esta Ley, se observen criterios que promuevan la modernización y desarrollo administrativo, la descentralización de funciones y la efectiva delegación de facultades.

Las facultades conferidas por esta Ley a los titulares de las dependencias podrán ser ejercidas por los titulares de sus órganos desconcentrados, previo acuerdo delegatorio.

### Artículo 11

Corresponde a las dependencias y entidades llevar a cabo los procedimientos para contratar y ejecutar las obras públicas y servicios relacionados con las mismas, por lo que en ningún caso se podrán contratar servicios para que por su cuenta y orden se contraten las obras o servicios de que se trate.

### Artículo 12

En los casos de obras públicas y servicios relacionados con las mismas financiados con créditos externos otorgados al Gobierno Federal, o con su aval, los procedimientos, requisitos y demás disposiciones para su contratación serán establecidos por la Contraloría aplicando en lo procedente lo dispuesto por esta Ley y deberán precisarse en las convocatorias, invitaciones, bases y contratos correspondientes

### Artículo 13

En lo no previsto por esta Ley y demás disposiciones que de ella se deriven, serán aplicables supletoriamente el Código Civil para el Distrito Federal en materia común y para toda la República en materia federal, la Ley Federal de Procedimiento Administrativo y el Código Federal de Procedimientos Civiles.

### Artículo 14

Cuando por las condiciones especiales de las obras públicas o de los servicios relacionados con las mismas se requiera la intervención de dos o más dependencias o entidades, cada una de ellas será responsable de la ejecución de la parte de los trabajos que le corresponda, sin perjuicio de la responsabilidad que, en razón de sus respectivas atribuciones, tenga la encargada de la planeación y programación del conjunto.

En los convenios a que se refiere la fracción VI del artículo 1 de esta Ley, se establecerán los términos para la coordinación de las acciones entre las entidades federativas que correspondan y las dependencias y entidades.

### Artículo 15

Las controversias que se susciten con motivo de la interpretación o aplicación de esta Ley o de los contratos celebrados con base en ella, serán resueltas por los tribunales federales

Sólo podrá convenirse compromiso arbitral respecto de aquellas controversias que determine la Contraloría mediante reglas de carácter general, previa opinión de la Secretaría y de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, ya sea en cláusula compromisoria incluida en el contrato o en convenio independiente.

Lo previsto en los dos párrafos anteriores es sin perjuicio de lo establecido en los tratados de que México sea parte, o de que en el ámbito administrativo la Contraloría conozca de las inconformidades que presenten los particulares en relación con los procedimientos de contratación, o bien, de las quejas que en audiencia de conciliación conozca sobre el incumplimiento de lo pactado en los contratos.

Lo dispuesto por este artículo se aplicará a los organismos descentralizados sólo cuando sus leyes no regulen de manera expresa la forma en que podrán resolver controversias.

Los actos, contratos y convenios que las dependencias y entidades realicen o celebren en contravención a lo dispuesto por esta Ley, serán nulos previa determinación de la autoridad competente.

### Artículo 16

Los contratos celebrados en el extranjero respecto de obras públicas o servicios relacionados con las mismas que deban ser ejecutados o prestados fuera del territorio nacional, se registrarán por la legislación del lugar donde se formalice el acto, aplicando en lo procedente lo dispuesto por esta Ley.

Cuando las obras y servicios hubieren de ser ejecutados o prestados en el país, tratándose exclusivamente de licitaciones públicas, su procedimiento y los contratos que deriven de ellas deberán realizarse dentro del territorio nacional.

## TITULO SEGUNDO

### De la Planeación, Programación y Presupuestación

#### CAPITULO Unico

### Artículo 17

En la planeación de las obras públicas y de los servicios relacionados con las mismas, las dependencias y entidades deberán ajustarse a:

I. Lo dispuesto por la Ley General de Asentamientos Humanos;

II. Los objetivos y prioridades del Plan Nacional de Desarrollo y de los programas sectoriales, institucionales, regionales y especiales que correspondan, así como a las previsiones contenidas en sus programas anuales, y

III. Los objetivos, metas y previsiones de recursos establecidos en los presupuestos de egresos de la Federación o de las entidades respectivas.

### Artículo 18

Las dependencias o entidades que requieran contratar o realizar estudios o proyectos, previamente verificarán si en sus archivos o, en su caso, en los de la coordinadora del sector correspondiente, existen estudios o proyectos sobre la materia de que se trate. En el supuesto de que se advierta su existencia y se compruebe que los mismos satisfacen los requerimientos de la entidad o dependencia, no procederá la contratación, con excepción de aquellos trabajos que sean necesarios para su adecuación, actualización o complemento.

A fin de complementar lo anterior, las entidades deberán remitir a su coordinadora de sector una descripción sucinta del objeto de los contratos que en estas materias celebren, así como de sus productos.

Los contratos de servicios relacionados con las obras públicas sólo se podrán celebrar cuando las áreas responsables de

su ejecución no dispongan cuantitativa o cualitativamente de los elementos, instalaciones y personal para llevarlos a cabo, lo cual deberá justificarse a través del dictamen que para tal efecto emita el titular del área responsable de los trabajos.

### Artículo 19

Las dependencias y entidades que realicen obras públicas y servicios relacionados con las mismas, sea por contrato o por administración directa, así como los contratistas con quienes aquellas contraten, observarán las disposiciones que en materia de asentamientos humanos, desarrollo urbano y construcción rijan en el ámbito federal, estatal y municipal

Las dependencias y entidades, cuando sea el caso, previamente a la realización de los trabajos, deberán tramitar y obtener de las autoridades competentes los dictámenes, permisos, licencias, derechos de bancos de materiales, así como la propiedad o los derechos de propiedad incluyendo derechos de vía y expropiación de inmuebles sobre los cuales se ejecutarán las obras públicas. En las bases de licitación se precisarán, en su caso, aquellos trámites que corresponderá realizar al contratista.

### Artículo 20

Las dependencias y entidades estarán obligadas a considerar los efectos sobre el medio ambiente que pueda causar la ejecución de las obras públicas con sustento en la evaluación de impacto ambiental prevista por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Los proyectos deberán incluir las obras necesarias para que se preserven o restituyan en forma equivalente las condiciones ambientales cuando éstas pudieren deteriorarse y se dará la intervención que corresponda a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, y a las dependencias y entidades que tengan atribuciones en la materia.

### Artículo 21

Las dependencias y entidades según las características, complejidad y magnitud de los trabajos formularán sus programas anuales de obras públicas y de servicios relacionados con las mismas y los que abarquen más de un ejercicio presupuestal, así como sus respectivos presupuestos, considerando:

I. Los estudios de preinversión que se requieran para definir la factibilidad técnica, económica, ecológica y social de los trabajos:

II. Los objetivos y metas a corto, mediano y largo plazo;

III. Las acciones previas, durante y posteriores a la ejecución de las obras públicas, incluyendo, cuando corresponda, las obras principales, las de infraestructura, las complementarias y accesorias, así como las acciones para poner aquéllas en servicio.

IV. Las características ambientales, climáticas y geográficas de la región donde deba realizarse la obra pública;

V. Las normas aplicables conforme a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización o, a falta de éstas, las normas internacionales;

VI. Los resultados previsibles;

VII. La coordinación que sea necesaria para resolver posibles interferencias y evitar duplicidad de trabajos o interrupción de servicios públicos;

VIII. La calendarización física y financiera de los recursos necesarios para la realización de estudios y proyectos, la ejecución de los trabajos, así como los gastos de operación;

IX. Las unidades responsables de su ejecución, así como las fechas previstas de iniciación y terminación de los trabajos;

X. Las investigaciones, asesorías, consultorías y estudios que se requieran, incluyendo los proyectos arquitectónicos y de ingeniería necesarios;

XI. La adquisición y regularización de la tenencia de la tierra, así como la obtención de los permisos de construcción

necesarios:

XII. La ejecución, que deberá incluir el costo estimado de las obras públicas y servicios relacionados con las mismas que se realicen por contrato y, en caso de realizarse por administración directa, los costos de los recursos necesarios; las condiciones de suministro de materiales, de maquinaria, de equipos o de cualquier otro accesorio relacionado con los trabajos; los cargos para pruebas y funcionamiento, así como los indirectos de los trabajos;

XIII. Los trabajos de mantenimiento de los bienes inmuebles a su cargo;

XIV. Los permisos, autorizaciones y licencias que se requieran;

XV. Toda instalación pública deberá asegurar la accesibilidad, evacuación, libre tránsito sin barreras arquitectónicas, para todas las personas; y deberán cumplir con las normas de diseño y de señalización que se emitan, en instalaciones, circulaciones, servicios sanitarios y demás instalaciones análogas para las personas con discapacidad, y

XVI. Las demás previsiones y características de los trabajos.

### Artículo 22

Las dependencias y entidades pondrán a disposición de los interesados y remitirán a la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, a más tardar el 31 de marzo de cada año, su programa anual de obras públicas y servicios relacionados con las mismas, con excepción de aquella información que, de conformidad con las disposiciones aplicables, sea de naturaleza confidencial.

El citado programa será de carácter informativo, no implicará compromiso alguno de contratación y podrá ser adicionado, modificado, suspendido o cancelado, sin responsabilidad alguna para la dependencia o entidad de que se trate.

Para efectos informativos, la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial integrará y difundirá los programas anuales de obras públicas y servicios relacionados con las mismas, para lo cual podrá requerir a las dependencias y entidades la información que sea necesaria respecto de las modificaciones a dichos programas.

### Artículo 23

En las obras públicas y los servicios relacionados con las mismas, cuya ejecución rebase un ejercicio presupuestal, las dependencias o entidades deberán determinar tanto el presupuesto total, como el relativo a los ejercicios de que se trate; en la formulación de los presupuestos de los ejercicios subsecuentes, además de considerar los costos que, en su momento, se encuentren vigentes, se deberán tomar en cuenta las previsiones necesarias para los ajustes de costos y convenios que aseguren la continuidad de los trabajos.

El presupuesto actualizado será la base para solicitar la asignación de cada ejercicio presupuestal subsecuente.

La asignación presupuestal aprobada para cada contrato servirá de base para otorgar, en su caso, el porcentaje pactado por concepto de anticipo.

Para los efectos de este artículo, las dependencias y entidades observarán lo dispuesto en el artículo 30 de la Ley de Presupuesto, Contabilidad y Gasto Público Federal.

### Artículo 24

Las dependencias y entidades podrán convocar, adjudicar o contratar obras públicas y servicios relacionados con las mismas, solamente cuando cuenten con la autorización global o específica, por parte de la Secretaría, del presupuesto de inversión y de gasto corriente, conforme a los cuales deberán elaborarse los programas de ejecución y pagos correspondientes.

En casos excepcionales y previa aprobación de la Secretaría, las dependencias y entidades podrán convocar sin contar con dicha autorización.

Para la realización de obras públicas se requerirá contar con los estudios y proyectos, especificaciones de construcción,

normas de calidad y el programa de ejecución totalmente terminados, o bien, con un avance en su desarrollo que permita a los licitantes preparar una propuesta solvente y ejecutar ininterrumpidamente los trabajos hasta su conclusión.

### Artículo 25

Los titulares de las dependencias y los órganos de gobierno de las entidades, atendiendo a la cantidad de obras públicas y servicios relacionados con las mismas que realicen, podrán establecer comités de obras públicas, los cuales tendrán como mínimo las siguientes funciones:

- I. Revisar los programas y presupuestos de obras públicas y servicios relacionados con las mismas, así como formular las observaciones y recomendaciones convenientes:
- II. Proponer las políticas, bases y lineamientos en materia de obras públicas y servicios relacionados con las mismas, así como autorizar los supuestos no previstos en éstos, sometiéndolos a consideración del titular de la dependencia o al órgano de gobierno en el caso de las entidades.
- III. Dictaminar, previamente a la iniciación del procedimiento, sobre la procedencia de no celebrar licitaciones públicas por encontrarse en alguno de los supuestos de excepción previstos en el artículo 42 de esta Ley.
- IV. Autorizar, cuando se justifique, la creación de subcomités de obras públicas, así como aprobar la integración y funcionamiento de los mismos:
- V. Elaborar y aprobar el manual de integración y funcionamiento del comité, conforme a las bases que expida la Contraloría, y
- VI. Coadyuvar al cumplimiento de esta Ley y demás disposiciones aplicables.

### Artículo 26

Las dependencias y entidades podrán realizar las obras públicas y servicios relacionados con las mismas por alguna de las dos formas siguientes:

- I. Por contrato, o
- II. Por administración directa.

## TITULO TERCERO

### De los Procedimientos de Contratación

#### CAPITULO I

#### Generalidades

### Artículo 27

Las dependencias y entidades, bajo su responsabilidad, podrán contratar obras públicas y servicios relacionados con las mismas, mediante los procedimientos de contratación que a continuación se señalan:

- I. Licitación pública;
- II. Invitación a cuando menos tres personas, o
- III. Adjudicación directa.

En los procedimientos de contratación deberán establecerse los mismos requisitos y condiciones para todos los participantes, especialmente por lo que se refiere a tiempo y lugar de entrega, plazos de ejecución, normalización aplicable en términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, forma y tiempo de pago, penas convencionales, anticipos y garantías; debiendo las dependencias y entidades proporcionar a todos los interesados igual acceso a la información relacionada con dichos procedimientos, a fin de evitar favorecer a algún participante.

La Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, tomando en cuenta la opinión de la Contraloría, determinará de acuerdo con lo establecido en el artículo 30 de esta Ley el carácter nacional o internacional de los procedimientos de contratación y los criterios para determinar el contenido nacional de los trabajos a contratar, en razón de las reservas, medidas de transición u otros supuestos establecidos en los tratados.

La Contraloría pondrá a disposición pública, a través de los medios de difusión electrónica que establezca, la información que obre en su base de datos correspondiente a las convocatorias y bases de las licitaciones y, en su caso, sus modificaciones; las actas de las juntas de aclaraciones y de visita a instalaciones, los fallos de dichas licitaciones o las cancelaciones de éstas, y los datos relevantes de los contratos adjudicados, sean por licitación, invitación o adjudicación directa

### Artículo 28

Los contratos de obras públicas y los de servicios relacionados con las mismas se adjudicarán, por regla general, a través de licitaciones públicas, mediante convocatoria pública, para que libremente se presenten proposiciones solventes en sobre cerrado, que será abierto públicamente, a fin de asegurar al Estado las mejores condiciones disponibles en cuanto a precio, calidad, financiamiento, oportunidad, eficiencia energética, el uso responsable del agua y demás circunstancias pertinentes, de acuerdo con lo que establece la presente Ley.

El sobre a que hace referencia este artículo podrá entregarse, a elección del licitante, en el lugar de celebración del acto de presentación y apertura de proposiciones; o bien, si así lo establece la convocante, enviarlo a través del servicio postal o de mensajería, o por medios remotos de comunicación electrónica, conforme a las disposiciones administrativas que establezca la Contraloría.

En el caso de las proposiciones presentadas por medios remotos de comunicación electrónica el sobre será generado mediante el uso de tecnologías que resguarden la confidencialidad de la información de tal forma que sea inviolable, conforme a las disposiciones técnicas que al efecto establezca la Contraloría.

Las proposiciones presentadas deberán ser firmadas autógrafamente por los licitantes o sus apoderados; en el caso de que éstas sean enviadas a través de medios remotos de comunicación electrónica, en sustitución de la firma autógrafa, se emplearán medios de identificación electrónica, los cuales producirán los mismos efectos que las leyes otorgan a los documentos correspondientes y, en consecuencia, tendrán el mismo valor probatorio.

La Contraloría operará y se encargará del sistema de certificación de los medios de identificación electrónica que utilicen los licitantes y será responsable de ejercer el control de estos medios, salvaguardando la confidencialidad de la información que se remita por esta vía

### Artículo 29

En los procedimientos de contratación de obras públicas y de servicios relacionados con las mismas, las dependencias y entidades optarán, en igualdad de condiciones, por el empleo de los recursos humanos del país y por la utilización de bienes o servicios de procedencia nacional y los propios de la región, sin perjuicio de lo dispuesto en los tratados.

## **CAPITULO II**

### **De la licitación pública**

### Artículo 30

Las licitaciones públicas podrán ser:

I Nacionales, cuando únicamente puedan participar personas de nacionalidad mexicana, o

II. Internacionales, cuando puedan participar tanto personas de nacionalidad mexicana como extranjera. Solamente se deberán llevar a cabo licitaciones internacionales en los siguientes casos:

a) Cuando resulte obligatorio conforme a lo establecido en los tratados;

b) Cuando, previa investigación que realice la dependencia o entidad convocante, los contratistas nacionales no cuenten con la capacidad para la ejecución de los trabajos o sea conveniente en términos de precio;

c) Cuando habiéndose realizado una de carácter nacional, no se presenten propuestas, y

d) Cuando así se estipule para las contrataciones financiadas con créditos externos otorgados al Gobierno Federal o con su aval

Podrá negarse la participación a extranjeros en licitaciones internacionales, cuando con el país del cual sean nacionales no se tenga celebrado un tratado y ese país no conceda un trato recíproco a los licitantes, contratistas, bienes o servicios mexicanos.

En las licitaciones públicas, podrá requerirse la incorporación de materiales, maquinaria y equipo de instalación permanente, de fabricación nacional, por el porcentaje del valor de los trabajos que determine la convocante.

### Artículo 31

Las convocatorias podrán referirse a una o más obras públicas o servicios relacionados con las mismas, y contendrán:

I. El nombre, denominación o razón social de la dependencia o entidad convocante;

II. La forma en que los licitantes deberán acreditar su existencia legal, la experiencia y capacidad técnica y financiera que se requiera para participar en la licitación, de acuerdo con las características, complejidad y magnitud de los trabajos;

III. La indicación de los lugares, fechas y horarios en que los interesados podrán obtener las bases de la licitación y, en su caso, el costo y forma de pago de las mismas. Cuando las bases impliquen un costo, éste será fijado sólo en razón de la recuperación de las erogaciones por publicación de la convocatoria y de la reproducción de los documentos que se entreguen; los interesados podrán revisarlas previamente a su pago, el cual será requisito para participar en la licitación. Igualmente, los interesados podrán consultar y adquirir las bases de las licitaciones por los medios de difusión electrónica que establezca la Contraloría;

IV. La fecha, hora y lugar de celebración de las dos etapas del acto de presentación y apertura de proposiciones y de la visita al sitio de realización de los trabajos;

V. La indicación de si la licitación es nacional o internacional; y en caso de ser internacional, si se realizará o no bajo la cobertura del capítulo de compras del sector público de algún tratado, y el idioma o idiomas, además del español, en que podrán presentarse las proposiciones;

VI. La indicación de que ninguna de las condiciones contenidas en las bases de la licitación, así como en las proposiciones presentadas por los licitantes, podrán ser negociadas;

VII. La descripción general de la obra o del servicio y el lugar en donde se llevarán a cabo los trabajos, así como, en su caso, la indicación de que podrán subcontratarse partes de los mismos;

VIII. Plazo de ejecución de los trabajos determinado en días naturales, indicando la fecha estimada de inicio de los mismos;

IX. Los porcentajes de los anticipos que, en su caso, se otorgarían;

X. La indicación de que no podrán participar las personas que se encuentren en los supuestos del artículo 51 de esta Ley;

XI. Determinación, en su caso, del porcentaje de contenido nacional, y

XII. Los demás requisitos generales que deberán cumplir los interesados, según las características, complejidad y magnitud de los trabajos.

### Artículo 32

Las convocatorias se publicarán en el Diario Oficial de la Federación.

### Artículo 33

Las bases que emitan las dependencias y entidades para las licitaciones públicas se pondrán a disposición de los interesados, tanto en el domicilio señalado por la convocante como en los medios de difusión electrónica que establezca la Contraloría, a partir del día en que se publique la convocatoria y hasta, inclusive, el sexto día natural previo al acto de presentación y apertura de proposiciones, siendo responsabilidad exclusiva de los interesados adquirirlas oportunamente, durante este período, y contendrán en lo aplicable como mínimo, lo siguiente:

I. Nombre, denominación o razón social de la dependencia o entidad convocante;

II. Forma en que deberá acreditar la existencia y personalidad jurídica el licitante;

III. Fecha, hora y lugar de la junta de aclaraciones a las bases de la licitación, siendo optativa la asistencia a las reuniones que, en su caso, se realicen; fecha, hora y lugar de celebración de las dos etapas del acto de la presentación y apertura de proposiciones, comunicación del fallo y firma del contrato;

IV. Señalamiento de que será causa de descalificación el incumplimiento de alguno de los requisitos establecidos en las bases de la licitación, así como la comprobación de que algún licitante ha acordado con otro u otros elevar el costo de los trabajos, o cualquier otro acuerdo que tenga como fin obtener una ventaja sobre los demás licitantes;

V. Idioma o idiomas, además del español, en que podrán presentarse las proposiciones;

VI. Moneda o monedas en que podrán presentarse las proposiciones. En los casos en que se permita hacer la cotización en moneda extranjera se deberá establecer que el pago que se realice en el territorio nacional se hará en moneda nacional y al tipo de cambio de la fecha en que se haga dicho pago;

VII. La indicación de que ninguna de las condiciones contenidas en las bases de la licitación, así como en las proposiciones presentadas por los licitantes podrán ser negociadas;

VIII. Criterios claros y detallados para la adjudicación de los contratos, de conformidad con lo establecido por el artículo 38 de esta Ley;

IX. Proyectos arquitectónicos y de ingeniería que se requieran para preparar la proposición; normas de calidad de los materiales y especificaciones generales y particulares de construcción aplicables, en el caso de las especificaciones particulares, deberán ser firmadas por el responsable del proyecto;

X. Tratándose de servicios relacionados con las obras públicas, los términos de referencia que deberán precisar el objeto y alcances del servicio; las especificaciones generales y particulares; el producto esperado, y la forma de presentación;

XI. Relación de materiales y equipo de instalación permanente que, en su caso, proporcione la convocante, debiendo acompañar los programas de suministro correspondientes;

XII. En su caso, el señalamiento del porcentaje de contenido nacional del valor de la obra que deberán cumplir los licitantes en materiales, maquinaria y equipo de instalación permanente, que serían utilizados en la ejecución de los trabajos.

XIII. Experiencia, capacidad técnica y financiera necesaria de acuerdo con las características, complejidad y magnitud de los trabajos;

XIV. Datos sobre las garantías: porcentajes, forma y términos de los anticipos que se concedan;

XV. Cuando proceda, lugar, fecha y hora para la visita al sitio de realización de los trabajos, la que deberá llevarse a cabo dentro del período comprendido entre el cuarto día natural siguiente a aquél en que se publique la convocatoria y el sexto día natural previo al acto de presentación y apertura de proposiciones;

XVI. Información específica sobre las partes de los trabajos que podrán subcontratarse;

XVII. Plazo de ejecución de los trabajos determinado en días naturales, indicando la fecha estimada de inicio de los mismos;

XVIII. Modelo de contrato al que se sujetarán las partes;

XIX. Tratándose de contratos a precio alzado o mixtos en su parte correspondiente, a las condiciones de pago;

XX. Tratándose de contratos a precios unitarios o mixtos en su parte correspondiente, el procedimiento de ajuste de costos que deberá aplicarse, así como el catálogo de conceptos, cantidades y unidades de medición, debe ser firmado por el responsable del proyecto, y la relación de conceptos de trabajo más significativos, de los cuales deberán presentar análisis y relación de los costos básicos de materiales, mano de obra, maquinaria y equipo de construcción que intervienen en dichos análisis. En todos los casos se deberá prever que cada concepto de trabajo esté debidamente integrado y soportado, preferentemente, en las especificaciones de construcción y normas de calidad solicitadas, procurando que estos conceptos sean congruentes con las cantidades de trabajo requeridos por el proyecto;

XXI. La indicación de que el licitante que no firme el contrato por causas imputables al mismo será sancionado en los términos del artículo 78 de esta Ley;

XXII. En su caso, términos y condiciones a que deberá ajustarse la participación de los licitantes cuando las proposiciones sean enviadas a través del servicio postal o de mensajería, o por medios remotos de comunicación electrónica. El que los licitantes opten por utilizar alguno de estos medios para enviar sus proposiciones no limita, en ningún caso, que asistan a los diferentes actos derivados de una licitación, y

XXIII. Los demás requisitos generales que, por las características, complejidad y magnitud de los trabajos, deberán cumplir los interesados, los que no deberán limitar la libre participación de éstos

Para la participación, contratación o adjudicación en obras públicas o servicios relacionados con las mismas no se le podrá exigir al particular requisitos distintos a los señalados por esta Ley.

#### Artículo 34

El plazo para la presentación y apertura de proposiciones de las licitaciones internacionales no podrá ser inferior a veinte días naturales, contados a partir de la fecha de publicación de la convocatoria.

En licitaciones nacionales, el plazo para la presentación y apertura de proposiciones será, cuando menos, de quince días naturales contados a partir de la fecha de publicación de la convocatoria.

Cuando no puedan observarse los plazos indicados en este artículo porque existan razones justificadas del área solicitante de los trabajos, siempre que ello no tenga por objeto limitar el número de participantes, el titular del área responsable de la contratación podrá reducir los plazos a no menos de diez días naturales, contados a partir de la fecha de publicación de la convocatoria.

#### Artículo 35

Las dependencias y entidades, siempre que ello no tenga por objeto limitar el número de licitantes, podrán modificar los plazos u otros aspectos establecidos en la convocatoria o en las bases de licitación, a partir de la fecha en que sea publicada la convocatoria y hasta, inclusive, el sexto día natural previo al acto de presentación y apertura de proposiciones, siempre que:

I. Tratándose de la convocatoria, las modificaciones se hagan del conocimiento de los interesados a través de los mismos medios utilizados para su publicación, y

II. En el caso de las bases de la licitación, se publique un aviso en el Diario Oficial de la Federación, a fin de que los interesados concurren ante la propia dependencia o entidad para conocer, de manera específica, las modificaciones respectivas.

No será necesario hacer la publicación del aviso a que se refiere esta fracción, cuando las modificaciones deriven de las

juntas, de aclaraciones, siempre que a más tardar en el plazo señalado en este artículo, se entregue copia del acta respectiva a cada uno de los licitantes que hayan adquirido las bases de la correspondiente licitación.

Las modificaciones de que trata este artículo en ningún caso podrán consistir en la sustitución o variación sustancial de los trabajos convocados originalmente, o bien, en la adición de otros distintos.

Cualquier modificación a las bases de la licitación, derivada del resultado de la o las juntas de aclaraciones, será considerada como parte integrante de las propias bases de licitación.

### Artículo 36

La entrega de proposiciones se hará en dos sobres cerrados que contendrán, por separado, la propuesta técnica y la propuesta económica. La documentación distinta a las propuestas podrá entregarse, a elección del licitante, dentro o fuera del sobre que contenga la técnica.

Dos o más personas podrán presentar conjuntamente proposiciones en las licitaciones sin necesidad de constituir una sociedad, o nueva sociedad en caso de personas morales, siempre que, para tales efectos, en la propuesta y en el contrato se establezcan con precisión y a satisfacción de la dependencia o entidad, las partes de los trabajos que cada persona se obligará a ejecutar, así como la manera en que se exigirá el cumplimiento de las obligaciones. En este supuesto la propuesta deberá ser firmada por el representante común que para ese acto haya sido designado por el grupo de personas.

Previo al acto de presentación y apertura de proposiciones, las convocantes podrán efectuar el registro de participantes, así como realizar revisiones preliminares a la documentación distinta a la propuesta técnica y económica. Lo anterior será optativo para los licitantes, por lo que no se podrá impedir el acceso a quienes hayan cubierto el costo de las bases y decidan presentar su documentación y proposiciones durante el propio acto.

### Artículo 37

El acto de presentación y apertura de proposiciones se llevará a cabo en dos etapas, conforme a lo siguiente:

I. En la primera etapa, una vez recibidas las proposiciones en sobres cerrados; se procederá a la apertura de la propuesta técnica exclusivamente y se desecharán las que hubieren omitido alguno de los requisitos exigidos,

II. Por lo menos un licitante, si asistiere alguno, y dos servidores públicos de la dependencia o entidad presentes, rubricarán las partes de las propuestas técnicas presentadas que previamente haya determinado la convocante en las bases de licitación, las que para estos efectos constarán documentalmente, así como los correspondientes sobres cerrados que contengan las propuestas económicas de los licitantes, incluidos los de aquéllos cuyas propuestas técnicas hubieren sido desechadas, quedando en custodia de la propia convocante, quien de estimarlo necesario podrá señalar nueva fecha, lugar y hora en que se dará apertura a las propuestas económicas;

III. Se levantará acta de la primera etapa, en la que se harán constar las propuestas técnicas aceptadas para su análisis, así como las que hubieren sido desechadas y las causas que lo motivaron; el acta será firmada por los asistentes y se pondrá a su disposición o se les entregará copia de la misma, la falta de firma de algún licitante no invalidará su contenido y efectos, poniéndose a partir de esa fecha a disposición de los que no hayan asistido, para efecto de su notificación;

IV. La convocante procederá a realizar el análisis de las propuestas técnicas aceptadas, debiendo dar a conocer el resultado a los licitantes en la segunda etapa, previo a la apertura de las propuestas económicas;

V. En la segunda etapa, una vez conocido el resultado técnico, se procederá a la apertura de las propuestas económicas de los licitantes cuyas propuestas técnicas no hubieren sido desechadas, y se dará lectura al importe total de las propuestas que cubran los requisitos exigidos. Por lo menos un licitante, si asistiere alguno, y dos servidores públicos presentes rubricarán el catálogo de conceptos, en el que se consignen los precios y el importe total de los trabajos objeto de la licitación

Se señalarán lugar, fecha y hora en que se dará a conocer el fallo de la licitación; esta fecha deberá quedar comprendida dentro de los cuarenta días naturales siguientes a la fecha de inicio de la primera etapa, y podrá diferirse, siempre que el nuevo plazo fijado no exceda de veinte días naturales contados a partir del plazo establecido originalmente para el fallo,

VI. Se levantará acta de la segunda etapa en la que se hará constar el resultado técnico, las propuestas económicas aceptadas para su análisis, sus importes, así como las que hubieren sido desechadas y las causas que lo motivaron; el acta será firmada por los asistentes y se pondrá a su disposición o se les entregará copia de la misma, la falta de firma de algún licitante no invalidará su contenido y efectos, poniéndose a partir de esa fecha a disposición de los que no hayan asistido, para efecto de su notificación.

### Artículo 38

Las dependencias y entidades para hacer la evaluación de las proposiciones, deberán verificar que las mismas cumplan con los requisitos solicitados en las bases de licitación, para tal efecto, la convocante deberá establecer los procedimientos y los criterios claros y detallados para determinar la solvencia de las propuestas, dependiendo de las características, complejidad y magnitud de los trabajos por realizar.

Tratándose de obras públicas, deberá verificar, entre otros aspectos, el cumplimiento de las condiciones legales exigidas al licitante, que los recursos propuestos por el licitante sean los necesarios para ejecutar satisfactoriamente, conforme al programa de ejecución, las cantidades de trabajo establecidas; que el análisis, cálculo e integración de los precios sean acordes con las condiciones de costos vigentes en la zona o región donde se ejecuten los trabajos. En ningún caso podrán utilizarse mecanismos de puntos y porcentajes en su evaluación.

Tratándose de servicios relacionados con las obras públicas, deberá verificar, entre otros aspectos, el cumplimiento de las condiciones legales exigidas al licitante: que el personal propuesto por el licitante cuente con la experiencia, capacidad y recursos necesarios para la realización de los trabajos solicitados por la convocante en los respectivos términos de referencia, que los tabuladores de sueldos, la integración de las plantillas y el tiempo de ejecución correspondan al servicio ofertado. Atendiendo a las características propias de cada servicio y siempre y cuando se demuestre su conveniencia se utilizarán mecanismos de puntos y porcentajes para evaluar las propuestas, salvo en los casos de asesorías y consultorías donde invariablemente deberán utilizarse estos mecanismos, de acuerdo con los lineamientos que para tal efecto emita la Contraloría.

No serán objeto de evaluación las condiciones establecidas por las convocantes que tengan como propósito facilitar la presentación de las proposiciones y agilizar la conducción de los actos de la licitación, así como cualquier otro requisito, cuyo incumplimiento por sí mismo, no afecte la solvencia de las propuestas. La inobservancia por parte de los licitantes respecto a dichas condiciones o requisitos no será motivo para desechar sus propuestas.

Una vez hecha la evaluación de las proposiciones, el contrato se adjudicará de entre los licitantes, a aquél cuya propuesta resulte solvente porque reúne, conforme a los criterios de adjudicación establecidos en las bases de licitación, las condiciones legales, técnicas y económicas requeridas por la convocante, y garantice satisfactoriamente el cumplimiento de las obligaciones respectivas.

Si resultare que dos o más proposiciones son solventes porque satisfacen la totalidad de los requerimientos solicitados por la convocante, el contrato se adjudicará a quien presente la proposición cuyo precio sea el más bajo.

La convocante emitirá un dictamen que servirá como base para el fallo, en el que se hará constar una reseña cronológica de los actos del procedimiento, el análisis de las proposiciones y las razones para admitirlas o desecharlas.

### Artículo 39

En junta pública se dará a conocer el fallo de la licitación, a la que libremente podrán asistir los licitantes que hubieren participado en el acto de presentación y apertura de proposiciones, levantándose el acta respectiva, que firmarán los asistentes, a quienes se entregará copia de la misma

La falta de firma de algún licitante no invalidará su contenido y efectos, poniéndose a partir de esa fecha a disposición de los que no hayan asistido, para efecto de su notificación. En sustitución de esa junta, las dependencias y entidades podrán optar por notificar el fallo de la licitación por escrito a cada uno de los licitantes, dentro de los cinco días naturales siguientes a su emisión:

En el mismo acto de fallo o adjunta a la comunicación referida, las dependencias y entidades proporcionarán por escrito a los licitantes la información acerca de las razones por las cuales su propuesta no resultó ganadora.

Contra la resolución que contenga el fallo no procederá recurso alguno; sin embargo, procederá la inconformidad que se interponga por los licitantes en los términos del artículo 83 de esta Ley.

#### Artículo 40

Las dependencias y entidades procederán a declarar desierta una licitación cuando las propuestas presentadas no reúnan los requisitos de las bases de la licitación o sus precios no fueren aceptables, y expedirán una segunda convocatoria

Las dependencias y entidades podrán cancelar una licitación por caso fortuito o fuerza mayor. De igual manera, podrán cancelar cuando existan circunstancias, debidamente justificadas, que provoquen la extinción de la necesidad de contratar los trabajos y que de continuarse con el procedimiento de contratación se pudiera ocasionar un daño o perjuicio a la propia dependencia o entidad.

### **CAPITULO III**

#### **De las excepciones a la licitación pública**

#### Artículo 41

En los supuestos que prevé el siguiente artículo, las dependencias y entidades, bajo su responsabilidad, podrán optar por no llevar a cabo el procedimiento de licitación pública y celebrar contratos a través de los procedimientos de invitación a cuando menos tres personas o de adjudicación directa.

La selección que realicen las dependencias y entidades deberá fundarse y motivarse, según las circunstancias que concurren en cada caso, en criterios de economía, eficacia, eficiencia, imparcialidad y honradez que aseguren las mejores condiciones para el Estado. El acreditamiento de los criterios mencionados y la justificación para el ejercicio de la opción, deberá constar por escrito y ser firmado por el titular del área responsable de la ejecución de los trabajos.

En cualquier supuesto se invitará a personas que cuenten con capacidad de respuesta inmediata, así como con los recursos técnicos, financieros y demás que sean necesarios, de acuerdo con las características, complejidad y magnitud de los trabajos a ejecutar.

En estos casos, el titular del área responsable de la contratación de los trabajos, a más tardar el último día hábil de cada mes, enviará al órgano interno de control en la dependencia o entidad de que se trate, un informe relativo a los contratos formalizados durante el mes calendario inmediato anterior, acompañando copia del escrito aludido en este artículo y de un dictamen en el que se hará constar el análisis de la o las propuestas y las razones para la adjudicación del contrato. No será necesario rendir este informe en las operaciones que se realicen al amparo del artículo 42, fracción IV, de esta Ley.

#### Artículo 42

Las dependencias y entidades, bajo su responsabilidad, podrán contratar obras públicas o servicios relacionados con las mismas, sin sujetarse al procedimiento de licitación pública, a través de los procedimientos de invitación a cuando menos tres personas o de adjudicación directa, cuando:

- I. El contrato sólo pueda celebrarse con una determinada persona por tratarse de obras de arte, titularidad de patentes, derechos de autor u otros derechos exclusivos;
- II. Peligro o se altere el orden social, la economía, los servicios públicos, la salubridad, la seguridad o el ambiente de alguna zona o región del país como consecuencia de desastres producidos por fenómenos naturales;
- III. Existan circunstancias que puedan provocar pérdidas o costos adicionales importantes, debidamente justificados;
- IV. Se realicen con fines exclusivamente militares o para la Armada, sean necesarios para garantizar la seguridad interior de la Nación o comprometan información de naturaleza confidencial para el Gobierno Federal;
- V. Derivado de caso fortuito o fuerza mayor, no sea posible ejecutar los trabajos mediante el procedimiento de licitación pública en el tiempo requerido para atender la eventualidad de que se trate, en este supuesto deberán limitarse a lo

estrictamente necesario para afrontarla:

VI Se hubiere rescindido el contrato respectivo por causas imputables al contratista que hubiere resultado ganador en una licitación. En estos casos la dependencia o entidad podrá adjudicar el contrato al licitante que haya presentado la siguiente proposición solvente más baja, siempre que la diferencia en precio con respecto a la propuesta que inicialmente hubiere resultado ganadora no sea superior al diez por ciento:

VII. Se realicen dos licitaciones públicas que hayan sido declaradas desiertas:

VIII. Se trate de trabajos de mantenimiento, restauración, reparación y demolición de inmuebles, en los que no sea posible precisar su alcance, establecer el catálogo de conceptos, cantidades de trabajo, determinar las especificaciones correspondientes o elaborar el programa de ejecución.

IX Se trate de trabajos que requieran fundamentalmente de mano de obra campesina o urbana marginada, y que la dependencia o entidad contrate directamente con los habitantes beneficiarios de la localidad o del lugar donde deban realizarse los trabajos, ya sea como personas físicas o morales:

X Se trate de servicios relacionados con las obras públicas prestados por una persona física, siempre que éstos sean realizados por ella misma, sin requerir de la utilización de más de un especialista o técnico, o

XI Se acepte la ejecución de los trabajos a título de dación en pago, en los términos de la Ley del Servicio de Tesorería de la Federación

#### Artículo 43

Sin perjuicio de lo señalado en el artículo anterior, las dependencias y entidades, bajo su responsabilidad, podrán contratar obras públicas o servicios relacionados con las mismas, sin sujetarse al procedimiento de licitación pública, a través de los de invitación a cuando menos tres personas o de adjudicación directa, cuando el importe de cada contrato no exceda de los montos máximos que al efecto se establecerán en el Presupuesto de Egresos de la Federación, siempre que los contratos no se fraccionen para quedar comprendidas en los supuestos de excepción a la licitación pública a que se refiere este artículo.

Cuando diversas áreas de las dependencias o entidades sean las que por sí mismas realicen las contrataciones, los montos a que se refiere este artículo se calcularán de acuerdo con el presupuesto que a cada una de ellas le corresponda ejercer

La suma de los montos de los contratos que se realicen al amparo de este artículo no podrá exceder del veinte por ciento del presupuesto autorizado a las dependencias y entidades para realizar obras públicas y servicios relacionados con las mismas en cada ejercicio presupuestal.

En casos excepcionales, el titular de la dependencia o el órgano de gobierno de la entidad, de manera indelegable y bajo su responsabilidad, podrá fijar un porcentaje mayor al indicado en este artículo, debiéndolo hacer del conocimiento del órgano interno de control.

En el supuesto de que dos procedimientos de invitación a cuando menos tres personas hayan sido declarados desiertos, el titular del área responsable de la contratación de los trabajos en la dependencia o entidad podrá adjudicar directamente el contrato.

#### Artículo 44

El procedimiento de invitación a cuando menos tres personas se sujetará a lo siguiente:

I. El acto presentación y apertura de proposiciones se llevará a cabo en dos etapas, para lo cual la apertura de los sobres podrá hacerse sin la presencia de los correspondientes licitantes, pero invariablemente se invitará a un representante del órgano interno de control en la dependencia o entidad:

II. Para llevar a cabo la adjudicación correspondiente, se deberá contar con un mínimo de tres propuestas susceptibles de analizarse técnicamente:

III. En las bases se indicarán, según las características, complejidad y magnitud de los trabajos, aquellos aspectos que correspondan al artículo 33 de esta Ley;

IV. Los plazos para la presentación de las proposiciones se fijarán para cada contrato, atendiendo a las características, complejidad y magnitud de los trabajos;

V. El carácter nacional o internacional en los términos del artículo 30 de esta Ley, y

VI. A las demás disposiciones de esta Ley que resulten aplicables.

## TITULO CUARTO

### De los Contratos

## CAPITULO I

### De la contratación

#### Artículo 45

Para los efectos de esta Ley, los contratos de obras públicas y de servicios relacionados con las mismas podrán ser de tres tipos.

I. Sobre la base de precios unitarios, en cuyo caso el importe de la remuneración o pago total que deba cubrirse al contratista se hará por unidad de concepto de trabajo terminado;

II. A precio alzado, en cuyo caso el importe de la remuneración o pago total fijo que deba cubrirse al contratista será por los trabajos totalmente terminados y ejecutados en el plazo establecido.

Las proposiciones que presenten los contratistas para la celebración de estos contratos, tanto en sus aspectos técnicos como económicos, deberán estar desglosadas por lo menos en cinco actividades principales, y

III. Mixtos, cuando contengan una parte de los trabajos sobre la base de precios unitarios y otra, a precio alzado.

Las dependencias y entidades podrán incorporar en las bases de licitación las modalidades de contratación que tiendan a garantizar al Estado las mejores condiciones en la ejecución de los trabajos, siempre que con ello no desvirtúen el tipo de contrato que se haya licitado.

Los trabajos cuya ejecución comprendan más de un ejercicio presupuestal deberán formularse en un solo contrato, por la vigencia que resulte necesaria para la ejecución de los trabajos, quedando únicamente sujetos a la autorización presupuestal para cada ejercicio, en los términos del artículo 30 de la Ley de Presupuesto Contabilidad y Gasto Público Federal.

#### Artículo 46

Los contratos de obras públicas y servicios relacionados con las mismas contendrán, como mínimo, lo siguiente:

I. La autorización del presupuesto para cubrir el compromiso derivado del contrato y sus anexos;

II. La indicación del procedimiento conforme al cual se llevó a cabo la adjudicación del contrato;

III. El precio a pagar por los trabajos objeto del contrato. En el caso de contratos mixtos, la parte y su monto que será sobre la base de precios unitarios y la que corresponda a precio alzado;

IV. El plazo de ejecución de los trabajos determinado en días naturales, indicando la fecha de inicio y conclusión de los mismos, así como los plazos para verificar la terminación de los trabajos y la elaboración del finiquito referido en el artículo 64 de esta Ley, los cuales deben ser establecidos de acuerdo con las características, complejidad y magnitud de los trabajos;

V. Porcentajes, número y fechas de las exhibiciones y amortización de los anticipos que se otorguen,

VI. Forma y términos de garantizar la correcta inversión de los anticipos y el cumplimiento del contrato;

VII. Plazos, forma y lugar de pago de las estimaciones de trabajos ejecutados y, cuando corresponda, de los ajustes de costos;

VIII. Penas convencionales por atraso en la ejecución de los trabajos por causas imputables a los contratistas, determinadas únicamente en función de los trabajos no ejecutados conforme al programa convenido, las que en ningún caso podrán ser superiores, en su conjunto, al monto de la garantía de cumplimiento. Las dependencias y entidades deberán fijar los términos, forma y porcentajes para aplicar las penas convencionales;

IX. Términos en que el contratista, en su caso, reintegrará las cantidades que, en cualquier forma, hubiere recibido en exceso por la contratación o durante la ejecución de los trabajos, para lo cual se utilizará el procedimiento establecido en el artículo 55 de este ordenamiento;

X. Procedimiento de ajuste de costos que deberá ser el determinado desde las bases de la licitación por la dependencia o entidad, el cual deberá regir durante la vigencia del contrato.

XI. Causales y procedimiento mediante los cuales la dependencia o entidad podrá dar por rescindido el contrato en los términos del artículo 61 de esta Ley;

XII. La descripción pormenorizada de los trabajos que se deban ejecutar, debiendo acompañar como parte integrante del contrato, en el caso de las obras, los proyectos, planos, especificaciones, programas y presupuestos; tratándose de servicios, los términos de referencia, y

XIII. Los procedimientos mediante los cuales las partes, entre sí, resolverán las discrepancias futuras y previsibles, exclusivamente sobre problemas específicos de carácter técnico y administrativo que, de ninguna manera, impliquen una audiencia de conciliación.

Para los efectos de esta Ley, el contrato, sus anexos y la bitácora de los trabajos son los instrumentos que vinculan a las partes en sus derechos y obligaciones.

#### Artículo 47

La adjudicación del contrato obligará a la dependencia o entidad y a la persona en quien hubiere recaído, a formalizar el documento relativo dentro de los treinta días naturales siguientes al de la notificación del fallo. No podrá formalizarse contrato alguno que no se encuentre garantizado de acuerdo con lo dispuesto en la fracción II del artículo 48 de esta Ley.

Si el interesado no firmare el contrato por causas imputables al mismo, dentro del plazo a que se refiere el párrafo anterior, la dependencia o entidad podrá, sin necesidad de un nuevo procedimiento, adjudicar el contrato al participante que haya presentado la siguiente proposición solvente más baja, de conformidad con lo asentado en el dictamen a que se refiere el artículo 38 de esta Ley, y así sucesivamente en caso de que este último no acepte la adjudicación, siempre que la diferencia en precio con respecto a la propuesta que inicialmente hubiere resultado ganadora, no sea superior al diez por ciento.

Si la dependencia o entidad no firmare el contrato respectivo, el licitante ganador, sin recurrir en responsabilidad, no estará obligado a ejecutar los trabajos. En este supuesto, la dependencia o entidad, a solicitud escrita del licitante, cubrirá los gastos no recuperables en que hubiere incurrido para preparar y elaborar su propuesta, siempre que éstos sean razonables, estén debidamente comprobados y se relacionen directamente con la licitación de que se trate.

El contratista a quien se adjudique el contrato, no podrá hacerlo ejecutar por otro; pero, con autorización previa del titular del área responsable de la ejecución de los trabajos en la dependencia o entidad de que se trate, podrá hacerlo respecto de partes del contrato o cuando adquiera materiales o equipos que incluyan su instalación en las obras. Esta autorización previa no se requerirá cuando la dependencia o entidad señale específicamente en las bases de la licitación, las partes de los trabajos que podrán ser objeto de subcontratación. En todo caso, el contratista seguirá siendo el único responsable de la ejecución de los trabajos ante la dependencia o entidad.

Los derechos y obligaciones que se deriven de los contratos no podrán cederse en forma parcial o total en favor de cualesquiera otra persona, con excepción de los derechos de cobro sobre las estimaciones por trabajos ejecutados, en cuyo caso se deberá contar con el consentimiento de la dependencia o entidad de que se trate.

#### Artículo 48

Los contratistas que celebren los contratos a que se refiere esta Ley deberán garantizar.

I. Los anticipos que, en su caso, reciban. Estas garantías deberán constituirse dentro de los quince días naturales siguientes a la fecha de notificación del fallo y por la totalidad del monto de los anticipos, y

II. El cumplimiento de los contratos. Esta garantía deberá constituirse dentro de los quince días naturales siguientes a la fecha de notificación del fallo.

Para los efectos de este artículo, los titulares de las dependencias o los órganos de gobierno de las entidades fijarán las bases, la forma y el porcentaje a los que deberán sujetarse las garantías que deban constituirse. En los casos señalados en los artículos 42, fracciones IX y X, y 43 de esta Ley, el servidor público facultado para firmar el contrato, bajo su responsabilidad, podrá exceptuar a los contratistas de presentar la garantía del cumplimiento.

#### Artículo 49

Las garantías que deban otorgarse conforme a esta Ley se constituirán en favor de:

I. La Tesorería de la Federación, por actos o contratos que se celebren con las dependencias,

II. Las entidades, cuando los actos o contratos se celebren con ellas, y

III. Las Tesorerías de los Estados y Municipios, en los casos de los contratos celebrados al amparo de la fracción VI del artículo 1 de esta Ley.

#### Artículo 50

El otorgamiento del anticipo se deberá pactar en los contratos y se sujetará a lo siguiente:

I. El importe del anticipo concedido será puesto a disposición del contratista con antelación a la fecha pactada para el inicio de los trabajos, el atraso en la entrega del anticipo será motivo para diferir en igual plazo el programa de ejecución pactado. Cuando el contratista no entregue la garantía de anticipo dentro del plazo señalado en el artículo 48 de esta Ley, no procederá el diferimiento y, por lo tanto, deberá iniciar los trabajos en la fecha establecida originalmente;

II. Las dependencias y entidades podrán otorgar hasta un treinta por ciento de la asignación presupuestal aprobada al contrato en el ejercicio de que se trate para que el contratista realice en el sitio de los trabajos la construcción de sus oficinas, almacenes, bodegas e instalaciones y, en su caso, para los gastos de traslado de la maquinaria y equipo de construcción e inicio de los trabajos; así como, para la compra y producción de materiales de construcción, la adquisición de equipos que se instalen permanentemente y demás insumos que deberán otorgar.

Tratándose de servicios relacionados con las obras públicas, el otorgamiento del anticipo será determinado por la convocante atendiendo a las características, complejidad y magnitud del servicio; en el supuesto de que la dependencia o entidad decida otorgarlo, deberá ajustarse a lo previsto en este artículo;

III. El importe del anticipo deberá ser considerado obligatoriamente por los licitantes para la determinación del costo financiero de su propuesta;

IV. Cuando las condiciones de los trabajos lo requieran, el porcentaje de anticipo podrá ser mayor, en cuyo caso será necesaria la autorización escrita del titular de la dependencia o entidad o de la persona en quien éste haya delegado tal facultad;

V. Cuando los trabajos rebasen más de un ejercicio presupuestal, y se inicien en el último trimestre del primer ejercicio y el anticipo resulte insuficiente, las dependencias o entidades podrán, bajo su responsabilidad, otorgar como anticipo hasta el monto total de la asignación autorizada al contrato respectivo durante el primer ejercicio, vigilando que se

cuenta con la suficiencia presupuestal para el pago de la obra por ejecutar en el ejercicio de que se trate.

En ejercicios subsecuentes, la entrega del anticipo deberá hacerse dentro de los tres meses siguientes al inicio de cada ejercicio, previa entrega de la garantía correspondiente. El atraso en la entrega de los anticipos será motivo para ajustar el costo financiero pactado en el contrato, y

VI. No se otorgarán anticipos para los convenios que se celebren en términos del artículo 59 de esta Ley, salvo para aquéllos que alude el último párrafo del mismo; ni para los importes resultantes de los ajustes de costos del contrato o convenios que se generen durante el ejercicio presupuestal de que se trate.

Para la amortización del anticipo en el supuesto de que sea rescindido el contrato, el saldo por amortizar se reintegrará a la dependencia o entidad en un plazo no mayor de diez días naturales, contados a partir de la fecha en que le sea comunicada al contratista la determinación de dar por rescindido el contrato.

El contratista que no reintegre el saldo por amortizar en el plazo señalado cubrirá los cargos que resulten conforme con lo indicado en el párrafo primero del artículo 55 de esta Ley

### Artículo 51

Las dependencias y entidades se abstendrán de recibir propuestas o celebrar contrato alguno en las materias a que se refiere esta Ley, con las personas siguientes:

I. Aquéllas en que el servidor público que intervenga en cualquier etapa del procedimiento de contratación tenga interés personal, familiar o de negocios, incluyendo aquellas de las que pueda resultar algún beneficio para él, su cónyuge o sus parientes consanguíneos hasta el cuarto grado, por afinidad o civiles, o para terceros con los que tenga relaciones profesionales, laborales o de negocios, o para socios o sociedades de las que el servidor público o las personas antes referidas formen o hayan formado parte;

II. Las que desempeñen un empleo, cargo o comisión en el servicio público, o bien, las sociedades de las que dichas personas formen parte, sin la autorización previa y específica de la Contraloría conforme a la Ley Federal de Responsabilidades de los Servidores Públicos; así como las inhabilitadas para desempeñar un empleo, cargo o comisión en el servicio público;

III. Aquellos contratistas que, por causas imputables a ellos mismos, la dependencia o entidad convocante les hubiere rescindido administrativamente un contrato dentro de un lapso de un año calendario contado a partir de la notificación de la rescisión. Dicho impedimento prevalecerá ante la propia dependencia o entidad convocante durante un año calendario contado a partir de la notificación de la rescisión;

IV. Las que se encuentren inhabilitadas por resolución de la Contraloría, en los términos del Título Séptimo de este ordenamiento y Título Sexto de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público;

V. Aquéllas que hayan sido declaradas en suspensión de pagos, estado de quiebra o sujetas a concurso de acreedores;

VI. Los licitantes que participen en un mismo procedimiento de contratación, que se encuentren vinculados entre sí por algún socio o asociado común;

VII. Las que pretendan participar en un procedimiento de contratación y previamente, hayan realizado o se encuentren realizando por sí o a través de empresas que formen parte del mismo grupo empresarial, en virtud de otro contrato, el proyecto, trabajos de dirección, coordinación, supervisión y control de obra e instalaciones; laboratorio de análisis y control de calidad, geotecnia, mecánica de suelos y de resistencia de materiales; radiografías industriales; preparación de especificaciones de construcción; presupuesto de los trabajos; selección o aprobación de materiales, equipos y procesos, o la elaboración de cualquier otro documento vinculado con el procedimiento, en que se encuentran interesadas en participar;

VIII. Aquéllas que por sí o a través de empresas que formen parte del mismo grupo empresarial, pretendan ser contratadas para la elaboración de dictámenes, peritajes y avalúos, cuando éstos hayan de ser utilizados para resolver discrepancias derivadas de los contratos en los que dichas personas o empresas sean partes, y

IX Las demás que por cualquier causa se encuentren impedidas para ello por disposición de ley.

## **CAPITULO II**

### **De la ejecución**

#### **Artículo 52**

La ejecución de los trabajos deberá iniciarse en la fecha señalada en el contrato respectivo, y la dependencia o entidad contratante oportunamente pondrá a disposición del contratista el o los inmuebles en que deban llevarse a cabo. El incumplimiento de la dependencia o entidad prorrogará en igual plazo la fecha originalmente pactada para la conclusión de los trabajos. La entrega deberá constar por escrito.

#### **Artículo 53**

Las dependencias y entidades establecerán la residencia de obra con anterioridad a la iniciación de las mismas, la cual deberá recaer en un servidor público designado por la dependencia o entidad, quien fungirá como su representante ante el contratista y será el responsable directo de la supervisión, vigilancia, control y revisión de los trabajos, incluyendo la aprobación de las estimaciones presentadas por los contratistas. La residencia de obra deberá estar ubicada en el sitio de ejecución de los trabajos.

Cuando la supervisión sea realizada por contrato, la aprobación de las estimaciones para efectos de pago deberá ser autorizada por la residencia de obra de la dependencia o entidad.

#### **Artículo 54**

Las estimaciones de los trabajos ejecutados se deberán formular con una periodicidad no mayor de un mes. El contratista deberá presentarlas a la residencia de obra dentro de los seis días naturales siguientes a la fecha de corte para el pago de las estimaciones que hubiere fijado la dependencia o entidad en el contrato, acompañadas de la documentación que acredite la procedencia de su pago; la residencia de obra para realizar la revisión y autorización de las estimaciones contará con un plazo no mayor de quince días naturales siguientes a su presentación. En el supuesto de que surjan diferencias técnicas o numéricas que no puedan ser autorizadas dentro de dicho plazo, éstas se resolverán e incorporarán en la siguiente estimación.

Las estimaciones por trabajos ejecutados deberán pagarse por parte de la dependencia o entidad, bajo su responsabilidad, en un plazo no mayor a veinte días naturales, contados a partir de la fecha en que hayan sido autorizadas por la residencia de la obra de que se trate.

Los pagos de cada una de las estimaciones por trabajos ejecutados son independientes entre sí y, por lo tanto, cualquier tipo y secuencia será sólo para efecto de control administrativo.

En los proyectos de infraestructura productiva de largo plazo, la forma de estimar los trabajos y los plazos para su pago deberán establecerse en las bases de licitación y en el contrato correspondiente.

#### **Artículo 55**

En caso de incumplimiento en los pagos de estimaciones y de ajustes de costos, la dependencia o entidad, a solicitud del contratista, deberá pagar gastos financieros conforme al procedimiento establecido en el Código Fiscal de la Federación, como si se tratara del supuesto de prórroga para el pago de créditos fiscales. Dichos gastos se calcularán sobre las cantidades no pagadas y se computarán por días naturales desde que se venció el plazo hasta la fecha en que se ponga efectivamente las cantidades a disposición del contratista.

Tratándose de pagos en exceso que haya recibido el contratista, éste deberá reintegrar las cantidades pagadas en exceso más los intereses correspondientes, conforme a lo señalado en el párrafo anterior. Los cargos se calcularán sobre las cantidades pagadas en exceso en cada caso y se computarán por días naturales, desde la fecha del pago hasta la fecha en que se pongan efectivamente las cantidades a disposición de la dependencia o entidad.

No se considerará pago en exceso cuando las diferencias que resulten a cargo del contratista sean compensadas en la estimación siguiente.

### Artículo 56

Cuando a partir de la presentación de propuestas ocurran circunstancias de orden económico no previstas en el contrato que determinen un aumento o reducción de los costos de los trabajos aún no ejecutados conforme al programa pactado, dichos costos, cuando procedan, deberán ser ajustados atendiendo al procedimiento de ajuste de costos acordado por las partes en el contrato, de acuerdo con lo establecido por el artículo 57 de esta Ley. El aumento o reducción correspondientes deberá constar por escrito.

No darán lugar a ajuste de costos, las cuotas compensatorias a que, conforme a la ley de la materia, pudiera estar sujeta la importación de bienes contemplados en la realización de los trabajos

### Artículo 57

El ajuste de costos podrá llevarse a cabo mediante cualesquiera de los siguientes procedimientos:

- I. La revisión de cada uno de los precios del contrato para obtener el ajuste;
- II. La revisión por grupo de precios, que multiplicados por sus correspondientes cantidades de trabajo por ejecutar, representen cuando menos el ochenta por ciento del importe total faltante del contrato, y
- III. En el caso de trabajos en los que se tenga establecida la proporción en que intervienen los insumos en el total del costo directo de los mismos, el ajuste respectivo podrá determinarse mediante la actualización de los costos de los insumos que intervienen en dichas proporciones.

### Artículo 58

La aplicación de los procedimientos de ajuste de costos a que se refiere el artículo anterior se sujetará a lo siguiente:

I. Los ajustes se calcularán a partir de la fecha en que se haya producido el incremento o decremento en el costo de los insumos, respecto de los trabajos pendientes de ejecutar, conforme al programa de ejecución pactado en el contrato o, en caso de existir atraso no imputable al contratista, con respecto al programa que se hubiere convenido.

Cuando el atraso sea por causa imputable al contratista, procederá el ajuste de costos exclusivamente para los trabajos pendientes de ejecutar conforme al programa que se hubiere convenido.

Para efectos de la revisión y ajuste de los costos, la fecha de origen de los precios será la del acto de presentación y apertura de proposiciones:

II. Los incrementos o decrementos de los costos de los insumos serán calculados con base en los índices nacionales de precios productor con servicios que determine el Banco de México. Cuando los índices que requiera el contratista y la dependencia o entidad no se encuentren dentro de los publicados por el Banco de México, las dependencias y entidades procederán a calcularlos conforme a los precios que investiguen, utilizando los lineamientos y metodología que expida el Banco de México:

III. Los precios originales del contrato permanecerán fijos hasta la terminación de los trabajos contratados. El ajuste se aplicará a los costos directos, conservando constantes los porcentajes de indirectos y utilidad originales durante el ejercicio del contrato; el costo por financiamiento estará sujeto a las variaciones de la tasa de interés que el contratista haya considerado en su propuesta, y

IV. A los demás lineamientos que para tal efecto emita la Contraloría.

### Artículo 59

Las dependencias y entidades podrán, dentro de su presupuesto autorizado, bajo su responsabilidad y por razones fundadas y explícitas, modificar los contratos sobre la base de precios unitarios y mixtos en la parte correspondiente, mediante convenios siempre y cuando éstos, considerados conjunta o separadamente, no rebasen el veinticinco por ciento del monto o del plazo pactados en el contrato, ni impliquen variaciones sustanciales al proyecto original, ni se celebren para eludir en cualquier forma el cumplimiento de la Ley o los tratados.

Si las modificaciones exceden el porcentaje indicado pero no varían el objeto del proyecto, se podrán celebrar convenios

adicionales entre las partes respecto de las nuevas condiciones. Estos convenios deberán ser autorizados bajo la responsabilidad de titular del área responsable de la contratación de los trabajos. Dichas modificaciones no podrán, en modo alguno, afectar las condiciones que se refieran a la naturaleza y características esenciales del objeto del contrato original, ni convenirse para eludir en cualquier forma el cumplimiento de esta Ley o de los tratados.

Los contratos a precio alzado o la parte de los mixtos de esta naturaleza no podrán ser modificados en monto o en plazo, ni estarán sujetos a ajustes de costos.

Sin embargo, cuando con posterioridad a la adjudicación de un contrato a precio alzado o la parte de los mixtos de esta naturaleza, se presenten circunstancias económicas de tipo general que sean ajenas a la responsabilidad de las partes y que por tal razón no pudieron haber sido objeto de consideración en la propuesta que sirvió de base para la adjudicación del contrato correspondiente; como son, entre otras, variaciones en la paridad cambiaria de la moneda o cambios en los precios nacionales o internacionales que provoquen directamente un aumento o reducción en los costos de los insumos de los trabajos no ejecutados conforme al programa originalmente pactado; las dependencias y entidades deberán reconocer incrementos o requerir reducciones.

Lo dispuesto en el párrafo anterior, se regirá por los lineamientos que expida la Contraloría; los cuales deberán considerar, entre otros aspectos, los mecanismos con que cuentan las partes para hacer frente a estas situaciones

Una vez que se tengan determinadas las posibles modificaciones al contrato respectivo, la celebración oportuna de los convenios será responsabilidad de la dependencia o entidad de que se trate.

De las autorizaciones a que se refiere este artículo, el titular del área responsable de la contratación de los trabajos informará al órgano interno de control en la dependencia o entidad que se trate. Al efecto, a más tardar el último día hábil de cada mes, deberá presentarse un informe que se referirá a las autorizaciones otorgadas en el mes calendario inmediato anterior.

Cuando durante la ejecución de los trabajos se requiera la realización de cantidades o conceptos de trabajo adicionales a los previstos originalmente, las dependencias y entidades podrán autorizar el pago de las estimaciones de los trabajos ejecutados, previamente a la celebración de los convenios respectivos, vigilando que dichos incrementos no rebasen el presupuesto autorizado en el contrato. Tratándose de cantidades adicionales, éstas se pagarán a los precios unitarios pactados originalmente; tratándose de los conceptos no previstos en el catálogo de conceptos del contrato, sus precios unitarios deberán ser conciliados y autorizados, previamente a su pago.

No será aplicable el porcentaje que se establece en el primer párrafo de este artículo, cuando se trate de contratos cuyos trabajos se refieran al mantenimiento o restauración de los inmuebles a que hace mención el artículo 5o. de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, en los que no sea posible determinar el catálogo de conceptos, las cantidades de trabajo, las especificaciones correspondientes o el programa de ejecución.

#### Artículo 60

Las dependencias y entidades podrán suspender temporalmente, en todo o en parte, los trabajos contratados por cualquier causa justificada. Los titulares de las dependencias y los órganos de gobierno de las entidades designarán a los servidores públicos que podrán ordenar la suspensión y determinar, en su caso, la temporalidad de ésta, la que no podrá prorrogarse o ser indefinida.

Asimismo, podrán dar por terminados anticipadamente los contratos cuando concurren razones de interés general; existan causas justificadas que le impidan la continuación de los trabajos, y se demuestre que de continuar con las obligaciones pactadas se ocasionaría un daño o perjuicio grave al Estado, o bien, no sea posible determinar la temporalidad de la suspensión de los trabajos a que se refiere este artículo.

#### Artículo 61

Las dependencias y entidades podrán rescindir administrativamente los contratos en caso de incumplimiento de las obligaciones a cargo del contratista.

El procedimiento de rescisión se llevará a cabo conforme a lo siguiente:

I. Se iniciará a partir de que al contratista le sea comunicado el incumplimiento en que haya incurrido, para que en un

término de quince días hábiles, exponga lo que a su derecho convenga y aporte, en su caso, las pruebas que estime pertinentes;

II. Transcurrido el término a que se refiere la fracción anterior, se resolverá considerando los argumentos y pruebas que hubiere hecho valer, y

III. La determinación de dar o no por rescindido el contrato deberá ser debidamente fundada, motivada y comunicada al contratista dentro de los quince días hábiles siguientes a lo señalado por la fracción I de este artículo.

### Artículo 62

En la suspensión, rescisión administrativa o terminación anticipada de los contratos deberá observarse lo siguiente:

I. Cuando se determine la suspensión de los trabajos o se rescinda el contrato por causas imputables a la dependencia o entidad, ésta pagará los trabajos ejecutados, así como los gastos no recuperables, siempre que éstos sean razonables, esten debidamente comprobados y se relacionen directamente con el contrato de que se trate;

II. En caso de rescisión del contrato por causas imputables al contratista, una vez emitida la determinación respectiva, la dependencia o entidad precautoriamente y desde el inicio de la misma, se abstendrá de cubrir los importes resultantes de trabajos ejecutados aún no liquidados, hasta que se otorgue el finiquito que proceda, lo que deberá efectuarse dentro de los treinta días naturales siguientes a la fecha de la comunicación de dicha determinación, a fin de proceder a hacer efectivas las garantías. En el finiquito deberá preverse el sobrecosto de los trabajos aún no ejecutados que se encuentren atrasados conforme al programa vigente, así como lo relativo a la recuperación de los materiales y equipos que, en su caso, le hayan sido entregados;

III. Cuando se den por terminados anticipadamente los contratos, la dependencia o entidad pagará al contratista los trabajos ejecutados, así como los gastos no recuperables, siempre que éstos sean razonables, esten debidamente comprobados y se relacionen directamente con el contrato de que se trate, y

IV. Cuando por caso fortuito o fuerza mayor se imposibilite la continuación de los trabajos, el contratista podrá optar por no ejecutarlos. En este supuesto, si opta por la terminación anticipada del contrato, deberá solicitarla a la dependencia o entidad, quien determinará lo conducente dentro de los quince días naturales siguientes a la presentación del escrito respectivo; en caso de negativa, será necesario que el contratista obtenga de la autoridad judicial la declaratoria correspondiente, pero si la dependencia o entidad no contesta en dicho plazo, se tendrá por aceptada la petición del contratista.

Una vez comunicada por la dependencia o entidad la terminación anticipada de los contratos o el inicio del procedimiento de rescisión de los mismos, éstas procederán a tomar inmediata posesión de los trabajos ejecutados para hacerse cargo del inmueble y de las instalaciones respectivas, levantando, con o sin la comparecencia del contratista, acta circunstanciada del estado en que se encuentre la obra. En el caso de entidades, el acta circunstanciada se levantará ante la presencia de fedatario público.

El contratista estará obligado a devolver a la dependencia o entidad, en un plazo de diez días naturales, contados a partir del inicio del procedimiento respectivo, toda la documentación que ésta le hubiere entregado para la realización de los trabajos.

### Artículo 63

De ocurrir los supuestos establecidos en el artículo anterior, las dependencias y entidades comunicarán la suspensión, rescisión o terminación anticipada del contrato al contratista; posteriormente, lo harán del conocimiento de su órgano interno de control, a más tardar el último día hábil de cada mes, mediante un informe en el que se referirá los supuestos ocurridos en el mes calendario inmediato anterior.

### Artículo 64

El contratista comunicará a la dependencia o entidad la conclusión de los trabajos que le fueron encomendados, para que ésta, dentro del plazo pactado, verifique la debida terminación de los mismos conforme a las condiciones establecidas en el contrato. Al finalizar la verificación de los trabajos, la dependencia o entidad contará con un plazo de quince días naturales para proceder a su recepción física, mediante el levantamiento del acta correspondiente, quedando los trabajos

bajo su responsabilidad.

Recibidos físicamente los trabajos, las partes deberán elaborar dentro del término estipulado en el contrato, el finiquito de los trabajos, en el que se harán constar los créditos a favor y en contra que resulten para cada uno de ellos, describiendo el concepto general que les dio origen y el saldo resultante

De existir desacuerdo entre las partes respecto al finiquito, o bien, el contratista no acuda con la dependencia o entidad para su elaboración dentro del plazo señalado en el contrato, ésta procederá a elaborarlo, debiendo comunicar su resultado al contratista dentro de un plazo de diez días naturales, contado a partir de su emisión; una vez notificado el resultado de dicho finiquito al contratista, éste tendrá un plazo de quince días naturales para alegar lo que a su derecho corresponda, si transcurrido este plazo no realiza alguna gestión, se dará por aceptado.

Determinado el saldo total, la dependencia o entidad pondrá a disposición del contratista el pago correspondiente, mediante su ofrecimiento o la consignación respectiva, o bien, solicitará el reintegro de los importes resultantes; debiendo, en forma simultánea, levantar el acta administrativa que dé por extinguidos los derechos y obligaciones asumidos por ambas partes en el contrato.

#### Artículo 65

A la conclusión de las obras públicas, las dependencias y, en su caso, las entidades, deberán registrar en las oficinas de Catastro y del Registro Público de la Propiedad de las entidades federativas, los títulos de propiedad correspondientes de aquellos inmuebles que se hayan adquirido con motivo de la construcción de las obras públicas, y en su caso deberán remitir a la Contraloría los títulos de propiedad para su inscripción en el Registro Público de la Propiedad Federal y su inclusión en el Catálogo e Inventario de los Bienes y Recursos de la Nación.

#### Artículo 66

Concluidos los trabajos, el contratista quedará obligado a responder de los defectos que resultaren en los mismos, de los vicios ocultos y de cualquier otra responsabilidad en que hubiere incurrido, en los términos señalados en el contrato respectivo y en la legislación aplicable.

Los trabajos se garantizarán durante un plazo de doce meses por el cumplimiento de las obligaciones a que se refiere el párrafo anterior, por lo que previamente a la recepción de los trabajos, los contratistas, a su elección, deberán constituir fianza por el equivalente al diez por ciento del monto total ejercido de los trabajos; presentar una carta de crédito irrevocable por el equivalente al cinco por ciento del monto total ejercido de los trabajos, o bien, aportar recursos líquidos por una cantidad equivalente al cinco por ciento del mismo monto en fideicomisos especialmente constituidos para ello.

Los recursos aportados en fideicomiso deberán invertirse en instrumentos de renta fija.

Los contratistas, en su caso, podrán retirar sus aportaciones en fideicomiso y los respectivos rendimientos, transcurridos doce meses a partir de la fecha de recepción de los trabajos. En igual plazo quedará automáticamente cancelada la fianza o carta de crédito irrevocable, según sea el caso.

Quedarán a salvo los derechos de las dependencias y entidades para exigir el pago de las cantidades no cubiertas de la indemnización que a su juicio corresponda, una vez que se hagan efectivas las garantías constituidas conforme a este artículo.

En los casos señalados en los artículos 42, fracciones IX y X, y 43 de esta Ley, el servidor público que haya firmado el contrato, bajo su responsabilidad, podrá exceptuar a los contratistas de presentar la garantía a que se refiere este artículo.

#### Artículo 67

El contratista será el único responsable de la ejecución de los trabajos y deberá sujetarse a todos los reglamentos y ordenamientos de las autoridades competentes en materia de construcción, seguridad, uso de la vía pública, protección ecológica y de medio ambiente que rijan en el ámbito federal, estatal o municipal, así como a las instrucciones que al efecto le señale la dependencia o entidad. Las responsabilidades y los daños y perjuicios que resultaren por su inobservancia serán a cargo del contratista.

### Artículo 68

Una vez concluida la obra o parte utilizable de la misma, las dependencias o entidades vigilarán que la unidad que debe operarla reciba oportunamente de la responsable de su realización, el inmueble en condiciones de operación, los planos correspondientes a la construcción final, las normas y especificaciones que fueron aplicadas durante su ejecución, así como los manuales e instructivos de operación y mantenimiento correspondientes y los certificados de garantía de calidad y funcionamiento de los bienes instalados.

### Artículo 69

Las dependencias y entidades bajo cuya responsabilidad quede una obra pública concluida, estarán obligadas, por conducto del área responsable de su operación, a mantenerla en niveles apropiados de funcionamiento. Los órganos internos de control vigilarán que su uso, operación y mantenimiento se realice conforme a los objetivos y acciones para las que fueron originalmente diseñadas.

## TITULO QUINTO

### De la Administración Directa

## CAPITULO Unico

### Artículo 70

Cumplidos los requisitos establecidos en el artículo 24 de esta Ley, las dependencias y entidades podrán realizar trabajos por administración directa, siempre que posean la capacidad técnica y los elementos necesarios para tal efecto, consistentes en maquinaria y equipo de construcción y personal técnico, según el caso, que se requieran para el desarrollo de los trabajos respectivos y podrán:

- I. Utilizar la mano de obra local que se requiera, lo que invariablemente deberá llevarse a cabo por obra determinada;
- II. Alquilar el equipo y maquinaria de construcción complementario;
- III. Utilizar preferentemente los materiales de la región, y
- IV. Utilizar los servicios de fletes y acarreo complementarios que se requieran.

En la ejecución de los trabajos por administración directa, bajo ninguna circunstancia podrán participar terceros como contratistas, sean cuales fueren las condiciones particulares, naturaleza jurídica o modalidades que éstos adopten.

Cuando se requieran equipos, instrumentos, elementos prefabricados terminados, materiales u otros bienes que deban ser instalados, montados, colocados o aplicados, su adquisición se regirá por las disposiciones correspondientes a tal materia

### Artículo 71

Previamente a la realización de los trabajos por administración directa, el titular del área responsable de la ejecución de los trabajos emitirá el acuerdo respectivo, del cual formarán parte, entre otros aspectos, la descripción pormenorizada de los trabajos que se deban ejecutar, los proyectos, planos, especificaciones, programas de ejecución y suministro y el presupuesto correspondiente.

Los órganos internos de control en las dependencias y entidades, previamente a la ejecución de los trabajos por administración directa, verificarán que se cuente con el presupuesto correspondiente y los programas de ejecución, de utilización de recursos humanos y, en su caso, de utilización de maquinaria y equipo de construcción.

### Artículo 72

La ejecución de los trabajos estará a cargo de la dependencia o entidad a través de la residencia de obra; una vez concluidos los trabajos por administración directa, deberá entregarse al área responsable de su operación o mantenimiento. La entrega deberá constar por escrito.

### Artículo 73

La dependencia o entidad deberá prever y proveer todos los recursos humanos, técnicos, materiales y económicos necesarios para que la ejecución de los trabajos se realice de conformidad con lo previsto en los proyectos, planos y especificaciones técnicas; los programas de ejecución y suministro y los procedimientos para llevarlos a cabo.

En la ejecución de los trabajos por administración directa serán aplicables, en lo procedente, las disposiciones de esta Ley.

## TITULO SEXTO

### De la Información y Verificación

#### CAPITULO Unico

### Artículo 74

La forma y términos en que las dependencias y entidades deberán remitir a la Contraloría, a la Secretaría y a la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial la información relativa a los actos y contratos materia de esta Ley, serán establecidos por dichas Secretarías, en el ámbito de sus respectivas atribuciones.

La información a que se refiere el último párrafo del artículo 27 de esta Ley deberá remitirse por las dependencias y entidades a la Contraloría, a través de medios magnéticos o remotos de comunicación electrónica, conforme a las disposiciones administrativas que para tal efecto establezca la propia Contraloría.

Las dependencias y entidades conservarán en forma ordenada y sistemática toda la documentación comprobatoria de los actos y contratos materia de este ordenamiento, cuando menos por un lapso de tres años, contados a partir de la fecha de su recepción, excepto la documentación contable, en cuyo caso se estará a lo previsto en las disposiciones aplicables.

### Artículo 75

La Contraloría, en el ejercicio de sus facultades, podrá verificar, en cualquier tiempo, que las obras públicas y servicios relacionados con las mismas se realicen conforme a lo establecido en esta Ley o en otras disposiciones aplicables. Si la Contraloría determina la nulidad total del procedimiento de contratación por causas imputables a la convocante, la dependencia o entidad reembolsará a los licitantes los gastos no recuperables en que hayan incurrido, siempre que éstos sean razonables, estén debidamente comprobados y se relacionen directamente con la operación correspondiente.

La Contraloría podrá realizar las visitas e inspecciones que estime pertinentes a las dependencias y entidades que realicen obras públicas y servicios relacionados con las mismas, e igualmente podrá solicitar a los servidores públicos y a los contratistas que participen en ellos todos los datos e informes relacionados con los actos de que se trate.

### Artículo 76

La Contraloría podrá verificar la calidad de los trabajos a través de los laboratorios, instituciones educativas y de investigación o con las personas que determine, en los términos que establece la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y que podrán ser aquellos con los que cuente la dependencia o entidad de que se trate.

El resultado de las comprobaciones se hará constar en un dictamen que será firmado por quien haya hecho la comprobación, así como por el contratista y el representante de la dependencia o entidad respectiva, si hubieren intervenido. La falta de firma del contratista no invalidará dicho dictamen.

## TITULO SEPTIMO

### De las Infracciones y Sanciones

#### CAPITULO Unico

### Artículo 77

Los licitantes o contratistas que infrinjan las disposiciones de esta Ley, serán sancionados por la Contraloría con multa

equivalente a la cantidad de cincuenta hasta mil veces el salario mínimo general vigente en el Distrito Federal elevado al mes, en la fecha de la infracción.

#### Artículo 78

La Contraloría, además de la sanción a que se refiere el artículo anterior, inhabilitará temporalmente para participar en procedimientos de contratación o celebrar contratos regulados por esta Ley al licitante o contratista que se encuentre en alguno de los supuestos siguientes:

I. Los licitantes que injustificadamente y por causas imputables a los mismos no formalicen el contrato adjudicado por la convocante;

II. Los contratistas que se encuentren en la fracción III del artículo 51 de este ordenamiento, respecto de dos o más dependencias o entidades;

III. Los contratistas que no cumplan con sus obligaciones contractuales por causas imputables a ellos y que, como consecuencia, causen daños o perjuicios graves a la dependencia o entidad de que se trate, y

IV. Los licitantes o contratistas que proporcionen información falsa, o que actúen con dolo o mala fe en algún procedimiento de contratación, en la celebración del contrato o durante su vigencia, o bien, en la presentación o desahogo de una queja en una audiencia de conciliación o de una inconformidad.

La inhabilitación que imponga no será menor de tres meses ni mayor de cinco años, plazo que comenzará a contarse a partir del día siguiente a la fecha en que la Contraloría la haga del conocimiento de las dependencias y entidades, mediante la publicación de la circular respectiva en el Diario Oficial de la Federación.

Las dependencias y entidades, dentro de los quince días siguientes a la fecha en que tengan conocimiento de alguna infracción a las disposiciones de esta Ley, remitirán a la Contraloría la documentación comprobatoria de los hechos presumiblemente constitutivos de la infracción.

#### Artículo 79

La Contraloría impondrá las sanciones considerando:

I. Los daños o perjuicios que se hubieren producido o puedan producirse;

II. El carácter intencional o no de la acción u omisión constitutiva de la infracción;

III. La gravedad de la infracción, y

IV. Las condiciones del infractor.

La Contraloría impondrá las sanciones administrativas de que trata este Título, con base en las disposiciones relativas de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo.

#### Artículo 80

La Contraloría aplicará las sanciones que procedan, conforme a lo dispuesto por la Ley Federal de Responsabilidades de los Servidores Públicos, a los servidores públicos que infrinjan las disposiciones de este ordenamiento.

#### Artículo 81

Las responsabilidades a que se refiere la presente Ley serán independientes de las de orden civil o penal que puedan derivar de la comisión de los mismos hechos.

#### Artículo 82

Cuando se haya incurrido en infracción por causa de fuerza mayor o de caso fortuito, o cuando se observe en forma espontánea el precepto que se hubiese dejado de cumplir, no se impondrán sanciones. No se considerará que el cumplimiento es espontáneo cuando la omisión sea descubierta por las autoridades o medie requerimiento, visita, excitativa o cualquier otra gestión efectuada por las mismas.

## TITULO OCTAVO

### De las Inconformidades y del Procedimiento de Conciliación

#### CAPITULO I

#### De las inconformidades

##### Artículo 83

Las personas interesadas podrán inconformarse ante la Contraloría por cualquier acto del procedimiento de contratación que contravenga las disposiciones que rigen las materias objeto de esta Ley.

La inconformidad será presentada, a elección del promovente, por escrito o a través de medios remotos de comunicación electrónica que al efecto establezca la Contraloría, dentro de los diez días hábiles siguientes a aquél en que ocurra el acto o el inconforme tenga conocimiento de éste.

Transcurrido el plazo establecido en este artículo, precluye para los interesados el derecho a inconformarse, sin perjuicio de que la Contraloría pueda actuar en cualquier tiempo en términos de ley.

Lo anterior, sin perjuicio de que las personas interesadas previamente manifiesten a la Contraloría las irregularidades que a su juicio se hayan cometido en el procedimiento de contratación, a fin de que las mismas se corrijan.

La falta de acreditamiento de la personalidad del promovente será causa de desechamiento.

##### Artículo 84

En la inconformidad que se presente en los términos a que se refiere este Capítulo, el promovente deberá manifestar, bajo protesta de decir verdad, los hechos que le consten relativos al acto o actos que aduce son irregulares y acompañar la documentación que sustente su petición. La falta de protesta indicada será causa de desechamiento de la inconformidad.

La manifestación de hechos falsos se sancionará conforme a las disposiciones de esta Ley y a las demás que resulten aplicables.

Cuando una inconformidad se resuelva como no favorable al promovente por resultar notoriamente improcedente y se advierta que se hizo con el único propósito de retrasar y entorpecer la continuación del procedimiento de contratación; se le impondrá multa conforme lo establece el artículo 77 de esta Ley.

##### Artículo 85

En las inconformidades que se presenten a través de medios remotos de comunicación electrónica, deberán utilizarse medios de identificación electrónica en sustitución de la firma autógrafa.

Dichas inconformidades, la documentación que las acompañe y la manera de acreditar la personalidad del promovente, se sujetarán a las disposiciones técnicas que para efectos de la transmisión expida la Contraloría, en cuyo caso producirán los mismos efectos que las leyes otorgan a los medios de identificación y documentos correspondientes.

##### Artículo 86

La Contraloría podrá de oficio o en atención a las inconformidades a que se refiere el artículo 83 del presente ordenamiento, realizar las investigaciones que resulten pertinentes, a fin de verificar que los actos de cualquier procedimiento de contratación se ajustan a las disposiciones de esta Ley, dentro de un plazo que no excederá de treinta días hábiles contados a partir de la fecha en que tenga conocimiento del acto irregular. Transcurrido dicho plazo, deberá emitir la resolución correspondiente dentro de los treinta días hábiles siguientes.

La Contraloría podrá requerir información a las dependencias o entidades correspondientes, quienes deberán remitirla dentro de los diez días naturales siguientes a la recepción del requerimiento respectivo.

Una vez admitida la inconformidad o iniciadas las investigaciones, la Contraloría deberá hacerlo del conocimiento de terceros que pudieran resultar perjudicados, para que dentro del término a que alude el párrafo anterior manifieste lo que a su interés convenga. Transcurrido dicho plazo sin que el tercero perjudicado haga manifestación alguna, se tendrá por precluido su derecho.

Durante la investigación de los hechos a que se refiere este artículo, la Contraloría podrá suspender el procedimiento de contratación, cuando:

I. Se advierta que existan o pudieren existir actos contrarios a las disposiciones de esta Ley o a las que de ella deriven, o bien, que de continuarse con el procedimiento de contratación pudiera producirse daños o perjuicios a la dependencia o entidad de que se trate, y

II. Con la suspensión no se cause perjuicio al interés social y no se contravengan disposiciones de orden público. La dependencia o entidad deberá informar dentro de los tres días hábiles siguientes a la notificación de la suspensión, aportando la justificación del caso, si con la misma no se causa perjuicio al interés social o bien, se contravienen disposiciones de orden público, para que la Contraloría resuelva lo que proceda.

Cuando sea el inconforme quien solicite la suspensión, éste deberá garantizar los daños y perjuicios que pudiera ocasionar, mediante fianza por el monto que fije la Contraloría, de conformidad con los lineamientos que al efecto expida; sin embargo, el tercero perjudicado podrá dar contrafianza equivalente a la que corresponda a la fianza, en cuyo caso quedará sin efecto la suspensión.

### Artículo 87

La resolución que emita la Contraloría tendrá por consecuencia:

I. La nulidad del acto o actos irregulares estableciendo, cuando proceda, las directrices necesarias para que el mismo se reponga conforme a esta Ley;

II. La nulidad total del procedimiento, o

III. La declaración relativa a lo infundado de la inconformidad.

### Artículo 88

En contra de la resolución de inconformidad que dicte la Contraloría, se podrá interponer el recurso que establece la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, o bien, impugnarla ante las instancias jurisdiccionales competentes.

## **CAPITULO II**

### **Del procedimiento de conciliación**

### Artículo 89

Los contratistas podrán presentar quejas ante la Contraloría, con motivo del incumplimiento de los términos y condiciones pactados en los contratos que tengan celebrados con las dependencias y entidades.

Una vez recibida la queja respectiva, la Contraloría señalará día y hora para que tenga verificativo la audiencia de conciliación y citará a las partes. Dicha audiencia se deberá celebrar dentro de los quince días hábiles siguientes a la fecha de recepción de la queja.

La asistencia a la audiencia de conciliación será obligatoria para ambas partes, por lo que la inasistencia por parte del contratista traerá como consecuencia el tenerlo por desistido de su queja.

### Artículo 90

En la audiencia de conciliación, la Contraloría tomando en cuenta los hechos manifestados en la queja y los argumentos que hiciere valer la dependencia o entidad respectiva, determinará los elementos comunes y los puntos de controversia y exhortará a las partes para conciliar sus intereses, conforme a las disposiciones de esta Ley, sin prejuzgar sobre el conflicto planteado.

En caso de que sea necesario, la audiencia se podrá realizar en varias sesiones. Para ello, la Contraloría señalará los días y horas para que tengan verificativo. El procedimiento de conciliación deberá agotarse en un plazo no mayor de sesenta días hábiles contados a partir de la fecha en que se haya celebrado la primera sesión. De toda diligencia deberá levantarse acta circunstanciada en la que consten los resultados de las actuaciones.

#### Artículo 91

En el supuesto de que las partes lleguen a una conciliación, el convenio respectivo obligará a las mismas, y su cumplimiento podrá ser demandado por la vía judicial correspondiente. En caso contrario, quedarán a salvo sus derechos, para que los hagan valer ante los tribunales federales.

## TRANSITORIOS

#### Artículo Primero

La presente Ley entrará en vigor sesenta días después al de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

#### Artículo Segundo

Se deroga la Ley de Adquisiciones y Obras Públicas, en lo relativo a las disposiciones en materia de obra pública.

#### Artículo Tercero

Las disposiciones administrativas expedidas en esta materia, vigentes al momento de la publicación de este ordenamiento, se seguirán aplicando en todo lo que no se opongan a la presente Ley, en tanto se expiden las que deban sustituirlas.

#### Artículo Cuarto

El Ejecutivo Federal expedirá el Reglamento de esta Ley en un plazo no mayor a 120 días naturales, contados a partir del día siguiente al en que entre en vigor el presente ordenamiento.

#### Artículo Quinto

Los procedimientos de contratación; de aplicación de sanciones y de inconformidades, así como los demás asuntos que se encuentren en trámite o pendiente de resolución se tramitarán y resolverán conforme a las disposiciones vigentes al momento en que se iniciaron.

Los contratos de obras públicas y de servicios relacionados con las mismas que se encuentren vigentes al entrar en vigor esta Ley, continuarán rigiéndose por las disposiciones vigentes en el momento en que se celebraron.

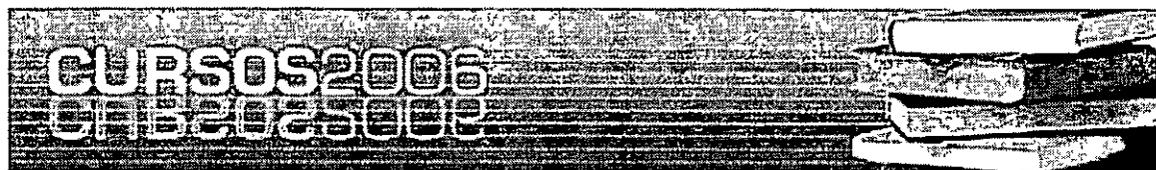
Las rescisiones administrativas que por causas imputables al contratista se hayan determinado de acuerdo con lo dispuesto en la Ley de Adquisiciones y Obras Públicas, se continuarán considerando para los efectos de los artículos 51, fracción III, y 78, fracción II de esta Ley.

México, D.F., a 30 de noviembre de 1999.- Sen. Dionisio Pérez Jácome, Vicepresidente en funciones.- Dip. Francisco José Paoli Bolio, Presidente.- Sen. Raúl Juárez Valencia, Secretario.- Dip. Francisco J. Loyo Ramos, Secretario.- Rúbricas"

En cumplimiento de lo dispuesto por la fracción I del Artículo 89 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y para su debida publicación y observancia, expido el presente Decreto en la residencia del Poder Ejecutivo Federal, en la Ciudad de México, Distrito Federal, a los veintinueve días del mes de diciembre de mil novecientos noventa y nueve.- Ernesto Zedillo Ponce de León.- Rúbrica.- El Secretario de Gobernación, Diódoro Carrasco Altamirano.- Rúbrica.



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA



# CURSOS ABIERTOS

EXCAVACIONES Y TERRACERIAS  
CA 43



TEMA

COMPLEMENTO

**EXPOSITOR: ING. JOSÉ LUIS ESQUIVEL ÁVILA**  
**DEL 16 AL 20 DE OCTUBRE DE 2006**  
**PALACIO DE MINERÍA**

### Unidades de Inversión (UDI)

Valor al 15 Oct 2006 3.740385

[Ver Histórico de UDI's](#)

#### MÉXICO

#### Inflación\*

	Mensual	Año*	Anual
INPC	1.01	2.47	4.09
Canasta Básica	0.51	0.79	4.30
Subyacente	0.30	2.60	3.45
Agropecuario	6.69	7.70	7.47
Administrados y Concertados	0.10	-1.56	4.35
Educación	3.59	5.70	5.70

Fecha 01 Sep 2006

\*Acumulada al Año

Detalle del :  
Índice General  
Mensual | Acumulada | Anual

#### Pronóstico de Inflación

	2004	2005	2006p	2007p
Anual	5.19	3.33	3.92	3.33

### Tasas de Interés\*

Plazo	Tasa Nominal	Interés Real	Interés Real*
<u>CETES 28D</u>	7.06	-3.72	-3.72
<u>CETES 91D</u>	7.24	1.73	1.73
<u>CETES 180D</u>	7.48	3.81	3.78
<u>CETES 365D</u>	n.a.	n.a.	n.a.



Tasas Primarias %



Tasas de Interés Reales Exante %

\*Equivalente (28 Días)

Fecha 12 Oct 2006

### Tasas de Fondeo\*

Tasa	P	A	C	Max	Min
<u>Bancario</u>	7.02	7.03	7.01	7.08	7.00
<u>Gubernamental</u>	6.95	7.02	7.10	7.40	6.24

Fecha 12 Oct 2006



Fondeo Bancario %



Fondeo Gubernamental %

Mes	2004	2005	2006p	2007p
Enero	0.62	0.00	0.59	0.31
Febrero	0.60	0.33	0.15	0.10
Marzo	0.34	0.45	0.13	0.12
Abril	0.15	0.36	0.15	0.24
Mayo	(0.25)	(0.25)	(0.45)	(0.23)
Junio	0.16	(0.10)	0.09	0.25
Julio	0.26	0.39	0.27	0.25
Agosto	0.62	0.12	0.51	0.31
Septiembre	0.83	0.40	0.92	0.52
Octubre	0.69	0.25	0.43	0.35
Noviembre	0.83	0.72	0.81	0.81
Diciembre	0.21	0.61	0.28	0.25



Inflación Anual

### Base Monetaria, Activos Internacionales y Crédito Interno\*

Base Monetaria	364,033.90 millones de pesos
Activos Internacionales	904,869.30 millones de pesos
Activos Internacionales	81,796.80 millones de dólares



Diferencial Fondeo Bancario - Gubernamental %



Diferencial TIIE - Fondeo Bancario %

P - Ponderado A - Apertura C - Cierre

### TIIE

Valor al 12 Oct 2006

7.3200

[Ver Histórico de TIIE](#)



Tasas de Fondeo y TIIE

### Índices de Valores Gubernamentales y Corporativos

Fecha	Índice General		
	BM	BTR	CBC
13 Oct 2006	124.33	118.97	119.33
12 Oct 2006	123.97	118.49	119.29
11 Oct 2006	123.65	118.37	119.24

BM - Bonos M

BTR - Bonos Tasa Real

CBC - CB Corporativos

Reservas Internacionales 67,597.20 millones de dólares  
 Crédito interno -540,835.40 millones de pesos



Activos Netos y Reservas Internacionales  
 Millones de Dólares

[Ver Histórico de Base Monetaria, Activos Internacionales y Crédito Interno](#)

Fecha 06 Oct 2006

\*Vea más información sobre estos temas en nuestra sección de [Estudios Económicos](#).

### CCP y CPP\*

Fecha	CCP			CPP
	M.N.	UDI	USD	
Sep 2006	5.71	5.15	--	4.89
Ago 2006	5.81	5.21	4.16	4.97
Jul 2006	5.81	6.59	4.11	4.95
Jun 2006	5.93	5.73	4.01	5.08

[Ver Histórico de CCP y CPP](#)



CCP y CPP

**CCP** - Costo de Captación Promedio

**CPP** - Costo Porcentual Promedio