



5156

DESCARTE

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

APUNTES DE CONSTRUCCION I

Tesis Profesional

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A N

Federico Borrego Badillo

Efrén Leonardo Caballero Montoya

Jorge Isaias Chirino Moreno

Sergio Javier Martínez Mercado

Mario Roberto Ocampo Franco

Eduardo Ordoñez Munguía

MEXICO, D. F.

1973



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A NUESTROS PADRES.

A NUESTROS HERMANOS.

A NUESTROS MAESTROS.

A LA FACULTAD.

A NUESTROS AMIGOS.

EN ESPECIAL A LOS SRES. INGS. :

Jorge H. de Alba C.

Francisco Canovas C.

Carlos M. Chávarri M.

Fernando Favela L.

Emilio Gil V.

Gustavo Pozos L.

POR SUS VALIOSOS CONSEJOS Y AYUDA
DESINTERESADA PARA EL LOGRO DE NUES
TRA CARRERA Y DE ESTE TRABAJO.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
Exámenes Profesionales
Núm. 40-897
Exp. Núm. 40/214.2/

A los Pasantes señores Federico BORREGO BADILLO,
Efrén L. CABALLERO MONTOYA,
Jorge I. CHIRINO MORENO,
Sergio Javier MARTINEZ MERCADO,
Mario Roberto OCAÑO FRANCO,
Eduardo ORDÓÑEZ MUNGUÍA,
P r e s e n t e s .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a ustedes a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propusieron los Profesores-Ings. Jorge de Alba Castañeda, Fernando Pavela Lozoya - Emilio Gil Valdivia, para que lo desarrollen como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

"APUNTES DE CONSTRUCCION I"

- I. Introducción al proceso constructivo
- II. Materiales
- III. Obra de mano
- IV. Equipo y maquinaria.

Ruego a ustedes tomar debida nota de que - en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberán prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable - para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D.F. 14 de Junio de 1973.
EL DIRECTOR

Juan Casillas
Dr. Juan Casillas G. de L.

P R O L O G O

tiza a la vez que el objetivo fundamental de la construcción es el económico, sin olvidar que pueden existir otros objetivos.

Se presenta en los capítulos siguientes una visión detallada de los recursos o entradas, que integran los costos directos, al Proceso Constructivo.

Dentro de los Materiales se estudian tanto los naturales como los fabricados. Ya que es requisito indispensable para el ingeniero el conocer ampliamente los materiales en todos sus aspectos. Este conocimiento le será de enorme utilidad para seleccionar los adecuados para sus condiciones de trabajo, sus condiciones de servicio (calidad) y para sus limitaciones económicas.

La Obra de Mano se ha enfocado hacia la obtención de todos aquellos datos, que por el concepto obra de mano, puedan afectar directa o indirectamente el establecimiento de los precios unitarios. Interviene ésta en la determinación del precio unitario dentro de los costos directos, con sus aspectos salario y rendimiento.

El Equipo y Maquinaria usual en la construcción se ve en forma general con sus costos por unidad de tiempo, dando a conocer su empleo en forma óptima desde el punto de vista de la economía.

Esperamos que el trabajo sea de la utilidad deseada para aquellos estudiantes interesados en iniciarse en el conocimiento de la construcción. Si ello fuera así, nos sentiríamos satisfechos de haber colaborado sencilla y desinteresadamente con nuestra Facultad.

Los Autores.

INDICE

1.	<u>Introducción al Proceso Constructivo</u>	1
1.1	Los campos de la Ingeniería Civil	3
1.2	Objetivos	9
1.3	Decisiones	11
1.4	Oportunidad de las decisiones	17
1.5	Recursos	33
1.6	Proceso constructivo	35
1.7	Procesos de control	39
1.8	Factores de consistencia de costos y precios unitarios	41
2.	<u>Materiales</u>	43
2.1	Introducción	45
2.2	Materiales naturales	53
2.2.1	Las rocas	53
2.2.2	Los suelos	62
2.2.3	Las gravas	69
2.2.4	Materiales de origen marino	71
2.2.5	Las maderas	75
2.3	Materiales fabricados	93
2.3.1	El cemento	93

4.6.4	Valor de rescate de una máquina.....	402
4.6.5	Costo horario de operación de maquinaria	402
4.6.6	Cargo unitario por maquinaria	420
4.6.7	Ejemplos de obtención de costos directos hora- máquina	422

Bibliografía.....	431
-------------------	-----

1

Introducción Al Proceso Constructivo

Debido a la gran diversidad de conocimientos así como de problemas - que surgen en la práctica, la Ingeniería Civil se ha dividido en los siguientes campos, Desarrollo, Planeación, Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento de obras o conjunto de obras de servicio público.

El campo de la Investigación tiene como meta principal la aportación de nuevos conocimientos científicos potencialmente aplicables a otros campos.

El investigador dedica gran parte de su tiempo a las siguientes actividades: asimilación de lo que otros han aprendido; formular teorías; concebir, planear y formular experimentos; registrar y analizar las observaciones hechas de fenómenos naturales; probar hipótesis y sacar conclusiones; procurar expresar los fenómenos naturales en términos matemáticos; generalizar lo que se ha aprendido y hacer deducciones; dar a conocer sus descubrimientos.

El campo del Desarrollo aprovecha todo ese cúmulo de conocimientos - aportados por el campo de la Investigación, aplicándolos en la solución de problemas específicos de Ingeniería Civil, para la satisfacción de ciertas necesidades de la humanidad.

Por lo que toca al campo de la Planeación podemos decir, que es - -

aquél en donde se llevan a cabo todos los estudios necesarios para realizar cualquier obra. Para ello será necesario conocer y clasificar las necesidades para satisfacerlas, trátase de una casa habitación, una fábrica, una presa, un camino.

Se pueden distinguir las siguientes etapas para la Planeación: estudios previos que comprenden la localización del lugar más adecuado para la construcción, beneficio esperado, economía, etc. Una vez hechos los estudios anteriores y habiéndose decidido realizar la construcción, es necesario hacer la planeación de la obra, estableciendo lo siguiente: tipos, cantidades y tiempo de empleo de los equipos: clasificación y número de obreros necesarios en los períodos de tiempo durante los cuales se necesitarán.

En el campo del Diseño, el ingeniero, mediante la información proporcionada por la Planeación, busca y estudia las soluciones posibles, para una vez que haya elegido la óptima, sea ésta llevada a los planos y especificaciones, es decir dimensionar lo imaginado. Existen diversas especialidades que se pueden desarrollar dentro del campo del Diseño y en general en todos y cada uno de los campos, especialidades tales como: Mecánica de Suelos, Hidráulica, Concreto, Vías Terrestres, Ingeniería Sanitaria, Estructuras, etc.

Una vez que se han completado los planos de diseño y que se han preparado las especificaciones, que son el lenguaje con el que se relaciona el campo del Diseño y el campo de la Construcción, siendo este último el que se encarga de la realización física, producto de los cuatro campos anteriores. Podemos encontrar dentro de este campo la siguiente división: construcción de carreteras, fe

rocarriles, ductos de tubería, obras municipales, marinas, montaje de estructuras, etc.

Habiéndose terminado la construcción de la obra, se hace necesario ponerla en operación para que satisfaga las necesidades para la cual ha sido creada. Es aquí donde entra en funciones el ingeniero que tiene como su principal campo de actividad la operación de un sistema o sistemas de obras, tal es el caso de una presa, un sistema de riego, o un sistema vial. Este campo constituye una fuente de trabajo para el Ingeniero Civil, por ejemplo, en el caso de una presa el ingeniero se puede dedicar al estudio de la precipitación a fin de poder regular el funcionamiento del vaso.

Toda construcción, sea ésta pequeña o de gran magnitud, requiere de un adecuado mantenimiento que permita tenerla en óptimas condiciones de funcionamiento y de servicio al público, y es el campo del Mantenimiento, el encargado de proporcionar este servicio a todo lo largo de la vida útil de la obra.

Para ilustrar la forma en que intervienen estos campos dentro de una obra ingenieril, citaremos el caso de la construcción de un dique (muro artificial-hecho para contener las aguas) que servirá para aprovechar una corriente para riego.

Como se puede ver, en la figura 1.1, todos éstos campos están interrelacionados puesto que tienen como objeto fundamental el adecuar el costo con la satisfacción de la necesidad. El ingeniero, consecuentemente debe ser capaz de tomar las decisiones correctas en cualesquiera de los campos mencionados ante

rocarriles, ductos de tubería, obras municipales, marinas, montaje de estructuras, etc.

Habiéndose terminado la construcción de la obra, se hace necesario - ponerla en operación para que satisfaga las necesidades para la cual ha sido creada. Es aquí donde entra en funciones el ingeniero que tiene como su principal campo de actividad la operación de un sistema o sistemas de obras, tal es el caso de - una presa, un sistema de riego, o un sistema vial. Este campo constituye una fuente de trabajo para el Ingeniero Civil, por ejemplo, en el caso de una presa el ingeniero se puede dedicar al estudio de la precipitación a fin de poder regular el funcionamiento del vaso.

Toda construcción, sea ésta pequeña o de gran magnitud, requiere de un adecuado mantenimiento que permita tenerla en óptimas condiciones de funcionamiento y de servicio al público, y es el campo del Mantenimiento, el encargado de proporcionar este servicio a todo lo largo de la vida útil de la obra.

Para ilustrar la forma en que intervienen estos campos dentro de una obra ingenieril, citaremos el caso de la construcción de un dique (muro artificial- hecho para contener las aguas) que servirá para aprovechar una corriente para riego.

Como se puede ver, en la figura 1.1, todos éstos campos están interrelacionados puesto que tienen como objeto fundamental el adecuar el costo con la satisfacción de la necesidad. El ingeniero, consecuentemente debe ser capaz de tomar las decisiones correctas en cualesquiera de los campos mencionados ante

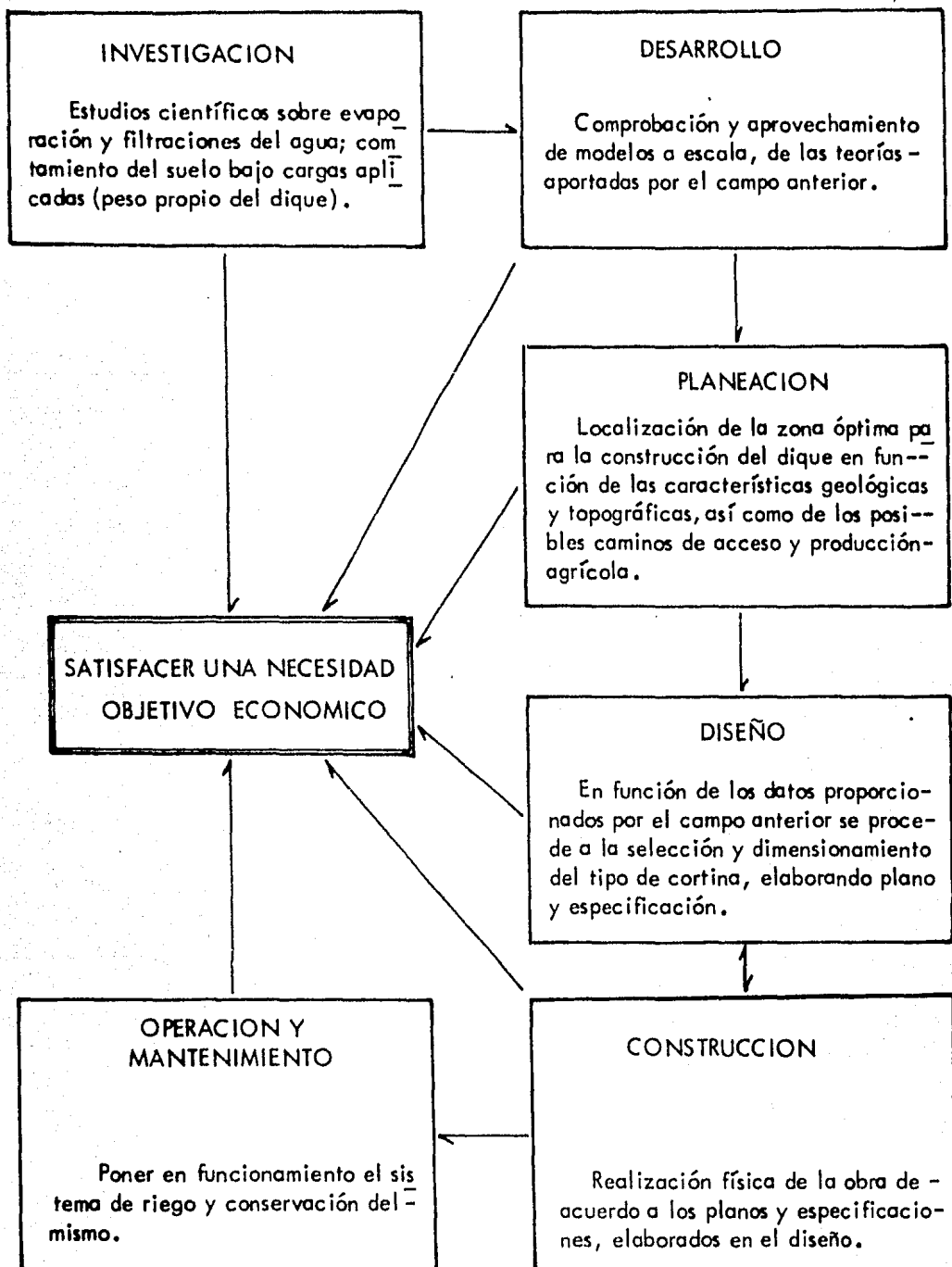


Figura 1.1 Interrelación de los campos.

riormente de tal manera, que se vaya encaminando hacia el objetivo fundamental, que es el económico.

Si el ingeniero se dedica a un campo específico, sus conocimientos — técnicos serán mayores congruentemente con el campo al que se dedica, pero si no tiene el adecuado nivel de conocimientos del resto de los campos, será difícil en la mayoría de los casos, que sus decisiones se orienten convenientemente al fin común. Por ejemplo, es virtualmente imposible que un ingeniero que se dedica a la construcción, sea simultáneamente competente en el proyecto de puentes, sin embargo, como complemento de su adecuado nivel de conocimientos en los procedimientos de construcción, deberá tener un buen nivel de conocimientos tecnológicos de cada uno de los demás campos.

1.2

OBJETIVOS

Los objetivos que el ingeniero persigue, para realizar una obra civil - varían de acuerdo a las características que esta presenta, pero se puede decir que el objetivo fundamental es el económico y en general se busca que el funcionamiento cumpla con la finalidad para la cual fué creada.

En la realización del dique mencionado, el ingeniero aplicará sus conocimientos técnicos para contestar una serie de preguntas, tales como:

¿Cuál es la localización adecuada?

¿Cuál es la altura óptima del bordo?

¿De qué material se va a construir?

¿Cuál será la recuperación de la inversión?

¿Cuales serán sus dimensiones geométricas?

Durante la búsqueda e investigación de las soluciones posibles, el ingeniero debe tener siempre presente el punto de vista técnico (¿es realmente factible?) y económico (¿puede hacerse a un costo razonable?). Si analizamos la primera de las interrogantes, esta pregunta nos conducirá a estudiar todas las localizaciones posibles para la construcción de la cortina, de acuerdo con la técnica-

adquirido por el ingeniero. Con la lista de las localizaciones posibles se definirá la óptima, tomando como base un criterio económico que es el generalmente usado tratando de relacionar la productividad que resulte de la obra con el costo de la misma, en una forma común a todas las alternativas. La que de mayores ventajas desde el punto de vista económico dará la solución a la localización.

Supongamos que otro objetivo en el ejemplo anterior sea el desarrollo de la zona, de tal manera que tiendan a disminuirse las sobreproducciones en la misma. En este caso el ingeniero tendrá dos objetivos que complicarán la decisión. Deberá analizar también las condiciones agrológicas de la zona de riego de las alternativas para definir los tipos de cultivo posible; también deberá analizar otra serie de factores, inclusive humanos, para poder tomar una decisión. Como se observa, existen otros objetivos aparte del económico, que suelen presentarse solos o combinados, con lo cual la decisión no será tan sencilla.

1.3

DECISIONES

Por otro lado, analizaremos la forma en que el ingeniero toma su deci
sión de acuerdo con lo antes expuesto. Este proceso de decisión se puede expresar
en las fases siguientes:

- a) Conocimiento profundo y completo de las necesidades manifestadas,
que trae como consecuencia una solución más depurada de las po-
sibles alternativas-solución.
- b) Tomar todas las alternativas posibles o cursos alternativos de ac-
ción.
- c) Análisis de todas las alternativas posibles.
- d) Comparar estos posibles cursos de acción.
- e) Tomar una decisión definitiva que vaya guiada al objetivo propues-
to.

En todas y cada una de las fases anteriores, la definición y valuación
del problema se hace tomando en cuenta el objetivo u objetivos y la preparación -
técnica del ingeniero.

Tomemos ahora otra de las preguntas planteadas, por ejemplo, ¿de qué
material se va a construir?. El proceso de decisión es el mismo e iguales las fases

Para nuestro caso particular el objetivo que se fija primero es el económico, como en el primer caso. En seguida se hace el diagnóstico del problema, es decir, se define el problema, se fijan especificaciones generales tales como factores de seguridad y datos topográficos. Inmediatamente después se fijan los cursos alternativos de acción, suponiendo por ejemplo, que la cortina podría ser de enrocamiento con corazón impermeable, sección de gravedad con mampostería, sección de gravedad con concreto, arco de concreto, etc. Es muy importante en este caso tomar en consideración la totalidad de las alternativas posibles, con objeto de que la decisión sea la más adecuada ya que si se olvida una, esta pudiera ser la más económica y la decisión que se tome al comparar las restantes no será la correcta. Una vez elegidas las alternativas posibles, el ingeniero podría compararlas elaborando antepresupuestos y posteriormente, teniendo el costo probable de las alternativas -- tomando en consideración el tiempo de construcción, el mantenimiento y la operación de cada una de las soluciones, ya se podría tomar la decisión del tipo adecuado de cortina. Esta decisión cae dentro del campo de la Ingeniería Civil, denominado Diseño.

Supongamos que el diseñador elige la solución enrocamiento con corazón impermeable.

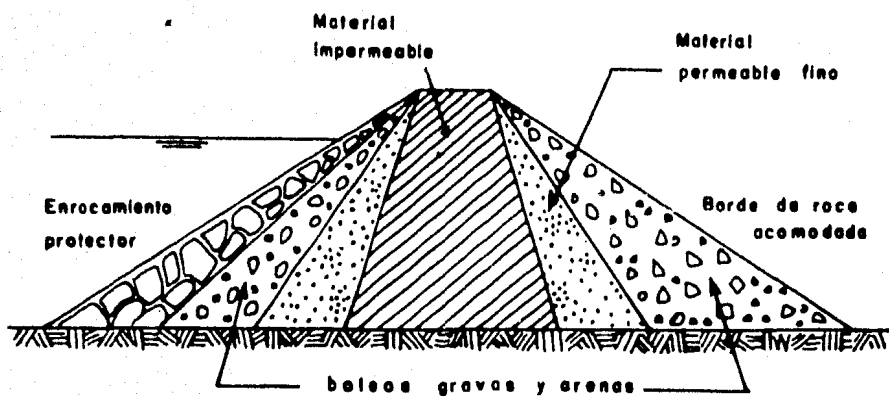


Figura 1.2 Sección transversal del dique.

Inmediatamente hace el diseño completo de la cortina, elaborando -- planos y especificaciones que definen la obra, tal y como él la imagina, en tal -- forma que la obra cumpla con el cometido y tenga un factor de seguridad razonable.

El paso siguiente sería la construcción de la obra. En el momento de la construcción el ingeniero se plantearía, entre otras, las siguientes preguntas:

¿De dónde tomar la roca?

¿Cómo explotarla?

¿Qué caminos de acceso es necesario construir?

¿Qué tipo de dinamita se debe usar?

¿Qué equipo de barrenación?

¿Qué equipo de carga?

¿Qué equipo de acarreo?

¿Cómo colocar la roca?

¿En qué tiempo?

Estas preguntas relacionadas únicamente con la zona de enrocamiento constituyen una serie de decisiones del ingeniero constructor que seguirán el mismo proceso indicado anteriormente. Sin embargo, vemos fácilmente que todas estas decisiones están encadenadas, es decir, no podríamos definir cual es el equipo de acarreo sin conocer la decisión en otros campos, por ejemplo, sin haber definido anteriormente el tipo de equipo de carga, el camino de acceso, el método de colocación de la roca, etc. Por otro lado no pueden definirse los cursos alternativos de acción en el caso de equipo de carga sin definir el equipo de acarreo. Vemos pues, que todas estas decisiones están ligadas entre sí, por lo que sería muy difícil tomarlas independientemente, habrá que analizarlas al mismo tiempo definiéndose un procedimiento que nos permita tomar estas decisiones en conjunta, -- desde luego tomando en cuenta un objetivo que en este caso lo más probable es -- que sea el económico.

De las decisiones que se tomen resultará un costo del conjunto de alternativas que se hayan elegido, es decir, definido el procedimiento se tendría un --

costo afinado. Este costo deberá ser congruente con los costos que tomó tanto el diseñador como el planeador; en el caso del diseñador, al elegir el tipo de cortina y en el caso del planeador, al elegir el sitio en que debería ubicarse la obra. Si estos costos no coinciden razonablemente tendríamos dudas de las decisiones anteriores pues pudo haber ocurrido que no se contó con la información suficiente para tomar correctamente la solución.

Se ve por lo anterior, que todos estos campos están ligados, las decisiones que se van tomando en cada campo requieren de conocimientos que caen en otros campos. Si el diseñador no conoce los procedimientos de construcción y sus costos, es muy probable que equivoque sus decisiones por no poder comparar adecuadamente los cursos alternativos de acción.

Si tomamos el caso del constructor y sabiendo que las ideas del proyectista le son comunicadas mediante planos y especificaciones, debemos suponer que si no tiene idea del proyecto mal podrá tomar sus decisiones de manera que cumplan con los planos y especificaciones. Además, es fácil que en el curso de la construcción se encuentren condiciones no previstas por el proyectista. Si el constructor las ignora puede ocurrir que la obra al ser concluida no cumpla, entre otras cosas, con el factor de seguridad elegido. Será obligación del constructor, pues, dar aviso al proyectista cuando encuentre condiciones que alejen al proyecto de las ideas del ingeniero que lo elaboró, por ejemplo, puede encontrar condiciones de cimentación diferentes a las supuestas o material del banco que no cumpla con las especificaciones dadas. Esto no lo podrá hacer el constructor si no posee cono

cimientos suficientes en el campo del proyecto (ver Fig. 1.1).

Resumiendo: las decisiones que toma el ingeniero en los diferentes campos y aún dentro de un mismo campo están relacionadas entre sí, por lo que no es conveniente tomarlas independientemente.

Además de los conocimientos profundos en su propia especialidad, el ingeniero deberá tener ideas claras de los restantes campos de la Ingeniería, lo que le permitirá realizar sus funciones, ubicado en el campo de su actividad y conociendo la intención de los demás elementos que concurren al proceso de una obra, auxiliándose de ellos y auxiliándolos cuando se requiera.

Son tan claras las funciones y las relaciones de los campos de la Ingeniería, que no se concibe la realización de un proyecto sin la formación de un equipo en el que concurren técnicos representativos de todos los campos. Es evidente que, como resultado de esta actividad de conjunto se requiera de una ligazón de conocimientos, que en mayor o menor escala tendrá que existir a fin de permitir el logro común.

Toda decisión tomada por el ingeniero debe cumplir entre otras condiciones la de ser adecuada y oportuna.

La primera característica se puede alcanzar usando la tecnología apropiada, es decir, teniendo en cuenta los conceptos de sistema para no perder de vista la trascendencia de una decisión sobre el sistema-obra o sobre los sub-sistemas-que lo forman, utilizando los procedimientos analíticos y experimentales, aprovechando la potencialidad de las computadoras electrónicas como una herramienta de cálculo muy poderosa.

La segunda de las características mencionadas al principio del capítulo, la oportunidad en las decisiones, es tan importante como la primera. No basta que la decisión que se toma sea adecuada, es necesario que también sea oportuna para que ejerza la función para la cual se requiere.

Si la decisión es adecuada y oportuna, se logrará el resultado deseado. Si sólo se satisface una de las dos condiciones anteriores, no se obtendrán los resultados esperados.

Si se define el costo de la decisión atrasada como la diferencia entre el costo en el tiempo t menos el costo en el tiempo cero, considerando que el tiempo cero es aquél en que se debe tomar la decisión, se puede describir la forma teó

rica general que el costo de la decisión atrasada tiene, independientemente del tiempo de decisión de que se trate, a través de la gráfica siguiente:

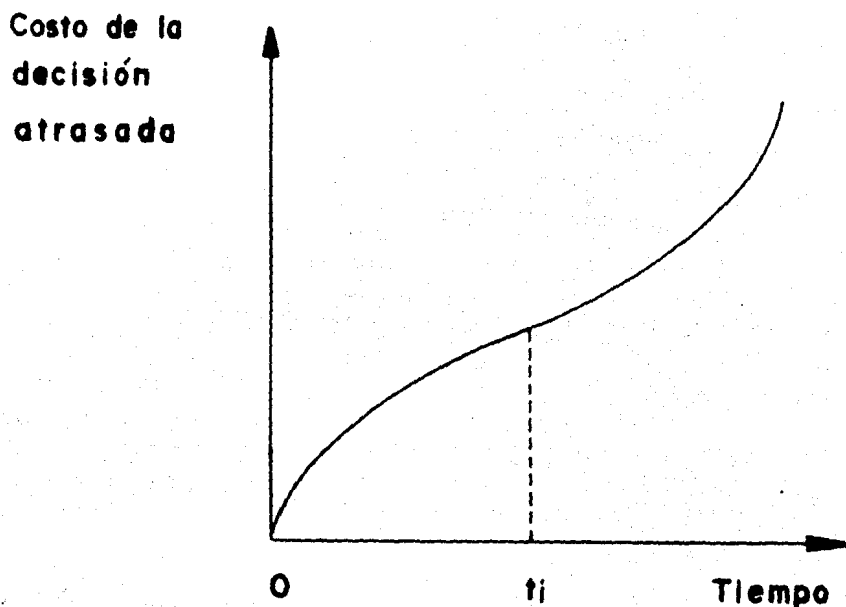


Figura 1.3 Gráfica Costo-Tiempo.

Si la decisión se toma en el momento justo (tiempo cero) el costo de la decisión atrasada será cero: a medida que pasa el tiempo el costo de la decisión atrasada aumenta con cierta rapidez de crecimiento hasta llegar a un tiempo t_i , después del cual esta rapidez se incrementa notablemente. Así, para toda decisión se pueden distinguir dos regiones: la primera de 0 a t_i , donde el costo de la decisión atrasada no es muy importante, y de t_i en adelante, donde el costo de la decisión atrasada puede resultar tan alto, que puede afectar seriamente la activi-

dada de que se trate; o tal vez el proyecto completo desde el punto de vista de -- control económico. Sin embargo, aunque se conoce la forma de la curva, es muy_ difícil definirla cuantitativamente para una decisión cualquiera. Las escalas, co_ mo es lógico suponer, son diferentes para cada caso, tanto en lo que se refiere a - los costos como a los tiempos.

El costo de la decisión atrasada es tanto más difícil de cuantificar - - cuanto más complejo sea el sistema en el cual se hace la decisión, ya que un atra_ so en una decisión no suele afectar exclusivamente a una actividad, sino a un con_ junto de actividades directa o indirectamente conectadas a ella.

PROCESO DE DECISION

Todo Ingeniero Civil en el ejercicio de su profesión tiene la necesidad de tomar decisiones constantemente. Para cada problema el ingeniero debe ele_ gir un criterio que, aplicado a la información previamente analizada y procesada_ con un método adecuado, le indique la acción más conveniente a seguir.

Todo proceso de decisión puede considerarse compuesto de tres etapas_ esenciales; la obtención de los datos, el análisis y procesamiento de estos datos y- la toma de decisiones.

Se presenta aquí un método de análisis en el que se necesitan como da_ tos los posibles ingresos o recuperaciones y egresos o salidas, expresados en pesos- y centavos indicando, además, los tiempos en que estos movimientos de dinero se- efectúan para las diferentes alternativas.

Existen dos tipos de métodos de análisis para decisiones económicas: - los deterministas y los probabilistas. Los primeros, suponen que a cada alternativa se pueden asociar un solo diagrama de egresos y recuperaciones conocido. El diagrama de egresos y recuperaciones (diagrama E-R) no es más que la representación gráfica del programa de egresos y recuperaciones a lo largo del tiempo; abscisa = tiempo; ordenadas = dinero; flechas verticales ascendentes, recuperaciones y verticales descendentes, egresos. Los métodos del segundo tipo llamados - probabilistas, consideran para cada alternativa varios diagramas de posibles egresos y recuperaciones, con una probabilidad asociada a cada diagrama. Se ilustra el primer tipo de métodos, con un problema hipotético que pretende determinar -- cual es el tipo de camino económicamente más conveniente para un movimiento de tierras, en una obra foránea donde se conoce para cada alternativa (tipo de camino), un solo diagrama de gastos y una recuperación al final.

PRINCIPIOS GENERALES

Se establecen dos principios generales:

1. Solamente las diferencias esperadas entre alternativas son relevantes en su comparación.
2. Toda inversión debe ser analizada, viendo si puede ser recobrada con una recuperación adicional, que tome en cuenta el riesgo y - las recuperaciones probables de la misma inversión, en otros posibles campos de actividad económica.

Respecto al primer principio, cabe indicar que las diferencias entre alternativas pueden ser cuantitativas o no. En ambos casos se tratarán de definir todas las diferencias lo más claramente posible, para que todas ellas sean tomadas en cuenta en la decisión final.

Todas las diferencias cuantitativas se deben tratar de expresar como parte de los diagramas E-R y las cualitativas pueden enumerarse en una lista para incluirlas en la decisión final como imponderables. Tal como lo expresa el primer principio general, los aspectos de las alternativas que se encuentran en igualdad de condiciones no tienen efecto en la decisión final, debiéndose eliminar del estudio. Conviene hacer notar que esta igualdad de condiciones representaría igualdad en los diagramas E-R correspondientes.

El segundo principio general se refleja en la elección de la tasa de interés adecuada para el estudio económico respectivo. A esta tasa de interés se le llama "tasa de interés mínima aceptable" y el criterio para determinarlo en diferentes situaciones a originado tratados completos.

Para nuestro caso y para problemas de ingeniería en general, parece ser adecuado el tomar el concepto "costo de capital" como la tasa de interés mínima aceptable. En este trabajo se usará el 1% mensual equivalente a 12% anual de interés nominal y 12.7% anual de interés efectivo.

El sistema monetario es una norma perfectamente definida para medir costos y beneficios, sin embargo su unidad tiene un valor que es función del tiempo, debido al costo de oportunidad que entraña. En efecto, si en este momento -

le entregarán \$ 10,000.00 en efectivo o en su defecto, le hicieran una promesa de pago por esa cantidad a depositar dentro de 10 años; casi sin pensarlo optaría por la primera alternativa, pues al aceptar la segunda, sacrificaría al menos los intereses normales de este capital durante 10 años, esto quiere decir que valen más ahora \$ 10,000.00 que una cantidad igual por erogar o percibir dentro de 10 años.

MÉTODOS DE ANALISIS Y CRITERIOS DE DECISION

Métodos Deterministas

Existen varios métodos deterministas de análisis económicos. Se menciona aquí cuatro métodos comunmente usados: el del valor actualizado, el costo por unidad de tiempo, la tasa de interés recuperable y el análisis de beneficios y costos. En todos estos métodos se toma el valor del dinero en el tiempo y las fórmulas que se aplican son de interés compuesto, teniendo también aplicación en los métodos probabilistas. Desarrollaremos a continuación la fórmula de interés compuesto que relaciona una cantidad hoy, con una cantidad de n unidades de tiempo a partir de hoy.

Si una cantidad C se invierte hoy a una tasa de interés i por unidad de tiempo, digamos 8% anual (0.08), los intereses ganados al final del primer intervalo de tiempo son iC (0.08 C por año), que agregados al capital inicial nos dan un capital de $C + iC = C(1 + i)$ al final del primer intervalo (1.08 C al final del primer año). El interés ganado en el segundo año es $i(C + iC)$ de manera que el capital acumulado hasta el final del segundo intervalo es $C(1 + i)^2$.

$i(C + iC) = C(1 + i)^2$; $(1.08)^2 C$ al final del segundo año.

Generalizando para n intervalos de tiempo, por ejemplo 10 años, obtendremos que el capital acumulado al final del n ésimo intervalo es $C(1 + i)^n$ - (el capital final de 10 años $1.08^{10} C = 2.159 C$). Si el capital acumulado al final de n intervalos de tiempo al futuro se representa por F , la relación entre F y C será:

$$F = C(1 + i)^n$$

donde i es la tasa de interés usada y n es el número de intervalos de tiempo que componen el período comprendido entre hoy (capital- C) y el futuro (capital- F). Al factor $(1 + i)^n$ le llamaremos factor de valor futuro.

Despejando a C

$$C = \frac{F}{(1 + i)^n}$$

que nos da el valor del capital actualizado C (pago simple), equivalente al capital F (pago simple) a n intervalos de tiempo a partir de hoy.

Al factor $\frac{1}{(1 + i)^n}$ le llamaremos factor de valor actualizado.

En forma semejante se pueden obtener las fórmulas de equivalencia entre pagos simples y series de pagos o viceversa, para hoy y para n intervalos de tiempo al futuro.

A continuación, enumeraremos algunos de los métodos deterministas -

más usados en análisis económicos, que naturalmente incluyen el uso de fórmulas de interés compuesto, obtenidas en forma semejante a la de valor del capital actualizado ilustrada anteriormente.

1. El Método del Valor Actualizado

En este método se calcula para cada una de las alternativas el valor actualizado equivalente a la serie, uniforme o no, de egresos y recuperaciones de toda la vida de la alternativa. Cuando se usan simultáneamente egresos y recuperaciones en una alternativa, se asocian a ellos signos contrarios; en general, se usa signo positivo para las recuperaciones y signo negativo para los egresos. El valor actualizado equivalente será egreso o recuperación actualizado si la suma algebraica resulta negativa o positiva, respectivamente.

El criterio de decisión comunmente aceptado para elegir entre alternativas cuyo valor actualizado halla sido calculado, es el escoger aquella alternativa que tenga el egreso actualizado mínimo o la recuperación actualizada máxima.

2. El método del Costo por Intervalo de Tiempo.

En este método se calcula un gasto promedio por intervalo que constituye una serie uniforme de gastos a lo largo de todo el período de análisis.

Esta serie uniforme de gastos es equivalente a la serie irregular de gastos de la alternativa correspondiente y sería equivalente a un gasto actualizado (método 1). En aquellos problemas en que intervienen gastos, los métodos 1 y 2 son equivalentes y sólo dependen de la forma en que se prefieran presentar los re-

sultados de las alternativas. Se considera que en general es más fácil pensar en términos de Gasto por Intervalo de Tiempo que en Valores Actualizados. Como el intervalo de tiempo más usado es el año, a este segundo método lo llamaremos Gasto Anual, aunque se aplique a intervalos diferentes del año.

Obviamente el criterio de decisión es el de escoger la alternativa económicamente más conveniente o sea la que tenga un "Gasto Anual" menor.

3. El Método de la Tasa de Interés Recuperable.

Este método, al que llamaremos por brevedad el de la "Tasa Recuperable", calcula la tasa de interés recuperable de cada alternativa originada por las recuperaciones con respecto a los egresos correspondientes. La tasa recuperable es la tasa de interés a la cual el valor actualizado del diagrama E-R es igual a cero. Es interesante notar que en este método no es necesario conocer el Costo del Capital ya que los egresos y recuperaciones no son actualizados ni convertidos en serie uniforme.

El criterio de decisión indica para este caso que en igualdad de condiciones, la alternativa más atractiva es aquella con mayor tasa recuperable.

4. El Método de Análisis de Beneficios-Costos.

Este método determina el valor actualizado de los beneficios y el valor actualizado de los costos por separado, y calcula el cociente de los primeros entre los segundos. Aquellas alternativas que tengan este cociente B/C mayor o igual a uno son incluidas para un análisis posterior y aquellas que lo tienen menor

que uno son, rechazadas automáticamente. Entre aquellas alternativas que hayan pasado la prueba anterior, se hará una comparación sucesiva por pares prefiriendo la alternativa más costosa, siempre y cuando el cociente incremental del B/C sea mayor o igual a uno. Si no se usaran valores marginales o incrementales se elegiría aquella alternativa con mayor cociente B/C lo cual puede ser incorrecto.

La naturaleza del problema y la información con que se cuenta son los factores que más intervienen en la elección del método de análisis y del criterio de decisión. Cuando no es posible valorar los beneficios no será posible usar - - "Beneficio-Costo" ni "Tasa Recuperable" y los primeros dos métodos serán adecuados.

Ejemplo de Métodos Deterministas.

Para ilustrar la comparación económica de alternativas con un método determinista, se cita el siguiente ejemplo: una obra foránea en la que se requiere un trabajo importante de movimiento de tierra, se enfrenta a la tarea de decidir - sobre el tipo de camino que se debe construir para hacer la transportación de materiales a la obra en la forma más económica. Se proponen para solución tres diferentes tipos de caminos; brecha, revestido y pavimentado. El volumen de material por transportar es de $2,000,000 \text{ m}^3$ y la tasa de interés mínima aceptable es de 1% mensual. Los tres tipos de camino tiene diferentes características geométricas y económicas. Geométricas, pues difieren en longitud, curvatura y pendiente, y económicas, ya que tienen diferentes el costo inicial de construcción del camino,

los costos de operación y de transporte, la recuperación global al terminar el transporte y el tiempo total de transportación. No se considerará el costo de inversión inicial en equipo de transporte pues se supone que dicho equipo se va a rentar y este costo se incluye en el costo de transporte.

Todos los datos base para este análisis se dan a continuación:

DATOS COMUNES PARA LAS TRES ALTERNATIVAS

Volumen por mover	2'000,000 m ³
Recuperación al finalizar el transporte	\$ 30'000,000.00
Tasa de interés mínima aceptable	1% mensual

ALTERNATIVA A- BRECHA

Costo	\$ 200,000.00
Mantenimiento mensual	\$ 48,000.00
Costo de transporte	\$ 2.60/m ³ -Km
Longitud del camino	4 Km
Tiempo de operación	24 meses

ALTERNATIVA B-REVESTIDO

Costo	\$ 800,000.00
Mantenimiento mensual	70,000.00
Costo de transporte	\$ 1.54, m ³ - Km
Longitud del camino	4.9 Km
Tiempo de operación	19 meses

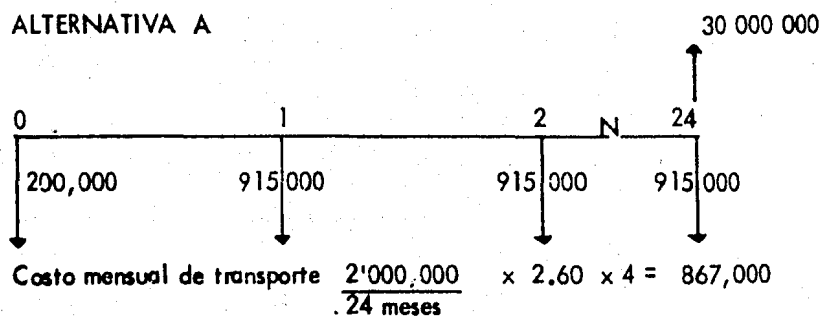
ALTERNATIVA C-PAVIMENTADO

Costo	\$ 2'200,000.00
Mantenimiento mensual	\$ 5,000.00
Costo de transporte	\$ 1.98/m ³ - Km
Longitud del camino	4.7 Km
Tiempo de operación	18 meses

De la observación de los datos anteriores se pasa a elegir el método - de análisis, que para nuestro ejemplo será el del valor total actualizado. Como - existen tanto egresos como recuperaciones se asociará, signo negativo a los prime_ ros y positivo a las últimas. El procesamiento de los datos gráficamente se mostra_ rán en los diagramas E-R a continuación:

DIAGRAMA DE GASTOS

ALTERNATIVA A



Costo mensual de mantenimiento = 48,000

Costo mensual total = 915,000

VALOR TOTAL ACTUALIZADO

$$\text{Serie Uniforme} = 21.243 \text{ (Ver Nota)}$$

Factores de Actualización

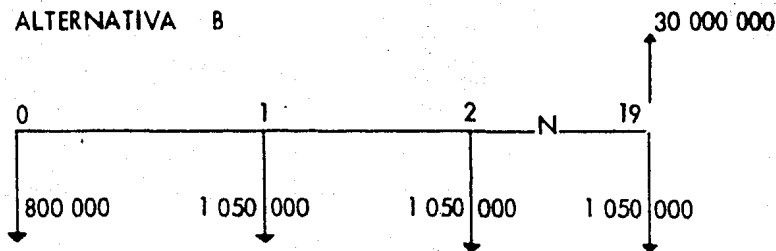
$$\text{Pago Simple} = 0.7876$$

$$\text{VTA} = -200\,000 - 915\,000 (21.243) + 30\,000\,000 (0.7876)$$

$$\text{VTA} = -200\,000 - 19\,437\,345 + 23\,628\,000 = 3\,990\,655$$

$$\text{VTA} = 3\,990\,655$$

ALTERNATIVA B



$$\text{Costo mensual del transporte} \frac{2'000,000}{19} \times 1.98 \times 4.9 = 1\,020\,000$$

$$\text{Costo mensual del mantenimiento} \dots \dots \dots = 30\,000$$

$$\text{Costo mensual total} \dots \dots \dots = 1\,050\,000$$

VALOR TOTAL ACTUALIZADO

$$\text{Serie Uniforme} = 17.226$$

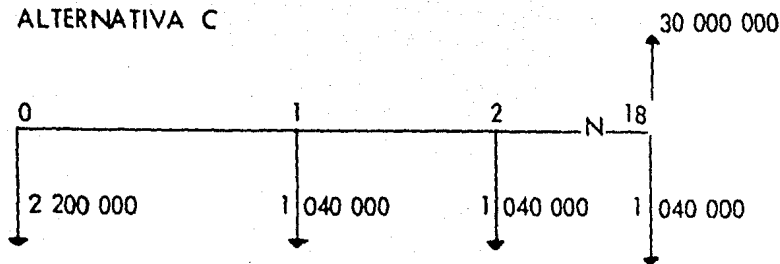
Factores de Actualización

$$\text{Pago Simple} = 1.8277$$

$$\text{VTA} = -800\,000 - 1\,050\,000 (17.226) + 30\,000\,000 (0.8277)$$

$$\text{VTA} = 5\,943\,700$$

ALTERNATIVA C



$$\text{Costo mensual de transporte } \frac{2'000,000}{18} \times 1.98 \times 4.7 = 1\,035\,000$$

$$\text{Costo mensual de mantenimiento} \dots \dots \dots = \underline{5\,000}$$

$$\text{Costo mensual total} \dots \dots \dots = 1\,040\,000$$

VALOR TOTAL ACTUALIZADO

$$\text{Serie Uniforme} = 16.3998$$

Factores de Actualización

$$\text{Pago Simple} = 0.8360$$

$$\text{VTA} = -2\,200\,000 - 1\,040\,000 (16.398) + 30\,000\,000 (0.8360)$$

$$\underline{\text{VTA} = 5\,826\,080}$$

NOTA: Los factores de actualización aquí utilizados se pueden encontrar en la tabla que se anexa en las columnas correspondientes al 1%.

Tanto los diagramas E-R como en el procesamiento de los datos mostrados en ella se hace la suposición de que los movimientos de dinero se realizan al final de cada mes (en general, se supone en estudios económicos de comparación, que los movimientos de dinero se realizan al final de los intervalos de tiempos con

siderados). Esta suposición no origina errores importantes siempre que las diferentes alternativas se presenten bajo las mismas bases.

El criterio de decisión nos indica que debemos elegir aquella alternativa con la recuperación actualizada máxima o egreso actualizado mínimo. En nuestro ejemplo, debido a la fuerte recuperación final el valor actualizado resulta ser recuperación también, por lo cual, la alternativa B-Camino revestido, debe elegirse por su recuperación actualizada superior.

La decisión final no debe ser tomada aún; hay que considerar previamente los imponderables (llamados anteriormente cualitativos), los elementos que inuyen en la decisión pero que no pueden ser cuantificados en términos monetarios.

En nuestro caso, por ejemplo, un factor imponderable sería el que el movimiento de tierras se fuese que terminar en 18 meses porque la segunda creciente del río se espera dentro de ese tiempo (la primera creciente del río no afecta por estarse trabajando en las márgenes). En un caso como éste, la decisión por la alternativa B no sería la correcta y tendríamos que cambiar de decisión y elegir la C ya que esta alternativa tiene la duración adecuada, a pesar de que tenga un valor actualizado de recuperación, menor que la alternativa B.

TABLAS DE INTERES COMPUESTO
FACTORES DE ACTUALIZACION

No.	1%		12%	
	Pago Simple	Serie Uniforme de pagos	Pago Simple	Serie Uniforme de pago
1	0.9901	0.990	0.8929	0.893
2	0.9803	1.970	0.7972	1.690
3	0.9706	2.941	0.7118	2.402
4	0.9610	3.902	0.6355	3.037
5	0.9515	4.853	0.5674	3.605
6	0.9420	5.795	0.5066	4.111
7	0.9327	6.728	0.4523	4.564
8	0.9235	7.652	0.4039	4.968
9	0.9143	8.566	0.3606	5.328
10	0.9053	9.471	0.3220	5.650
11	0.8963	10.368	0.2875	5.938
12	0.8874	11.255	0.2567	6.194
13	0.8787	13.004	0.2292	6.424
14	0.8613	13.865	0.2046	6.628
15	0.8700	13.004	0.1827	6.811
16	0.8528	14.718	0.1631	6.974
17	0.8444	15.562	0.1456	7.120
18	0.8360	16.398	0.1300	7.250
19	0.8277	17.226	0.1161	7.366
20	0.8195	18.046	0.1037	7.460
21	0.8114	18.857	0.0926	7.562
22	0.8034	19.660	0.0826	7.645
23	0.7954	20.456	0.0738	7.718
24	0.7876	21.243	0.0659	7.784
25	0.7798	22.023	0.0588	7.843
26	0.7720	22.795	0.0525	7.896
27	0.7644	23.560	0.0469	7.943
28	0.7568	24.316	0.0419	7.984
29	0.7493	25.066	0.0374	8.022
30	0.7419	25.808	0.0334	8.055
31	0.7346	26.542	0.0298	8.085
32	0.7273	27.270	0.0266	8.112
33	0.7201	27.990	0.0238	8.135
34	0.7201	27.703	0.0212	8.157
35	0.7050	29.409	0.0189	8.176
40	0.6717	32.835	0.0107	8.244
45	0.6391	36.095	0.0061	8.283
50	0.6080	39.196	0.0035	8.305
75	0.4741	52.587		
100	0.3697	63.029		

Elementos del Costo.

Para llevar a cabo la realización de cualquier obra de Ingeniería Civil, se cuenta con varias alternativas, de las cuales es necesario obtener el costo total de cada una de ellas para poderlas comparar, siguiendo el criterio fundamental que es el económico.

Es conveniente hacer notar que no precisamente el costo más bajo nos da la alternativa adecuada. Si tomamos como ejemplo al diseñador que esta eligiendo el tipo de cortina deberá tomar en cuenta otros factores diferentes del costo en si, tales como: el tiempo de reposición de la obra, el costo futuro de mantenimiento y operación, etc. Pero de todas maneras es evidente que un factor importante en la mayoría de los casos, es el costo de la alternativa, sin el cual no podremos iniciar la comparación de los posibles cursos de acción.

Analizando ahora este costo, trataremos de definir de qué partes se compone. En el caso del dique deberemos obtener los materiales tales como: explosivos, brocas; acero de barrenación, etc. que formarán parte de nuestro costo total.

En la construcción utilizaremos la maquinaria para excavar, transpor-

tar y colocar la roca, así como para perforar. Esto constituye también un elemen
to del costo. Por último, tendremos el elemento humano que también esta forman
do parte del costo total de la obra.

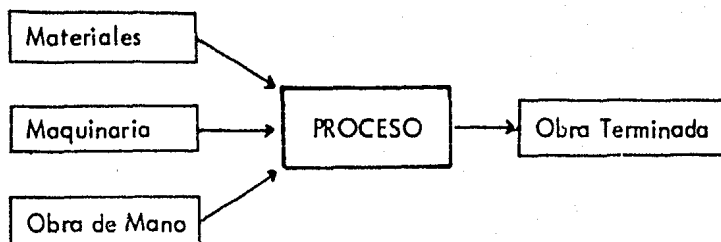
A estos elementos combinados en una forma u otra a través de un pro -
ceso que producirá la obra terminada los llamaremos recursos.

Si analizamos una obra cualquiera, se verá que siempre el costo pue -
de subdividirse en estos tres grandes capítulos: materiales, maquinaria y obra de de
mano, en tal forma que analizando nuestro proceso desde el punto de vista económi
co (objetivo = costo más conveniente) lo podremos imaginar como la mejor forma -
de combinar los tres elementos del costo, tanto en cantidades relativas como en ca
lidades. Esto es, se necesita definir un procedimiento constructivo cualquiera, -
no sólo el número de máquinas que deberá usarse, sino el tipo y tamaño de máqui -
nas, comparando en distintas alternativas diferentes tipos y tamaños.

1.6

PROCESO CONSTRUCTIVO

Se puede presentar la construcción como uno o varios procesos de transformación, con una entrada: los recursos para producir la obra terminada.



Esto es, la mejor forma en que combinemos los recursos, nos llevará a obtener la salida del proceso, por lo que es necesario analizar el proceso en conjunto. Esto indica que tendremos que estudiar el proceso previamente a la ejecución del trabajo, para poder definir el grupo de decisiones que permitirán el logro de nuestros objetivos o cuando menos para tener una estructura que nos sirva de guía para tomar las decisiones. Este trabajo previo constituye la Planeación del Proceso.

Para estudiar el proceso es necesario analizar las variables significativas (entendiéndose por significativas aquellas que si hacemos a un lado modificarán fundamentalmente nuestras decisiones en función del objetivo) que intervienen en él, encontrar las relaciones entre ellas y cómo una variación en cada una de -

ellas, influye en que el resultado final se acerque más o menos a nuestro objetivo . En realidad equivale a considerar la totalidad de cursos alternativos de acción en función del objetivo.

Como normalmente los cursos alternativos de acción son un número -- muy grande, sería imposible analizar alternativa por alternativa, y es por eso que será conveniente buscar una mejor forma de compararlas y por esto precisamente -- busquemos la manera de encontrar como cada valor de una variable influye en la salida del proceso.

Se tendrá, pues, que analizar en función de nuestro objetivo los siguientes incisos:

- a) Variables Controlables. Son aquellas posibles de manejar, es decir, que pueden ser controladas en el proceso. Como ejemplo tenemos en la construcción del dique de tierra:

Tamaño del Equipo

Cantidad de Dinamita

Tiempo de ejecución de la obra.

Cantidad de Obra de Mano.

- b) Variables no Controlables. No pueden ser manipuladas pero se -- pueden prever mediante un estudio, sin embargo, influyen evidentemente en que el resultado final se acerque o no al objetivo, por lo que habrá que considerarlas. Tomando el ejemplo anterior se tiene:

Costo de la Obra de Mano

Costo de los Materiales

Existen además variables no controlables que no se pueden prevenir en el caso de un sismo.

- c) Limitaciones a las Variables. Por otro lado, normalmente las variables tienen limitaciones. Si consideramos, por ejemplo, el total de horas-máquina para ejecutar un trabajo dado, éstas no podrán ser menores que cero o mayores que el tiempo total disponible. Se puede tener limitaciones en:

Tiempo de ejecución de la obra

Sumas mensuales a gastar

Planos y Especificaciones

Estas limitaciones a las variables son muy importantes en general y muchas de ellas estarán contenidas en los mismos planos y especificaciones.

Puede verse que no será fácil encontrar todas las variables, separar las significativas de las no significativas (entendiéndose por no significativas aquellas que si hacemos a un lado no modificarán fundamentalmente nuestras decisiones en función del objetivo), encontrar las limitaciones y sobre todo definir las relaciones entre todas ellas, en tal forma que podamos tener una serie de decisiones o fijar la estructura en que se apoye la toma de decisión.

En el caso particular de la construcción, es usual que las condiciones varien con el tiempo ya que es común encontrar en el campo, en el momento de construir, condiciones diferentes a las que tomo el diseñador, lo que origina evidentemente modificaciones en especificaciones, en dimensiones y algunas veces cambios substanciales en la obra, como modificación del sitio.

¿Cómo adaptar nuestra planeación a tales cambios? Parecería necesario si tales modificaciones existen, repetir nuestra planeación de proceso. Habrá que buscar desde luego, para facilitar estas modificaciones, el método para planear que más fácilmente pueda adaptarse a las modificaciones y evitar en lo posible tener que replanear principiando de nuevo.

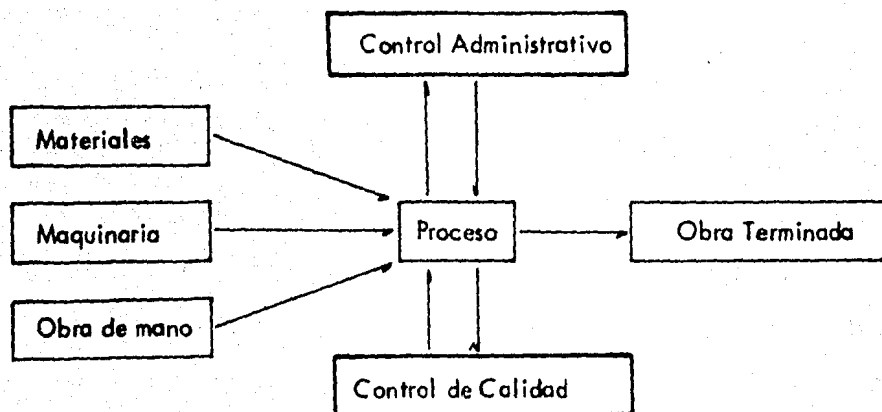
¿Cómo podremos estar seguros que nuestra planeación funciona y las decisiones que vamos tomando derivadas de esta planeación nos van encaminando al objetivo u objetivos? Si tenemos que manejar un gran conjunto de variables, estudiar sus relaciones, analizar sus limitaciones y además, hemos hecho a un lado las variables no significativas escogidas a base de criterio, es fácil comprender -- que no podemos esperar al término de la obra para saber si nuestro objetivo se cumplió o nó. Será necesario revisar a lo largo del proceso si nuestro objetivo se va cumpliendo. Esto puede realizarse comparando a lo largo de la construcción lo realizado con lo planeado, en función del objetivo. En el caso de la cortina iríamos llevando costos y comparándolos con los planeados, analizando continuamente las diferencias, y cuando éstas sean significativas habrá que revisar la planeación y desde luego si lo planeado se está realmente llevando a cabo. No basta planear después de tomar las decisiones habrá que comunicarlas y tener una organización para llevarlas a cabo. Si algo falla, lo planeado no coincidirá con lo ejecutado y tendremos que corregir. Esta revisión y actuación para corregir el proceso en función de los costos se denomina en construcción, Control Administrativo.

Es un control constante.

También será necesario, como hemos expuesto ya, llevar a cabo la obra en tal forma que cumpla con su propósito y tenga el factor de seguridad adecuado.

Como en el caso anterior, no es posible esperar a terminar el trabajo para conocer si tiene el factor de seguridad dado por el proyectista y cumple con el cometido para el cual se diseñó. Habrá que estar revisando continuamente que la obra en ejecución se vaya construyendo, cumpliendo con este propósito. Esto se logra en forma similar a lo anterior, tomando muestras para compararlas con el estándar y si hay desviación significativa influyendo en el proceso, tendremos que corregir la desviación. A esto se le llama Control de Calidad.

En realidad estos dos controles constituyen un proceso en sí, capaz -- también de ser planeado, y se conoce con el nombre de Control o Retro-alimentación. Este proceso actúa modificando el proceso principal. Gráficamente puede representarse el proceso constructivo de la siguiente forma:



1.8 FACTORES DE CONSISTENCIA DE COSTOS Y PRECIOS UNITARIOS.

Dentro de los múltiples problemas que se presentan en el ramo de la construcción, el establecimiento de los precios unitarios equitativos a que debe pagarse un trabajo, ha sido tradicionalmente un punto de divergencia de opiniones entre las empresas contratistas y los órganos oficiales o particulares encargados de la realización de obras, lo que ha constituido motivo de discusiones, pérdidas de tiempo y entorpecimiento del desarrollo de las obras.

Si con anticipación se establecen en forma perfectamente definida las especificaciones, normas y criterios generales que servirán de base para el cálculo de los precios unitarios, los puntos de divergencia se reducirían al mínimo.

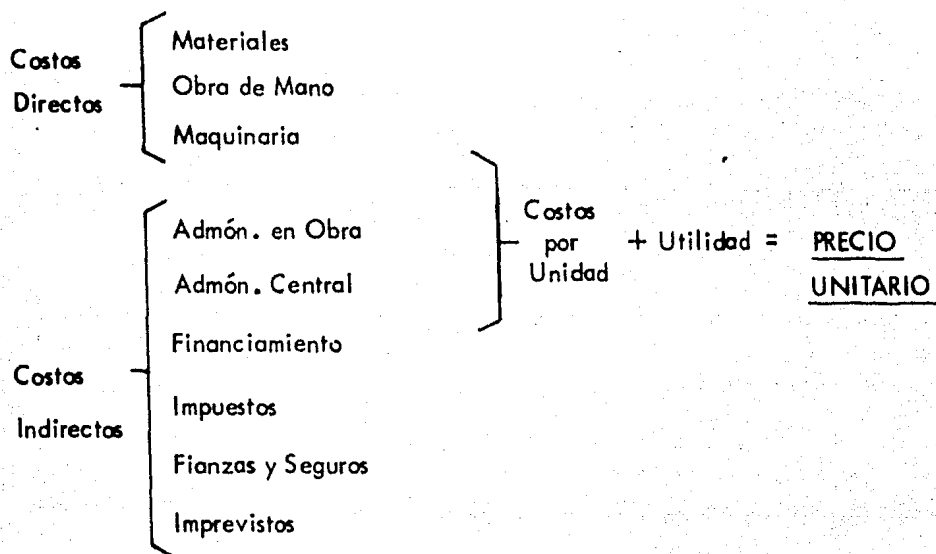
La elaboración de precios unitarios, no es más que una etapa dentro del proceso constructivo general, que se inicia con la investigación o estudio de la factibilidad de realizar una obra y que termina con la construcción de la misma.

No es posible calcular precios unitarios sin apoyo en especificaciones ya que son éstas precisamente las que definen la obra que se requiere y la forma en que debe ejecutarse, lo que indudablemente constituye la base para determinar los precios unitarios de los conceptos de esa obra.

Previo a la elaboración de éstos precios unitarios, es absolutamente in

dispensable, conocer a fondo los recursos tanto de materiales, como humano y de-
maquinaria, así como la disponibilidad de los mismos.

En términos generales los elementos que componen un precio unitario -
son :



Del cuadro anterior, se concluye que tanto los elementos que integran los costos directos, los costos indirectos y el elemento utilidad, son los que permiten valorizar el Precio Unitario, razón por la que en conjunto, constituyen los llamados "factores de consistencia" de los precios unitarios.

A lo largo de los siguientes capítulos se analizarán únicamente los elementos que constituyen el Costo Directo.

2

Materiales

2.1

INTRODUCCION

Los materiales de construcción se definen como uno de los elementos que integran las obras de construcción cualquiera que sea su naturaleza, composición y forma.

Debido a la gran variedad de materiales con que se cuenta, se ha hecho necesario para su estudio agruparlos siguiendo diversos criterios de clasificación.

Según las funciones que desempeñan en la obra, se pueden clasificar en Principales o Resistentes, como las piedras, hierro, etc.; Aglomerantes, como las cales y cementos; y Auxiliares, como el vidrio, pintura, etc.

Otra forma de clasificación constructiva es por el orden en que intervienen en las obras: cimentación, estructura y cubiertas. Esta clasificación, como la anterior, tiene el inconveniente de la repetición, pues un mismo material interviene en una forma u otra.

La más aceptable, es la que ordena a los materiales según su origen. Se clasifican de la siguiente manera:

Materiales Naturales. Son los que se extraen directamente de la naturaleza; no precisando para su empleo, nada más que darles una forma adecuada.

Comprenden: rocas, suelos, gravas, materiales marinos y maderas.

Materiales Fabricados. Se preparan con productos diversos en estado pulverulento o pastoso, para comunicarles fácilmente la forma y se endurecen por procesos físico-químicos. Abarcan: cemento, cal, yeso, aditivos, puzolanas, asfalto y emulsiones asfálticas. Así mismo, el acero, el aluminio, los ladrillos, los plásticos, las pinturas, etc.

Materiales Procesados. Son materiales naturales sometidos a una serie de procesos mecánicos con el fin de aprovecharlos mejor. Dentro de este grupo se encuentran los agregados obtenidos en plantas de trituración.

Es requisito indispensable del ingeniero constructor el conocer ampliamente los materiales en todos sus aspectos. Este conocimiento le será de enorme utilidad para seleccionar los materiales óptimos, adecuados para sus condiciones de trabajo, para sus condiciones de servicio y para sus limitaciones económicas.

Es decir, el ingeniero no solo debe tener conocimiento de los materiales sino que también debe saber cuales son los factores que pueden afectar el costo de aquellos. Tales factores son:

PRECIO DE ADQUISICION.

El costo del material que se toma como base para integrar el precio unitario de un concepto, es el "costo del material en obra", el cual está integrado por: el precio de adquisición en fábrica, más el costo del flete y los desperdi--

cias tanto en la transportación como en su utilización.

Existen gran variedad de precios de adquisición de un mismo tipo de material, en base a la calidad; cercanía del consumidor con respecto a la fuente de origen del material; volumen de compras del consumidor, etc. De lo anterior, deducimos la necesidad que tiene el ingeniero constructor de conocer y estar al tanto de los precios de adquisición en el mercado de los distintos materiales, de los distintos fabricantes y de los nuevos que aparezcan en el mercado; con el fin de aprovechar al máximo las mejores condiciones de oferta del mercado en cada momento, adquiriendo el material más adecuado y económico, dentro de la calidad especificada, realizando dicha adquisición en el momento oportuno.

ABUNDANCIA Y ESCASEZ.

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

Un material puede ser escaso porque la demanda sea muy elevada o muy ocasional (no conviene en general emplear materiales "raros").

Un material puede ser muy abundante o muy escaso en un determinado lugar dependiendo de la abundancia o escasez de la materia prima o ingredientes que lo compongan (de aquí la conveniencia de utilizar materiales de la localidad).

La abundancia o escasez de materiales básicos en la localidad es determinante para la selección de procedimientos y tipos de construcción, por ejemplo: la selección de tipo de cortina (de tierra, mampostería, materiales gradua--

dos, etc.) en base a los materiales disponibles en la cercanía, sin detrimento de considerar otros factores, como los geológicos, topográficos, resistencia, permeabilidad, etc.

FLUCTUACIONES.

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

Puede suceder que la variación de precio se deba a fluctuaciones de las existencias de un material.

El precio oscila generalmente con las variaciones de la oferta y la demanda. La existencia de un material puede fluctuar por diversas causas: condiciones climatológicas, problemas laborales que afectan a la producción, escasez periódica de materia prima, etc.

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

1. Debido a la época de lluvias, con el tabique recocado, se presenta la siguiente secuela: por dificultades de secado, se alarga el proceso productivo, se incrementa el costo unitario de producción, se disminuye la oferta de tabique en el mercado, aumenta la demanda de tabique por los consumidores, por lo que se incrementa el precio de adquisición, tanto por el incremento en el costo de producción como por el aumento de demanda. Esto además origina, pérdida de calidad e imposibilidad de conseguir buen material.

2. Por el incremento en el volumen de construcciones en un período

determinado, hay aumento en el consumo de cemento, lo que origina su escasez en el mercado, incrementándose la demanda y el precio de adquisición.

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

TRANSPORTE, CARGA Y DESCARGA DE MATERIALES.

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

Este costo debe integrarse al precio de adquisición para obtener el -- costo del material en obra.

El costo del flete puede estar incluido dentro del precio de venta del fabricante, cuando éste es "precio de material puesto en obra", o puede ser cargado al consumidor por separado, mediante ciertas tarifas que pueden estar basadas en volumen, peso o número de piezas por kilómetro.

Existe transportación externa (de la fuente de producción al sitio de la obra) e interna o local. El suministro de materiales a la obra puede hacerse por medio de ferrocarril, camión, etc. La transportación local o los comúnmente llamados "acarreo", pueden ser horizontales o verticales. Los acarreos horizontales pueden emplear: vagonetas, bandas transportadoras, vogues, parihuelas, carretillas, camiones, camionetas, etc. Los acarreos verticales podrán efectuarse --

con: malacates, grúas, torres elevadoras, cangilones, etc.

Debe tenerse en cuenta para efectos de determinar el costo de material en obra (que posteriormente integrará el precio unitario) el efecto que costo pueden tener los desperdicios en todas estas etapas de transportación. desperdicios se expresan como un porcentaje del costo del material, se determinan por experiencias anteriores o análisis de las condiciones particulares de transportación, dependiendo fundamentalmente del tipo de material, del tipo de transporte y de las condiciones en que deban realizarse las operaciones de carga, descarga y transportación propiamente dichas.

DERECHOS Y REGALÍAS.

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

Así, por ejemplo, habrá que pagar los derechos de importación correspondientes por la utilización de materiales del extranjero, como en el caso del mármol de Carrara, vidrio especial o de grandes dimensiones, etc.; en el caso de querer explotar y extraer cierto material en propiedad privada, habrá que pagar regalías de explotación, al propietario de dicho predio.

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

con: malacates, grúas, torres elevadoras, cangilones, etc.

Debe tenerse en cuenta para efectos de determinar el costo del material en obra (que posteriormente integrará el precio unitario) el efecto que en el costo pueden tener los desperdicios en todas estas etapas de transportación. Estos desperdicios se expresan como un porcentaje del costo del material, se determinan por experiencias anteriores o análisis de las condiciones particulares de transportación, dependiendo fundamentalmente del tipo de material, del tipo de transporte y de las condiciones en que deban realizarse las operaciones de carga, descarga y transportación propiamente dichas.

DERECHOS Y REGALIAS.

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

Así, por ejemplo, habrá que pagar los derechos de importación correspondientes por la utilización de materiales del extranjero, como en el caso del mármol de Carrara, vidrio especial o de grandes dimensiones, etc.; en el caso de querer explotar y extraer cierto material en propiedad privada, habrá que pagar regalías de explotación, al propietario de dicho predio.

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

ALMACENAMIENTO DE MATERIALES.

El costo que origina el renglón "almacenamiento de materiales", debe aplicarse a los costos indirectos y dentro de ellos, específicamente al aspecto "administración de obras" y no ser aplicado al costo del material, ya que, el costo en sí, de almacenes o bodegas, tanto en el caso de que alberguen varios materiales o inclusive en el caso de que sea uno solo, tendrían que prorratearse entre todos éstos, o afectar a todos los conceptos en que este o estos materiales fuesen utilizados lo cual además de ser muy laborioso, resultaría impráctico o inexacto.

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

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

RIESGOS.

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

Los riesgos se pueden clasificar en dos grupos: normales y extraordinarios.

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

Los riesgos extraordinarios, se traducen en un desperdicio extraordinario mayor que el considerado normal, como pueden ser la pérdida total o parcial o el deterioro de un material. Son cubiertos generalmente por seguros específicos, debiendo ser el costo de estos seguros cargado directamente al costo del material. Uno de los ejemplos más comunes de este tipo de seguros, lo constituye el seguro de transportación, que cubre cualquier percance al material durante esta etapa. En caso de suceder un percance y no estar cubierto el riesgo por un seguro, debe absorberse el monto de las pérdidas, dentro de los costos indirectos y específicamente en el renglón de "imprevistos".

2.2

MATERIALES NATURALES

2.2.1

LAS ROCAS.

Los términos "roca" y "piedra" expresan a veces conceptos sinónimos. Sin embargo hay alguna diferencia en su significado: el vocablo "roca" designa una formación geológica en su estado natural tal como se presenta en la tierra, es decir, insitu. mientras que la palabra "piedra" se aplica en forma más apropiada, a bloques individuales, masas o fragmentos, que han sido arrancados o extraídos de sus lechos o yacimientos masivos originales.

Al ingeniero constructor le interesa conocer las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los materiales para saber si han de resistir los esfuerzos y usos a que van a estar destinados, debiéndose enviar las muestras al laboratorio para que las determine, por tener los aparatos y técnicas precisas para su realización.

Propiedades Físicas: Densidad, se define como el cociente del peso de un cuerpo por su volumen. Porosidad, es la relación de vacíos o huecos a un volumen, expresado en porciento, absorción, es la cantidad de agua absorbida hasta la saturación por una piedra, a presión y temperatura ambiente. Dureza, que es la resistencia que oponen los cuerpos a dejarse penetrar o rayar por otros. Textura, la textura de una roca es el arreglo de sus granos o partículas tal como se

ven en una superficie fresca.

Las propiedades mecánicas de las piedras están referidas a su resistencia y se consideran tres clases de esfuerzos que actúan sobre ellas: Los de compresión que tienden a disminuir el volumen del material; el esfuerzo cortante que tiende a desplazar unas partes de la roca, respecto a las otras. Y el esfuerzo de tensión, que produce rompimiento y fisuras en los materiales. La resistencia a la tensión tanto de las rocas como de los suelos es prácticamente despreciable, por lo -tanto las estructuras hechas por el hombre o parte de ellas que van a quedar suje--tas a tensión requieren otros materiales de refuerzo, por ejemplo el acero.

En resumen las propiedades que deben reunir las piedras de construc--ción, son las siguientes:

- a) Ser homogéneas, compactas y de grano uniforme.
- b) Carecer de grietas, restos orgánicos, etc.
- c) Ser resistentes a las cargas que tengan que soportar.
- d) No ser absorbentes o permeables en proporción mayor del 4.5% de su volumen.
- e) Tener adherencia a los morteros.
- f) No deberá alterarse física (desintegración) ni químicamente (descomposición) por los agentes atmosféricos principalmente el aire y el agua, teniendo una pérdida de resistencia a la compresión menor del 10 %.

Las rocas se clasifican por su composición química, mineralógica, es-

estructura, yacimiento y origen. La generalmente usada en construcción es la de — origen geológico ó modo de formación, que las clasifica en:

Rocas ígneas. Son aquellas que han sido formadas por la solidificación del magma sobre (Extrusivas) o debajo (Intrusivas) de la superficie terrestre.

Rocas sedimentarias. Como su nombre lo indica, son rocas que han sido formadas por la consolidación de sedimentos, por lo que pueden ser de tres distintos orígenes: mecánico, químico y orgánico. Las rocas de origen mecánico están formadas por fragmentos de otras rocas acumuladas por el agua o por el viento. Sus partículas pueden estar disgregadas, compactadas por simple presión o aglomeradas por un cementante calizo.

Las de origen químico, son yacimientos de gran espesor, debido a su acumulación durante muchos años, originados por la evaporación de las aguas de los mares, lagos y ríos, que contienen disueltas ciertas sales como cloruros sódicos, potásicos, etc.

La acumulación de restos animales y vegetales han formado las rocas de origen orgánico.

Rocas metamórficas. Se han formado a expensas de las ígneas y sedimentarias, por transformaciones en su composición mineralógica y estructura, a causa de las grandes presiones, temperaturas elevadas de las capas profundas de la corteza terrestre y de las emanaciones gaseosas del magma.

La diversidad de rocas que se usan en la rama de la construcción, es - muy grande y variado. De estos materiales los más frecuentemente empleados incluyen rocas de todos tipos, composiciones, texturas y estructuras, tales como calizas, basalto, riolitas, granitos, mármoles, etc. (Ver cuadro 2.1).

Costo y Explotación de la Roca.

Las canteras son lugares donde la roca se separa de sus lechos naturales y se prepara para su utilización en construcciones. Hay canteras a cielo - abierto y subterráneas. Las canteras a cielo abierto pueden ser en ladera cuando la roca se arranca en la falda de un cerro (ver figura 2.1 a) o en galería, cuando la roca se extrae de cierta profundidad en el terreno (Fig. 2.1 b).

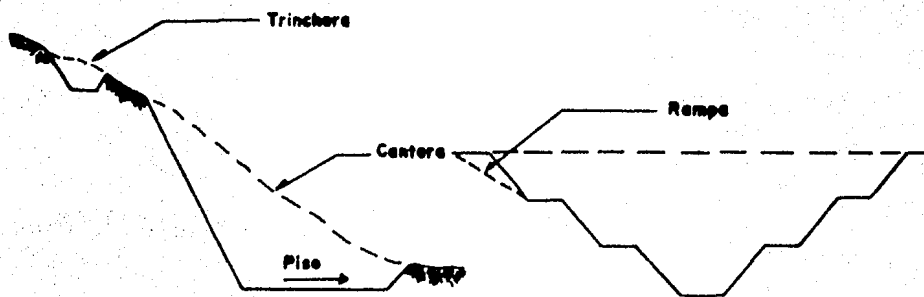
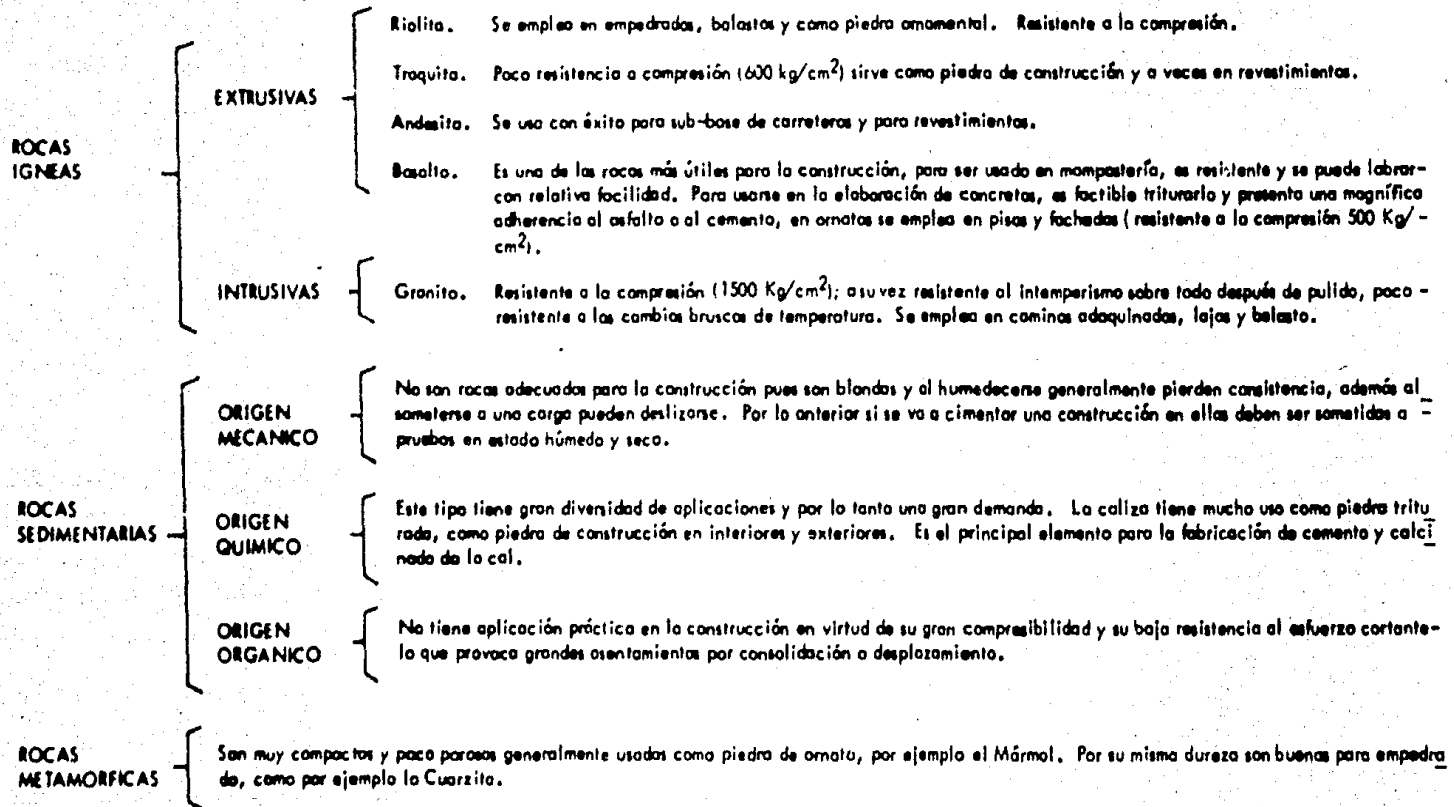


Figura 2.1 Canteras a cielo abierto, en ladera y en galería.

Se tienen varios tipos de ataque para la explotación al descubierto de roca en ladera. Por la parte superior (Fig. 2.2) Cuando se hace de arriba abajo,



CUADRO 2.1

CLASIFICACION DE ROCAS.

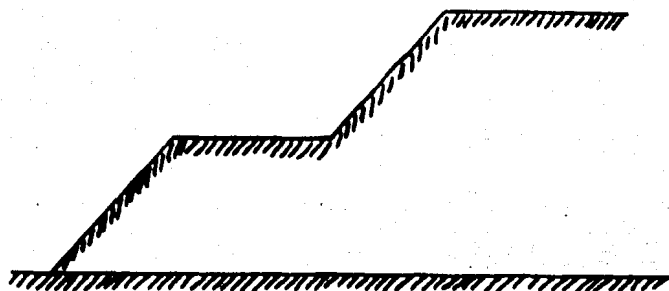


Fig. 2.2 Explotación en ladera por la parte superior.

penetrando en la ladera en forma escalonada, de unos 5 a 10 m de altura y anchura, suficiente para poder realizar el desbaste previo de los bloques, con objeto de no transportar piedra inútil reduciéndose los gastos. Estas plataformas se hacen accecibles por los lados para sacar los bloques, debiéndose dar una pequeña inclinación y talúd, con objeto de que no se estanque el agua de lluvia o filtraciones y evitar desplomes.

El ataque por la parte inferior (Fig. 2.3) se practica cuando la roca se encuentra ya separada por grietas perpendiculares y paralelas al frente de cantera. Se socava la parte inferior, dejando pequeños pilares de la roca o apuntalando con madera, que se vuelan o quitan a la vez provocando el derrumbamiento hacia afuera para sacar grandes bloques.

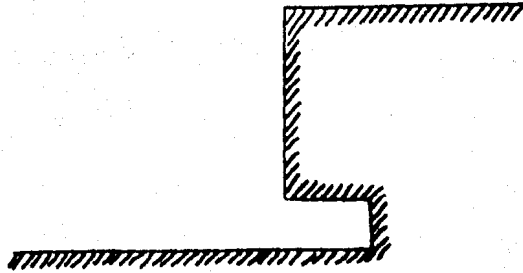


Fig. 2.3 Explotación en ladera por la parte inferior.



Fig. 2.4 Explotación en ladera por socavación.

El procedimiento llamado de socavación (Fig. 2.4) solo es aplicable a las canteras de rocas estratificadas y separadas por lechos de naturaleza blanda. Consiste en practicar normalmente al frente de cantera varias galerías en los estra

tos blandos con sus extremos unidos entre si por otra galería paralela a dicho frente. Se desmontan los apoyos que separan las primeras galerías, con lo que se produce el desplome de la piedra dura. Este procedimiento es muy peligroso.

En galería la forma de explotación es el denominado de chimenea y - galería (Fig. 2.5)

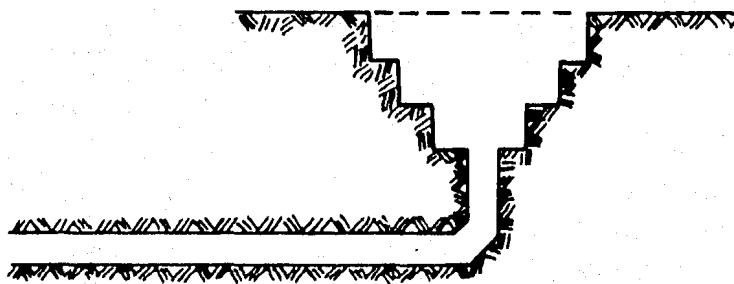


Figura 2.5 Explotación en chimenea y galería.

Raramente empleado y consiste en practicar un pozo vertical que se pone en comunicación con el exterior mediante una galería horizontal. Los bloques se arrancan por bancos de arriba abajo, cayendo por el pozo y se extraen por la galería.

La explotación subterránea apenas se utiliza por ser muy costosa. Si la cantera se halla próxima a una ladera (Fig. 2.6) se practica primero una galería de ataque hasta llegar a la roca, y después otras galerías perpendiculares a la primera llamadas de explotación, procurando darles una pequeña inclinación para

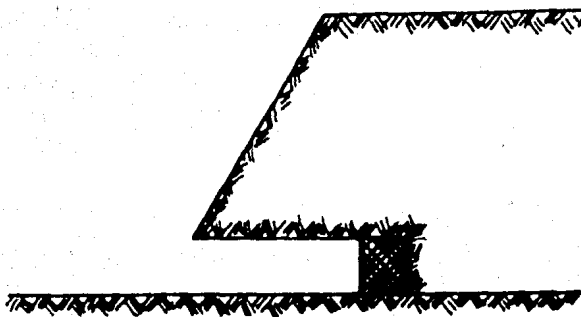


Figura 2.6 Explotación Subterránea.

que las aguas salgan al exterior por si solas y facilitar el arrastre de la piedra.

Los productos que se obtienen de una cantera son: piedra labrada, -- piedra machacada y piedra de encachado. Las piedras labradas son bloques con las caras más o menos lisas de forma y tamaños especificados, el concreto y los productos de arcilla cocida están sustituyendo rápidamente a la piedra labrada en la construcción.

El costo de la piedra labrada, y de la piedra en general, puesta en la obra depende de su facilidad de arranque, longitud de transporte y costo del tallado (incluyendo las pérdidas de material). Los costos de arranque y tallado vienen determinados por la naturaleza de la roca: las masas de rocas ígneas duras son evidentemente mucho más caras de trabajar que una caliza cuarteada, que puede arrancarse sin explosivos y tallarse con facilidad.

La piedra machacada que se utiliza para la fabricación de cemento y cal se mide por tonelada o metro cúbico a precios relativamente bajos, mientras que la roca labrada es cara en comparación y se vende por pies cúbicos. Como consecuencia de esta diferencia, el costo de transportes largos arrastra solamente una pequeña parte del precio de la piedra labrada, pero es un factor importantísimo en el costo de la piedra machacada.

La piedra de encachado es piedra rota o bolos que se utilizan como un lecho de protección en la cara de aguas arriba de un dique o presa de tierra, para protegerlo de la acción de las olas. Como en el caso de la piedra machacada el factor transporte es un componente muy importante en el costo de este tipo de piedra. Una cantera para piedra partida se abre generalmente para la ejecución de un proyecto dado, debiendo estar lo más cerca posible del lugar de colocación y se da por buena aunque no halla más que la cantidad de piedra precisa para la obra sin que quede reserva alguna para el futuro.

2.2.2 LOS SUELOS

La mayoría de los suelos son una acumulación heterógena de granos minerales no cementados. Quedan excluidas de la definición las rocas sanas, ígneas o metamórficas y los depósitos sedimentarios altamente cementados, que no se ablanden o desintegren rápidamente por acción de la intemperie.

Clasificación

Los suelos desde el punto de vista de su origen se dividen en: residua

les y transportados.

Los suelos residuales son aquellos que permanecen en el mismo lugar, directamente sobre la roca madre de la cual fueron derivados.

Los suelos transportados son aquellos que se han movido a partir de la roca que los originaron y han sido depositados en otros lugares. Dependiendo del agente de transporte se clasifican en: glaciales, por desplazamiento de masas de hielo; eólicos, mediante viento; aluviales, por medio de corrientes de agua y coluviales, por la fuerza de gravedad.

Generalmente, los suelos se encuentran en forma de mezclas con proporciones variables de grava, arena, limo, arcilla y materia orgánica. Existiendo rara vez en la naturaleza en forma separada.

Desde el punto de vista ingenieril se ha ideado el Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos, el cual se basa en el reconocimiento del tipo y predominio de los constituyentes, considerando tamaño de granos, graduación, compresibilidad y plasticidad (variaciones de la consistencia con los cambios de humedad). Esta clasificación divide a los suelos en tres grupos principales; suelos gruesos, suelos finos y suelos de alto contenido de materia orgánica.

Este sistema toma en consideración las propiedades relacionadas con la ingeniería de los suelos, es descriptivo y fácil de adaptarse al suelo real, con la flexibilidad suficiente para poder usarse en el campo y en el laboratorio. Probablemente su mayor ventaja es que un suelo puede clasificarse rápidamente por examen visual y manual, sin necesidad de pruebas de laboratorio.

Muestreo.

Para conocer las propiedades físicas que presentan los suelos en su estado natural, se han ideado diferentes métodos de obtención de pequeñas porciones representativas del suelo, llamadas muestras, que dependiendo del método usado, pueden ser alteradas e inalteradas. Siendo las muestras inalteradas aquellas que representen fielmente las propiedades del suelo del que fueron extraídas.

Para fines de ingeniería civil, los métodos de muestreo más empleados son: los pozos a cielo abierto, el penetrómetro estándar, el tubo de lámina delgada y la perforación rotatoria.

La obtención de muestras debe de ser una operación muy cuidadosa, - pues de la calidad de las muestras obtenidas dependerá la realidad de las propiedades físicas determinadas en el laboratorio.

Propiedades Físicas.

Una de las propiedades que más interesa conocer, debido a la forma en que fallan los suelos, es el valor de la resistencia al esfuerzo cortante ya que es un dato esencial para la resolución de los problemas de capacidad de carga, de empuje de tierras y de estabilidad de taludes.

Otras de las propiedades que interesan de los suelos son:

Compacidad. Indica que tan suelto o compacto se encuentra un material.

Porosidad. Es el porcentaje de vacíos o huecos que contiene un volu

men dado.

Permeabilidad. Capacidad del suelo para permitir el paso del agua.

Abundamiento. Se representa con un número que resulta de dividir el volumen de un material suelto entre su volumen original tal como estaba en la naturaleza. (Figs. 2.7 y 2.8).

Tratamientos

Los métodos más comúnmente utilizados para mejorar las características mecánicas e hidráulicas de los suelos son: compactación superficial, compactación profunda, estabilización con cementos, drenaje e inyecciones.

Se elegirá el método de acuerdo con los fines perseguidos y el tipo de suelo a tratar.

La compactación superficial produce los siguientes efectos: aumenta la compacidad, la resistencia al corte de los suelos, reduce la permeabilidad y la compresibilidad de los mismos.

Este tipo de compactación es obligatoria para todas las estructuras de tierra y las superficies de desplante de las estructuras. Se lleva a cabo con rodillos pata de cabra (si se trata de un suelo arcilloso), rodillos neumáticos, rodillos lisos o vibratorios (si se trata de un suelo arenoso).

La compactación profunda se efectúa induciendo vibraciones en la masa por compactar. Tales vibraciones se generan mediante explosivos colocados en barrenos de perforación, hincado de estacones o pisones que provocan un impacto.

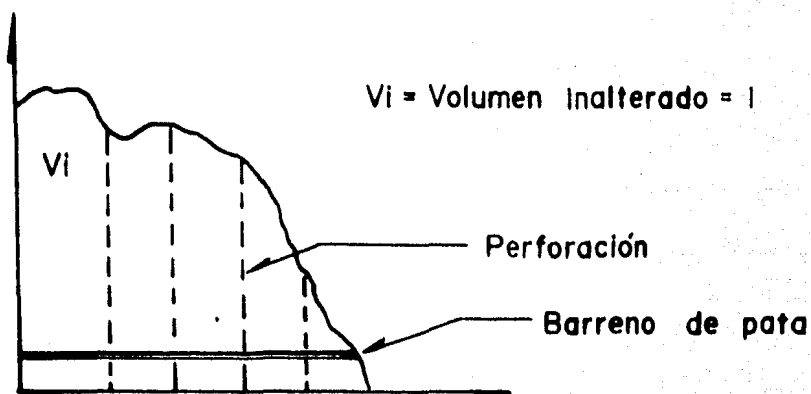


Figura 2.7 Banco antes de la tronada.

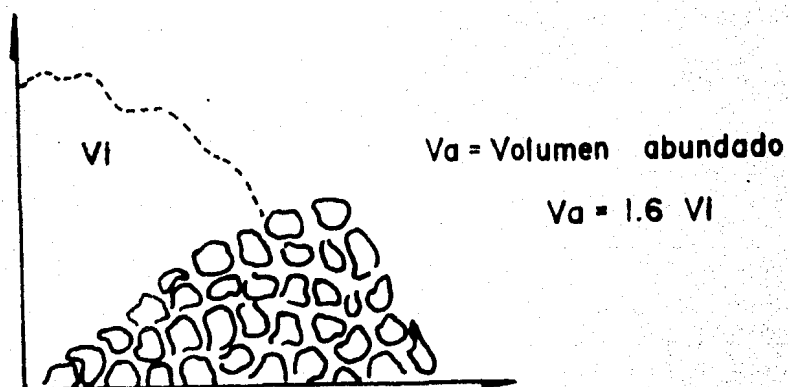


Figura 2.8 Material tronado.

Se aplican estos métodos cuando la compacidad es baja en suelos granulares (gruesos).

Por medio de la estabilización con cemento se logra aumentar la resistencia al esfuerzo cortante del suelo, disminuir su plasticidad y neutralizar, en caso dado, pequeñas cantidades de materia orgánica. Tratándose de suelos granulares, el cemento les da cierta cohesión (adherencia entre granos).

Este procedimiento de estabilización se utiliza en particular, para formar bases de caminos y recubrimientos de canales.

Mediante el uso de drenes (tubos perforados o estratos de material granular) se logra una reducción en las fuerzas de filtración y una modificación en la dirección del flujo.

Este procedimiento se utiliza en la estabilidad de taludes, muros de contención y en cimentaciones.

Injectando a presión en los suelos, a través de perforaciones, lechadas estables de cemento, agua y arcilla o productos químicos, se disminuye la permeabilidad y se logra un aumento de la resistencia al corte.

Se utilizan para mejorar la estabilidad de taludes e impermeabilización en excavaciones. Finalmente, en algunos casos se han utilizado con objeto de evitar los efectos perjudiciales de las vibraciones inducidas en suelos granulares sueltos.

Usos

El principal uso en los suelos es la formación de estructuras de terracería, tales como: terraplenes para carreteras y desplante de construcciones, cortinas de presas y rellenos.

Generalmente estas estructuras se forman por tres clases de materiales que son los siguientes:

a) Material Impermeable. Suele ser la mezcla de arcilla, arena y grava, en la que el material aglutinante es la arcilla, la que idealmente conviene — que intervenga en una proporción del orden del 8 al 20%, ya que con tal proporcionamiento se facilita notablemente el trabajo de compactación. Es el tipo de material que comúnmente se emplea en la construcción de terracerías en las que se desea una alta resistencia al esfuerzo cortante, elevada densidad para fines de estabilidad y alta impermeabilidad; como en el caso típico de núcleos impermeables de las cortinas de presas formadas por materiales graduados.

b) Material Permeable. Suele ser una mezcla de arena y grava con poco porcentaje de arcilla. Empleándose en terraplenes en los que no exigen estrictos requisitos de estabilidad e impermeabilidad, como en el caso de bordos de canales, zonas de rezaga o transición de cortinas de presas construídas de materiales graduados. Podrá ser tierra común libre de materia orgánica.

c) Material de transición.

Para filtros de presas y otras estructuras, generalmente queda constituido por arena y grava de estrictos requisitos granulométricos, siendo un material permeable.

2.2.3 LAS GRAVAS

Grava, es todo material granular de origen natural, mayor de 5 mm y generalmente de aristas redondeadas. Se pueden encontrar en ríos activos, cauces abandonados y minas.

Como generalmente este tipo de material se almacena en las curvas de los ríos, la explotación puede hacerse por medio de dragas o de palas y en las minas por medio de zanjas, cortes, túneles o frentes verticales.

Debido a la forma en que las gravas se encuentran en la naturaleza, es decir, en una gran variedad de tamaños y además conteniendo algunas veces sales, arcillas, carbón y sustancias orgánicas, es necesario tratarlas conforme al uso que se les quiera dar.

Estos tratamientos pueden ser: cribado, lavado y secado algunas veces.

a) Cribado. Es el proceso de separación por tamaños del material mediante procesos mecánicos, utilizando cribas ó mallas.

b) Lavado. Es la eliminación de sales, arcillas y demás sustancias extrañas, mediante chorros de agua y vibración.

c) Secado. Es la eliminación total o parcial del contenido de agua -

mediante el uso de hornos o tendiendo el material a la intemperie.

Usos

Las gravas se utilizan principalmente: como agregados en la elaboración de concretos, como material de relleno y material de filtro.

Debido a la gran importancia que tienen los agregados en la fabricación de concreto, se hace necesario llevar un estricto control en la calidad de los mismos, por lo que se les tiene que hacer pruebas para determinar:

Peso específico (peso por unidad de volumen)

Absorción

Humedad

Contenido de Polvos

Colorimetría

Contenido de Sales

Todas estas pruebas van encaminadas a garantizar el perfecto conocimiento de los agregados, de tal suerte, que de los resultados obtenidos, se pueda fijar un criterio en su utilización.

La mayoría de las gravas son de gran utilidad en la elaboración del concreto, ya que los mejores agregados son los que tienen forma redondeada y textura rugosa (en general las gravas de los ríos son redondas, pero de textura bastante lisa). La forma redondeada hace que el volumen de huecos a ser relleno por la pasta de cemento, sea pequeño y la textura rugosa ayuda a que el agregado se -

adhiera fuertemente a la pasta de cemento.

Debido a la forma en que se acomodan las gravas, es decir, a que dejan huecos entre sí, permitiendo el paso o filtración del agua, es común el utilizar gravas en aquellos rellenos en que se requiera garantizar la permeabilidad de los mismos.

Otra aplicación de las gravas, es que constituyen un material de filtro que se utiliza para evitar las presiones hidrostáticas en los muros de retención, logrando que el agua se infiltre entre las gravas y posteriormente sea sacada por medio de drenes. En la mayoría de los casos los filtros consisten en una serie de capas de diferentes tamaños y granulometría, según la permeabilidad que se requiera.

Constituyen un material indispensable en la elaboración de filtros de purificación de agua.

2.2.4 MATERIALES DE ORIGEN MARINO.

El empleo de los materiales de origen marino en la construcción es relativamente nuevo por lo que su uso no se ha generalizado. No son muy abundantes y su existencia es limitada, se localizan principalmente en las costas del golfo, en las depresiones lacustres y en las depresiones cercanas a las costas. Hay zonas como Campeche y las lagunas a lo largo de la costa de Tamaulipas donde existen grandes depósitos no siendo susceptibles de industrializarse; puesto que lógicamente éstos depósitos se forman a lo largo de una era geológica (200 a 300 años)-

por lo que en la práctica se pueden considerar como un recurso no renovable.

Los más comunes son la concha de ostión, abulón, caracol marino (desde caracolillo hasta caracol grande) y en menor escala algunos depósitos de coral. Estos se encuentran en la naturaleza en dos formas que son en estado natural y en estado alterado; en estado natural prácticamente no se utilizan puesto que requieren de un tratamiento, por ejemplo, tritución. Los alterados son los que se encuentran ya rotos por el tiempo y los agentes del intemperismo, es decir, están degradados y tienen una sucesión de tamaños que es susceptible de utilizarse.

El coral y el caracol se utilizan en acabados sobre todo en fachadas y aplanados, su uso no es práctico pues se necesita escoger bien y es difícil de colocar por lo que es cara su utilización. La arena de mar se ha llegado a utilizar como agregado en morteros y concretos pobres, no siendo recomendable su uso debido a su alto contenido de sales que son nocivas al concreto ya que lo va desgarnando (disgregación en partículas) no siendo una acción inmediata sino a largo plazo. Se puede evitar esta acción nociva de las sales contenidas en la arena mediante un tratamiento, que consiste en un lavado, por lo mismo resultaría antieconómico su empleo.

La concha de ostión es el material de origen marino de uso más extendido en la construcción, es un material que se emplea por sustitución, por no haber otro tipo de material, por ejemplo, en Tampico no hay grava (el lugar más cercano se halla a 137 km) de ahí que se use en la fabricación de tabique, block hueco y concretos aligerados debido a que es un material muy ligero. Por su alta ca-

pacidad a compresión se usa en aeropuertos; en pistas, calles de rodaje y plataformas; en carreteras como superficie de rodamiento y como base en todas las capas del pavimento.

Por la forma en que se encuentran en la naturaleza es de fácil obtención, ya que se requiere únicamente de una draga de arrastre si el depósito está bajo el agua o de un traxcavo si el depósito se halla en estado seco. El transporte del material a la obra se realiza en camión, un inconveniente en el transporte es el hecho de que el camión lleva, cuando el material está muy húmedo, la mitad de agua en peso y la mitad en material. Para su uso específico en carreteras el único tratamiento al que se somete es el de secado. Como presenta una estructura cavernosa, cuesta trabajo secar el material por lo que se ayuda de medios mecánicos o tendiéndose en una plataforma dejándose secar al sol.

Propiedades Físicas.

Las propiedades físicas que presenta la concha de ostión son: peso volumétrico suelto de 1200 kg/m^3 ; peso volumétrico seco máximo de 1800 kg/m^3 ; es deleznable (facilidad de separarse en capas) presenta una plasticidad nula con un índice plástico de casi cero, por ésta característica no va a sufrir cambios volumétricos cuando cambien las condiciones de humedad. Densidad de 1.80 a 1.90; debido a su estructura cavernosa tiene un alto grado de absorción, en un momento requiere de mucha agua cuando se usa solo para la compactación y mucho asfalto cuando se usa en mezcla asfáltica. No tiene afinidad con el asfalto por lo que --

hay que agregarle un aditivo para cambiar la carga eléctrica de la superficie de las partículas y pueda tener adherencia con el asfalto.

Granulometría, mal graduada se asemeja a la de las arenas de río; -- forma, tiene dos dimensiones grandes y otra muy pequeña respecto a las otras dos. La forma en que se acomodan es foliada (en forma de láminas por capas); presenta una resistencia alta al esfuerzo cortante en sentido normal a los planos en que se acomodan. Es de un color muy claro, siendo éste un inconveniente en carreteras por el reflejo que producen pero ya mezclado con el asfalto se reduce dicho reflejo. Presenta una buena resistencia al intemperismo, aunque en las mezclas asfálticas, el agua y el intemperismo provocan el desprendimiento del asfalto de la concha, como es higroscópica absorbe agua y ésta repele el asfalto, por lo que es recomendable proteger la mezcla asfáltica con un riego de sello.

Comparando dos mezclas asfálticas, una hecha con material pétreo y otra hecha con concha con el mismo sistema de mezcla en el lugar, es más trabajable la fabricada con la concha. También es más trabajable cuando se usa en base, sub-base o subrasante; Los acabados son muy superiores y más fáciles de lograr los sobre todo para las tolerancias que se exigen en aeropuertos que son para una carpeta de depresiones máximas de 0.5 cm, pudiéndose lograr con este material, -- siendo más difícil de lograrlo con el material tradicional.

En general, el costo de los materiales de origen marino es más bajo que el de los materiales actualmente empleados, siempre y cuando no se les tenga que someter a ningún tratamiento, pero aún en el caso de que tengan que triturarse, el

material es blando por lo que la eficiencia de las trituradoras es más alta y resulta más económico que las gravas tradicionales.

2.2.5 LAS MADERAS.

La madera fué el primer material de que dispuso el hombre con resistencias comparables a la tensión y a la compresión. Por ser un material orgánico -- constituye un recurso natural renovable cuya explotación puede ser de gran interés para la economía nacional.

En México país de grandes reservas forestales, parecería que su uso debería estar muy generalizado sobre todo dado el costo relativamente alto del acero. Sin embargo, el aprovechamiento estructural de la madera, está restringido a la construcción de cimbra y obras falsas para estructuras de concreto y ocasionalmente de algún techo industrial, además de la elaboración de durmientes de ferrocarril y postes para la transmisión y distribución de la energía eléctrica. Se debe esto probablemente a una explotación poco eficiente de la riqueza forestal, a la falta de experiencia de ingenieros y arquitectos en su aprovechamiento como material de construcción y a la carencia de información adecuada sobre las propiedades de las maderas nacionales disponibles.

Son muchas las características de la madera que la hacen atractiva como material de construcción. Es relativamente fácil de trabajar con herramientas sencillas, lo que permite una gran diversidad de secciones y formas. Su variada - textura natural tiene cualidades decorativas muy apreciadas. Puede ser pintada -

fácilmente. Su durabilidad en condiciones adecuadas es considerable aunque no tan notable como la de los materiales pétreos. Su resistencia específica es superior a la del acero y del concreto reforzado.

Como desventajas pueden mencionarse las siguientes. Aunque en su estado natural la madera se presenta en formas prismáticas rectas, que se prestan a la fácil elaboración de elementos estructurales como vigas y columnas, sus escuadrías (las dos dimensiones de la sección transversal de una pieza labrada a escuadra) y longitudes son limitadas. En ciertos ambientes su durabilidad deja que desear. Es susceptible a los ataques de algunos hongos o insectos. Sufre cambios volumétricos con las variaciones de humedad. Sus propiedades resistentes son muy variables. Su resistencia a los incendios es inferior a la del concreto aunque comparable a la del acero. Su deformabilidad es mayor que la de otros materiales, las cargas de larga duración producen deformaciones permanentes.

Composición, Desarrollo y Clasificación

Las propiedades mecánicas de la madera están íntimamente relacionadas con su estructura y composición. Por otra parte, dada la naturaleza orgánica de la madera es evidente que el estudio de sus procesos de desarrollo y crecimiento contribuirá a una mejor comprensión de las características de su estructura. Por ello se ha estimado conveniente presentar unas nociones elementales de estos aspectos.

Si se considera una sección transversal del tronco se distinguen en gene

ral las siguientes partes (Fig. 2.9):

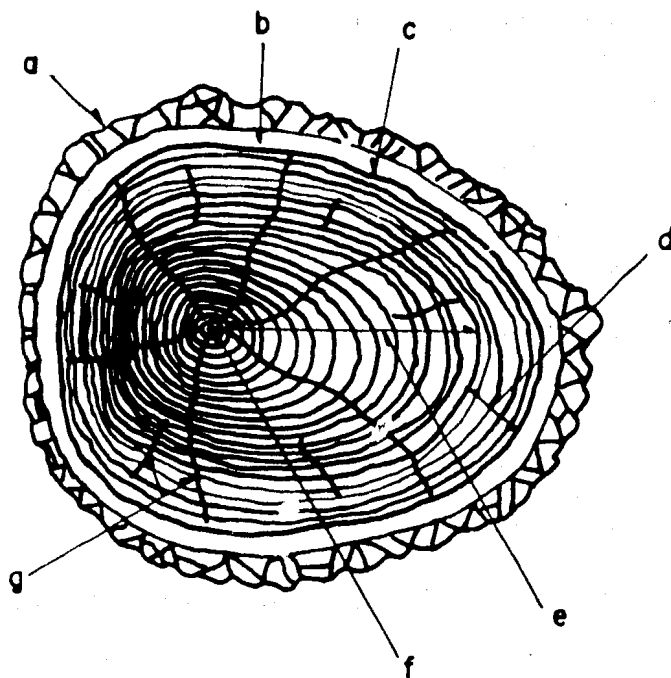


Figura 2.9 Sección Transversal del Tronco.

- a) Corteza exterior formada por tejidos muertos, que sirve de capa protectora.
- b) Líber o corteza interior por donde circula la savia descendente -- que alimenta el proceso de crecimiento, que tiene su origen en el cambium
- c) Cambium, capa microscópica inmediatamente interior al líber, don

de se forman las células nuevas de madera y corteza.

- d) Albura, parte activa del tronco, por donde circula la savia ascendente desde la raíz hasta las hojas.
- e) Duramen, parte inactiva del tronco que proporciona soporte estructural al árbol. Generalmente de color más oscuro que la albura.
- f) Médula, la parte más antigua del tronco, donde se originan las ramas.
- g) Rayos o células radiales, unen las diversas partes del árbol para el movimiento de las sustancias alimenticias.

El proceso de crecimiento consiste en el nacimiento y desarrollo de — nuevas células en el cambium y en los extremos de las raíces y de las ramas. Al formarse la madera nueva se va incorporando a las capas ya existentes al interior del cambium, formándose los anillos. Cada uno de éstos anillos corresponde al crecimiento de un año y por ello suelen llamarse anillos de crecimiento anual.

En la literatura sobre madera se encuentra con frecuencia la expresión "grano de la madera", que se usa con acepciones diversas (Fig. 2.10). Así por ejemplo, se habla de madera de "grano fino" o "cerrado", o de "grano grueso", según la separación de los anillos de crecimiento. También se utiliza para describir la orientación de las fibras, respecto a los lados de una pieza, dependiendo del corte del aserradero, se distinguen entre madera de grano recto que es aquella en la que el grano o fibra es paralelo a las aristas y de grano atravesado cuando forman un ángulo las aristas con respecto a la fibra. Entre más grande es el ángulo

lo es más débil para resistir compresiones.

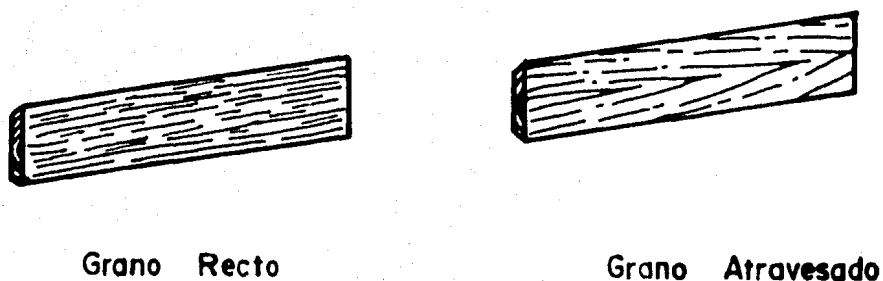


Figura 2.10 "Grano de la Madera".

Las maderas mexicanas son de una gran variedad y pueden dividirse en tres grandes grupos:

- 1) Las coníferas, como el oyamel y el pino, que son las más comúnmente usadas en obras civiles, especialmente para las obras falsas y cimbras.
- 2) Las maderas de árboles de hoja cáduca, como encino, caoba, guacaste y roble, más pesadas y resistentes que la mayoría de las coníferas.
- 3) Las especies tropicales de gran resistencia y dureza, muy apreciadas para la ebanistería y acabados aparentes.

La madera tiene un defecto muy importante que son los "nudos", los cuales no se pueden disminuir, dependiendo del número y localización del nudo la madera puede ser de primera, segunda o tercera categoría.

Primera. No tiene nudos.

Segunda. Los tiene en las orillas.

Tercera. Por cualquier lado.

Estos nudos disminuyen la resistencia porque producen discontinuidades en unas fibras y alteran la orientación de otras.

Propiedades Mecánicas

Por su naturaleza heterogénea y anisótropa, sus características físicas varían de un punto a otro y sus características resistentes varían según la dirección considerada. La madera puede realizarse como un material ortotrópico en el que se distinguen tres direcciones mecánicas o estructurales, perpendiculares entre sí, que coinciden con las direcciones longitudinales, radial y tangencial de un árbol. Por lo tanto, con rigor sería necesario considerar tres juegos de propiedades mecánicas, uno por cada eje. Sin embargo las propiedades en los sentidos tangenciales y radial no difieren significativamente de manera que para los efectos prácticos del diseño de estructuras de madera basta distinguir entre las propiedades paralelas al grano o a la fibra y propiedades perpendiculares al grano.

Las principales pruebas mecánicas que se deben realizar de son las de

flexión estática, compresión paralela al grano, flexión por impacto, tenacidad, - compresión perpendicular al grano, dureza, resistencia al esfuerzo cortante para - lelo al grano, desgarramiento y tensión perpendicular al grano. Existen además la prueba de tensión perpendicular al grano y la prueba de extracción de clavos pero son opcionales.

Esfuerzos permisibles y módulos de elasticidad para diversas especies - de madera, recomendados por la S.O.P. (Valores en Kg/cm²).

Especie	Calidad	Paralelamente a la fibra				Compresión normal a la fibra.	Módulo de - elasticidad.
		Flex.	Tens.	Comp.	Cort.		
Pino Blando	1ª	80	65	60	6	18	85 000
Pino chino	1ª	100	85	80	9	20	100 000
Pinabote	2ª	85	75	70	9	25	100 000
Encino	1ª	120	100	95	10	25	100 000
	2ª	90	85	75	10	25.5	100 000
Zapattillo	1ª	135	110	100	10	25	110 000

Tabla 2.1 Esfuerzos permisibles y módulos de elasticidad.

La madera siempre esta húmeda, hay madera que tiene el 30% de agua por lo que es poco resistente a la tensión y a la compresión pero a medida que se - va secando aumenta su resistencia. Cuando está húmeda resiste la flexión y la - fuerza cortante, teniendo mayor capacidad para soportar el impacto, pero a la vez

se deforma más. Debido a las variaciones en el contenido de humedad la madera experimenta cambios volumétricos, para contenidos de humedad entre cero y el -- punto de saturación de las fibras, éstos son más importantes que los debidos a las -- variaciones por temperatura y sus efectos deben tenerse en cuenta en el diseño.

Tratamiento y Almacenamiento

A fin de mejorar algunas propiedades mecánicas, así como para poder -- evitar los ataques de algunos hongos e insectos, la madera requiere de un trata- -- miento, que puede ser:

Secado natural. Se hace apilando la madera al aire libre, siendo -- irregular su desecación por depender de la humedad del medio ambiente, el cual -- depende a su vez, de las estaciones del año, localidad, hora, etc.

El secado total al aire libre es lento: para las maderas blandas, dos -- años y para las duras tanto años como centímetros de espesor tengan las piezas; -- además, no es homogéneo en todas las maderas.

Desaviado de la madera. Consiste en la eliminación de la savia por un lavado interno que la arrastra por disolución. Este tratamiento debe darse recién -- cortada la madera, pues es cuando, por estar la savia fluída permite la penetración del agua.

El desaviado es conveniente en las maderas en las cuales se inició un -- parasitismo, por no resistir los insectos este tratamiento.

Secado Artificial. No se puede secar artificialmente las maderas recién cortadas, porque las temperaturas elevadas a que han de ser sometidas provocarían contracciones que deforman la madera y producen hendeduras. Hay que de secar primeramente al aire libre durante un mes. Después se procede a desavia--do y se vuelve a apilar para que se deseque naturalmente durante quince o veinte--días, al cabo de los cuales se corta con la sierra en tablones para desecarlos arti--ficialmente.

Senilización. Consiste en envejecer la madera artificialmente, se logra mediante el paso de una corriente eléctrica por la savia transformándola en resina.

Dimensiones

Es importante hacer notar que en el comercio se ha dado por llamar indebidamente a la madera de cimbra, madera para construcción, ya que esta madera es de muy mala calidad, y desde el punto de vista estructural inservible por sus dimensiones, gran cantidad de defectos como nudos de todos tipos, grietas, pudriciones, etc. Dicho material viene en los siguientes gruesos nominales: $1/2$, $3/4$, 1, $1\ 1/2$; 2, 3 y 4 pulg, ancho de 4 pulg, y longitud de $8\ 1/4$, 10, 12, 14, 16, -18 y 20 pies. Cuando las escuadrías son de 4×4 , 3×3 y 3×4 pulg se les nombra polines. A la madera aserrada de $3/4$ y 1 pulg de espesor, y de 1 a 4 pulg de ancho con una longitud de $8\ 1/4$ pies se les llama duela. A la de escuadrías de -

1/2 x 4 y 2 x 4 pulg y de largos menores de 8 1/4 pies se les llama barrotes.

Calidades

En los estados del norte de la República se siguen las normas de la -- Western Pine Association de los Estados Unidos. Un resumen de ellas es el siguiente:

A) Clases selectas. La madera es de apariencia clara y con pocos y -- pequeños defectos. Su grosor puede variar de 4 o más pulgadas de ancho a todos -- los gruesos en que se manufactura madera de pino. Su presentación puede ser áspe -- ra, cepillada en dos caras, cepillada por los cuatro lados, re-aserrada, o bien -- rajada a cualquier medida según patrón, orden o diseño. Estas clases se subdivi -- den en tres grados principales:

a) Selecta B y mejor. Casi libre de defectos, únicamente admite dos pequeños nudos alfiler, una cantidad ínfima de resina o también pequeñísimas raja -- duras. Se recomienda para trabajos finos en interiores, incluyendo paredes, ta -- bleros, tabiques y cancelles.

b) Selecta C. Su número de defectos leves puede ser mayor en cuan -- to a pequeñas rajaduras y muy leves acumulaciones de resina; también puede tener nudos pequeños y sólidos y mancha mediana que cubra una tercera parte de la ca -- ra. Se recomienda para interiores como cancelles y tabiques, o en trabajos exterio -- res en los que los defectos se cubran con pintura o barniz.

c) Selecta D. En este grado se incluyen piezas con defectos serios co

mo nudos, resina y mancha sobre toda la cara. Se recomienda para trabajos en los que se requieren tramos cortos de madera limpia, tales como vestiduras para ventanas, cornisas, marcos de puertas y ventanas, etc.

B) Clases comunes. Se distinguen de las selectas en una aspereza -- aparente causada por defectos como rajaduras, acumulaciones de resina, cantos -- achaflanados, manchas, etc. Estas clases se subdividen en los siguientes grados:

a) Común número uno. Este grado admite piezas con nudos pequeños y sólidos hasta de 2.5 pulg de diámetro, redondos u ovalados, bolsas pequeñas de resina y rajaduras leves. Se recomienda para construcción de casas modestas, -- ventanas, marcos, cornisas, etc.

b) Común número dos. Admite los mismos defectos que la anterior, so lamente que en mayor grado. La apariencia de los grados uno y dos es muy simi lar. Se recomienda para formas de vaciado de concreto, cimbra fina para techos, paredes de establos, subpisos machimbrados, cielos, paredes interiores, casas y - fábricas, etc.

c) Común número tres. Este grado muestra nudos ásperos ó sueltos y - en algunos casos orificios por cardas de nudos, cualquier cantidad de manchas, - marcas de rodillo de cepillo, cepillado irregular. Aunque es madera de aparien -- cia corriente, se recomienda para trabajos en general.

d) Común número cuatro. De apariencia corriente, puede admitir ori ficios de nudos, perforaciones de gusanos, manchas, putrefacciones, rajaduras, - etc. Se recomienda como material económico de construcción, edificaciones temu

porales y en usos en los que la resistencia y apariencia no sean importantes.

e). Común número cinco. Es la madera de más baja calidad ya que ad
mite toda clase de defectos en número y severidad.

Uniones de piezas de madera.

Las maderas que ofrece la Naturaleza se dan en dimensiones no muy grandes y en consecuencias no hay aplicación ilimitada si no se procede antes a adaptarlas a todas las exigencias de la construcción. A menudo las piezas son cortas, estrechas o delgadas, y para aplicarlas es indispensable que se prolonguen, se ensanchen o se refuercen, pero ordinariamente no es posible obtener las formas de estructura de una sola pieza, sino que hay necesidad de enlazar los diferentes elementos con medios auxiliares de sujeción como cola, clavos, tornillos, etc. a fin de obtener trabazón suficiente de las piezas y su armónica colaboración estática. En este sentido se procura ante todo que el enlace sea tal que permita el movimiento en una sola dirección, el cual puede entonces ser anulado con recursos especiales.

Elementos de sujeción

a) Cola. Es el producto obtenido de deshechos animales y que se ex
penden en el comercio en formas de tablillas ligeras, transparentes y quebradizas.

b) A base de madera. Pueden ser las siguientes: espigas, tacos, cu

ñas, clavijas de madera y lengüetas.

c) Metálicos. Entre ellos tenemos: clavos, tornillos, pernos, grapas y bridas.

Los clavos, de fabricación mecánica son de sección circular, cuadrada o triangular; los que tienen aristas se adhieren mejor. La longitud del clavo a-de ser del triple del grueso de la madera, para que penetren los $\frac{2}{3}$ de longitud en el cuerpo que recibe la pieza.

Los tornillos presentan rosca muy fina en un tronco algo cónico con ca-beza redonda; los de grandes dimensiones tienen cabeza poligonal. Los tornillos - que sujetan eclisas o bridas tienen cabeza avellanada o hemisférica.

Los pernos, con su tuerca hexagonal, tienen sección circular. Deba-jo de la cabeza y de la tuerca se colocan rondanas para que aquellas no penetren - en la madera al atornillar la tuerca.

Las grapas, son medios de sujeción permanentes o temporales para enla-zar dos piezas de madera.

Ejemplo No. 2.1

COSTO DE CIMBRA DE MADERA PARA UNA COLUMNA DE CONCRETO ARMADO DE 30 X 30 cm.

Se darán cantidades aproximadas de madera, clavo, alambre recocido y diesel, necesarios por metro cuadrado de superficie de contacto.

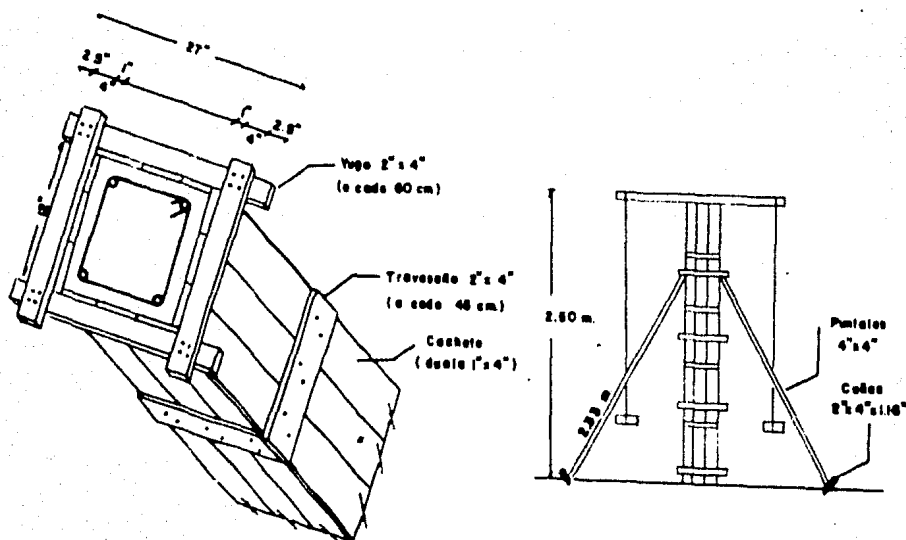


Figura 2.11. Cimbra para columna.

MADERA

En las operaciones comerciales de la madera, se usa el "pie-tablón", - que es el volumen de un prisma cuya base es de un pie por lado y una pulgada de altura (1 ft x 1 ft x 1 in). Se empleará madera de tercera.

Análisis de 1 m^3

$$\text{Area de la columna} = 0.30 \times 0.30 = 0.09 \text{ m}^2$$

$$\text{Longitud} \dots\dots\dots = 1.0 \text{ m}^3 / 0.09 \text{ m}^2 = 11.1 \text{ m} = 36.3 \text{ ft.}$$

a) Forro (cachetes)

Determinación en pies-tablón del forro (duela de $1" \times 4"$).

$$1" \times 4" / 12 \times 36.3' \times 12 \text{ pzas.} = \dots\dots\dots 144 \text{ P.T.}$$

b) Travesaños (a cada 45 cm).

Determinación del número de piezas:

$$11.1 \text{ m} / 0.45 \text{ m} \times 4 \text{ caras} = 100 \text{ pzas.}$$

Determinación en pies-tablón de los travesaños de $2" \times 4"$:

$$2" \times 4" / 12 \times 1' \times 100 \text{ pzas} = \dots\dots\dots 66.6 \text{ P.T.}$$

c) Yugos (a cada 60 cm).

Determinación del número de piezas:

$$11.1 \text{ m} / 0.60 \times 4 \text{ caras} = 76 \text{ pzas.}$$

Número de pies-tablón de yugos de $2" \times 4"$:

$$2" \times 4" / 12 \times 27" / 12 \times 76 \text{ pzas.} = \dots\dots\dots 114.0 \text{ P.T.}$$

d) Puntales

Número de pies-tablón de puntales de $4" \times 4"$:

$$4" \times 4" / 12 \times 2.33 \text{ m} \times 1 / 0.305 \times 4 \text{ caras} = \dots\dots\dots 40.8 \text{ P.T.}$$

e) Cuñas

Número de pies-tablón de cuñas de $2" \times 4"$:

$$2" \times 4" / 12 \times 1.16' \times 4 \text{ pzas.} = \dots\dots\dots$$

SUMA 368.5 P.T.

FACTOR DE USO

Considerando por experiencia seis usos en duela, yugos y travesaños se

tiene:

$$(144 + 66.6 + 114) 1/6 = 324.6/6 = 54.10 \text{ P.T.}$$

Considerando 10 usos en puntales y cuñas se tiene:

$$(40.8 + 3.0) \times 1/10 = \dots\dots\dots 4.39 \text{ P.T.}$$

$$58.49 \text{ P.T.}$$

Desperdicios de 20 a 25%

$$(58.49) (0.20) = \dots\dots\dots 11.70 \text{ P.T.}$$

$$\text{SUMA} \dots\dots\dots 70.19 \text{ P.T.}$$

$$\text{Superficie de contacto} = 4 \text{ caras} \times 0.30 \text{ m} \times 11.1 \text{ m} = 13.32 \text{ m}^2$$

$$\text{Cimbra usada por m}^2 \text{ de concreto} = 70.20 \text{ P.T.} / 13.32 \text{ m}^2 = \underline{\underline{5.27 \text{ P.T./m}^2}}$$

CLAVOS

$$\text{En yugos: } 16 \text{ clavos} \times 76/4 \text{ pzas} = 304$$

$$\text{En travesaños: } 6 \text{ clavos} \times 100 \text{ pzas} = \frac{600}{904}$$

$$\text{Recuperable el } 33\% = 0.67 \times 904 = 605.68 \approx 606 \text{ clavos usados.}$$

$$\text{Clavos por m}^2 = 606 \text{ clavos} / 13.32 \text{ m}^2 = 45 \text{ clavos} \approx 50 \text{ clavos/m}^2$$

Considerando que un clavo pesa aproximadamente 0.00575 Kg:

$$50 \text{ clavos/m}^2 \times 0.00575 \text{ Kg/clavo} = \underline{\underline{0.288 \text{ Kg/m}^2}}$$

ALAMBRE RECOCIDO

$$\text{Alambre de } \# 18 \approx \underline{\underline{0.20 \text{ Kg/m}^2}}$$

ACEITE DIESEL

Se emplea tanto para protección de la madera como para que no se adhiera al concreto.

$$\text{Aceite diesel} \triangleq \underline{\underline{0.25 \text{ lt/m}^2}}$$

COSTO DE LA CIMBRA POR METRO CUADRADO : (Precios a Enero 1973)

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	\$/m ²
Madera	5.27	P.T.	2.60	13.70
Clavo	0.29	Kg	3.40	1.01
Alambre # 18	0.20	Kg	3.20	0.64
Aceite Diesel	0.25	Lt	0.40	<u>0.10</u>
TOTAL				15.45 \$/m ²

NOTA: Precios tomados de: Análisis de Costos Directos de Concretos en MEX. - D.F. C.N.I.C. Enero 1973. No se incluye obra de mano por concepto de cimbrado y descimbrado.

2.3

MATERIALES FABRICADOS

2.3.1 EL CEMENTO

Los primeros cementos hidráulicos que se usaron eran cementos naturales fabricados por calcinación de calizas arcillosas con suficiente cantidad de sílice, alúmina y óxido de hierro, para comunicarle propiedades hidráulicas después de calcinadas, pulverizadas y mezcladas con agua. Estos cementos naturales se fabricaron y usaron frecuentemente hasta hace pocos años, en que fueron prácticamente sustituidos por cementos artificiales (Portland).

El color de los cementos naturales varía desde el amarillo claro hasta el pardo oscuro, según la cantidad de óxido de hierro que contienen, por lo general su composición y comportamiento no son uniformes.

El principal cemento artificial que se fabrica es el llamado cemento Portland. En 1824, Joseph Aspdin, adquirió una patente en Inglaterra para fabricar un cemento perfeccionado, producido por el calentamiento de una mezcla de caliza y arcilla, moliendo el producto resultante hasta convertirlo en un polvo fino. A este polvo le dió el nombre de "Cemento Portland", por la similitud que tiene este cemento, endurecido, con ciertas canteras de piedra de la Isla Portland, Inglaterra. Aspdin es generalmente reconocido como el inventor del cemento Por

land.

Cemento Portland. Es el producto obtenido de la molienda fina del -
Clinker, producido por la calcinación hasta la temperatura de fusión incipiente de
una mezcla íntima, rigurosa y homogénea de materiales arcillosos y calcáreos sin -
adición posterior excepto la de yeso calcinado o no, en proporción no mayor del -
3%.

Fabricación.

La elaboración del cemento es una de las manufacturas más mecaniza_
das que existen y desde el resquebrajamiento de montañas enteras de materia pri--
ma, hasta la obtención del cemento tal como se deposita en los silos para ser enva_
sado y distribuido, su proceso se divide en no menos de ochenta complejas y costo_
sas operaciones, controladas por modernos laboratorios y vigiladas por químicos, -
físicos y técnicos especializados.

Existen dos métodos para la fabricación del cemento Portland: seco y -
húmedo. El proceso seco es el que generalmente se usa en México.

Proceso Seco

Generalmente, las canteras de piedra caliza se trabajan empleando di_
namita, cuya explosión desprende toneladas de trozos de piedra. Con estos trozos
de diversos tamaños, unos de 60 centímetros y aún mayores, se cargan grandes ca-
miones o góndolas de ferrocarril que transportan la piedra a las potentes máquinas_

tritadoras que reducen los trozos a sólo unos quince centímetros de tamaño. -
A continuación, se transporta la piedra a otras quebradoras que las reducen a -
unos 4 centímetros de diámetro o menor.

A este proceso de trituración son sometidos tanto la piedra caliza, -
como la arcilla o barro, el mineral de fierro, el yeso, etc.

Una vez reducidas a fragmentos de caliza y de arcilla, se les sustrae
individual y separadamente la humedad que contienen, por medio de secadores - -
constituidos por grandes tambores dotados de un lento movimiento de rotación y -
ligeramente inclinados hacia la boca, por los que circulan los gases de calefacción
en dirección opuesta a la del producto que va a secar.

Ya secos, los diversos materiales son transportados mediante bandas de-
hule a pesadoras automáticas, que regulan su proporción, de acuerdo a su particu--
lar composición química, debidamente controlada por el laboratorio de la fábrica.-
De ahí pasan al molino de crudos, donde a través de tres sucesivas etapas de molien-
das, mediante bolas de acero forjado, son reducidos de tamaño hasta convertirlos -
en polvo.

Del molino de crudos, se bombea el material por medio de un dispositi-
vo neumático a los silos, donde se almacena en tanto se le conduce a los hornos de
calcinación.

Los hornos de calcinación son rotatorios, tienen la forma de grandes - -

cilindros de acero provistos de quemadores especiales para combustión de gas natural, y están forrados interiormente de tabique refractario para resistir las elevadas temperaturas que son necesarias para calcinar el material crudo, las cuales alcanzan hasta 1,400 grados centígrados.

Como resultado de esta calcinación, el material crudo es transformado en aglomerados, aproximadamente esféricos, de uno a cinco centímetros de diámetro, designados con el nombre de Clinker.

El Clinker que sale del horno al rojo blanco pasa a los enfriadores, - de donde sale a una temperatura inferior de los 100 grados centígrados y es conducido por medio de un transportador de cadena al patio de almacenamiento. De ahí, una vez analizada en el laboratorio nuevamente su composición y la del yeso almacenado previamente. Ambos materiales son transportados mediante bandas de hule a las pesadoras automáticas, para proporcionarlos convenientemente y se conducen al molino de cemento.

El molino de cemento es también de bolas de acero y convierte el material en un polvo impalpable que es ya cemento, el que, mediante un dispositivo neumático, es depositado en los silos de almacenamiento.

De los silos de almacenamiento por medio de un dispositivo neumático, el cemento se bombea a las máquinas envasadoras que automáticamente llenan los sacos de papel, hasta un contenido de cincuenta kilogramos.

Una vez envasado el cemento, se distribuye a los consumidores por medio de furgones de ferrocarril o de camiones que lo conducen a su destino.

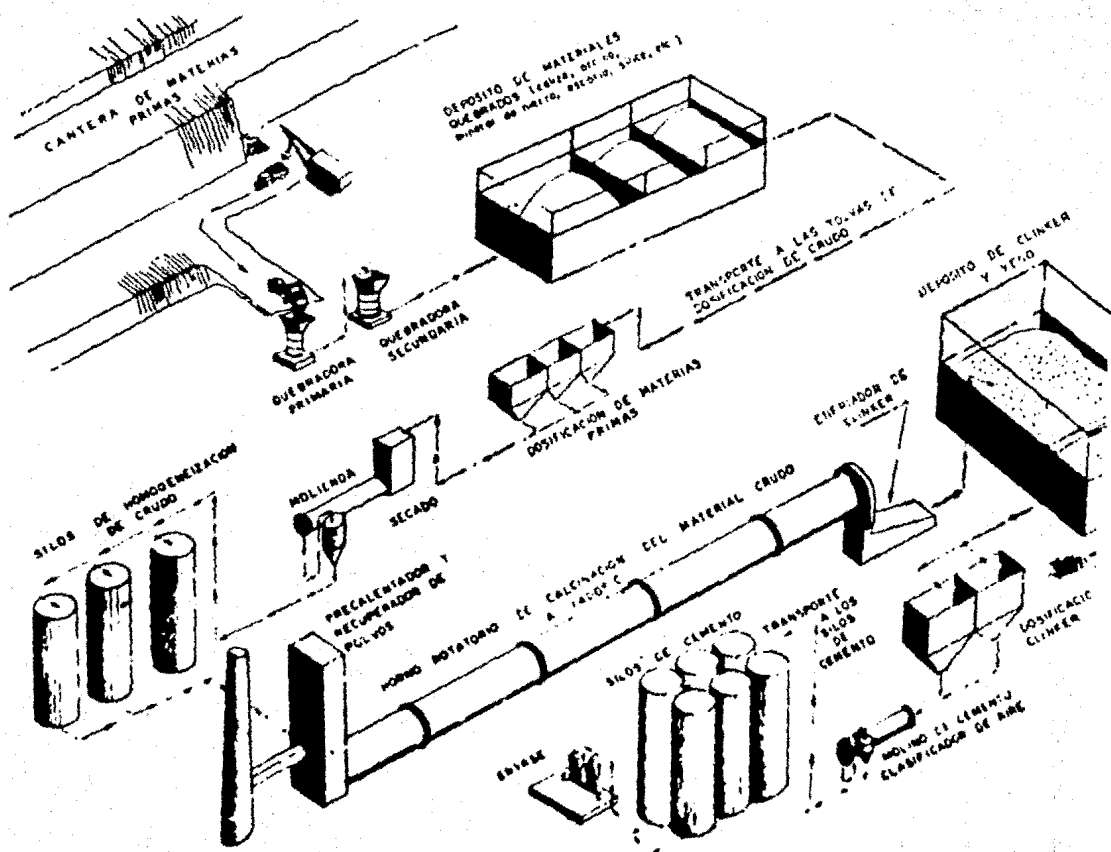


Figura 2.12 Fabricación de cemento, proceso seco.

Así mismo, el cemento es distribuido a granel, cuando el cliente así lo requiere, usando transportes especiales, lo que representa una economía para el consumidor, al evitarse el pago de las bolsas.

Proceso Húmedo.

Este método difiere del anterior en algunos aspectos, siendo los más importantes los que a continuación se describen:

La arcilla no se tritura sino que se descarga en un molino de rastrillos que la desmenuza y la mezcla con agua para producir una lechada bastante fluida, que se bombea a través de un tubo hasta descargarla en un tanque de concreto provisto de agitadores. Esta lechada que se dosifica junto con la caliza previamente triturada, se alimenta a los molinos de crudo donde se añade agua para facilitar la molienda, manejo, control y mezclado de los materiales, en cambio representa un mayor consumo de combustible para evaporar el agua en el horno.

De los molinos, el crudo pasa a unos tanques correctores y de ahí a otros mezcladores, de donde a su vez pasa al horno. En este proceso el secado se realiza en el horno; para hacerlo más eficiente y desmenuzar debidamente los aglomerados de polvo crudo, se cuenta con un sistema de cadenas que se mueven lentamente conforme gira el horno.

Los pasos posteriores de la fabricación son iguales a los que se siguen en el proceso por vía seca.

Propiedades Físicas y Químicas.

Los cuatro componentes principales del cemento Portland y sus respectivas abreviaturas son las siguientes :

Silicato tricálcico	C_3S
Silicato dicálcico	C_2S
Aluminato tricálcico	C_3A
Ferroaluminato tetracálcico	C_4AF

Cada uno de estos compuestos tienen diferente velocidad de reacción química con el agua y según la proporción relativa de cada uno se obtienen cementos de diferentes tipos.

Cuando se mezclan cemento y agua ocurren reacciones rápidas durante un período corto. Durante los siguientes cinco minutos las reacciones continúan a una velocidad muy baja, y posteriormente cesan las reacciones durante un período que se denomina período de reposo y que dura de cuarenta minutos a dos horas, según las características del cemento. Al terminar el período de reposo, la cantidad de cemento que se ha hidratado, o sea, que se ha combinado químicamente con el agua, es el 1% aproximadamente. La consistencia de la pasta se altera poco y el fraguado que se haya podido alcanzar puede destruirse mecánicamente.

Al terminar el período de reposo empieza el período de rápidas reacciones químicas que duran más o menos 3 horas. Durante este período la pasta pierde su consistencia plástica y pasa por etapas de endurecimiento que se han de

finido arbitrariamente como fraguado inicial y fraguado final. El fraguado final - ocurre aproximadamente 6 horas después de mezclar el cemento con el agua. Al - terminar el fraguado final las reacciones químicas continúan a una velocidad de-- creciente hasta que se hidrata todo el cemento o hasta que cesan las condiciones - necesarias para que ocurra la hidratación.

Los dos silicatos de calcio, que constituyen aproximadamente el 75% - del cemento en peso, reaccionan con el agua para producir dos nuevos compuestos que son el hidróxido de calcio y el hidrato de silicato de calcio, que se conoce - con el nombre de gel de tobermorita, designando como gel a una sustancia extre-- madamente fina con estructura coherente y que ocupa el 50% del volumen de la - pasta de cemento endurecida.

El importante papel que desempeña el gel de tobermorita sobre la resis-- tencia de la pasta de cemento se debe al enorme área superficial de este material - que es de casi 3 millones de centímetros cuadrados por gramo. En esta superficie - se desarrollan las fuerzas a las cuales debe su acción cementante la pasta.

Otra propiedad importante de la pasta de cemento Portland es la poro-- sidad. Esta depende de la cantidad de agua mezclada con el cemento. Supónga-- se que se preparan dos pastas del mismo cemento, usando igual cantidad de cemen-- to pero diferentes cantidades de agua. Después del fraguado, la pasta con mayor cantidad de agua tendrá mayor volumen. Después de la hidratación, las dos pas-- tas contendrán las mismas cantidades de material sólido, porque iguales cantida-- des de cemento producirán las mismas cantidades de productos hidratados. El vo--

lumen de una pasta, sin embargo, es mayor; consecuentemente esa pasta tendrá - mayor espacio ocupado por poros.

Este efecto tiene una influencia importante en la resistencia de la pasta endurecida, la cual es el factor dominante en la resistencia del concreto. Los poros se llenan con agua y aire y no tienen resistencia. La resistencia depende - de la parte sólida de la pasta, principalmente del gel de tobermorita. La pasta -- con menor cantidad de poros producirá un concreto más resistente. En el mezcla- do de concreto, por consiguiente, no se debe usar más agua que la absolutamente- necesaria.

Diferentes Tipos de Cemento.

Se mencionó anteriormente que las características del cemento depen- den en gran parte de la proporción relativa de los cuatro compuestos principales.- Otra característica muy importante es la finura con que se hace la molienda ya que mientras mayor sea la finura es mayor la velocidad de hidratación del cemento y - mayor la cantidad de calor que se desprende durante este proceso. Según la pro- porción relativa de los compuestos y la finura de molienda, pueden obtenerse co- mercialmente en México los siguientes tipos de cemento Portland:

Tipo I	- Común o Normal
Tipo II	- Modificado
Tipo III	- Resistencia Rápida
Tipo IV	- De Bajo Calor

Tipo V

- De Alta Resistencia a los Sulfatos

- Blanco

- Pozolánico

- Escoria de Alto Horno

- De Albañilería

Tipo I. Cemento Portland Común.

Para condiciones normales, no agresivas. Se caracteriza por tener altas resistencias mecánicas y alta generación de calor durante su hidratación. No apto para concreto en masa. Se emplea en construcciones de pavimentos y banquetas, edificios de concreto reforzado, puentes, tanques, productos prefabricados, trabajos de mampostería, y para todos los usos del cemento o concreto no sujetos al ataque de suelos o aguas sulfatadas o donde el calor generado por la hidratación del cemento no cause una elevación de temperatura objetable.

Tipo II. Cemento Portland Modificado.

Este cemento presenta características intermedias entre el común por una parte, el de bajo calor y el resistente a los sulfatos, por la otra. Con características de resistencia similares a las del cemento común, presenta menor calor de hidratación, mayor resistencia a aguas y suelos sulfatados y es en general adecuado para obras hidráulicas y en estructuras de tamaño considerable como en grandes muelles, contrafuertes de gran espesor y grandes muros de contención en los cuales es necesario reducir la elevación de la temperatura, especialmente cuando

el concreto se coloca en ambiente caluroso.

Tipo III. Cemento Portland de Resistencia Rápida.

Es el que desarrolla mayor resistencia a primeras edades, y así, su resistencia a 7 días es comparable con la del tipo I a 28 días.

Por sus altas resistencias tempranas se emplea cuando se requiere disminuir pronto, para poner rápidamente el concreto en servicio, en clima frío para reducir el período de protección contra las bajas temperaturas, y cuando se desean altas resistencias a edades cortas, puede ser más satisfactorio o más económico su empleo — que el uso de mezclas ricas con cemento tipo I. Genera mucho calor al hidratarse — y a velocidad mayor que el cemento común; al igual que éste tampoco resiste el ataque de los sulfatos. No es apto para concreto en masa, sino para estructuras en donde pueda disiparse rápidamente el calor. Es recomendable para inyecciones por su elevada finura, la cual es más alta que la de los otros tipos de cemento.

Tipo IV. Cemento Portland de bajo calor.

General al hidratarse menos calor que los otros cementos y a menor velocidad; reduce el agrietamiento que resulta de las grandes elevaciones de temperatura y la contracción consiguiente en la caída de la misma. Posee buena resistencia a los sulfatos. El desarrollo de la resistencia mecánica es lento a edades tempranas, pero de igual resistencia a la de los demás cementos a edades avanzadas. En especial — para usarse en grandes masas de concreto como en presas de gravedad en donde la elevación de temperatura resultante del calor generado durante su endurecimiento — es un factor crítico.

Tipo V. Cemento Portland de alta resistencia a los sulfatos.

Es especial para usarse en construcciones expuestas a la acción severa de los sulfatos. El grado de desarrollo de resistencia puede ser algo más lento en las primeras edades que el del cemento portland común, pero igual o mayor resistencia a edades avanzadas. Es beneficioso en revestimiento de canales, alcantarillas, túneles, sifones y en general en todo tipo de estructuras que están en contacto con suelos y aguas subterráneas que contengan sulfatos en concentraciones tales que pudieran causar deterioro del concreto, si se empleara otro tipo de cemento. La generación de calor también es baja.

Cemento Portland Blanco.

La diferencia de éste respecto a los otros cementos Portland radica en su bajo o nulo contenido de óxido férrico, de ahí su color blanco. Es semejante al cemento común. Este cemento se emplea generalmente para usos decorativos o arquitectónicos, terrazas, mosaicos, estucos, esculturas, etc., pudiéndose usar también para ciertos tipos de estructuras con acabados aparentes.

Cemento Portland Puzolánico.

Este consiste de una mezcla íntima y uniforme de cemento portland y puzolana, la cual se obtiene a través de la molienda simultánea de Clinker, puzolana y yeso. La puzolana forma del 15 al 30 por ciento de la mezcla total.

Las puzolanas son materiales silíceos o silíceo-aluminosos, que en -- presencia de humedad reaccionan químicamente con la cal que se libera durante la hidratación del cemento Portland para formar compuestos con propiedades cementantes. Es decir, en esta forma se aprovecha benéficamente la cal que queda como -- "desperdicio" de los cementos Portland y que bajo algunas condiciones de exposi- -- ción puede llegar a ser perjudicial.

Se emplea principalmente en concretos para obras hidráulicas y maríti-
mas.

Cemento Portland-escoria de alto horno.

Es el producto que se obtiene por la molienda simultánea de clinker, es coria granulada de alto horno y yeso. En la elaboración de este cemento se em- -- plea de 30 a 70 por ciento de escoria.

La escoria básica granulada es el producto no metálico compuesto esen- cialmente de silicatos y aluminatos cálcicos, procedentes del alto horno empleado -- en la metalurgia del hierro. Esta escoria se obtiene por enfriamiento rápido, de -- la masa fundida en agua. La escoria básica granulada no debe considerarse sola- -- mente como una puzolana sino como un verdadero cemento hidráulico, latente o po- tencial, para cuya hidratación se requiere la presencia de cal hidratada y yeso. Al igual que las puzolanas, la escoria de alto horno se adiciona al cemento Portland pa- ra mejorar ciertas propiedades del mismo.

El calor de hidratación es más bajo que el tipo I y se puede usar en-

construcciones de tipo masivo. Es resistente a la acción de los sulfatos y no es --
bueno en climas fríos por su bajo calor de hidratación.

Cemento de Albañilería

Es el material clásico para ser mezclado con arena fina y agua para --
producir un mortero plástico y cohesivo para pegar unidades de mampostería como --
tabiques de arcilla o concreto, bloques de concreto y piedras artificiales o natura --
les.

Este cemento se obtiene por la molienda conjunta de clinker, caliza y
yeso, pudiéndose emplear además algún agente inclusor de aire.

La ventaja de este cemento respecto a otros tipos de cementantes reco --
mendados para el mismo fin, consiste en su mayor plasticidad, cohesividad, mayor
resistencia, menores cambios volumétricos y mayor poder de retención de agua, lo
que evita que el bloque o tabique seco absorba el agua del mortero y le reste di --
cho elemento, indispensable para que desarrolle toda su resistencia y además se --
evita el resecamiento de la mezcla de mortero que de otro modo provocaría con --
tracción y agrietamiento tendiendo a separarse la junta entre tabique y mortero.

Además de los usos arriba mencionados, el cemento de albañilería se --
utiliza para toda clase de aplanados y para firmes de concreto.

Utilización.

El cemento se utiliza principalmente en la fabricación de: concretos,

asbesto-cemento y morteros.

El concreto simple es el material que se obtiene al mezclar cemento - Portland, agregados pétreos y agua en cantidades convenientes. Algunas veces se añaden también cantidades pequeñas de compuestos químicos llamados aditivos para modificar sus propiedades.

Cuando se mezclan cemento Portland y agua en cantidades aproximadamente iguales se obtiene un material de consistencia plástica llamada pasta de cemento. Si a la pasta de cemento en estado plástico se añade agregado fino, como arena, y agregado grueso, como grava o piedra triturada, la pasta de cemento llena los huecos dejados por las partículas de agregados y al endurecer se forma una piedra artificial que es el concreto.

El concreto es uno de los materiales de construcción más usados en ingeniería civil y entre sus principales ventajas se pueden señalar las siguientes: alta resistencia a la compresión, durabilidad, resistencia al intemperismo, resistencia a incendios y facilidad de fabricación. Además como el concreto se coloca en estado plástico, es relativamente fácil fabricar elementos de cualquier forma geométrica. Las desventajas más importantes del concreto son su alto peso volumétrico - - aproximadamente 2.2 ton/m^3 , su baja resistencia a la tensión y a los cambios volumétricos que sufre con el tiempo.

No es posible considerar al concreto como un solo material desde el punto de vista mecánico sino como un conjunto de materiales de comportamiento diferente. La resistencia del conjunto depende de la resistencia de los componen-

tes, de su proporción relativa y de la adherencia que se desarrolla entre ellos. Por lo tanto es especialmente importante definir índices de resistencia como medida de la calidad del concreto, aunque estos índices pueden diferir notablemente de la resistencia del concreto en estructuras. Es importante tener en cuenta que no siempre la resistencia es el factor más importante para medir la calidad del concreto. Frecuentemente, la durabilidad o las características de deformabilidad son más importantes.

El índice de resistencia más comunmente usado en concreto es la resistencia a compresión de un cilindro de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura ensayado bajo condiciones estándar. La curva esfuerzo-deformación que se obtiene en un ensaye de este tipo tiene la forma aproximada mostrada en la Fig. 2.13.

El esfuerzo correspondiente a la carga máxima es el índice de resistencia a compresión que se denomina usualmente f'_c y se presenta para valores de la deformación unitaria cercanos a dos milésimas.

Es más frecuente determinar la resistencia a tensión del concreto mediante el llamado ensaye brasileño que consiste en someter un cilindro a compresión lineal diametral. Los valores que se obtienen en ésta prueba son aproximadamente del 10% de la resistencia a compresión.

El valor de la resistencia a cortante del concreto nos representa aproximadamente un dos por ciento del valor de la resistencia a compresión.

Como se mencionó anteriormente una de las ventajas del concreto es su durabilidad, o sea, la resistencia que opone a sufrir deterioro en las determina

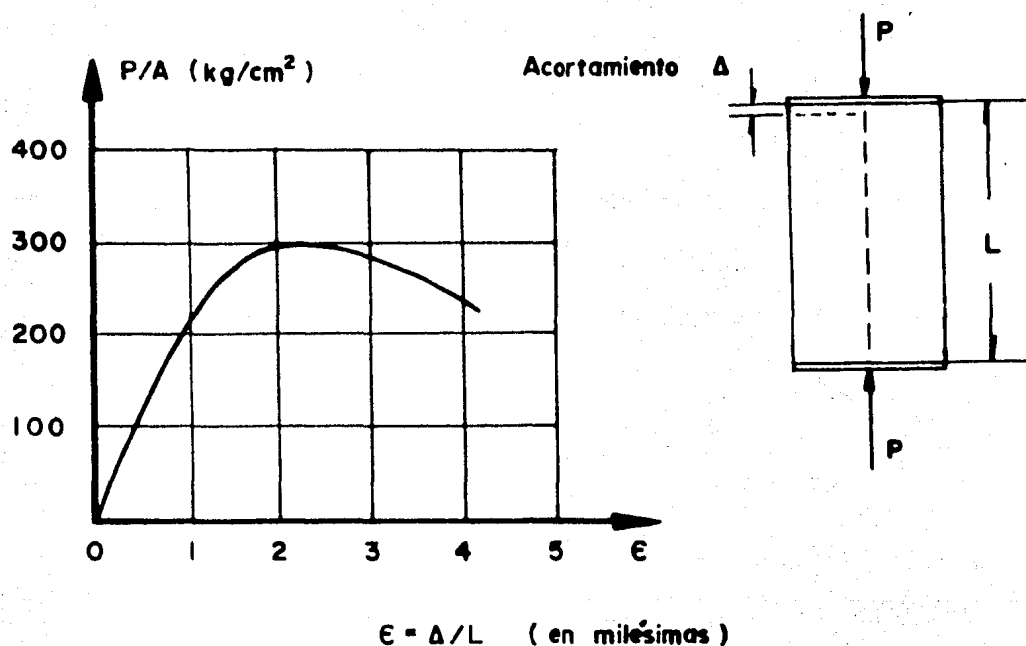


Figura 2.13.- Curva Esfuerzo-deformación.

das condiciones de trabajo. El deterioro puede ser producido por causas internas y externas.

De las internas, la más importante es la permeabilidad, o sea, la capacidad del concreto de ser penetrado por líquidos, aún en el caso del agua que no cause reacción con la masa, sí produce esfuerzos internos durante las heladas.

Las externas pueden ser mecánicas y químicas. Por ejemplo: intemperismo, cambios bruscos de temperatura, abrasión, ataque de ácidos, sulfatos y fuego.

El asbesto-cemento es el material fabricado con fibras de asbesto unidas con cemento Portland bajo presión hidráulica elevada.

Entre las propiedades más importantes se pueden mencionar las siguientes: poco peso, homogeneidad, grandes resistencias mecánicas, poder aislante elevado, incombustible e imputrecible y se puede serrar, taladrar, clavar y tornearse fácilmente. Se puede teñir con colorantes minerales.

Se fabrican comercialmente los siguientes productos: tuberías de alta presión para abastecimientos, distribuciones de agua y otras redes hidráulicas; tuberías conduit para instalaciones eléctricas; placas o láminas, lisas y corrugadas; losetas para muros; tinacos, tanques lavadores, fosas sépticas y otros depósitos para agua; y se llegan a construir pequeñas casas sin armadura en que los costados y la cubierta son de láminas onduladas.

El cemento puede también usarse en la elaboración de morteros que son mezclas plásticas aglomerantes que resultan de combinar arena y agua con un material cementante.

Las principales propiedades de los morteros son su resistencia a la compresión y tensión, adherencia con la piedra, módulo de elasticidad, trabajabilidad, rapidez de fraguado e impermeabilidad. Otra característica importante es -

su retención de agua, es decir, su capacidad para evitar que la piedra absorba el agua necesaria para su fraguado. El índice de resistencia más generalmente aceptado es la resistencia a compresión de un cubo de 5 cm. de lado.

Las propiedades mecánicas de los morteros son muy variables debido a que se fabrican en obra, dosificando las partes integrantes por volumen, sin control de la cantidad de agua. Depende principalmente del tipo de cementante utilizado y de la relación arena a cementante.

Los morteros de cemento tienen resistencias a la compresión entre 40 - y 200 Kg/cm². Su resistencia a la tensión es del orden del 15% de la resistencia en compresión. El módulo de elasticidad varía entre 10,000 y 50,000 Kg/cm² - y el peso volumétrico es de 2.1 Ton/m³. Estos morteros son de fraguado rápido; - una mezcla puede usarse como máximo 40 a 60 minutos después de fabricada y son muy trabajables.

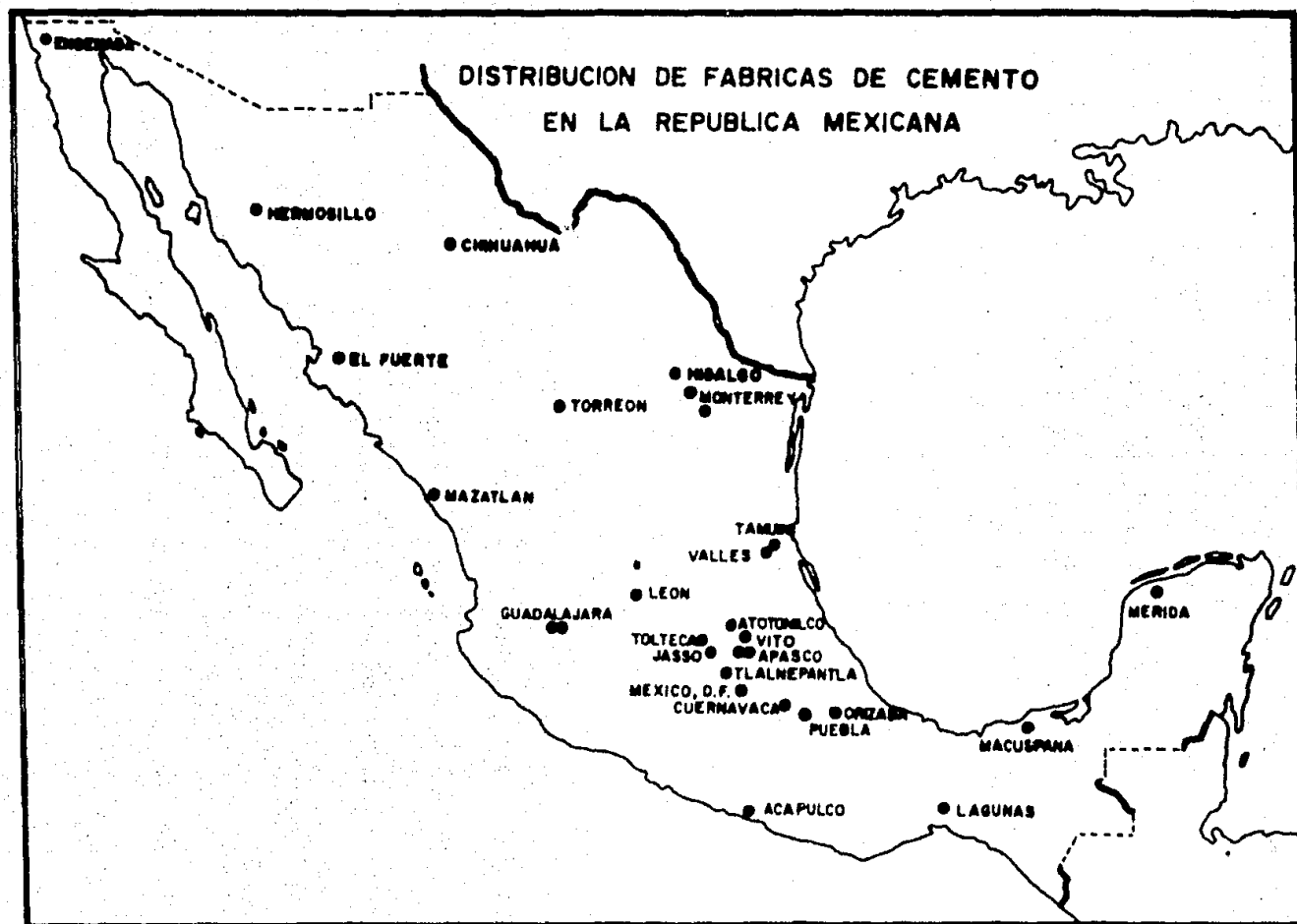
La industria del cemento es una de las que más se han desarrollado en México, no obstante que la capacidad de producción instalada excede ligeramente a la demanda, cada día se construyen más fábricas y se amplían las ya existentes. Actualmente se cuenta con 29 fábricas de cemento en la República Mexicana cuya ubicación es a tal grado estratégica, que aún en los casos más desfavorables, ningún punto del país se encuentra a más de 400 Km. de una fábrica de cemento, - para hacer frente a la creciente demanda de cemento como consecuencia de las múltiples aplicaciones que tiene este material dentro del campo de la construcción. (Fig. 2.14).

su retención de agua, es decir, su capacidad para evitar que la piedra absorba el agua necesaria para su fraguado. El índice de resistencia más generalmente aceptado es la resistencia a compresión de un cubo de 5 cm. de lado.

Las propiedades mecánicas de los morteros son muy variables debido a que se fabrican en obra, dosificando las partes integrantes por volumen, sin control de la cantidad de agua. Depende principalmente del tipo de cementante utilizado y de la relación arena a cementante.

Los morteros de cemento tienen resistencias a la compresión entre 40 - y 200 Kg/cm². Su resistencia a la tensión es del orden del 15% de la resistencia en compresión. El módulo de elasticidad varía entre 10,000 y 50,000 Kg/cm² - y el peso volumétrico es de 2.1 Ton/m³. Estos morteros son de fraguado rápido; - una mezcla puede usarse como máximo 40 a 60 minutos después de fabricada y son muy trabajables.

La industria del cemento es una de las que más se han desarrollado en México, no obstante que la capacidad de producción instalada excede ligeramente a la demanda, cada día se construyen más fábricas y se amplían las ya existentes. Actualmente se cuenta con 29 fábricas de cemento en la República Mexicana cuya ubicación es a tal grado estratégica, que aún en los casos más desfavorables, ningún punto del país se encuentra a más de 400 Km. de una fábrica de cemento, - para hacer frente a la creciente demanda de cemento como consecuencia de las múltiples aplicaciones que tiene este material dentro del campo de la construcción. (Fig. 2.14).



EJEMPLO No. 2.2

COSTO MATERIAL EN OBRA: CEMENTO RESISTENCIA RAPIDA, TIPO III POR TONELADA, EN SACOS DE 50 KILOS CADA UNO.

Obtención del costo:

Costo material en fábrica por tonelada
sin incluir envase.....

= \$ 320.00 / ton.

Envases por tonelada de cemento:

Costo de envase : \$ 1.20

Núm. de envases por tonelada.....: 20 Pzas.

Se tiene: \$ 1.20 x 20 Pzas/ton.

= 24.00

Flete por tonelada en el D.F.

= 27.00

SUMA

371.00 / ton.

Desperdicios:

Descarga en almacén : 1%

Bodegaje : 3%

Acarreos en obra : 3%

Utilización : 8%

SUMA : 15%

o sea que por desperdicios se tiene

0.15 x \$ 371.00

= \$ 55.65

Estos desperdicios son aproximados y se valorizan en base a experiencias anteriores. Dependen del lugar y en que se van a emplear.

COSTO CEMENTO EN OBRA INCLUYENDO DESPERDICIOS

DE UTILIZACION POR TONELADA \$ 426.65 / ton

2.3.2 LOS ADITIVOS Y LAS PUZOLANAS

Los Aditivos.

Son sustancias químicas que introducen en el concreto ciertas propiedades o características, que el concreto por sí solo no tiene, o para disminuir ciertas deficiencias que el concreto tiene por su propia naturaleza.

Consideraremos a los aditivos, como aquellas sustancias que forman -- parte integral de la masa de concreto. Estas sustancias se agregan al tiempo de -- mezclar el concreto y de acuerdo a las características que introducen a los mismos se tienen diferentes tipos de aditivos.

Aditivos inclusores de aire. Son sustancias a base de resina de vinsol, que incluyen burbujas microscópicas de aire en el concreto y morteros, uniforme -- y controladamente. Tienen en general las siguientes propiedades: aumenta la trabaja bilidad, la durabilidad y la fluidez; evita el sangrado (Afloración del agua en la mezcla) y la segregación; (Pérdida de la homogeneidad del concreto); reduce el -- agua, la permeabilidad y el peso volumétrico; protege del ataque de sales, sulfatos,

congelamiento y deshielo; facilita la colocación.

Aditivos reductores de agua. Son sustancias a base de ácido lignosulfónico, combinado con otros productos químicos que dependiendo de éstos, dan origen a diferentes tipos y tienen en general las siguientes propiedades: aumentan la resistencia y la fluidez; reducen el agua, la permeabilidad, las contracciones y los agrietamientos; protegen de la acción de los sulfatos.

Aditivos acelerantes. Sustancias a base de cloruro de calcio y trietanolamina, que producen endurecimientos rápidos y desarrollo de resistencia en las primeras horas e introducen las siguientes propiedades: acorta el tiempo de fraguado; acelera el endurecimiento del concreto; evita la segregación e incrementa la fluidez.

Aditivos puzolanas. Son de tipo silicoso y alúmino silicoso, que producen una mejor trabajabilidad y un concreto más uniforme y en general tienen las siguientes propiedades: reducen la cantidad de agua, la segregación, el calor de hidratación y los cambios de volumen; evitan el sangrado; protegen al concreto contra algunas reacciones de los agregados con los álcalis del cemento.

Aditivos reductores de permeabilidad. Sustancias a base de repelentes al agua (absorción capilar negativa) polvo muy finamente pulverizado para sellar huecos, productos que logren una mayor compactación y partículas de fierro que al oxidarse aumenten de volumen. Tienen en general las siguientes propieda

des: aumentan la trabajabilidad, la adherencia entre morteros y materiales pétreos, el rendimiento del mortero; evitan el salitre; impermeabilizan el concreto.

Aditivos generadores de gas. Son sustancias a base de cinc, aluminio y magnesio, que generan gas, con las siguientes propiedades: expanden el volumen reducen la permeabilidad; facilitan la colocación; eliminan contracciones y disminuyen el agua de mezclado.

Aditivos cementantes. Emulsiones a base de resinas sintéticas, que -- dan efecto plastificante en la fabricación de concretos, morteros y lechadas, logrando aumentar notablemente la adhesividad y elasticidad de los mismos. Producen las siguientes características: resistencia al desgaste y abrasión; mayor capacidad de adherencia, de tensión y flexión.

Aditivos retardantes. Compuestos químicos a base de glucosa, que producen disminución de la pérdida de plasticidad en las primeras horas, alarga los períodos de fraguado, logrando así las siguientes propiedades: aumentan la plasticidad y el período de fraguado; disminuyen las altas temperaturas por hidratación; facilitan el transporte y colocación; permiten el bombeo del concreto.

Aditivos colorantes. Son pigmentos a base de óxidos de hierro, cromo y cobalto que dan coloración al concreto sin alterar las características del mismo.

Aditivos expansores. Sustancias químicas a base de aluminio, particu

las de fierro, que provocan burbujas de hidrógeno por la reacción con el aluminio y expansiones de las partículas de fierro al oxidarse y tienen en general las siguientes características: expanden el volumen de concretos, morteros y lechadas; reducen el agua, la permeabilidad y las contracciones.

Aditivos parciales para mejorar el concreto. Estos aditivos no forman parte integral de la masa de concreto, sino que actúan en la superficie y se colocan durante el fraguado, ya sea para acelerar el curado, para sellar la superficie para endurecer el concreto, para retardar endurecimientos de superficies o para dar adherencia.

Los materiales para acelerar el curado son principalmente membranas de colores que evitan la pérdida de humedad; para sellar superficies, emulsiones que evitan la permeabilidad; para endurecer pisos, polvos a base de mineral metálico; para retardar endurecimiento de superficies, sustancias químicas que se aplican en la cimbra para dar acabados aparentes, sin necesidad de amartelinar.

Todos estos aditivos, que generalmente son sustancias, se venden en el mercado envasadas y en costales, siendo los principales fabricantes:

PROCONSA, S.A.

RESIKON

SIKA MEXICANA, S.A.

ADICIONANTES, S.A.

FESTER DE MEXICO, S.A.

PUZOLANAS DEL NORTE, S.A.

Puzolanas.

Se les da el nombre de puzolanas a todos los materiales naturales o artificiales que, aún no siendo por sí mismos, contienen elementos que al combinarse en forma de polvos con la cal, a la temperatura ordinaria y en presencia del agua, reaccionan formando compuestos insolubles estables que poseen propiedades aglutinantes similares a los aglomerantes hidráulicos.

Estos materiales fueron empleados con anterioridad a las cales hidráulicas por los griegos y los romanos para fabricar con ellos aglomerantes de esta clase, con los que construyeron obras hidráulicas que aún perduran. Las puzolanas tomaron su nombre de la población de Puzol, por existir en ese lugar yacimientos de donde se extrajeron las mejores tierras, con las que los romanos fabricaron sus aglomerantes y morteros de propiedades hidráulicas. Esta denominación se ha hecho extensiva a todos los materiales de características análogas.

Las puzolanas pueden clasificarse por su origen en tres grupos: volcánicas, arcillosas y artificiales.

Puzolanas volcánicas. Son tabas procedentes de la acumulación de polvos, cenizas o barros eruptivos que han adquirido las características de una roca deleznable, y al parecer adquirieron también sus propiedades puzolánicas por las acciones químicas del vapor de agua recalentado, del bióxido de carbono den

tro de la corteza terrestre y a un brusco enfriamiento, al ser arrojadas al exterior. Están compuestas de silicatos aluminicos alcalinos hidratados, análogos a las arcillas, en forma vítrea o cristalina.

Puzolanas arcillosas. Son ciertas tierras de infusorios, cuya constitución se debe a los esqueletos silíceos de las diatomáceas, depositados tanto en el fondo de las aguas dulces como en las del mar, o bien, en lugares que antaño tuvieron estas características.

Puzolanas artificiales. Dentro de este grupo están los productos resultantes de la cocción y pulverización de las arcillas y pizarras.

Los principales usos de las puzolanas son la elaboración del cemento-puzolánico y como aditivo para concretos, debido a que presentan las siguientes características:

Reducen el costo. Se pueden mezclar con el clinker o después como aditivo y mejoran la trabajabilidad, es decir, se necesita menos agua en la mezcla obteniéndose la misma trabajabilidad.

Protegen al concreto contra algunas reacciones de los agregados con los álcalis del cemento, evitando expansiones, evitan el sangrado y reducen la segregación, reducen y abaten el calor de hidratación, que se genera en obras masivas, consiguiendo con esto, una resistencia a los cambios de volumen originados por los cambios de temperatura, aumentan la impermeabilidad y mejoran la resis-

tencia al ataque de los sulfatos.

Como desventaja de las puzolanas se tiene su lenta adquisición de resistencia, la cual es más lenta en climas fríos.

En el país se pueden encontrar materiales puzolánicos tales como: tepalcate, poma blanca, poma rosa y tezontle, todos éstos abundan en las cercanías y dentro del D.F. y el tepechil en Veracruz y Jalisco.

2.3.3 LAS CALES Y LOS YESOS

Las Cales son el producto que resulta de calcinar, por procedimientos adecuados, una piedra caliza. Esta calcinación se lleva a cabo a una temperatura superior a 900 grados centígrados.

Las piedras calizas naturales son raras como especies químicamente puras (carbonato de calcio) pues generalmente las acompañan otros materiales como el carbonato de magnesio, la arcilla, hierro, azufre, álcalis y materias orgánicas; materias éstas, que al calcinarse la piedra, de no volatilizarse, comunican a las cal propiedades que dependen de la proporción en que entran como constituyentes de la piedra caliza, clasificándose en cal grasa, magra e hidráulica, comúnmente llamadas cals aéreas.

A) Cal grasa - Si la caliza primitiva contiene hasta un 5% de arcilla, la cal que produce al calcinarse se le denomina cal grasa, que al apagarse da una pasta fina cohesiva y untuosa, blanca, que aumenta mucho volumen, permaneciendo

indefinidamente blanda en sitios húmedos y fuera del contacto del aire y en el agua termina por disolverse.

B) Cal magra - Es la que procede de calizas que, aún teniendo menos del 5% de arcilla, contienen además magnesia en proporción superior al 10%. Al añadirles agua, forman una pasta gris poco cohesiva, desprendiendo más calor que la cal grasa. Al secarse en el aire se reduce a polvo y en el agua se disuelve. - Por estas malas cualidades su uso debe, de ser posible, evitarse en las construcciones.

C) Cal hidráulica - Procede de la calcinación de calizas que contienen más del 5% de arcilla; dan un producto que reúne, además de las propiedades de la cal grasa, la de poderse endurecer y consolidar (fraguar) en sitios húmedos y debajo del agua.

Propiedades Físicas.

Una de las propiedades más importantes es el Índice Hidráulico.

Se designa por índice hidráulico al mayor o menor grado de hidráulicidad de una cal, la relación en peso entre el sílice, más la alúmina a la cal y magnesia, es decir:

$$I = \frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{CaO} + \text{MgO}}$$

Es importante conocer este índice, ya que el tiempo de fraguado de -

una cal depende de él. Los valores relativos de este índice nos pueden proporcionar una idea aproximada del tiempo de frágado de una cal.

Fabricación

La secuela que se sigue para la obtención de las cals aéreas puede resumirse en :

Extracción

Machacado

Cocción o Calcinación

Apagado

Molienda

Almacenamiento y Envasado

Esta secuela representa industrialmente el proceso a seguir, pero puede hacerse incompleto o modificarse según el medio y el objetivo que se persigue.

Extracción. La extracción de las calizas debe hacerse a cielo abierto para lograr el menor costo y se realiza preferentemente por medio de explosivos para obtener tamaños convenientes y evitar, en lo que sea posible, costo adicional para fragmentarla.

Calcinación. Consiste en el calentamiento de la caliza para expulsar el anhídrido carbónico (dióxido) y es conveniente que las piedras no sean volutas ni pierdan el agua de cantera e incluso humedecerlas, pues se acelera su des-

composición. El producto que resulta se conoce como cal viva y posee gran afinidad con el agua. Además es conveniente que el anhídrido carbónico se elimine rápidamente, pues la reacción de descomposición es reversible y se corre el peligro de que se carbonate la cal viva.

La calcinación se practica de distintas formas, según los medios y materiales de que se dispone.

Apagado de la cal. Es el proceso de adición de agua a la cal viva y durante este apagado se desarrolla gran cantidad de calor y gran parte del agua es capa en forma de vapor.

Se debe evitar que queden partículas de cal viva, que posteriormente puedan hidratarse, provocando trastornos al emplearse en obra.

En las cales hidráulicas esta operación constituye quizá la fase más importante de su fabricación, pues depende de ella que el producto resultante alcance las propiedades que se requieren. Esta operación puede hacerse manualmente o por medio de hidratadores, pero hay que procurar que la temperatura de reacción no se eleve a 120 grados centígrados, pues a esta temperatura los silicatos y aluminatos de calcio se hidratan, cosa que hay que evitar, pues de suceder así, el producto que se obtenga no tendrá propiedades hidráulicas.

En estas cales se requiere un proceso de cribado anterior al de la molienda, para recoger los trozos poco o muy cocidos, que se utilizan en la fabricación de cementos de fraguado muy lento.

Molienda. Es el proceso mediante el cual, usando varios tipos de molinos, se transforma un material, de poca dureza como lo es la cal, de buena calidad, en un producto formado por partículas más finas.

Almacenado y Envasado. Se pueden presentar tres tipos de almacenamiento de las cales, atendiendo a la forma en que se obtienen. Teniéndose almacenamiento de: cal viva, cal apagada o hidráulica y cal en pasta.

La cal viva en forma de terrones se coloca en una nave cubierta sobre un lecho de cal apagada, en polvo, de 20 cm. de espesor. Se cubre el montón también con la misma cal apagada y se comprime ligeramente. Así puede conservarse unos 6 meses, pero se precisan varias horas para formar la pasta.

Apagada en forma de polvo se puede hacer en silos y almacenes a propósito, pero la mejor forma es en barriles.

En pasta se hace en fosos impermeables practicados en el terreno y recubriendo la superficie con una capa de arena de 30 cm. de espesor.

El envasado del producto final por medias automáticas, se hace en sacos de papel o tejido de 25 Kg. y 40 Kg.

Usos

La principal aplicación de las cales, dentro de la construcción, es la fabricación de morteros que sirvan para aplanados o para pegar mampostería de piedra brasa.

Los morteros a base de cal son de baja resistencia a compresión, del or

den de 1 a 10 Kg/cm². Su resistencia a tensión se encuentra entre 0.5 y 2 Kg/cm². El módulo de elasticidad es del orden de 3,000 Kg/cm² y el peso volumétrico de 1.95 ton./m³. Las mezclas que se obtienen son muy trabajables, de fraguado lento y con buena retención de agua.

Los Yesos

Son el producto resultante de la deshidratación parcial o total del al_gez o piedra de yeso.

En estado natural se presenta como roca, abunda en los terrenos sedimentarios y es incolora o blanca, pero generalmente está acompañada de impurezas, tales como arcilla, óxido de hierro, sílice, caliza, etc., que le comunican coloraciones distintas. Es algo soluble en agua y se presenta cristalizado en el sistema monoclinico y con estructuras distintas, proporcionando las siguientes variedades:

a) Yeso fibroso. Cristalizado en fibras sedosas confusamente enlazadas proporciona un magnífico yeso para mezclas.

b) Yeso espejuelo. Su estructura está formada por la cristalización en forma de puntas de lanzas y de él se obtiene un yeso propio para el vaciado de objetos finos o delicados.

c) Yeso sacarino. Su estructura es compacta y de grano muy fino, recibiendo el nombre de alabastro. Por su calidad se selecciona la piedra para deco_

ración y escultura, ya que acepta el labrado fino y la pulimentación. Es resistente a la acción de los ácidos, lo que lo diferencia del alabastro calizo.

d) Yeso calizo. Contiene un 12% de carbonato de calcio y se le considera como la piedra ordinaria de yeso. De ella se obtiene un yeso de construcción que endurece mucho después de fraguado.

Cuando la piedra de yeso se calienta a gran temperatura, el agua de cristalización, desaparece rápidamente, obteniéndose el llamado yeso hidráulico o de pavimento, por fraguar muy lentamente y hacerlo debajo del agua.

El fraguado del yeso se inicia a los dos o tres minutos, después de la adición de agua a la mezcla y termina entre los 15 y 20 minutos desprendiéndose durante este proceso calor (unos 20 grados centígrados). Al tomar lugar el fraguado, se observa que la masa sufre una contracción seguida de un incremento de volumen o dilatación del 0.5%.

El tiempo de fraguado puede retardarse añadiendo ciertas sustancias químicas, tales como: cloruro cálcico, cola, queratina y puede acelerarse por medio del agua caliente, cloruro de sodio, cloruro de magnesio, sulfato y nitrato potásico.

Fabricación

El proceso industrial que norma la fabricación del yeso de construcción y del yeso hidráulico, puede resumirse en los siguientes pasos:

Extracción

Machacado o Trituración

Molienda

Cocción

Almacenado y Envasado

Extracción. Como la piedra de yeso no es una roca dura y como la extracción debe de procurarse que sea a cielo abierto, se emplean barrenos de pólvora negra o de mina. La localización de estos barrenos y su capacidad explosiva, - se obliga para la obtención de la roca muy fragmentada, con objeto de reducir lo- más posible la trituración posterior, que se hace difícil por tratarse de una roca -- muy elástica.

Machacado o Trituración. Para este objeto se emplean los molinos o- machacadoras de mandíbulas y también los molinos de martillo.

Cocción. En la fabricación industrial propiamente dicha, la cocción del yeso se hace generalmente en hornos de funcionamiento intermitente, pues se- ha comprobado que dan mejor producto resultante; existiendo dos procedimientos - distintos: en el primero, que es el más empleado, para la obtención del yeso de - construcción o de estuco, la molienda es anterior a la cocción; en el segundo, usado para obtener el yeso fino o de modelar, la piedra de yeso es fragmentada a un- tamaño determinado, cociéndose o miliéndose después.

Los hornos más usados para la obtención del yeso de construcción o de estuco son: el de forma de caldera y el de forma de autoclave. Cuando se emplea el primero, la operación de cocción se designa con el nombre de proceso de caldera y cuando el segundo, proceso de vapor de agua a presión.

La cocción en el yeso hidráulico se hace por medio de hornos verticales de funcionamiento continuo. Debido a las altas temperaturas a que se calienta la piedra de yeso, para la obtención del yeso hidráulico, el interior de estos hornos deberá llevar un recubrimiento de material refractario.

Molienda. Esta operación en el yeso, tanto crudo como cocido, resulta costosa, por ser el yeso muy elástico.

Una vez que ha sido reducido a pequeños fragmentos con las machacadoras o los molinos, se pulveriza con los desintegradores o molinos giratorios.

Almacenado y Envasado. El producto final resultante, yeso de construcción o yeso hidráulico, absorbe con más o menos rapidez la humedad del aire, cosa que hay que evitar, almacenándolos en silos o depósitos verticales protegidos de la humedad. En su parte inferior, estos silos o depósitos verticales elevados -- terminan en una tolva con dispositivo automático de envasado, mismo que se hace en bolsas de papel de doble forro con capacidad de 25 y 40 Kg.

Usos

Las principales aplicaciones del yeso en la construcción son: en los re

cubrimientos interiores, en morteros, en los detalles decorativos y en la manufactu
ra de piedras artificiales.

-En recubrimientos interiores se usa en capas, que varían de uno a tres centímetros de espesor, a base de morteros de yeso, que comúnmente se conocen como aplanados o enyesados y de acuerdo con sus acabados existen varios tipos. - También se usa en cielos rasos o plafones falsos, que consisten en capas de yeso de
positadas en una malla metálica que forma una estructura ligera, fácil de colgar - del techo, cuando por razones arquitectónicas hay necesidad de cubrir las vigas y trabes.

-En los morteros de yeso se emplea mezclado solamente con agua, - - constituyendo el mortero simple, el cual se usa en los aplanados. Si el amasado - del yeso se hace con agua de cola, se obtiene un mortero simple que se puede pulir y abrillantar. Se usa también en la elaboración de mortero bastardo, el cual - se forma de partes iguales de cal y yeso mezcladas con agua, consiguiendo que la la
humedad no lo reblandezca, pudra o agriete.

-Dentro de la ornamentación aplicada existe una gran variedad de ele
mentos de yeso, como: ménsulas, molduras, bajo y alto relieves, consolas, imita- ción de follajes, cornisas, etc., que pueden adquirirse en casas especializadas o - moldearse en obra.

-En la manufatura de piedras artificiales se utiliza el yeso, en cemen
tos especiales a los cuales se les agrega mármol natural.

Casi en toda la República existen depósitos más o menos importantes -

de yeso, de los cuales los principales estan localizados en: Sta. Rosalía B.C., Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Morelos, Puebla y Oaxaca.

2.3.4 ASFALTOS.

Obtención y Características.

El asfalto, siendo un producto del petróleo, tiene el mismo origen que éste. La teoría más acertada del origen del petróleo es la denominada "teoría orgánica". La teoría orgánica asume que el petróleo es el producto de la descomposición de organismos vegetales y animales, en ausencia del aire, en limos, arcillas y arenas en el fondo de lagunas someras, estuarios, bahías y lagos. También se presume que el agua salada y ciertas bacterias anaeróbicas han intervenido en la transformación de material orgánico en hidrocarburos.

El asfalto se define como un material ligante sólido y semisólido, rápidamente adhesivo, muy impermeable y durable de color entre negro y marrón oscuro que gradualmente se funde al calentarlo. Es además una substancia plástica e imparte flexibilidad controlable a las mezclas de agregados minerales con las cuales se combina invariablemente. Asimismo, no es afectado por la mayor parte de los ácidos, álcalis y sales.

El asfalto se presenta entonces en forma sólida o semisólida en la naturaleza, o es obtenido por la destilación del petróleo en plantas construídas por el hombre para tal objeto.

La destilación natural se efectúa cuando la roca impermeable, que cu

bre a la roca receptora de un yacimiento petrolífero, presenta fallas, fracturas o grietas y por ellas emigra hacia la superficie de la tierra el petróleo líquido que se encuentra almacenado a cierta presión y temperatura. Durante esta emigración, al cambiar sus condiciones de presión y temperatura, el petróleo, privado de sus compuestos volátiles, se convierte en asfalto. Esto se efectúa cuando el petróleo es precisamente de base asfáltica.

De otra forma, el petróleo crudo que ha sido conducido a la refinería por un sistema de bombeo, es sometido a un proceso de destilación que está representado esquemáticamente en la figura 2.15.

Mediante la elevación de temperatura y presión se logra una destilación fraccionada de los hidrocarburos que constituyen el petróleo, quedando separados en función de sus densidades.

Los más ligeros se obtienen en la parte superior de la torre de destilación y en la inferior se acumulan los productos más pesados que constituyen el residuo y que contienen los asfaltos.

Mediante un proceso de refinación se obtiene la gasolina, a partir de los destilados ligeros: la kerosina al procesar los destilados medios: el aceite diesel y los aceites lubricantes, de los destilados pesados.

El material residual se somete a un nuevo proceso de destilación en el que se hace una inyección de vapor obteniéndose los cementos asfálticos. Estos últimos se clasifican de acuerdo con su dureza, medida por la prueba estándar de penetración, que consiste en colocar una aguja, en un recipiente con asfalto a --

DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE LA RECUPERACION Y REFINO DE PRODUCTOS ASFALTICOS DE PETROLEO

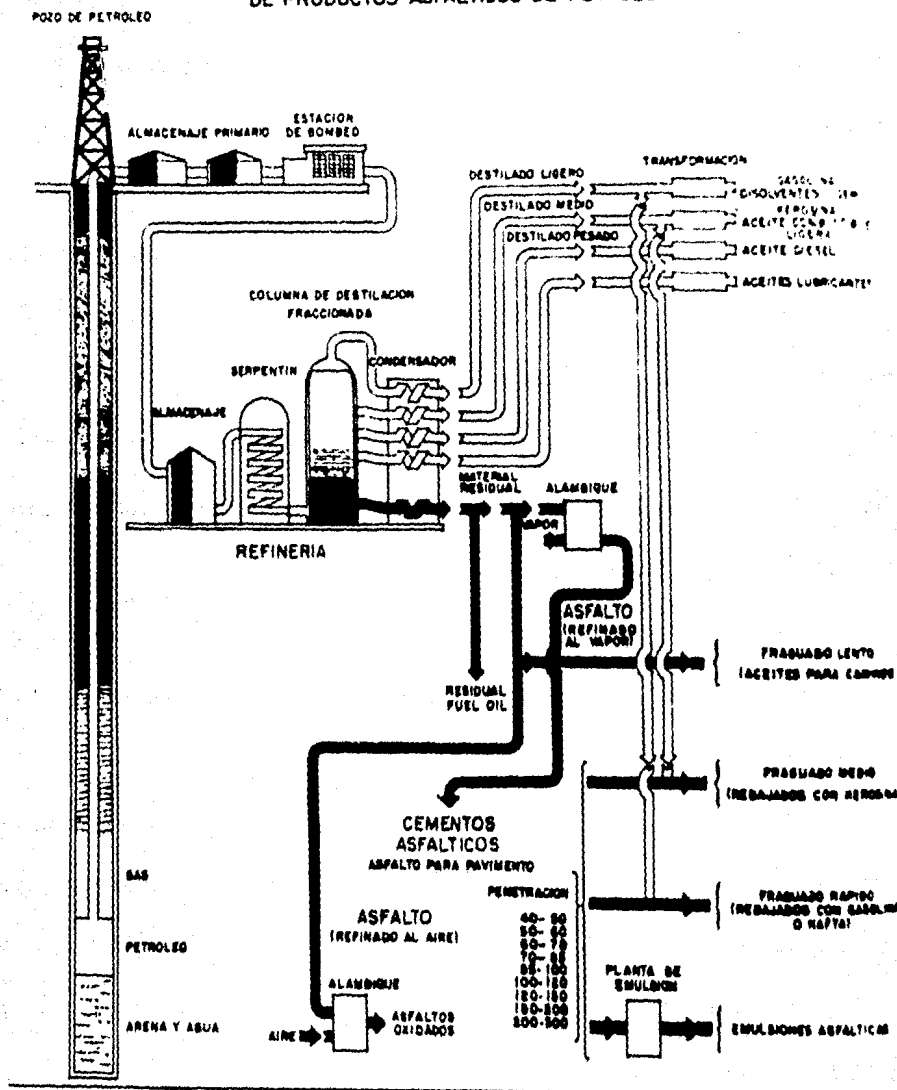


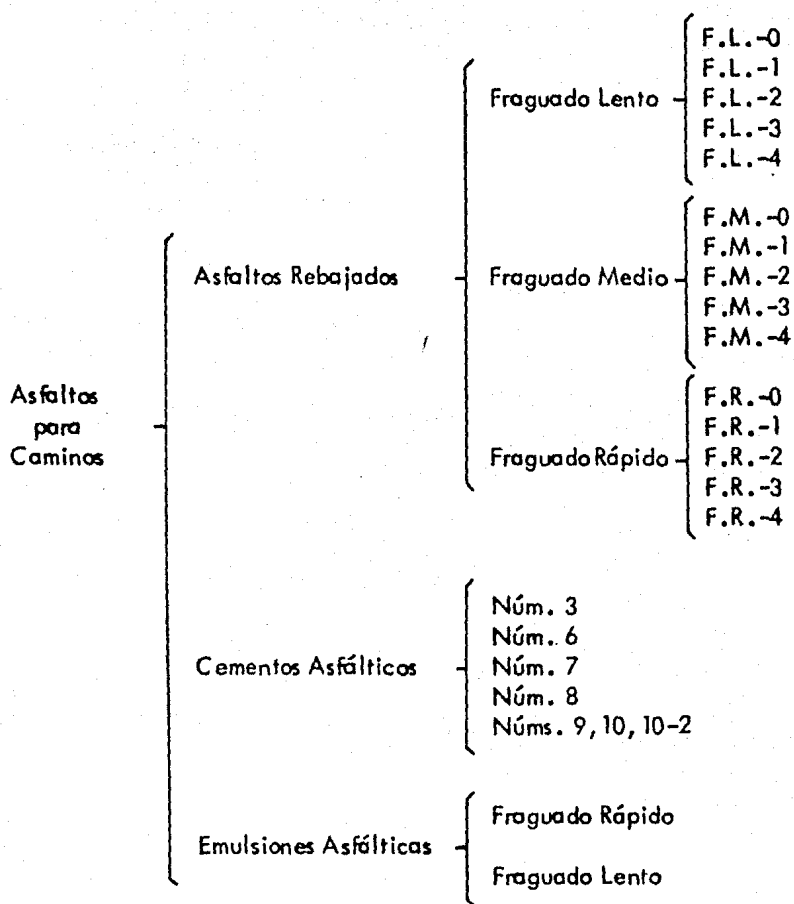
Figura 2.15.- Obtención de los Asfaltos.

25°C, aplicándole en la parte superior un peso de 100 gr y midiendo la penetración en décimos de milímetro en un lapso de 5 seg. Los asfaltos se clasifican por el grado de consistencia, los usados en pavimentos varían entre 40 y 300 grados de penetración. A mayor índice de penetración corresponde mayor dureza.

Clasificación de los Asfaltos.

El asfalto refinado se produce en una variedad de tipos y calidades, - que varían desde los sólidos duros y quebradizos hasta líquidos casi tan fluidos como el agua. La forma semisólida conocida como cemento asfáltico es el material básico, pues de él se parte para la obtención de los asfaltos rebajados y las emulsiones.

De acuerdo con las especificaciones de la Secretaría de Obras Públicas y Petróleos Mexicanos, los asfaltos para caminos se clasifican en:



De los conceptos mencionados se tienen las siguientes definiciones:

- Cementos asfálticos, que son los productos de la destilación del petróleo asfáltico al que se han eliminado sus solventes volátiles y parte de los aceites, cuya penetración normal varía entre 40 y 300 grados.
- Asfaltos rebajados de fraguado rápido, que son los productos que se obtienen mediante la adición de gasolina o nafta a un cemento asfáltico.

- c) Asfaltos rebajados de fraguado medio, que son los productos que se obtienen - mediante la adición de kerosina a un cemento asfáltico.
- d) Asfaltos rebajados o residuales de fraguado lento, que son residuos asfálticos- de la destilación del petróleo crudo o cemento asfáltico rebajado con destila- do de volatilización lenta. A estos asfaltos se les llama también aceites para caminos y rara vez se obtienen partiendo del cemento asfáltico.
- e) Emulsiones asfálticas, son dispersiones estables de un cemento asfáltico en -- agua.

Para memorizar mejor las definiciones dadas, en la figura, se represen-
tan gráficamente y fuera de escala los componentes de cada uno de los productos -
asfálticos líquidos.

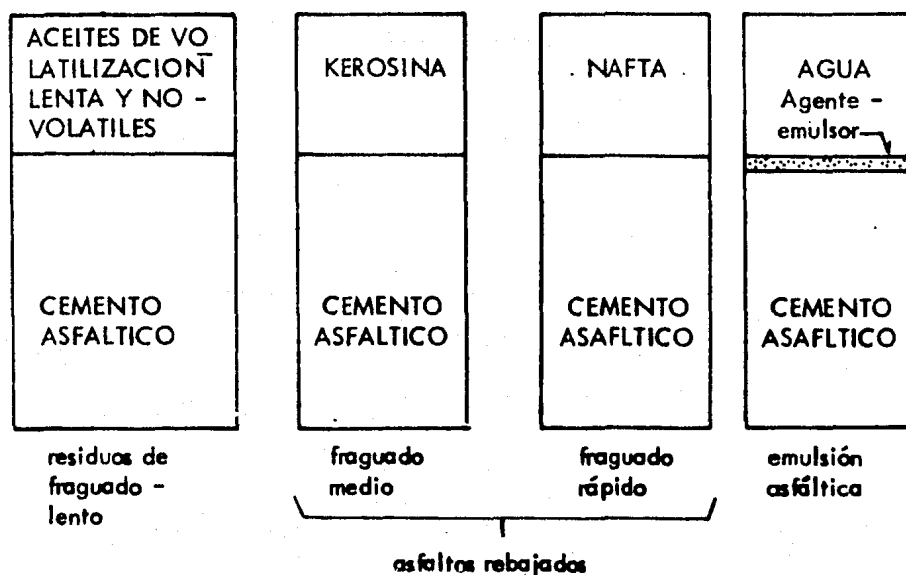


Figura 2.16.- Productos asfálticos líquidos.

Empleo de los Asfaltos para Caminos.

1) Asfalto rebajado.

La disolución del cemento asfáltico en solventes volátiles, que generalmente son las fracciones más ligeras de la destilación del petróleo, dan por resultado los asfaltos rebajados. El solvente, como sustituto del calor y con más utilidad, disminuye la consistencia del asfalto y su función licuante se extiende durante un lapso de tiempo mayor. La fluidez de un asfalto rebajado es función de la cantidad de solvente y del peso específico de éste, pues a mayor cantidad del mismo solvente mayor será la fluidez del producto y cuanto más ligero o volátil, es, se obtendrá un rebajado más fluído.

2) Cementos Asfálticos.

No es de recomendarse el empleo de asfaltos de mayor dureza de la correspondiente a unos 70 grados de penetración debido a la acción de los agentes del intemperismo, principalmente la luz solar, que paulatinamente van haciendo que el asfalto se vuelva más duro por los cambios que se realizan en su estructura interna. Esto trae como consecuencia que la carpeta adquiera rigidez incompatible con la flexibilidad de las demás capas del pavimento, dando lugar a la formación de grietas en la carpeta que facilitan la entrada del agua, iniciándose así la destrucción del pavimento. A fin de que los cementos asfálticos tengan la consistencia adecuada para poder mezclarse con las partículas de material pétreo y recubrir las con una película delgada, es necesario mantenerlas a temperatura elevada,

ya que a temperaturas bajas su viscosidad aumenta notablemente impidiendo la manipulación. Para poder efectuar esta operación, no basta con calentar exclusivamente el cemento asfáltico, ya que éste entra en mínima proporción en la mezcla asfáltica y consecuentemente al ponerse en contacto con el material pétreo, que constituye el 92 a 95% de la mezcla, rápidamente adquiere la temperatura de este último, elevándose su viscosidad en forma inconveniente. Así pues, si deseamos hacer la mezcla de material pétreo con cemento asfáltico, el llamado concreto asfáltico, nos veremos precisados a calentar los dos materiales a temperatura del orden de 135°C , tanto para facilitar el mezclado como para que, al compactar la mezcla, ésta tenga la consistencia adecuada de planchado, que en el caso del concreto asfáltico lo proporciona la temperatura exclusivamente.

Es indudable que este sistema de construcción es el que da lugar a los pavimentos de mayor calidad, ya que al elevar la temperatura del material pétreo se elimina su humedad y además es factible hacer por cribado una separación de éste en tres o más tamaños, que almacenados en sus respectivas tolvas, pueden ser posteriormente dosificados por pesos o por volumen, para obtener una mezcla de graduación uniforme previamente seleccionado.

Desafortunadamente estas operaciones de calentamiento, cribado y dosificado, elevan mucho el costo de construcción de la carpeta a tal grado que, en nuestro País solamente se justifica la elección de este sistema de construcción en el caso de caminos de tránsito muy pesado e intenso o en una aeropista con operación de aviones pesados.

3) Emulsiones Asfálticas.

Se da el nombre de emulsión a la dispersión de un líquido en otro, con el cual no se mezcla, formándose lo que se llama un sistema de dos fases, una de las fases está formada por gotas microscópicas de uno de los líquidos y recibe el nombre de fase dispersada o interna y el otro líquido en el cual no se observa división alguna y sólo sirve de medio de suspensión se le denomina fase continua o externa.

Las emulsiones asfálticas para pavimentos son líquidas casi tan fluidas como el agua, de la que contienen en general de un 40 a 50%. Este elevado porcentaje de agua, que no se aprovecha como aglutinante, permite a las emulsiones grandes ventajas sobre los cementos asfálticos que se trabajan en caliente, es decir, que se pueden aplicar en frío, evitándose equipos costosos, lográndose cubrir el material pétreo de los pavimentos con películas muy delgadas y más completas que con asfaltos en caliente. El agua de las emulsiones asfálticas se elimina por evaporación o absorción, quedando el cementante en posibilidad de fraguar o coagular.

La principal condición que debe satisfacer una emulsión asfáltica es su estabilidad, es decir su resistencia a la coagulación y sedimentación, que aún parcial, podría ocasionar muy serios trastornos durante su aplicación.

En las emulsiones correctamente fabricadas no se observa coagulación alguna, aún después de un largo tiempo de reposo; pero la falta de estabilización adecuada, la insuficiente agitación durante el mezclado de fabricación a baja --

temperatura, el uso de un asfalto inapropiado etc., permiten la coagulación antes de su aplicación. Cuando en las emulsiones asfálticas se observa sedimentación debido a un gran período de reposo, basta remover o agitar la emulsión antes de su aplicación.

Inmediatamente después de que una emulsión asfáltica se riega sobre la base de un camino, el contenido de agua comienza a evaporarse o infiltrarse en las piedras y en la base, para coagular el asfalto de la emulsión.

El tiempo en que se verifica ésta coagulación depende del tipo de emulsión empleada, pues existen emulsiones de fraguado rápido y fraguado lento que se seleccionan de acuerdo con el objetivo que se persigue y en el lugar en que se use.

Ventajas que se obtienen cuando se emplean emulsiones asfálticas:

- a) En el tiempo de lluvias o regiones altamente lluviosas no hay interrupciones considerables en la prosecución de los trabajos.
- b) Los materiales no necesitan estar secos para ser mezclados, en todos los casos los materiales deben tener un cierto grado de humedad para poder hacer la mezcla.
- c) No hay que emplear ningún aditivo, puesto que los productos químicos que se emplean para emulsificar el asfalto tienen propiedades que mejoran su adhesividad con el material pétreo.
- d) Se pueden hacer con más precisión el cálculo de tiempo aproxima-

mado para llevar a cabo un programa de pavimentación.

Pavimentos Asfálticos

Los caminos por la acción del tránsito están sujetos a fuerzas destructivas, que, de no tomarse las precauciones debidas, pueden llegar a destruir su estructura haciéndolos intransitables. La fricción de las ruedas de los vehículos sobre el piso y la fricción de las partículas entre sí, al ser movidas por el tránsito, provocan por abrasión, el desgaste y desintegración de las partículas. La velocidad de los vehículos provoca un vacío parcial que succiona el material fino de la superficie, material que es sacado fuera del camino por las corrientes de aire y provoca polvaredas detrás del vehículo. El choque de las ruedas contra los obstáculos en la superficie del camino y el de las ruedas al caer después sobre el piso, da lugar a impactos que causan serios perjuicios destruyendo la estructura del camino.

Además de estos efectos de tránsito en la época de lluvia, la superficie del camino adquiere una humedad excesiva que la hace perder gran parte del valor relativo de soporte que tenía con una ligera humedad. Este valor es un índice expresado en porcentaje que nos muestra la consistencia del material de la terracería y a un mayor valor relativo de soporte corresponde mayor capacidad soportante. Todos estos efectos pueden y deben evitarse o reducirse grandemente, protegiendo el camino con pavimentos asfálticos.

Los pavimentos asfálticos son superficies de rodamiento construídas sobre bases adecuadas, con asfalto o productos asfálticos y agregados pétreos. Se -

seleccionan para caminos, calzadas, calles, etc., y tienen por objeto facilitar el tránsito aumentando la seguridad, rapidez y comodidad de los transportes. Los pavimentos deben de resistir las fuerzas destructivas del tránsito y también los efectos del intemperismo. Para satisfacer estas condiciones, los pavimentos deben ser estables y estar contruídos sobre bases y sub-bases también estables y formar una capa prácticamente impermeable que evite la entrada del agua artificial.

Los pavimentos asfálticos, de acuerdo con los materiales empleados y los procedimientos de construcción se clasifican en dos grupos principales, que a su vez comprenden subgrupos:

I. Carpetas contruídas a base de mezclas (Concreto asfáltico).

- a) Por el sistema de mezclas en planta estacionaria.
- b) Por el sistema de mezclas en el lugar.

II. Carpeta contruída a base de riegos.

- a) Tratamiento de un sólo riego (incluyendo el riego de impregnación a la base).
- b) Tratamiento de riegos múltiples (dos a cuatro riegos).

El primer grupo, seleccionado para tránsito pesado, incluye las carpetas que se contruyen mediante el mezclado, tendido y compactación de materiales pétreos y asfalto o un producto asfáltico.

El segundo grupo, seleccionado para tránsito ligero, incluye las carpetas que se contruyen mediante uno o más riegos de productos asfálticos, cubiertos

sucesivamente con capas de materiales pétreos de diferentes tamaños.

Requisitos que deben satisfacer un buen pavimento asfáltico.

- a) Estabilidad, considerada como la resistencia del pavimento a deformaciones provocadas por las cargas de tránsito;
- b) Durabilidad, considerada como la resistencia del pavimento al deterioro, tanto por la acción del intemperismo, como del tránsito;
- c) Flexibilidad, suficiente para resistir, sin agrietarse, las deformaciones normales de la base del pavimento;
- d) Textura de la superficie, uniforme y ligeramente áspera, para dar seguridad al conductor evitando patinajes peligrosos.

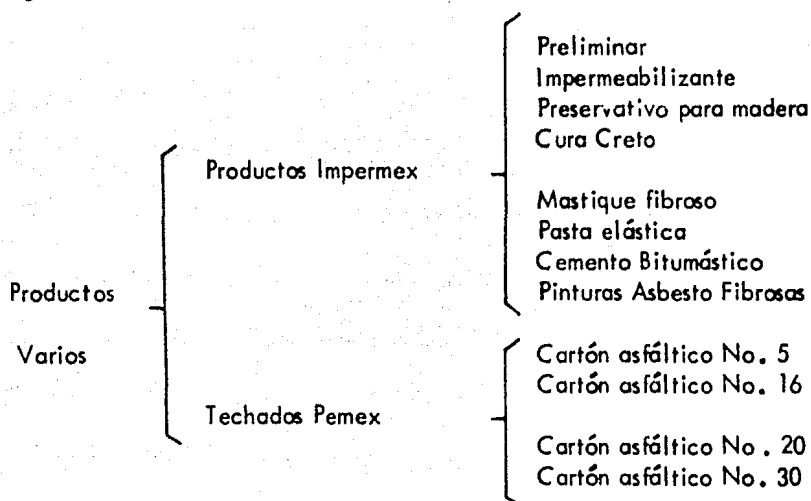
Hay necesidad de una selección inteligente de los agregados pétreos y asfalto, y un sistema constructivo adecuado.

Factores que afectan el costo del pavimento asfáltico

Existen varios factores que afectan el costo del pavimento asfáltico - colocado. Estos factores incluyen el tamaño de la obra, las condiciones climatológicas, el costo de mantenimiento del tráfico, si es necesario, la habilidad para -- mantener la planta en operación a su producción tabulada, la distancia a que se -- tenga que acarrear el agregado mezclado, la distancia de la planta al ladero o escape de ferrocarril si el agregado es entregado en camiones de volteo, etc. Cada uno de estos factores deberá analizarse con respecto a cada obra en particular.

El Asfalto como Impermeabilizante en la edificación.

Dentro de otros productos elaborados por Petróleos Mexicanos y de empleo en la construcción, a fin de proteger las edificaciones contra las acciones mecánicas y físicas del agua proveniente del terreno o de la lluvia, podemos hacer la siguiente clasificación:



Toda impermeabilización puede ejecutarse mediante el empleo de sustancias integrales o mediante membranas exteriores; las primeras, usadas como aditivo dentro del concreto, cierran o tapan sus poros o vacíos, impidiendo el paso del agua a través del mismo; las segundas, aplicadas como pinturas exteriores o como membranas formadas por pinturas y fieltros, evitan las filtraciones por la barrera externa que forman. Las emulsiones asfálticas, pueden utilizarse como impermeabilizantes integrales, pero a de procurarse un secado efectivo de la masa para que el residuo asfáltico pueda coagular. En realidad, los productos asfálticos ceden su lugar a otros productos impermeabilizantes integrales, cuando, por circunstancias propias de la obra han de utilizarse en forma interna.

Como una guía general para la selección de impermeabilizante asfáltico, propio para la obra que ha de construirse, se mencionan a continuación los elementos estructurales en que más se requiere de la impermeabilización y que son los más comunes dentro de la práctica constructiva.

- a) Impermeabilizaciones en cimentaciones y estructuras murales. En la generalidad de nuestras edificaciones pequeñas de tipo gravedad, la estructura mural descansa sobre cimientos de piedra brasa, de forma trapezoidal, a través de una dala o cadena de repartición de concreto reforzado. Para evitarse que aflore la humedad del suelo, sobre las superficies de acabado que reciben las estructuras murales, hay necesidad de confinar el fenómeno de la capilaridad por medio de la aplicación de pinturas asfálticas o emulsiones asfálticas especiales.
- b) Sótanos y muros de contención. Los muros de contención perimetrales de los sótanos de las edificaciones han de protegerse contra filtraciones de agua, sobre todo cuando están sometidos a presiones hidrostáticas, el aislamiento debe hacerse en toda la superficie perimetral, este aislamiento se logra por medio de una membrana asfáltica formada con capas alternadas de asfalto oxidado o fieltro saturado o asfáltico.
- c) Impermeabilizaciones de techos y azoteas. La protección contra -

la acción del agua, principalmente la de lluvia, evita filtraciones y desperfectos en fachadas y habitaciones. Esta protección se puede hacer por el llamado método de composición, que consiste en - capas alternadas de asfalto puro y fieltros asfaltados.

- d) Cubiertas de madera. Para cobertizos, garages, bodegas, bungalows y toda clase de construcciones en que el techo sea de madera y de colocación inclinada, se utilizan los techados Pemex Nos. - 16, 20 y 30.
- e) Techos de concreto. El concreto por si solo no es impermeable, por más cuidado que se haya puesto en la construcción de la losa, y - más, pueden presentarse en ella agrietamientos o fisuras, ya por - contracción, flexión, asentamiento de los elementos de apoyo o por acciones sísmicas; por ello, es necesario la impermeabilización de - las losas de techo, inclinadas o planas; impermeabilización que se aconseja a base de materiales que puedan resistir esas deformaciones que, aunque fisuren la losa no tengan consecuencias dentro de la protección que se busca. La impermeabilización puede hacerse a base de pinturas asfálticas, o por de asfalto alternadas con teji-dos, cartones o fieltros asfálticos, terminando siempre con la capa de asfalto.

- f) Pisos y lambrines. Los pisos y lambrines de cuartos de baño, cocinas, lavaderos, etc., sometidos a humedad constante, deben ser protegidos o impermeabilizados. Los lambrines por si solos constituyen una protección; por lo tanto, sobre las paredes podrán aplicarse solamente dos manos de Impermex o emulsión asfáltica especial.
- g) Tragaluces. Se aconseja para los tragaluces a base de vidrios planos, que el mastique común se substituya por un mastique asfáltico fibroso.

2.3.5 ACERO, ALUMINIO Y LOS METALICOS EN GENERAL.

Acero

Es una combinación de fierro y carbono con pequeñas cantidades de otros elementos, como manganeso, fósforo, azufre, silicio, etc. El componente básico del acero es el fierro. Este no se encuentra en estado puro en la naturaleza sino bajo la forma de óxidos de distintas clases llamados minerales de fierro. Para obtener acero es necesario someter estos minerales a una serie de procesos para eliminar impurezas y obtener la aleación requerida.

Fabricación

La fabricación del acero consiste: Extracción del mineral de fierro — que se hace por los sistemas de explotación "a cielo abierto" y de "tajo abierto".

En el primero, se utiliza dinamita para la explotación y se carga por medio de palas, en camiones que llevan el mineral a las quebradoras para reducirlo a un tamaño de 4 cm; en el segundo, se utilizan palas mecánicas, para descapotar mantos o tajos que cubren el mineral, llevándose a cabo también la trituration.

Posteriormente se almacenan y se mezclan los minerales en grandes patios para luego abastecer a los "altos hornos".

En el "alto horno", donde se inicia el proceso de la manufactura del acero, el mineral de fierro es convertido en arrabio. La carga, que es introducida por la parte superior del horno, consiste de capas de coque (carbón metalúrgico, de alta resistencia a la compresión), mineral de fierro, piedra caliza y dolomita. El coque se quema en aire caliente, inyectado a través de toberas, produciendo calor y gases que absorben el oxígeno del mineral reduciéndolo a hierro líquido. La caliza y dolomita separan algunas impurezas del arrabio, formando una escoria que es eliminada, la cual se utiliza en la fabricación del cemento portland escoria de alto horno.

El arrabio o hierro de primera fusión, contiene impurezas como carbono, silicio, manganeso, fósforo y azufre, que deben ser parcialmente eliminados en los procesos de aceración. El hierro líquido es vaciado en ollas-termo y transportado a los hornos de aceración de hogar abierto y hornos al oxígeno.

La carga de los hornos consiste en proporciones variables de chatarra, mineral de hierro, piedra caliza o cal, utilizadas como fundente y arrabio líquido, procedente del "alto horno", empleado en proporción del 75% de la carga total.

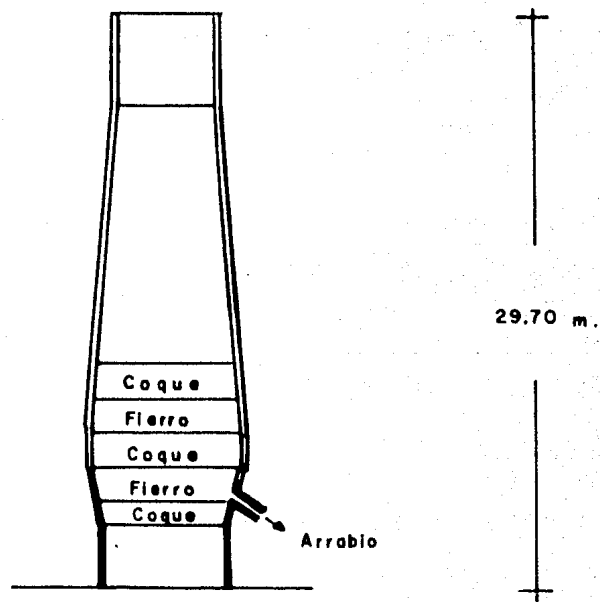


Figura 2.17 Esquema de un "alto horno".

Los métodos más comúnmente utilizados para la aceración son: El Sie-
mens-Martin o de hogar abierto, el Bessemer y los sistemas a base de hornos eléc-
tricos. Los métodos antes mencionados, consisten fundamentalmente en eliminar las
impurezas quemándolas con oxígeno introducido en la masa fundida, obteniéndose
así fierro casi puro.

Para lograr las características resistentes requeridas se agrega carbono
y en ciertos casos otros elementos. El resultado de esta etapa son elementos de --
acero relativamente grandes denominados lingotes.

Para obtener las distintas modalidades del acero utilizado para fines -

estructurales, los lingotes deben ser sometidos a diferentes tratamientos, principalmente laminación en caliente y tratamientos en frío.

En la laminación en caliente, se calientan los lingotes y se introducen en molinos que constan de varios rodillos para producir placas, perfiles estructurales y una gran parte de las varillas de refuerzo para concreto.

Los tratamientos en frío suelen consistir en procesos de estiramiento o torcido. En esta forma se fabrican las varillas de alta resistencia y el acero para preesfuerzo.

Las propiedades del acero pueden mejorarse combinándolo con otros elementos como el cromo, el níquel, el molibdeno, el titanio, el bario y el tungsteno. Los aceros obtenidos así suelen llamarse aceros de aleación. El acero puede contener otros elementos además de los mencionados, aunque en cantidades muy pequeñas, que pueden tener influencias beneficiosas o perjudiciales sobre determinadas propiedades, según la proporción en que se encuentran. Los principales son el silicio, el manganeso, el fósforo y el azufre. Por ejemplo: el fósforo hace que el acero sea quebradizo bajo una carga repentina y el azufre le hace poco resistente o frágil cuando se calienta.

Propiedades Mecánicas.

Las características más importantes del acero se desprenden de las curvas de esfuerzo-deformación obtenidas mediante ensayos de tensión efectuados sobre probetas estándar. Fig. (2.18) Es importante referir los ensayos a probetas es-

tándar puesto que los resultados difieren según el tamaño y la forma de éstas. Se considera que las curvas esfuerzo-deformación en compresión tienen la misma forma que la de tensión.

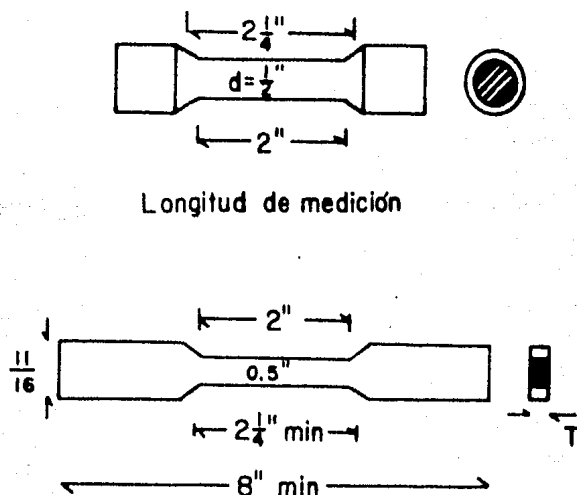
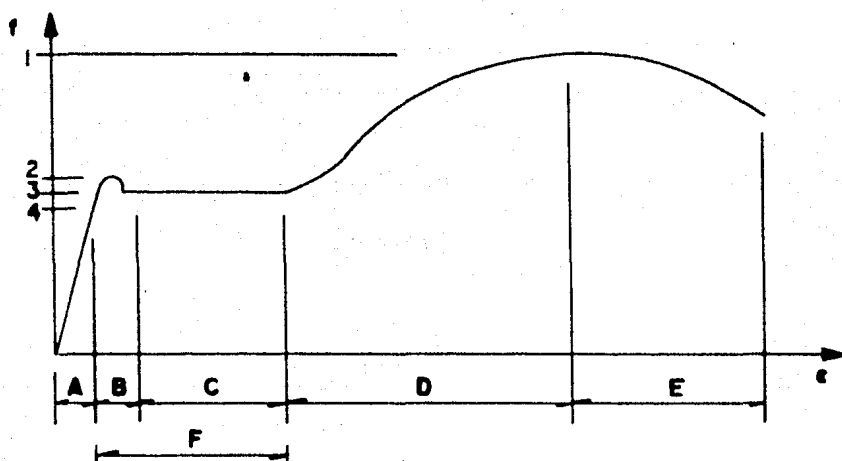


Figura 2.18. Probetas de acero para ensayos estándar de tensión.

Para obtener una gráfica esfuerzo-deformación "nominal" se calculan esfuerzos correspondientes a distintos niveles de carga, dividiendo la fuerza aplicada entre el área original de la sección. Las deformaciones unitarias se obtienen dividiendo el alargamiento entre la longitud original de medición. Las gráficas nominales son las comunmente usadas para describir las características esfuerzo-deformación de los aceros. En las figuras 2.19 y 2.20 se muestran curvas esfuerzo-

deformación nominales típicas.



- 1.- Esfuerzo máximo 2.- Límite de fluencia superior
 3.- Límite de fluencia inferior 4.- Límite de proporcionalidad
 A- Rango elástico B- Flujo plástico restringido
 C- Flujo plástico no restringido D- Endurecimiento por deformación
 E- Estrangulamiento y fractura F- Rango inelástico

Figura 2.19.- Curva Esfuerzo-deformación de un acero laminado en caliente.

Los aceros usados en la construcción pueden dividirse en dos - grupos: Los que tienen un límite de fluencia definido y los que no lo tienen. Pertenecen al primer grupo los aceros laminados en caliente y al segundo los trabaja-

dos en frío.

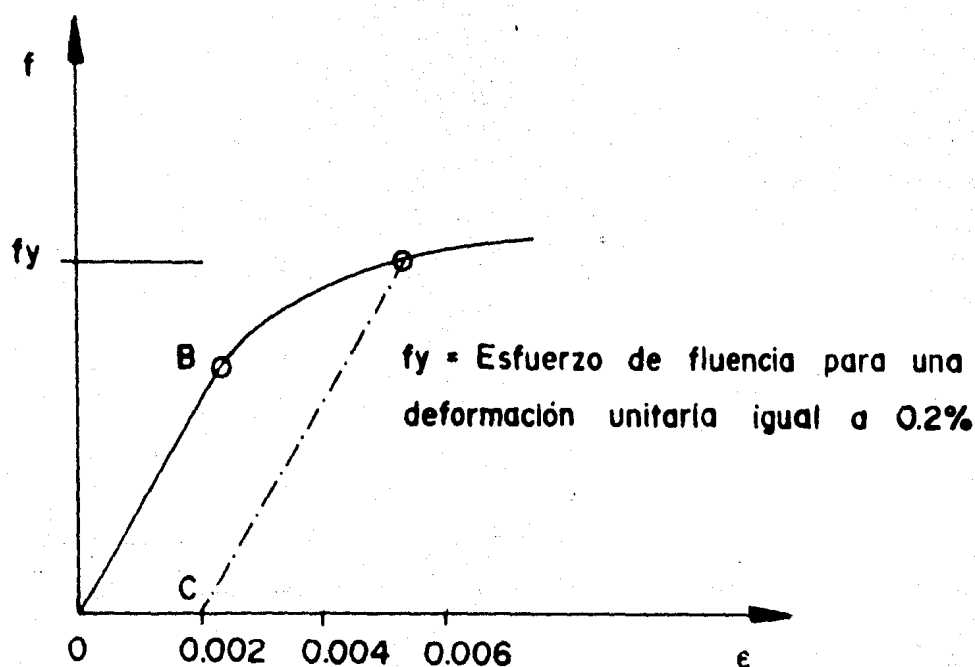


Figura 2.20.- Curva esfuerzo-deformación de acero trabajado en frío.

En la gráfica esfuerzo-deformación del acero laminado en caliente (figura 2.19) se distinguen las siguientes cuatro regiones, en cada una de las cuales el comportamiento del material es diferente del que tiene en las demás: zona elástica, zona plástica, zona de endurecimiento por deformación y zona de estrangulamiento y fractura. La zona plástica puede dividirse en dos subzonas: una de flujo plástico restringido y otra de flujo plástico no restringido. En la primera parte, el material fluye plásticamente, pero sus deformaciones se ven controladas por las del

resto, que permanecen en estado elástico; en la segunda, todo el material se encuentra en estado plástico.

Las gráficas esfuerzo-deformación de los aceros trabajados en frío (figura 2.20) no exhiben una zona de fluencia horizontal.

Los límites de proporcionalidad (punto en el cual el valor del esfuerzo ya no es proporcional a la deformación) y elástico (esfuerzo máximo que puede ser aplicado sin que se produzcan deformaciones plásticas permanentes) difieren poco entre sí, de tal manera que, para fines prácticos se acostumbra considerar que son iguales.

El punto donde el acero cambia del estado elástico al estado plástico, o sea donde empieza a fluir el acero se le llama límite de fluencia. La forma de distinguir este límite es distinta según la clase de acero. En los aceros laminados en caliente la zona de fluencia está claramente definida (figura 2.19).

En aceros trabajados en frío, que no tienen límite de fluencia definido, suele fijarse un límite de fluencia convencional que indica donde la curva esfuerzo-deformación cambia de pendiente en forma apreciable. Una recomendación típica consiste en considerar como límite de fluencia el esfuerzo correspondiente a una deformación unitaria permanente de 0.002 (figura 2.20). Siendo el índice de resistencia más comunmente utilizado para identificar un acero, el esfuerzo de fluencia.

La resistencia a fuerza cortante directa es importante y puede considerarse que es del orden del 75% de la resistencia a la tensión.

El módulo de elasticidad correspondiente a las porciones rectas en la zona elástica de las curvas esfuerzo-deformación varía poco según el tipo de acero y puede tomarse igual a $2 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$. El módulo de Poisson (Relación de la deformación transversal entre la deformación longitudinal) varía entre 0.25 y 0.33.

El acero es uno de los materiales de construcción que posee un mayor grado de ductilidad (capacidad para deformarse antes de fallar) la cual disminuye al aumentar su resistencia. Esto significa que también su tenacidad o capacidad para absorber energía es grande, lo que constituye una de sus principales ventajas.

Existen varios métodos para medir la dureza del acero. Dos de los más comunes son la prueba de Brinell y la prueba Vickers. El procedimiento Brinell consiste en comprimir una bola de acero duro sobre el material en cuestión y medir la impresión que deja sobre dicho material, siendo similar el procedimiento Vickers, pero en este caso la impresión se hace por medio de una pirámide invertida de cuatro lados.

Las medidas de la dureza sirven no solamente para cuantificar la resistencia a la penetración del acero, sino también para estimar su resistencia a la tensión. Una propiedad afín a la dureza es la maquinabilidad o facilidad con que se trabaja el acero. Se mide por ensayos de diversos tipos. Uno de ellos consiste en medir la profundidad que puede alcanzar un agujero perforado con un taladro de características estándar, en un tiempo dado.

Aunque el acero es un material de naturaleza esencialmente dúctil, - en determinadas circunstancias puede tener un comportamiento frágil, llegando a fallar súbitamente, sin deformaciones plásticas previas. De una manera general - puede afirmarse que el comportamiento frágil del acero es propiciado por los siguientes factores:

Temperaturas bajas

Defectos debidos a soldadura incorrecta

Esfuerzos en tensión elevados

Alto contenido de carbono

Aplicación rápida de cargas

Composición química (el fósforo aumenta la fragilidad)

Fatiga. Se presenta cuando una estructura queda expuesta a un número grande de ciclos repetidos de cargas que provocan variaciones frecuentes en la intensidad de los esfuerzos. Cuando el acero está sujeto a fatiga puede fracturarse a esfuerzos muy inferiores a los correspondientes a la rotura bajo cargas estáticas. En la mayoría de los aceros el límite de fatiga corresponde a una vida de fatiga de aproximadamente dos millones de ciclos.

Para tener en cuenta los efectos de la fatiga en el diseño de una estructura suelen considerarse los esfuerzos máximo y mínimo que puedan presentarse en ella así como el número de repeticiones de carga que pueden registrarse durante su vida útil.

Otras propiedades que son de gran utilidad en el cálculo de estructuras son el peso volumétrico y el coeficiente de dilatación térmica. El peso volumétrico del acero se puede tomar como 7.8 ton/m^3 y un valor promedio de coeficiente de dilatación térmica igual a $0.00001/^{\circ}\text{C}$.

Debido al gran desarrollo que han tenido las estructuras de acero y al afán de los diseñadores por buscar estética en aquellas, se ha tenido que recurrir a elementos compuestos para formar perfiles estructurales que resulten más adecuados al diseño y que no es posible encontrar en el mercado. Es por ésto que una de las propiedades más útiles del acero es la posibilidad de unir elementos estructurales, de este material, por medio de soldadura.

La resistencia a la corrosión de la mayoría de los aceros utilizados para fines estructurales es baja. Esto significa la necesidad de proporcionar protección a las estructuras de acero expuestas a agentes corrosivos tales como el oxígeno, el vapor de agua, los sulfuros y otros. La protección puede consistir en algún tratamiento superficial o en la aleación con algún elemento que comunique propiedades anticorrosivas al acero. Los tratamientos superficiales consisten en pinturas especiales a base de plomo, aluminio o compuestos de cromo, o en revestimientos de cinc o productos asfálticos. Este tipo de protección suele deteriorarse con el tiempo de manera que es necesario prever un servicio de mantenimiento. La aleación con elementos tales como el cobre y el cromo (acero inoxidable), por el contrario, proporciona una protección permanente.

Aunque el acero es un material incombustible, sus propiedades resisten

tes se deterioran considerablemente bajo temperaturas altas. Por lo tanto es necesaria proteger las estructuras de acero contra los efectos de los incendios. Para mejorar la resistencia del acero al fuego puede protegerse con revestimientos de concreto, yeso, vermiculita, asbesto y ciertas pinturas especiales.

El acero es uno de los materiales estructurales más usados a pesar de su alto costo volumétrico. Su alta resistencia específica, que se puede definir como la relación entre la resistencia del material, en Kg/cm^2 , y su peso volumétrico, en kg/cm^3 y también su reducido coeficiente económico resistente en tensión que es el costo del material necesaria para soportar una carga unitaria en una longitud unitaria, lo hacen especialmente útil en elementos sujetos a este tipo de esfuerzo.

Usos

Los elementos de acero se prestan a la prefabricación, lo que disminuye los tiempos de construcción. Las estructuras de acero pueden fácilmente ampliarse o modificarse y cuando es necesario demolerlas, se recupera una parte de su valor inicial vendiendo las piezas como chatarra o para ser utilizadas en nuevas estructuras.

Una desventaja del acero es su alto costo de conservación. El costo de pintar las estructuras metálicas periódicamente para evitar la corrosión puede ser importante, ya que al costo de conservación se suma el costo relativamente elevado de las pólizas de seguro por la escasa resistencia de acero a los efectos de los incendios.

tes se deterioran considerablemente bajo temperaturas altas. Por lo tanto es necesario proteger las estructuras de acero contra los efectos de los incendios. Para mejorar la resistencia del acero al fuego puede protegerse con revestimientos de concreto, yeso, vermiculita, asbesto y ciertas pinturas especiales.

El acero es uno de los materiales estructurales más usados a pesar de su alto costo volumétrico. Su alta resistencia específica, que se puede definir como la relación entre la resistencia del material, en Kg/cm^2 , y su peso volumétrico, en kg/cm^3 y también su reducido coeficiente económico resistente en tensión que es el costo del material necesario para soportar una carga unitaria en una longitud unitaria, lo hacen especialmente útil en elementos sujetos a este tipo de esfuerzo.

Usos

Los elementos de acero se prestan a la prefabricación, lo que disminuye los tiempos de construcción. Las estructuras de acero pueden fácilmente ampliarse o modificarse y cuando es necesario demolerlas, se recupera una parte de su valor inicial vendiendo las piezas como chatarra o para ser utilizadas en nuevas estructuras.

Una desventaja del acero es su alto costo de conservación. El costo de pintar las estructuras metálicas periódicamente para evitar la corrosión puede ser importante, ya que al costo de conservación se suma el costo relativamente elevado de las pólizas de seguro por la escasa resistencia de acero a los efectos de los incendios.

Los aceros utilizados para la fabricación de placas y perfiles estructurales suelen obtenerse por procesos de laminación en caliente y por lo tanto tienen un límite de fluencia definido. Los valores usuales del límite de fluencia varían entre 2,300 y 3,500 kg/cm² sin embargo hay algunos aceros con aleaciones o tratamientos especiales, que alcanzan resistencias mayores.

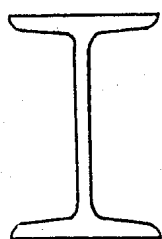
Los dos tipos más comunmente usados en México son el A7 y el A36, - cuyas características principales se muestran en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS ACEROS A7 y A36.

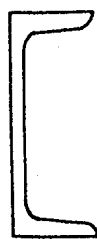
Tipo	Esfuerzo de fluencia (kg/cm ²)	Resistencia a Tensión (kg/cm ²)
A7	2530	4200 - 5240
A36	3420	4200 - 5600

El tipo A36, además de tener un límite de fluencia superior al del A7, es de calidad más uniforme y tiene características de soldabilidad superiores. La tendencia actual de los productores en México es fabricar exclusivamente el tipo A36. En la figura 2.21, se muestran algunos perfiles y placas comunmente usados en México y en la figura 2.22, se presentan algunos tipos de secciones compuestas que se pueden fabricar con ellos.

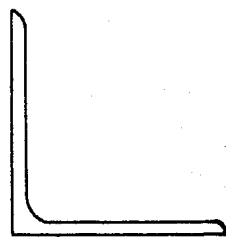
Recientemente se ha empezado a utilizar también una lámina delgada trabajada en frío para la fabricación de perfiles ligeros. Estos perfiles se obtienen mediante dobleces de lámina, y en algunas secciones típicas aparecen en la figura 2.23.



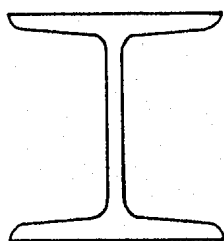
Vigas I



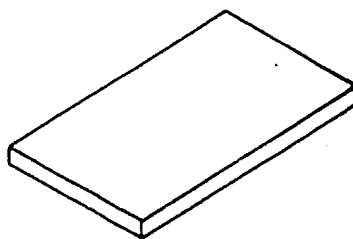
Canales



Angulos



Viga H



Placas

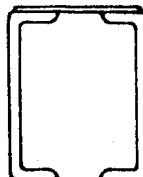
Fig. 2.21 Perfiles laminados y placas comunmente fabricadas en México.



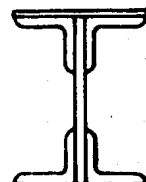
**Sección compuesta
de placas soldadas**



**Sección compuesta
de canales soldados**



**Sección compuesta
de canales y placas**



**Sección compuesta
de angulo y placas
remachadas**

Fig. 2.22 Ejemplos de secciones compuestas.

El acero utilizado es un acero trabajado en frío con resistencia última de 4400 - - kg/cm^2 y un límite de fluencia convencional de 3500 kg/cm^2 , aproximadamente.

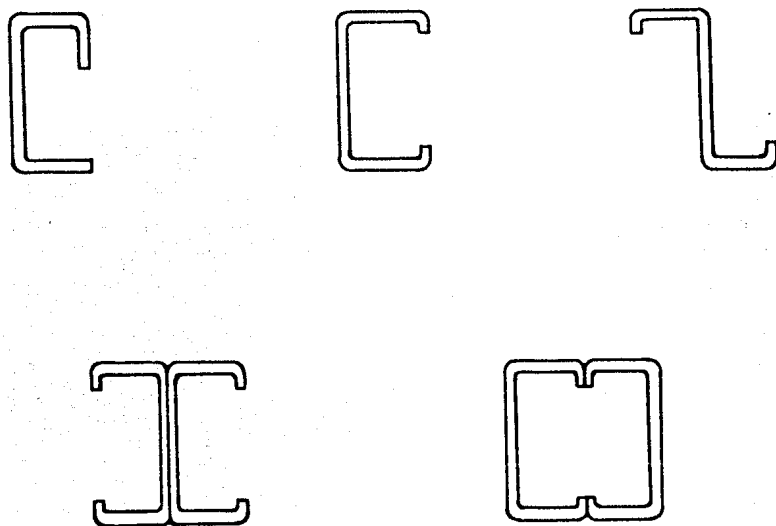


Fig. 2.23. Perfiles de lámina doblada de acero mon-ten.

Los tubos de acero tienen muchas aplicaciones estructurales de interés y en México los diámetros más comunes varían de 8.9 cm a 32.4 cm, y los espesores, de 0.55 cm a 2.54 cm.

Las varillas para concreto reforzado se hacen tanto de acero laminado en caliente como de acero trabajado en frío. Los diámetros usuales de las varillas producidas en México varían de 1/4" a 1 1/2". Todas las varillas con excepción del alambón de 1/4", tienen corrugaciones en la superficie para mejorar su adhe-

rencia con el concreto. En el país se cuenta con una variedad relativamente gran de de acero de refuerzo, pudiendo obtener varillas laminadas en caliente con lími tes de fluencia desde 2300 a 4200 kg/cm² y en acero trabajado en frío con límites de fluencia de 4000 a 6000 kg/cm².

Se ha generalizado el uso de mallas como refuerzo de losas, muros y - algunos elementos prefabricados. Estas mallas están formadas por alambres lisos uni dos por puntos de soldadura en las intersecciones y el acero empleado es del tipo - trabajado en frío, con esfuerzos de fluencia del orden de 5000 kg/cm². El espa-- ciamiento de las varillas varía de 5 a 40 cm y los diámetros de 2 a 7 mm aproxima damente.

El acero que se usa en estructuras presforzadas es de resistencia fre - cuentemente superior a la de los aceros descritos anteriormente, llegando a tener - resistencias últimas que varían entre 14000 y 22000 kg/cm² y un límite de fluen-- cia, definido por el esfuerzo correspondiente a una deformación permanente de - - 0.002, entre 12000 y 19000 kg/cm². Puede consistir en alambres lisos de 2 a 7 - mm, en torones formados por varios alambres, con diámetros nominales de 1/4" a - 1/2", o en barras, que pueden alcanzar diámetros de 2 a 3 cm o aún más.

También se fabrican cables que están formados por torones de alambre de acero enrollados en torno a un núcleo denominado alma, que puede ser de ace - ro o de fibra. Los torones consisten en conjuntos de alambres trenzados y las com binaciones más usuales son las 6 x 7, 6 x 19 y 6 x 37. En esta nomenclatura el - primer número indica el número de torones del cable y el segundo, el número de - alambres de cada torón.

EJEMPLO No. 2.3

COSTO MATERIAL EN OBRA: FIERRO (varilla) CORRUGADA ALTA-RESISTENCIA, $f_s = 2,000 \text{ kg/cm}^2$. EN LARGOS COMERCIALES DE DOCE METROS.

Diámetro		Precio de adquisición en fábrica
5/16"	--- 7.9 mm	\$ 2,550.00/ton.
3/8"	--- 9.5 mm	2,460.00/ton.
1/2 "	--- 12.7 mm	2,430.00/ton.
5/8 "	--- 15.9 mm	2,410.00/ton.
3/4 a 1 1/2"	-- 19.1 a 38.1 mm	<u>2,400.00/ton.</u>
	SUMA	12,250.00/ton.

Cantidad que dividida entre 5 nos dá:

$$\text{Promedio} = \$ 12,250.00/5 = \$ 2,450.00/\text{ton.}$$

Que constituye el precio de adquisición promedio en fábrica.

Número de kilos de alambre recocido que se emplean para habilitar 1-tonelada de fierro, son 30 kilos (cantidad aproximada).

Precio de adquisición en obra de
alambre recocido # 18 \$ 3.20/kg.

Nota. La cantidad de kilos de alambre recocido varía según el calibre que se emplee y según el fierro que se habilite; oscila entre 25 y 35 kilos por tonelada de fierro habilitado.

Obtención del costo:

Costo varilla alta resistencia

en fábrica = \$ 2,450.00/ton.

Alambre recocido # 18 para amarres:

\$ 3.20/kg. x 30 kg/ton de fierro = 96.00/ton.

Flete material de la fábrica a la -

obra, (carga, descarga y transporte). = 22.00/ton.

SUMA = 2,568.00/ton.

Desperdicios (ganchos, traslapes, -

utilización): $16.6\% = 0.166 \times -$

\$ 2,568.00(ver tabla No. 2.3) = 426.04/ton.

COSTO MATERIAL EN OBRA INCLUYENDO

DESPERDICIOS POR UTILIZACION..... = \$ 2,994.04/ton.

A continuación se presenta una tabla de desperdicios para los distintos diámetros de varilla; no se debe olvidar que la variación de desperdicios depende fundamentalmente del elemento o elementos constructivos en que se va a utilizar el fierro (varilla). La presente tabla es para lasas de concreto reforzado y es aproximada.

DIAMETRO	D E S P E R D I C I O S			
	GANCHOS %	TRASLAPE %	UTILIZACION %	TOTAL %
5/16" (7.9mm)	4.3	1.6	3.3	9.2
3/8" (9.5mm)	4.3	1.9	3.3	9.5
1/2" (12.7mm)	5.0	2.5	3.3	10.8
5/8" (15.9mm)	6.0	3.2	3.3	12.5
3/4" (19.1mm)	6.7	3.8	3.3	13.8
7/8" (22.2mm)	8.7	4.4	3.3	16.4
1" (25.4mm)	11.0	5.1	3.3	19.4
1 1/8" (28.6mm)	12.7	5.7	3.3	21.7
1 1/4" (31.8mm)	14.3	6.4	3.3	24.0
1 1/2" (38.1mm)	17.7	7.6	3.3	28.6
PROMEDIO	9.1	4.2	3.3	16.6

TABLA 2.3

DIAMETRO VARILLA	LONGITUD GANCHO .
5/16" (7.9mm)	13 cm.
3/8" (9.5mm)	13
1/2" (12.7mm)	15
5/8" (15.9mm)	18
3/4" (19.1mm)	20
7/8" (22.2mm)	26
1" (25.4mm)	33
1 1/8" (28.6mm)	38
1 1/4" (31.8mm)	43
1 1/2" (38.1mm)	53

TABLA 2.4

Los porcentajes de desperdicio por ganchos, del tipo 180°, se obtuvieron en base a una longitud promedio a emplearse de 6 m y los ganchos extremos - necesarios para cada varilla de la tabla 2.4.

Aluminio

Se encuentra en la naturaleza en cantidades importantes pero contami-
nado con impurezas y otros elementos, formando minerales de muy diversa compo-
sición. El mineral más comúnmente usado en los procesos de obtención de alumi-
nio es la bauxita, que contiene de 50 a 60% de óxido de aluminio.

En la mayoría de sus aplicaciones el aluminio se utiliza en aleación -
con otros elementos, ya que en estado puro es poco resistente y excesivamente -
blando. Para obtener estas aleaciones la bauxita debe someterse a un proceso bas-
tante complejo.

Fabricación

La primera etapa de la fabricación consiste esencialmente en un trata-
miento, en que intervienen sosa cáustica y vapor, que dá como resultado un óxido
de aluminio prácticamente puro. Este óxido se somete a un proceso de reducción,
obteniéndose aluminio metálico, también casi puro. La reducción se efectúa por-
un proceso electrolítico que requiere un gran consumo de energía eléctrica. El --
aluminio fundido obtenido por este proceso, se vierte en moldes donde se forman -
lingotes y estos lingotes vuelven a fundirse para combinarlos con otros elementos y
obtener nuevos lingotes de diversos tipos de aleaciones.

Las aleaciones usuales son a base de combinaciones de magnesio, man-
ganoso, silicio, cinc y cobre. Todas ellas tienen resistencias muy superiores a la-
del aluminio puro y suele distinguirse entre aleaciones "comunes", que no admiten -

tratamientos térmicos para aumentar la resistencia y aleaciones "resistentes" que si las admiten. La fabricación de las aleaciones "comunes" a veces implica tratamientos en frío para aumentar la resistencia.

De acuerdo con el método de fabricación los productos pueden clasificarse en dos grandes grupos: los que reciben algún tipo de tratamiento mecánico durante su fabricación y los que se obtienen por fundición.

Los productos obtenidos por medio de tratamientos mecánicos son posibles debido a que las aleaciones de aluminio admiten todos los tratamientos usuales en la elaboración de productos de acero, para dar forma a los perfiles requeridos y mejorar sus características resistentes. Se tiene así: laminación en caliente o en frío, estirado en frío y forjado. Además, la gran formabilidad de las aleaciones de aluminio permite el empleo de métodos de extrusión gracias a los cuales se pueden fabricar de manera económica secciones muy complicadas. El proceso de extrusión consiste en someter lingotes calientes a una presión alta que obliga al material a pasar en una condición plástica a través de un orificio. Por este procedimiento pueden obtenerse secciones de cerca de 400 cm^2 de sección transversal, siempre que el perfil pueda inscribirse dentro de un círculo con un radio no mayor de 60 cm y si se requieren perfiles mayores es necesario recurrir a la laminación.

La mayor parte de los perfiles utilizados para fines estructurales se fabrican por el tratamiento mecánico de aleaciones "resistentes" a base de magnesio y silicio.

Los productos de fundición se obtienen vertiendo la aleación fundida-

en moldes de arena, yeso o metal. Una variante consiste en forzar la aleación fundida dentro de un molde de acero por medio de presión.

El proceso de fundición se utiliza para la producción de elementos decorativos y arquitectónicos de muy diversa naturaleza y no suele aplicarse a la fabricación de elementos estructurales.

Es de especial interés la formabilidad o facilidad con que pueden trabajarse las aleaciones de aluminio, lo que permite la producción de perfiles mucho más complicados que las que son posibles en acero.

Propiedades Mecánicas.

Son semejantes a las de los aceros trabajados en frío, que no tienen límite de fluencia definido. En la figura 2.23 se muestran dos gráficas esfuerzo-deformación correspondientes a aleaciones de aluminio comúnmente utilizadas para aplicaciones estructurales y al igual que en el acero, las características esfuerzo-deformación en compresión como en tensión, son semejantes.

Las resistencias últimas de las aleaciones comunes varían entre 1800 - kg/cm^2 y 5000 kg/cm^2 , como en los aceros trabajados en frío, el esfuerzo de fluencia se define como el esfuerzo correspondiente a una deformación unitaria permanente de 0.002 y los valores típicos de las aleaciones comunes varían de menos de 1000 kg/cm^2 a 4000 kg/cm^2 , con una resistencia a fuerza cortante de aproximadamente un 60% de la resistencia a la tensión.

El módulo de elasticidad correspondiente a la porción recta de las curvas esfuerzo-deformación varía entre $7 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ y $7.5 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$, o

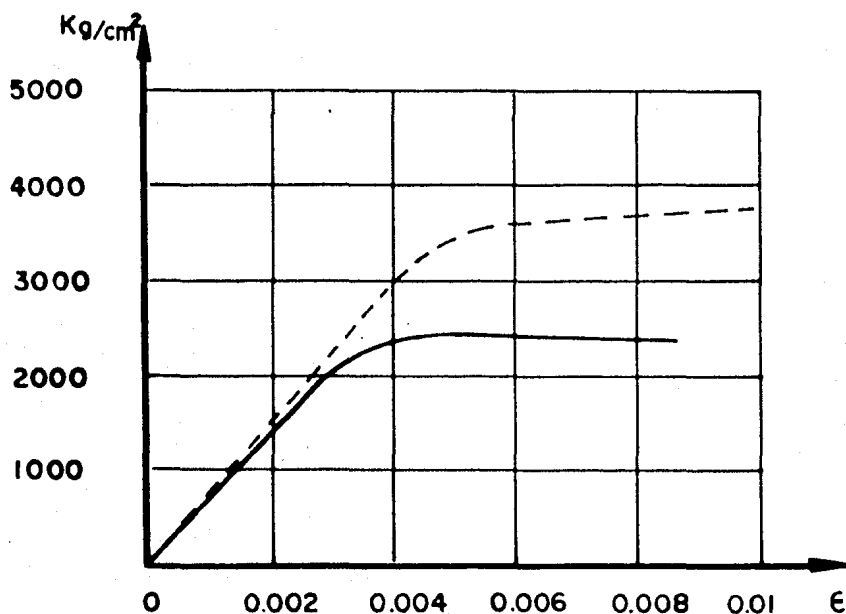


Figura 2.23 Curvas esfuerzo-deformación en tensión de dos aleaciones de aluminio típicas.

sea, aproximadamente una tercera parte que el del acero. Esto significa que bajo una carga dada una estructura de aluminio se deformará tres veces más que una de acero.

La ductilidad de las aleaciones de aluminio es comparable a la del acero y éstas aleaciones son superiores al acero en cuanto a formabilidad, maleabilidad y maquinabilidad. Así mismo, la resistencia a la fatiga es alta, a lo cual se debe que uno de sus principales usos sea en la fabricación de estructuras de aviones, por estar sujetos a fuertes vibraciones.

Otras propiedades importantes son el peso volumétrico y el coeficiente de dilatación térmica. Una de las principales ventajas del aluminio es su poco peso volumétrico de 2.8 ton/m^3 , o sea, pesa aproximadamente 2.8 veces menos que el acero.

La mayor parte de las aleaciones de aluminio pueden soldarse, aunque con mayor dificultad que el acero. La operación de soldar suele debilitar las piezas unidas y por otra parte el material de la soldadura es siempre más débil que el de las piezas que se desea ligar.

La resistencia del aluminio puro es muy alta a la corrosión, pero aleado con otros metales esta resistencia disminuye, aunque de todos modos es superior a la de los aceros estructurales ordinarios, de manera que es frecuente el empleo de las aleaciones de aluminio sin protección de ninguna especie.

La corrosión de las aleaciones de aluminio puede deberse a tres causas: la acción de la atmósfera, el contacto con ciertos productos químicos y los fenómenos de tipo electrostático o galvánico, que se presentan cuando el aluminio está en contacto con otros metales en un ambiente húmedo. Para evitar la corrosión electrostáticas, el acero y el aluminio en las estructuras, deben mantenerse separados por medio de materiales no conductores.

En México se fabrican elementos de aluminio extruidos, tales como los mostrados en la figura 2.24. Así como también los perfiles utilizados para fines estructurales y que se fabrican por el tratamiento mecánico de aleaciones resistentes y los cuales son semejantes a los de acero. Se hacen ángulos hasta de ---

10" x 10" x 1/4", vigas I de 12", canales de 15" y placas con espesor hasta de 3" y ancho de 144". También se fabrican tubos, alambres y cables de diversos tipos. En productos de fundición se fabrican postes para parapetos de puentes, elementos de fachada y de ventanería.

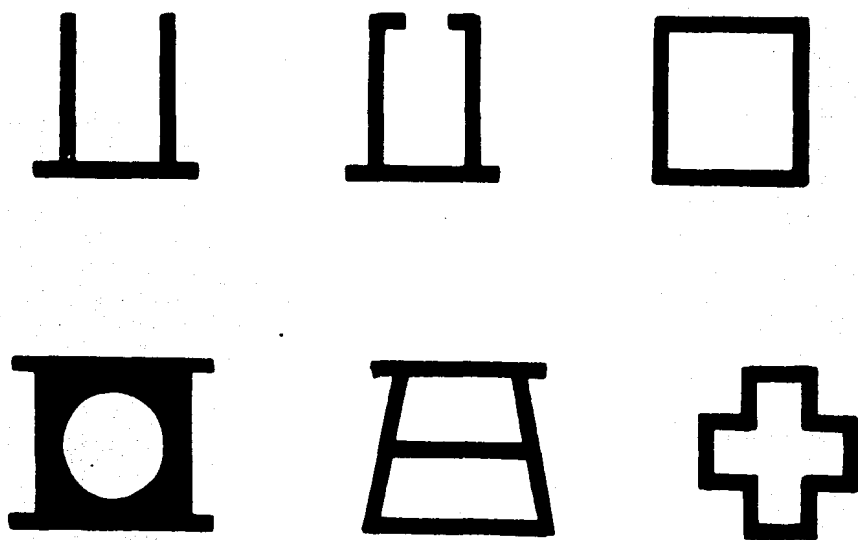


Figura 2.24 Ejemplo de secciones extruídas de aluminio.

Metálicos en General.

Cobre

Obtención.

Varían los procedimientos según la naturaleza de los minerales. Los -

óxidos y carbonatos se mezclan con fundentes y reducen con carbón en hornos de reverbero (aquél cuya plaza está cubierta por una bóveda que reverbera o refleja el calor).

Los minerales sulfurados se pueden tratar por vía seca, tostándolos en hornos de reverbero para que se volatilice el azufre y arsénico, transformándose el sulfuro de hierro en óxido y el cobre se oxida parcialmente, obteniéndose una mezcla de sulfuros y óxidos de cobre y hierro.

Por vía húmeda se obtiene el cobre a partir de piritas pobres en cobre, exponiéndolas al aire húmedo para que se oxiden, formando sulfato férrico que transforma el sulfuro de cobre en sulfato, precipitando el cobre con chatarra de hierro, en forma pulverulenta, llamado cobre de cementación.

Afinado Del Cobre.

Tiene por objeto eliminar las impurezas, como el níquel, arsénico, estaño, fósforo, plomo, oxígeno, azufre, selenio y bismuto, por hacer quebradizo el metal, tanto en frío como en caliente, dificultando la laminación y obtención de alambre e hilos.

Propiedades.

El cobre es un metal de color rojo característico; blando, dureza 3 de la escala de Mohs. Densidad, 8.9. Punto de fusión $1,084^{\circ}\text{C}$. Gran conductor del calor y electricidad Coeficiente de dilatación lineal, 0.00008. Es muy dúctil, maleable y tenaz, pudiendo obtenerse hilos muy finos y láminas. Es muy fle-

xible y se puede forjar, laminar y prensar en frío y caliente.

Su resistencia a la tensión llega a $4,500 \text{ kg/cm}^2$ y $6,000 \text{ kg/cm}^2$ a la compresión.

El cobre puro es inoxidable a la temperatura ordinaria en aire seco y húmedo.

Formas Comerciales.

Se encuentran en el comercio en forma de chapas de dimensiones y es pesos corrientes, en forma de tubos y alambres.

Utilización.

Para revestir cubiertas, decoración, tubería para agua y gas y sobre to do, alambres y cables para conductores eléctricos.

Aleaciones.

Bronce. Son aleaciones de cobre y estaño en diversas proporciones. - Son muy resistentes a los agentes atmosféricos, a las aguas ácidas y alcalinas, alcanzan grandes resistencias mecánicas.

Latón. Son las aleaciones de cobre y zinc, las cuales tienen diverso color, según la proporción. Se emplea en alambres, tornillos, herrajes y chapas.

Alpaca o metal blanco. Son aleaciones de cobre, níquel y zinc principalmente llamándose también argental. Tiene color blanco argentino y gran brillo, que no pierde por la acción de la atmósfera y ácidos orgánicos débiles, por lo

que se emplea para la fabricación de herrajes, objetos artísticos, etc.

Plomo

Obtención.

Se prepara casi todo a partir del sulfuro de plomo, por el procedimiento de tostación, pasando el plomo a óxido, el cual es después sometido a una fusión reductora en presencia de coque o carbón vegetal.

Propiedades.

El plomo es un metal blanco azulado, con brillo metálico intenso recién cortado, empañándose al contacto del aire y tomando un color gris. Es el más blando de los metales pesados, rayándose con la uña. Es muy maleable, pudiendo laminarse en finas hojas y estirarse en alambres.

El aire seco no le ataca, pero en el húmedo se oxida rápidamente, en su superficie. Es muy resistente a los ácidos y álcalis.

El plomo blando se alea con el antimonio volviéndose más duro; es menos flexible y más resistente. El plomo blando resiste $1,500 \text{ kg/cm}^2$ a la tensión y el duro $3,000 \text{ kg/cm}^2$. A la compresión 3,000 y 5,000 respectivamente.

Aplicaciones.

En forma de chapas para cubiertas, tubos para gas y agua, emplomado de otros metales, alambres y varillas.

Zinc

Obtención.

La principal fuente de zinc es el mineral llamado blenda de zinc. En el proceso de refinación del mineral, los pasos a seguir son: calentamiento en presencia de aire, lo cual convierte al azufre en dióxido de azufre quedando óxido de zinc; éste es calentado después con carbono y reducido a zinc metálico.

Propiedades.

El zinc es un metal de color gris azulado, brillante. Densidad aproximada de 7.1 y punto de fusión de 419°C . Coeficiente de dilatación lineal a 10°C es de 0.000029.

A la temperatura ordinaria, el aire seco no le altera y en el húmedo se recubre de una capa delgada de carbonato básico hidratado que le protege. Los ácidos y bases le atacan, lo mismo que el yeso, cemento y sus morteros.

Aplicaciones.

El zinc se emplea en construcción en forma de chapas lisas y onduladas para techumbres, canalones, tubos de bajada, cornisas, depósitos, etc.

Forma con el cobre una aleación llamada latón y con el aluminio, estaño, plomo, forma aleaciones para cojinetes. En el revestimiento de otros metales se aplica en estado líquido (galvanizado a fuego) por aspersión, vaporización o por electrólisis.

Estaño

Obtención.

El estaño se obtiene por fusión en hornos de cuba, reverbero o eléctrico y se purifica o afina por licuación en hornos de reverbero y ebullición en calderas.

Propiedades.

El estaño puro es blanco brillante y funde a 232°C . Resistencia a la tensión, 400 kg/cm^2 . Es muy maleable y poco dúctil.

A la temperatura ordinaria el estaño es muy resistente al aire húmedo y seco.

Aplicaciones.

En construcción, el estaño se emplea para recubrir interiormente los tubos de plomo destinados a las conducciones de aguas potables y en forma de aleaciones con el cobre y con el plomo.

2.3.6 LOS LADRILLOS Y LAS CERAMICAS.

La materic prima empleada en la elaboración de ladrillo y cerámica es la arcilla. Esta existe en casi todas partes, su gran disponibilidad como materia prima es indudablemente una ventaja en la industria ladrillera.

Los constituyentes principales de la arcilla son el sílice, la alúmina,-

y los productos hidratados de la descomposición de las rocas aluminosas y silicatadas; la arcilla no es la expresión genuina del terreno de donde procede y la variedad de su origen es la causa de la variedad de sus clases. Esta variedad está aún aumentada por la presencia de elementos extraños a la arcilla, por los cambios en la formación de depósitos y por otras causas determinantes sobre la composición química.

Sobre un mismo yacimiento se encuentran arcillas completamente distintas, unas más magras y otras más grasas.

El constituyente más importante de las arcillas industriales es la arcilla pura que se compone de 47% de sílice, 39% de alúmina y 14% de agua. La arcilla pura constituye propiamente el aglutinante de todos los elementos restantes de las arcillas industriales.

Las arcillas impuras empleadas en ladrillería, son las que contienen mezclas extrañas a la misma y se clasifican en magras y grasas. Las impurezas son las que determinan esta clasificación en función de la mayor o menor plasticidad.

Propiedades de la arcilla.

La bondad de una arcilla para ladrillos depende de diversas circunstancias determinadas por su plasticidad, su capacidad de absorción y cesión de agua, su capacidad aglutinante, su contracción en el secado y cocido y su comportamiento al calor.

Se dice que una arcilla es plástica cuando previa humectación de la

misma, puede con facilidad moldearse bolas que, comprimidas en una dirección -- cualquiera, no originen grieta alguna en la pasta cuando el diámetro sea reducido a su mitad en el sentido de la presión; cuando, arrollada la pasta en cilindro y curvada en forma de anillo no se produzcan tampoco grietas, y cuando, estirada una tira, se deja notar visiblemente una reducción de sección antes de producirse la rotura por tensión.

Una arcilla tiene capacidad aglutinante cuando, húmeda, puede llegar a admitir entre-mezclada en su masa cierta cantidad de materias pulvulentas más o menos granulosas y dejando secar el material obtenido, llega a alcanzar en este estado cierta resistencia mecánica. Las arcillas grasas se caracterizan porque poseen una cierta plasticidad junto a una notable capacidad aglutinante.

La capacidad de absorción de agua está determinada por la mayor o menor facilidad de humectación que produce el esponjamiento de las partículas de arcilla, que detendrán el paso del agua en mayor cantidad cuando la arcilla es grasa, y que dejará paso a aquella cuando ésta es magra. Al secarse, la arcilla cede otra vez el agua, primero la superficial, eliminándose la restante a través -- de los poros de la superficie seca; las arcillas magras secan antes y mejor que las grasas.

La contracción de la arcilla está determinada por la disminución de volumen sufrido en el secado y cochura de las piezas moldeadas; en éstos procesos se reducen los espacios porosos intermedios. Las arcillas grasas se contraen más -- que las magras, a causa de su mayor contenido de partículas esponjables con el --

agua. La contracción prosigue acompañada a la evaporación del agua hasta que llega un momento en que las partículas de arcilla no pueden acercarse más entre sí. El agua evaporada recibe el nombre de agua de contracción, para distinguirla del agua que se desprende después en la cocción, una vez perdida esta agua, la arcilla no vuelve nunca a adquirir su condición plástica.

El comportamiento de la arcilla al calor depende de su contenido en fundentes (ácido silícico, óxido de hierro, magnesita y álcalis). De la mayor o menor cantidad de estos componentes depende un mayor o menor reblandecimiento de la arcilla, reblandecimiento que, pasando por el estado vitrificado, puede llegar a la fusión. Las arcillas pobres en fundentes requieren más calor para su cocción que las ricas.

Se puede determinar si una arcilla es buena o mala según las características de los productos cocidos. El color de estos no es determinante de su bondad.

Proceso de Fabricación.

El tratamiento de las pastas para la obtención de los ladrillos y productos cerámicos consta de las siguientes fases: amasado, moldeado, desecación, cocción, vidriado y esmaltado.

Amasado. Rústicamente se hace vertiendo la arcilla en una pista circular amasándola con los pies o con caballerías, describiendo una espiral desde el

centro hacia la periferia.

Industrialmente, el amasado se hace a máquina mediante molinos o cilindros, aprovechándose la humedad de cantera, o se humedecen ligeramente para poder ser moldeadas.

Moldeo. En esta operación se le da a la arcilla la forma que ha de tener el producto cerámico después de la cocción, pudiendo hacerlo a mano o a máquina. -- En ambos casos hay que dar a los moldes mayores dimensiones, por experimentar las pastas una contracción lineal del $1/10$ a $1/7$ en la desecación y cocción.

Desecación. Tiene por objeto eliminar de la pasta, antes de la cocción el agua de amasado, que viene a ser del 15 al 50% de su peso reduciéndose a un 5%, no pudiéndose disminuir más. La desecación debe practicarse de una manera lenta y gradual, para evitar alabeos y resquebrajaduras, observándose una disminución paulatina de peso y color más claro.

Cocción. En esta fase de la fabricación se hace que la forma de los productos moldeados cerámicos permanezca inalterable, debido a la consistencia pétrea que adquieren por las reacciones que se verifican entre los elementos constitutivos de las arcillas.

Cada clase de producto necesita alcanzar cierta temperatura: en alfarería y tejería, 900° - 1000°C ; loza, de 1000° a 1300°C ; porcelana y productos refractarios, 1300° - 1500°C .

La cocción de los productos cerámicos se verifica, industrialmente en

hornos intermitentes o continuos.

Vidriado y esmalte. El vidriado tiene por objeto el cubrir con una capa vítrea la superficie de los productos cerámicos para hacerlos impermeables a los líquidos, fáciles de limpiar, y por los esmaltes se les comunica diversas coloraciones.

Existe una gran variedad de ladrillos, tabiques, bloques, tanto en formas comerciales como en calidad referida a su resistencia, apariencia y peso, dependiendo de la fábrica que lo elabora. Se mencionan a continuación los diversos productos en función de la materia prima y de su tratamiento dado:

Adobe

El adobe es el más humilde de los materiales hecho con arcilla y el -más elemental en lo que a su fabricación respecta. El defecto principal del ado-be es su poca resistencia al desgaste y al salitre.

Se fabrica en dos tamaños diversos denominados el primero "de marca" que mide 9 x 42 x 56 cm, el segundo de "media marca" que mide 9 x 28 x 42 cm. El peso por m^3 es aproximadamente 1800 kg y su resistencia a compresión es, poco más o menos, de 1 kg/cm^2 . Así pues, es un material que no se puede usar en mu-ros de más de dos pisos de altura en que ya se obtiene la fatiga máxima en muchos casos.

Ladrillo y Tabique de Barro Común

Este material ha sido empleado desde época inmemorial, y su uso ha sido constante a través de los siglos.

Hay tres clases de tabique: el tierno de un color anaranjado, color que puede deberse a falta de cocción o por que tenga más arena que la indicada; el recocho, que es de un color amoratado, debido a un exceso de cocción y que por lo general es un tabique deforme; y, finalmente, el recocado, que es el de mejor calidad, de un color rojo parejo en el cual la cocción ha sido uniforme y es el que — más ventajas presenta para su uso. La resistencia a la compresión de estos tabiques varía de 20 kg/cm^2 a 100 kg/cm^2 .

Un buen tabique debe tener las siguientes cualidades: ser uniforme de color y textura, uniforme de cocción, de dimensiones, sonoro, y tener un porcentaje de un 15 a 20% de absorción de humedad.

La medida de los tabiques más usados en México es de $7 \times 14 \times 28 \text{ cm}$. teóricos, pues en realidad son un poco más pequeños. El ladrillo o loseta se fabrica en tamaños de $2 \times 14 \times 28 \text{ cm}$ teóricos. Se ha dado la anterior denominación, — pues así es como se conocen en la ciudad de México estos materiales; el ladrillo — es el de menor tamaño y es una verdadera loseta, y el tabique es el que generalmente se conoce en otras partes con el nombre de ladrillo.

Tabiques de Barro Comprimido.

La aplicación de estos tabiques es muy variada, siendo actualmente —

muy usados en pisos, muros, recubrimientos de muros, en repisones de ventanas y - en general, en todos aquellos lugares en que se quiera tener un material aparente de barro de buena calidad que anule, por decirlo así, los gastos de conservación - del mismo.

Existen también tabiques huecos de barro comprimido donde los huecos se utilizan como ductos, así como para colar en ellos y formar viguetas que servirán como "serramientos" en puertas y ventanas.

La resistencia a la compresión de un tabique hueco vertical es del orden de 150 kg/cm^2 , mientras que el de un tabique hueco horizontal es del orden de 70 kg/cm^2 y la de un tabique macizo es del orden de 170 kg/cm^2 .

Bloque de Barro Comprimido.

La aplicación de estos bloques es indicada en todas aquellas construcciones en que se quiera obtener muros resistentes y de agradable apariencia. Su acabado aparente y definitivo elimina totalmente los gastos de conservación, por lo que es muy generalizado su uso en edificios públicos, tales como: escuelas, mercados, hospitales, centros deportivos, etc.

Los tipos estructurales con perforación vertical, permiten la facilidad de colocar castillos armados sin necesidad de cimbras, ofreciendo la facilidad de colocar dentro del muro líneas de conducción de agua, tuberías de gas o de electricidad. Asimismo presenta la ventaja de ser los muros aislantes, térmicos y acústicos.

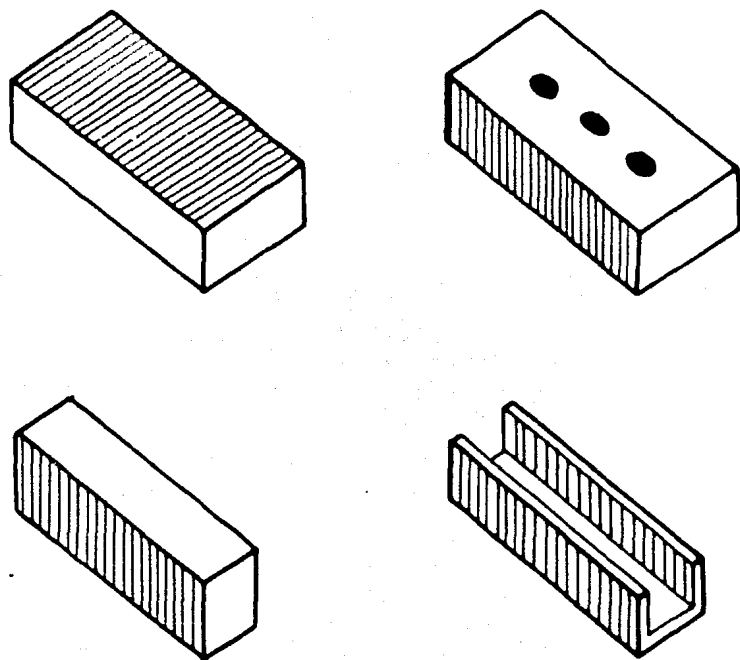
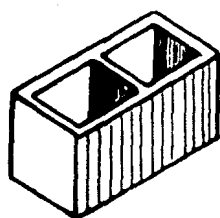


Figura 2.25 Tabiques de barro comprimido.

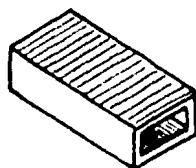
Los tipos estructurales de perforación horizontal se emplean principalmente en todas las construcciones donde se requieran ciertas cualidades acústicas— como cines, hospitales, condominios, etc.

Ladrillos y Baldosas de Barro Comprimido.

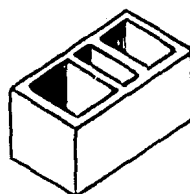
El ladrillo se utiliza para recubrimiento de azoteas. En techos inclinados de una o dos aguas se recomienda poner el enladrillado traslapado. En pisos de patios, garages, terrazas, etc. Existen múltiples diseños.



**Block perforado
vertical rojo**



**Block hueco
horizontal**



**Block perforado
vertical**

Figura 2.26 Bloques de barro Comprimido.

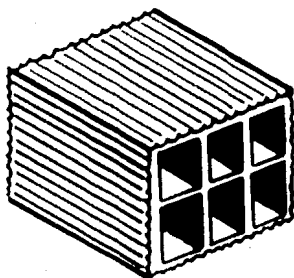
Las baldosas se emplean en pisos de patios, garages, terrazas, jardines y en interiores cuando se desea un aspecto colonial mexicano.

El peso por pieza del ladrillo es de 1 Kg y su resistencia a la compresión es del orden de 170 Kg/cm^2 . Mientras que el peso por pieza de una baldosa es de 3 Kg. en promedio y su resistencia a la compresión es también de 170 Kg/cm^2 .

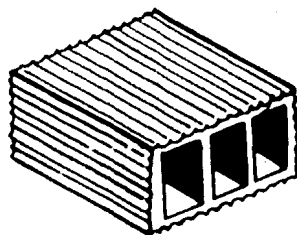
Bloques Huecos de Barro Prensado.

Estas piezas, desde luego, pueden ser usadas para la construcción de muros obteniéndose con ello las ventajas de ligereza, aislamiento acústico y térmico.

Son también muy usadas en losas nervadas, en la que se obtiene aparte de su ligereza, un ahorro en fierro, concreto y cimbra.



Barro block rojo



Barro block rojo

Figura 2,27. Bloques Huecos de Barro Prensado.

Bloques y Losetas de Barro Esmaltado.

Los usos de estos materiales, son para la construcción o recubrimiento de muros, tanto interiores como exteriores, en los cuales, debido a su acabado esmaltado, su duración es indefinida y su mantenimiento o conservación nula. Esto los hace recomendables para usarlos en cualquier tipo de construcción, aún en las que se encuentren los muros sometidos a un fuerte desgaste o mal trato.

Tabique refractario.

Es muy importante hacer notar que todos estos materiales no sufren con

tracciones por ser de arcilla quemada a 850°C . Su uso será principalmente industrial; para forro de chimeneas, calderas, hornos, etc. No es muy recomendable para pisos ni escaleras, por tener un coeficiente muy alto de desgaste.

Tabiques Prensados de Cemento.

Reportan las ventajas de una duración indefinida debido a la alta calidad de sus materiales y los colores son firmes a la intemperie y no están sujetos a la erosión ya que el tiempo ni las decolora ni las descascara y están impermeabilizadas a prueba de agua y humedad.

Tabiques de Cal Comprimidos.

Desde hace 50 años los ladrillos silico-calcáreos han dado resultados excelentes en la construcción de viviendas y edificios industriales. Sus características son superiores en todos conceptos a los tabiques de barro recocido, así como a los ladrillos de concreto y los han venido colocando en un lugar preferente en la construcción en casi todos los países europeos.

Productos Cerámicos.

La cerámica es uno de los materiales de construcción más antiguos que se conocen. Su uso clásico ha sido para pisos, ya que no absorbe líquidos, no se mancha, es incombustible, se limpia fácilmente y tiene una gran duración debido a la resistencia propia del material. En la actualidad su uso se ha extendido aún-

más y ya se usa también como material de recubrimiento, tanto en muros como en columnas.

Las cerámicas se fabrican en dos tipos: esmaltada e integral.

Gracias a la actual demanda que existe en el mercado de cerámica ha sido posible que los fabricantes hayan logrado poner este material al alcance de to dos, al reducir los costos de fabricación.

2.3.7 LAS PINTURAS, LAS RESINAS, LOS PLASTICOS Y LOS SELLADORES.

Las Pinturas.

Son mezclas líquidas, generalmente coloreadas, que, aplicadas por ex tensión, pulverización o inmersión, forman una capa o película opaca (que no per mite el paso de la luz) en la superficie de los materiales de construcción, a los -- cuales protege y decora.

Las pinturas están constituídas por un pigmento sólido y el aglutinante o vehículo líquido, formando ambos una dispersión. Las pinturas se clasifican por:

- A) El color y naturaleza de los pigmentos
- B) El aglutinante o vehículo
- C) El papel que desempeñan

A) Los pigmentos son cuerpos sólidos, finamente pulverizados, insolu bles en el aglutinante o vehículo, siendo su misión la de colorear, dar consisten-- cia y facilitar el secado de la pintura. Los pigmentos, por su origen, se clasifican

en naturales y artificiales, y por su naturaleza, en minerales y orgánicos (vegetal y animal).

Según la misión que desempeñan en la pintura, se les clasifica en colorados u opacos, y transparentes o inertes.

Atendiendo al color de los pigmentos, se clasifican en:

a) Pigmentos blancos. Forman una pintura muy consistente de gran poder de cubrición, secante, resistente a los agentes atmosféricos y de fácil aplicación. En el comercio se presentan en polvo o en pasta, mezclados con aceites y resinas o con óxidos de zinc y sulfato bórico, recibiendo los nombres de blanco de Venecia, Hamburgo, Holanda, según las proporciones.

b) Pigmentos rojos. Forman pinturas que secan y endurecen rápidamente, empleándose para la protección del hierro. Por ser muy densos, se depositan en el fondo del recipiente, debiendo agitarse frecuentemente la pintura, lo cual se evita, sin perjudicar sus propiedades, mezclándola con la cuarta parte del yeso.

c) Pigmentos amarillos. Son de color amarillo brillante, resistentes a la luz y opacos. Se emplean con frecuencia como secantes y en barnices.

d) Pigmentos azules. Son resistentes a la luz y a los álcalis, pero no a los ácidos, y se emplean generalmente en pinturas al agua.

e) Pigmentos verdes. Son de color muy permanente y de gran poder --

colorante, empleándose en pinturas al agua.

f) Pigmentos negros. Secan muy despacio debido al contenido de carbón, ya que éste retrasa la oxidación del aceite, no debiendo contener más del -- 3% para que sequen normalmente.

g) Pigmentos inertes. Son de color blanco, pero quedan transparentes cuando se diluyen en el vehículo y se agregan para dar cuerpo, cubrir mejor, aumentar la resistencia y facilitar el secado. Se venden comercialmente en forma de polvo cristalino o en pasta.

Los pigmentos deben reunir las siguientes propiedades:

Color. Es la impresión que produce en el ojo los rayos de luz reflejados por un cuerpo. Pudiendo apreciar las siguientes cualidades: matiz, es cada una de las graduaciones de un color sin perder el nombre que lo distingue de los demás; tono, es la intensidad de un color, variando del claro al oscuro y la tinta es el grado de saturación o fuerza de un color, pudiendo ser fuerte, media y débil.

Poder colorante. Es la tinta más o menos intensa que un pigmento comunica a la pintura y depende del poder reflejante de la luz, observándose que un pigmento de color muy brillante posee bajo poder colorante porque parte de la luz blanca es reflejada.

Opacidad o poder cubridor. Es la capacidad de un pigmento para --

ocultar la base o para cubrir una superficie coloreada cuando se aplica con un vehículo apropiado.

Permanencia. Es su mayor duración e inalterabilidad cuando los agentes atmosféricos, la luz, el agua etc., actúan sobre una pintura y depende del vehículo y naturaleza del pigmento, siendo generalmente más resistentes los minerales que los orgánicos.

Finura. Es muy importante e interesa que los pigmentos estén finamente molidos, porque así se obtienen películas más delgadas.

B) Los aglutinantes o vehículos son los líquidos que llevan en suspensión los pigmentos y que una vez secos, mantienen unidas las partículas de color entre sí y con la superficie sobre la que se aplica la pintura, impidiendo que se desprenda. El vehículo consta del aglutinante propiamente dicho y de un líquido que lo disuelve y diluye.

a) Agua. Empleada en las pinturas deberá ser pura, no conteniendo sales ni materia orgánica, con objeto de no alterar los colores de los pigmentos ni las características de los aglutinantes.

b) Cola. Puede ser de origen animal o vegetal y es soluble en agua-- después de seca o se hincha con ella, quedando expuesta a la putrefacción y en--mohecimiento, lo cual se evita rociando la superficie pintada con diversas sustan--

cias como el ácido bórico, nitrobenzeno, fenol, etc.

c) Aceites secantes. Son cuerpos grasos vegetales que gozan de la propiedad de que, al ser extendidos, absorben oxígeno y se polimerizan, solidificándose, formando una película sólida, elástica y transparente. Los aceites secantes — más importantes son el de linaza, madera, cáñamo y nuez.

C) Por el papel que desempeñan las pinturas, se pueden clasificar en:

a) Pinturas decorativas. Se usan en condiciones normales y tienen como único fin dar una apariencia agradable a techos, muros y fachadas. Se pueden encontrar las siguientes clases:

Pinturas al silicato o vinílicas. El vehículo de estas pinturas es el silicato sódico en disolución acuosa, a partes iguales, pudiéndose emplear todos los colores o pigmentos. Estas pinturas a las 24 hrs. son insolubles en agua y se pueden usar tanto en interiores como exteriores.

Esmaltes. Son barnices grasos o celulósicos teñidos de colores, generalmente minerales, debiendo estar homogéneamente mezclados, obteniéndose unas pinturas de rápido secado, superficie brillante, elásticas y compactas, cuyo brillo aviva los colores, empleándose tanto en interiores como en exteriores.

Pintura a la cal. Esta formada por una lechada de cal grasa, la cual deberá estar apagada y se emplean lechadas claras, dándose por lo menos dos manos cruzadas. Para obtener un blanqueado de mejor calidad se emplean pigmentos

especiales denominados a la cal, añadiéndoles alumbre o agua de cola.

Pintura a la cola o temple. Sólo se aplica en interiores, y en especial para decoración de paredes y techos enlucidos de yeso.

Pintura al óleo. Se usa tanto para interiores como para exteriores, se suele diluir con aguarrás las primeras manos de imprimación, ya que las finales, — para exteriores, deberán ser tan sólo con aceite puro.

Pintura al barniz. Es aquella en la que se emplea el barniz como vehículo y las primeras manos se diluyen con aguarrás y en la última, solo barniz. Se mejora mucho esta pintura puliendo cada mano con papel de lija fino.

Pintura a la celulosa. Son suspensiones coloidales de éteres celulási-cos en líquidos muy volátiles y a los que se aplican sustancias plastificantes, resi-nas y pigmentos, para darle flexibilidad, brillo, adherencia, dureza y color. Es-tas pinturas se caracterizan por ser insolubles en agua, resistentes a los ácidos, cu-bridoras, tienen gran poder aislante y reflejante, empleándose en construcciones metálicas, reflectores y radiadores.

b) Pinturas resistentes al calor. Son pinturas que pueden resistir hasta 600°C, empleando como pigmento polvo de aluminio o granito y vehículos a base-de aceites minerales. Ultimamente se preparan pinturas con caucho clorado y resi-nas de urea que resisten muy altas temperaturas.

c) Pinturas resistentes a los ácidos. Se fabrican con aceite de madera y 30-40% de resinas sintéticas.

d) Pinturas luminosas. Comprenden los siguientes tipos:

Pinturas reflejantes. Son las constituidas por perlas de vidrio de pequeño diámetro, pegadas con un adhesivo y lanzadas con soplete sobre una superficie.

Pinturas fosforescentes. Son las que, expuestas a la luz visible, siguen luminosas en la obscuridad, debido a que están constituidas por pigmentos radioactivos.

Pinturas fluorescentes. Emiten luz bajo la acción directa de radiaciones invisibles, como los rayos ultravioleta, rayos X, cesando la iluminación cuando lo hace la energía excitadora.

e) Pinturas antioxidantes. Son las que se emplean para proteger el acero de la oxidación. Se usan con muy buen resultado las pinturas a base de resinas alquídicas, por ser muy adherentes.

f) Pinturas para usos especiales. Se usan para condiciones agresivas y se dividen en:

Pinturas bituminosas o asfálticas. Las superficies recubiertas con esta pintura quedan muy brillantes, pudiendo obtenerse mates agregando negro humo. Es una de las mejores pinturas protectoras de la oxidación del hierro, por su resistencia al agua, conservándose bien en ausencia de luz y enterrada, como en las tuberías de agua y de gas.

Pinturas plásticas. Están constituidas por una emulsión acuosa de resinas o materias plásticas, que secan por polimerización, y de pigmentos inalterables a la luz dispersados en ella. Se caracterizan por su gran poder de cubrición, aún en parámetros húmedos, lavables; una vez secas, dan tonos mates o satinados, que no cambian con el tiempo y son de gran duración.

Técnica de la Pintura.

Para obtener un mejor resultado en la utilización de las pinturas es necesario llevar a cabo una serie de pasos que son:

1. **Preparación de la Superficie.** Es necesario que la superficie donde se va a aplicar la pintura deba estar seca, desengrasada, sin óxido ni polvo, para lo cual se emplean cepillos, sopletes de arena, ácidos y álcalis cuando son metales. Las capas de pintura vieja se quitan mediante rascadores, sopletes y líquidos descapantes o removedores a base de sosa o disolventes orgánicos.

Los poros, grietas, desconchados, etc., se rellenan con mastique o empestes para dejar las superficies lisas y uniformes. Se hacen con un pigmento mineral y aceite de linaza o barniz y un cuerpo de relleno, para las maderas; en los paneles se emplea yeso amasado con agua de cola y sobre los metales se utilizan empestes compuestos.

2. **Imprimaciones.** La primera mano de pintura que se da a un cuerpo debe de ser muy adherente, con objeto de lograr, además de su protección, la de servir de soporte a las restantes manos de color.

3. Aplicación de la pintura. Las pinturas se aplican con pinceles y brochas, con pistola de aire, pulverizando con aire comprimido, con rodillos de goma y por inmersión.

4. Secado. Las pinturas se secan generalmente al aire, con mayor o menor rapidez, según el clima, aereación y clase. Las pinturas celulósicas tardan desde 30 a 60 minutos; las pinturas a la cola, unas 8 a 10 horas, al igual que las vinílicas; los barnices grasos y las pinturas al óleo, de 12 a 24 horas.

5. Bruñido. Se practica para dejar rugosas las superficies y hacer de saparecer las desigualdades, con objeto de que tengan más adherencia las siguientes manos de pintura. Se hace con papel de lija, piedra pomez y con aceite, papel de vidrio o polvo de pomez y agua.

6. Pulimento. La madera se pulimenta con barniz de goma laca en disolución alcohólica extendiéndose en capas delgadas con una muñeca a la que se agrega unas gotas de aceite de pulir. Los metales se pulimentan después de haber sido esmerilados ligeramente con pasta de pulir, lo cual se hace, con mezclas especiales a base de aceite, disolventes, agua, etc., con lo que se consigue que adquieran un gran brillo.

7. Duración. Tiene mucha influencia el número de manos, constitución de la pintura y clima. Para los elementos ferrosos a la intemperie se exige una duración de 5 a 10 años.

Las Resinas

Son compuestos orgánicos producidos por excreciones de los vegetales - al practicar incisiones en la corteza, fluyendo al exterior, solidificándose en una masa vítrea al contacto del aire. Tienen distinta dureza y fragilidad, coloraciones amarillas o rojizas y más o menos transparentes.

Las resinas de formación reciente se llaman bálsamos, y las solidificadas por el oxígeno del aire, resinas fósiles; no son sustancias químicamente puras, estando disueltas en aceites etéreos, hallándose ácidos, alcoholes, ésteres muy polimerizados. Son insolubles en agua, solubles total o parcialmente en alcohol, -- éteres, etc. En la naturaleza hay otras sustancias con propiedades intermedias y se denominan gomoresinas y no cristalizan.

Artificialmente se preparan las resinas sintéticas, de propiedades y constitución diferentes, entre las más importantes se pueden mencionar:

- Resinas Acrílicas. Por su transparencia, ligereza y resistencia, se emplean en lugar del vidrio de silicato. Se fabrican también láminas onduladas y en forma de láminas planas, se usa mucho para iluminaciones indirectas, por presentar la propiedad óptica de la reflexión total, lo que permite dar la sensación de brillar por si misma. Otra aplicación muy interesante es que, coloreado, permite fabricar accesorios de baño, puertas, ventanas, molduras, etc.

Resinas vinílicas. Son producto de gran elasticidad o rigidez, resistentes a los productos químicos, por lo que su aplicación más importante es la fa-

bricación de tuberías, al poderse soldar, doblar y estirar, análogamente a las metalicas, pesando la cuarta parte que las de hierro, y al ser transparentes, permiten ver el desplazamiento de los líquidos.

Resinas epóxicas. En estado puro no tienen aplicación y se suministran en estado líquido. Endurecen cuando se les agrega una sustancia endurecedora especial, se les pueden añadir otras sustancias para modificar determinadas propiedades. Una vez endurecidas tienen gran resistencia a tensión y compresión y sus características adherentes son notables.

Las resinas epóxicas tienen multitud de aplicaciones en la construcción. Sirven para sellar las grietas en el concreto, mejorar la adherencia de firmes de concreto fresco sobre pavimentos viejos, hacer resanes en concreto, reparar madera, encolar madera laminada, mejorar la adherencia entre los diversos elementos que forman secciones compuestas, impermeabilizar estructuras de concreto, etc.

Silicoresinas o silicones. Estas modernas resinas termoestables son polímeros (compuestos formados por moléculas de cadena larga) de silicio y oxígeno, formando la transición entre las materias plásticas orgánicas e inorgánicas.

Las buenas propiedades de dureza, gran resistencia al calor y aislantes eléctricos de los compuestos de silicio, como por ejemplo el vidrio, cuarzo y mica, se mantienen en los silicones.

Los productos fabricados con silicones son parecidos a las otras materiarias plásticas, pero a temperaturas más altas, que las otras, se fabrican chapas, tu

bos, láminas y barnices, teniendo la propiedad característica de ser sumamente protectoras de la humedad y de resistir temperaturas mayores. No atacan a los metales son insolubles en agua, alcohol, acetona y resisten disoluciones diluidas de ácidos y gases.

Los Plásticos.

Son materiales cuyos componentes principales son resinas sintéticas y - que aunque rígidos en su estado terminado, son lo suficientemente blandos en alguna etapa de su fabricación, para poder ser moldeados fácilmente. Las resinas usadas en los plásticos son polímeros orgánicos sintéticos. Las sustancias auxiliares - que forman parte de los plásticos además de las resinas, pueden clasificarse en tres grupos: los plastificadores, los rellenos y los colorantes.

Los plastificadores. Son sustancias que se incorporan a los plásticos - para hacerlos más manejables y flexibles.

Los rellenos. Son polvos o fibras que se agregan a los plásticos - para abaratarlos o mejorar alguna de sus propiedades. El cuarzo o la pizarra en polvo aumentan la dureza. La mica, la arcilla y la fibra de asbesto mejoran la resistencia al calor. La fibra de vidrio, suelta o tejida, aumenta la resistencia a -- tensión y la flexibilidad. En muchos plásticos la mayor parte del volumen corresponde a los rellenos. Los plásticos con rellenos como la fibra de vidrio - que mejoran sus características resistentes suelen llamarse plásticos reforzados.

Los colorantes. Pueden ser pigmentos orgánicos e inorgánicos, que permiten dar una gran variedad de coloridos a los plásticos.

Algunos plásticos empleados como revestimientos o pinturas protectoras se aplican en estado líquido. Para licuar las resinas se usan solventes. Una vez aplicado el plástico, el solvente se evapora y la resina vuelve a endurecerse.

De acuerdo con su comportamiento al ser calentados y enfriados durante el proceso de fabricación los plásticos pueden dividirse en dos grupos: los termoplásticos y los plásticos termofraguantes.

Los termoplásticos se ablandan a temperaturas relativamente altas durante el proceso de fabricación y se endurecen, recuperando sus propiedades al enfriarse para formar el producto terminado. No se presentan transformaciones químicas y el proceso de calentamiento y enfriamiento puede repetirse sin que se alteren las propiedades mecánicas. Las resinas termoplásticas se deforman fácilmente bajo presión, sobretudo a temperaturas elevadas, por lo que son apropiadas para la fabricación de productos moldeados.

Los plásticos termofraguantes sufren transformaciones químicas al ser calentados durante el proceso de fabricación y se solidifican cuando aún están calientes. El proceso no puede repetirse.

Propiedades.

Existen multitud de plásticos distintos y sus propiedades son muy variables. Dependen del tipo de resina, las características y cantidades de los rellenos.

dores y plastificadores y de la naturaleza del proceso de fabricación. En la tabla 2.4 se dan valores típicos de algunas características de plásticos sin reforzar y de plásticos reforzados.

TABLA 2.4 Propiedades de Plásticos Utilizados para fines Estructurales

Tipo de Plástico	Peso volumétrico (kg/m^3)	Resist. últ. a comp. c tensión (kg/cm^2)	Módulo Elástico (kg/cm^2)
Sin reforzar	1350-1750	700-1000	35000-56000
Reforzado	2150-2300	10500-21000	56000-210000

Se aprecia el notable incremento de resistencia logrado al reforzar el plástico con fibra de vidrio u otros materiales análogos. Las resistencias de los plásticos reforzados, pueden ser muy superiores a las de los aceros ordinarios, aunque su módulo de elasticidad es bastante más bajo.

Los temoplásticos pueden ser blandos y flexibles o duros, rígidos y frágiles, de acuerdo con su composición.

Los plásticos termofraguantes suelen ser rígidos y elásticos dentro del rango de esfuerzos a los que suelen estar sujetos.

Todos los plásticos fluyen bajo carga, pero la tendencia es más marcada en los temoplásticos que en los plásticos termofraguantes. Las deformaciones debidas a flujo plástico tienden a desaparecer cuando se retira la carga.

Los plásticos están adquiriendo una importancia creciente como materiales de construcción por su versatilidad así como por sus notables características de resistencia mecánica, durabilidad, resistencia a la corrosión y ligereza. Una desventaja, que aún no ha podido remediarse, es su escasa resistencia a las temperaturas altas y a los incendios. A continuación se describen las propiedades y aplicaciones de algunos plásticos comúnmente empleados en la construcción.

Usos.

Acrílicos. Termoplásticos transparentes, duros, resistentes al intemperismo y se rayan fácilmente. Se usan en forma de láminas en ventanería y tragaluces.

Poliétileno. Termoplástico, translúcido y barato. Se usa en láminas, a veces muy delgadas, para proteger materiales, como vidriería provisional y otras aplicaciones semejantes.

Vinílicos. Termoplásticos, resistentes al desgaste y a las manchas. Se utiliza en losetas para revestimientos de pisos y muros.

Poliestireno. Termoplástico, poco denso, impermeable y no inflamable. Su forma más común es la espuma de poliestireno, la cual no tiene gran resistencia a la tensión ni a compresión, pero gracias a su resistencia a fuerza cortante se usa con éxito en paneles o cancelos para fines constructivos, formados por dos capas de otro material (madera o formaica) entre las cuales se coloca el poli-

estireno.

Poliésteres. Termofraguantes, duros, resistentes al intemperismo y a la corrosión. Se usan en láminas planas o corrugadas, translúcidas y reforzadas con tejido de fibra de vidrio. Las láminas de poliésteres reforzadas se emplean mucho en ventanería y tragaluces y son de gran utilidad en la fabricación de moldes para concreto por la facilidad de lograr cualquier forma requerida. También es posible fabricar distintos perfiles estructurales con poliésteres reforzados.

Los Selladores.

Son compuestos cuya función es lograr que los ensambles o juntas entre los elementos sean impermeables o herméticos al paso del agua, aire, polvo y gases; elásticos bajo la acción de los movimientos causados por los cambios de temperatura, vibración, empuje del viento y sismo y resistentes al envejecimiento o deterioro debido a las condiciones atmosféricas.

Se dispone de una gama muy amplia para escoger el material adecuado según la diversidad de tipos de materiales a sellar.

Algunos selladores sirven para proporcionar una membrana repelente al agua en todo tipo de construcción, tales como techos, azoteas, losas de concreto, cisternas, tanques, albercas, puentes, cimientos, etc.

Los selladores de polisulfuro son utilizados para el emboquillado y vi-
driado en cancelería y ventanería de aluminio, para el sellado de paneles y piezas prefabricadas.

Dan excelentes resultados para unir mampostería, metal, cristal y ma-
dera, existiendo en el mercado en diversos colores.

Los formados a base de látex de hule y alquitrán de hulla son usados -
frecuentemente para: juntas entre precolados de techos, pavimentos de fábrica, -
bodegas, andenes y patrios, pistas de aeropuerto, etc. Para su aplicación, éstos-
generalmente deben calentarse en baño de aceite.

Para la aplicación de estos selladores se debe cuidar que las superfi--
cies estén perfectamente secas, libres de grasa, asfalto, películas protectoras, óxi-
do y polvo. Es conveniente repasar las superficies, evitar la formación de burbu-
jas y falsas adherencias. Cuando la profundidad del sellador sea excesiva, la cual
no debe ser mayor de la mitad del ancho, deben colocarse empaques de estireno o
esponja sintética.

Otro de los selladores importantes es el mastique, el cual está formado
por mezclas homogéneas de minerales, aceites vegetales y minerales, plastifican-
tes, colorantes y secantes. Es manejable con las manos y se aplica detrás y delan-
te de los vidrios para rellenar las juntas entre ellos y sus marcos, evitando: el paso
del agua y del aire; los movimientos y las vibraciones.

Horas después de su aplicación forman una película exterior protecto-
ra y libre de pegajosidad. Es recomendable pintarla para una mejor conservación
y apariencia.

2.3.8 LOS MATERIALES ACUSTICOS Y AISLANTES.

Materiales Acústicos.

El tratamiento acústico en la ingeniería puede llevarse a cabo de dos formas: absorción de sonido y aislamiento de sonido.

Por absorción de sonido, se entiende la habilidad que tiene un material para absorber la energía de las ondas sonoras que llegan a su superficie, en tal forma, que la energía reflejada sea la menor posible.

Por aislamiento de sonido, se entiende la habilidad de un material, para resistir el flujo de sonido a través de él y por lo tanto, la de reducir la intensidad del mismo en la cara opuesta a donde llegaron las ondas sonoras.

Se pueden considerar los siguientes ejemplos: supóngase un cuarto de 10 x 10 x 10 metros, construido totalmente de concreto reforzado con un espesor de 10 cm. El acabado, tanto exterior como interior, es el mismo concreto reforzado. Si se empezara a hablar en el interior de este cuarto, los sonidos emitidos durarían un tiempo más o menos largo, a pesar de haber cesado ya de emitirlos. Esto se debe a que el concreto tiene poca habilidad para absorber el sonido y las ondas sonoras después de emitidas, permanecen "viajando" de un lado a otro por un tiempo largo, aún después de emitirse. Por lo tanto la acústica dentro del cuarto sería muy pobre.

Sin embargo, se observaría que las propiedades del concreto para aislar el sonido son excelentes. En otras palabras, se podría generar gran intensidad

de ruido dentro del cuarto sin que fuera posible que se escuchara en el exterior. - Esto es porque hay suficiente masa, peso y densidad en el concreto, así como poca porosidad, para permitir el paso de las ondas. Los muros, pisos y techos de concreto, tienen una masa tal, que la energía sonora no puede "moverlos" como un diafragma, lo que sucedería si las paredes fueran delgadas y ligeras comportándose como membranas vibratorias.

Imagínese ahora una estructura similar, construida de fibra de vidrio, - en lugar de concreto. Si se hablara nuevamente en el interior de esta habitación, se vería que existe una quietud muy grande. Esto es debido a que la fibra de vidrio no solamente absorbe una gran cantidad de sonido, sino que por ser un material poroso, permite el paso de una cantidad considerable de energía. Por otra parte, el sonido reflejado sería casi nulo, de tal suerte que se dejaría de escuchar casi simultáneamente al dejarse de emitir. La habitación tendría excelentes propiedades acústicas, para escuchar música, conferencias u otros propósitos.

Sin embargo, la fibra de vidrio como aislamiento de sonido sería sumamente pobre, ya que en el exterior se podría escuchar con gran facilidad todo lo hablado dentro del cuarto, debido a la ligereza y porosidad de la fibra de vidrio. Por lo tanto, en este segundo ejemplo, el cuarto tendría excelentes propiedades como absorbente de sonido y muy pobres propiedades como aislador de sonido.

Pero si ahora, se coloca la fibra de vidrio o el material absorbente elegido dentro del cuarto de concreto, se están tratando los dos problemas separadamente, ya que al aislar interiormente el cuarto con un material absorbente se está

reduciendo considerablemente el tiempo de reverberación, o sea el tiempo --- que dura el sonido después de emitido. Esta reverberación puede controlarse, con la colocación, la cantidad y el espesor adecuados del material absorbente. Por otra parte, el espesor del concreto evita el paso del sonido al exterior, ofreciendo así un aislamiento de sonido.

Existen varios métodos de proporcionar un buen aislamiento de sonido, sin tener que recurrir a estructuras de concreto. En general, mientras más pesado, mayor masa y espesor tenga un material, será mejor aislante acústico, ya que las ondas sonoras tendrán mayor dificultad de hacer vibrar la estructura, así como el pasar por ella.

Sin embargo, si se pretende usar una pared doble, separada por un --- espacio de aire, éste servirá como un colchón en el que se disipará parte de la --- energía sonora. En la misma forma se observará que usando diferentes tipos y densidades de materiales, se aumenta la eficiencia, ya que las ondas sonoras tienden a ser reflejadas hacia su origen, en lugar de continuar en su dirección inicial.

Los materiales acústicos se obtienen en base al proceso que se les sigue a distintos tipos de fibras (madera, lana mineral, asbesto, fibra de vidrio, --- etc.). Su forma de instalación puede ser directa (por adhesivos, clavándolos, --- etc.) o por medio de un sistema mecánico de suspensión.

Entre los principales materiales acústicos que se fabrican en México, se pueden mencionar los siguientes:

Placas acústicas "Acoustifibre". Este material está hecho con fibra de madera perforada, y da un control muy eficiente de sonido y ruido a un precio sumamente bajo. Existen dos acabados: el de perforación uniforme y el de perforación irregular.

Se fabrica en placas de 12" x 12" con un espesor de media pulgada y con un acabado lavable en blanco.

Estas placas pueden ser pegadas a superficies de concreto, yeso, madera, celotex, fibracel, etc. También puede ser clavado o atornillado a marcos de madera y en algunos casos puede ser puesto sobre bastidores metálicos para obtener un acabado de más calidad. Este material lógicamente no debe ser colocado en superficies en donde quede expuesto al impacto o al mal trato, como sería por ejemplo, la parte inferior de los muros.

Placas acústicas "Travacoustic". Es un material hecho de fibra de lana mineral, combinado con un cementante, con la enorme ventaja de ser totalmente incombustible.

Dado que es un material inorgánico, no ayuda a la formación de hongos y moho. Se fabrica en losetas, que tienen una textura y apariencia muy parecida al mármol travertino, con dimensiones de 12" x 12" y con un espesor de --- 11/16".

Su forma de aplicación es similar a la del "Acoustifibre".

Placas acústicas "Econacoustic". Material hecho a base de fibras de-

madera y fabricado en forma de placas. Estas fibras de madera dan como resultado piezas de muy baja densidad y de peso muy ligero, con un eficiente control de sonido a un costo muy bajo. Por otra parte, todas estas losetas están tratadas químicamente contra hongos y moho. Se fabrican placas de 12" x 24" y 1/2" de espesor.

Este material no se recomienda que sea pintado con brocha, porque -- existe la posibilidad de dar una capa muy gruesa que penetre en sus poros disminuyendo notablemente su absorción de sonido. Debido a que este material es combustible, se recomienda no usarlo en aquellas partes en que pueda quedar expuesto al fuego.

Placas acústicas "Fibre-tone" J-M. Estas unidades son hechas de fibra de madera, en las cuales se han perforado centenares de pequeños agujeros. Las ondas sonoras, al chocar contra la unidad, penetran por los agujeros donde la energía sonora es disipada. Estas unidades son fabricadas en tamaños de 12" x 12" cuyos espesores varían de 1/2" a 1".

Su colocación puede hacerse por medio de pegamento en plafones, superficies de concreto, yeso, cartón o sobre bastidores de madera con tornillos o -- clavos. En determinadas instalaciones también puede usarse el sistema de suspensión metálica.

Placas acústicas "Permacoustic" J-M. Es éste un material hecho de -- lana mineral y fibras minerales incombustibles, que se mantienen unidas por un pe

gamento en su construcción monolítica.

Se puede obtener en acabado tanto estriado como agrietado, proporcionando ambos una superficie acústica de buena textura y gran atractivo. Las unidades standard son fabricadas en tamaños de 12" x 12" y de 12" x 24" y con espesores de $3/4$ " y $7/8$ ".

Este material se puede aplicar mediante pegamento a los plafones o superficies existentes tales como concreto, yeso, madera, etc. y también pueden ser instalados por medio de sistemas de suspensión metálica que sujeten por los bordes ranurados a las unidades.

"Masacústico". Es un material hecho a base de vermiculita, asbesto y un aglutinante especial. Una de sus características más importantes es su facilidad de aplicación, pudiéndosele dar los acabados y texturas más variadas: rayado, rugoso o liso, sin importar la curvatura de la superficie donde se quiera aplicar, - siendo sólo condición indispensable que ésta no tenga humedad o grasa.

Es sumamente resistente a vibraciones anormales y tiene una excelente adhesividad, pudiéndose aplicar hasta sobre superficies tan lisas como el cristal.

Se vende en bolsas de 25 kg que cubren una superficie aproximada de 6.25 m^2 , aplicándose a una capa de 1.27 cm de espesor. A cada 25 kg se les deben agregar de 45 a 50 litros de agua y batirse hasta obtener una consistencia suave, blanda y espesa para su fácil aplicación.

"Thermacoustic". Es un material ligero que sirve para aislamiento --

acústico, térmico y retardador del fuego y que está compuesto de fibras minerales incombustibles, combinado con aglutinantes especiales.

Por un sistema de aspersión, este material es colocado hasta dar un espesor requerido para las condiciones de trabajo en cada caso, quedando las superficies así tratadas con una textura uniforme y sin juntas.

Materiales Aislantes.

Generalmente hechos a base de fibra de vidrio, lana mineral y fibra de asbesto. Tienen gran aplicación en la construcción debido a su bajo coeficiente de transmisión de calor y a que son incombustibles a temperaturas menores de -- 1,500 grados centígrados.

Estos productos deben sus cualidades a que utilizan la propiedad aislante del aire en reposo, pues contienen en su seno una inmensa multitud de pequeñas celdillas de aire, atrapadas entre sus fibras. Entre más delgada es la fibra, mejor es el aislamiento, ya que las celdillas de aire son en consecuencia más pequeñas, evitándose así la convección (forma de transmisión del calor en líquidos y gases).

Entre los principales materiales aislantes que se producen en México - se pueden mencionar los siguientes :

Aislamientos rígidos RF-4000 y RF-7000. Están hechos para temperaturas de operación desde -84°C hasta 232 °C. Son aislamientos incombustibles, inorgánicos, dimensionalmente estables y de muy bajo peso.

Las placas rígidas vitrofibras, son fabricadas con fibra de vidrio aglutinada

nada con una resina compatible con ella, proporcionadas en varias densidades y medidas, que permiten el ser usadas en una gran variedad de aplicaciones. Son indicadas para el aislamiento de cuartos fríos, refrigeradores y en general para todos aquellos equipos que trabajen a baja temperatura como algunos ductos en los sistemas de aire acondicionado.

Aislamientos para techos RF-7600-T. Estos aislamientos, de fibra de vidrio, son de naturaleza inorgánica y de bajo peso propio, teniendo además la característica de incombustibilidad. Este aislamiento para techos que también puede ser usado en los equipos de calefacción y de aire acondicionado, se proporciona en forma de placas rígidas de fibra de vidrio, aglutinada con una resina compatible con aquella, llevando estas placas en su cara superior un recubrimiento de papel Kraft adherido con asfalto a la fibra de vidrio, las cuales pueden obtenerse en distintos espesores según sea la eficiencia térmica requerida. El aislamiento para techos puede usarse sobre superficies cuya temperatura sea hasta de 232°C y soportar cargas permanentes hasta de 150 kg/m^2 .

Aislamientos preformados TRF-5500. Estos aislamientos están hechos para temperaturas de operación desde -34°C hasta 232°C . Son de máxima eficiencia térmica, incombustibles, inorgánicos, dimensionalmente estables y no favorecen la corrosión. Son muy fáciles de instalar, teniendo además un peso propio muy bajo.

Los aislamientos preformados se utilizan en tuberías y se proporcionan en tramos de 1 m de longitud, cuya aplicación consiste en forrar los tubos, sujetan-

do el aislante con flejes de aluminio.

Aislantes para tubería "MASA" tipo 90. Se fabrican con lana mineral prensada y afelpada, para temperaturas hasta de 600 °C. Se proporcionan en dos medias cañas, según el grueso del tubo por aislar y con longitud de 90 cm. Las dos mitades se sostienen en su lugar forrándolas con una chaqueta de loneta liviana.

Aislamientos para ductos "AEROLAG". Son de fieltro flexible muy ligero, hecho de fibras minerales. Es de gran aplicación en ductos redondos en donde se recomienda el método de "vendaje" y puede ser colocado con sujetadores mecánicos, ya sea colocando ganchos, clips o alfileres. Este material no se quema, no se pudre, ni enmohece y se proporciona en diversos anchos y espesores.

Aislamiento para tubería "ZEROLITE". Material aislante de lana mineral ligado con resina, con excelentes propiedades de resistencia contra el fuego, poca conductividad de calor, excelente resistencia a la humedad e inmunidad al ataque de los solventes orgánicos. Este material es fabricado en forma de envoltura o plancha y es aplicable para aislamientos rígidos.

Aislamiento para tubería "THERMOASBESTOS". Aislante Inorgánico hecho a base de silicato de calcio hidratado combinado con fibras de asbesto. Se usa para aislar líneas de tubería que trabajan a altas temperaturas hasta de 650 °C y viene en secciones de 1 m de longitud, se forra mediante lona y se fabri-

ca también en bloques que se usan para aislar calderas, tanques y otros equipos -- que tengan superficies planas o curvas.

Recubrimiento de asbesto "LIMPET". Este material está constituido a base de fibras de asbesto puro y preparado con un aglutinante especial. Se puede aplicar sobre cualquier superficie, lográndose una muy buena adhesión. La capa así formada queda, por lo tanto, sin juntas y del espesor deseado, reproduciendo fielmente los contornos y detalles de la base recubierta con este material. Su uso es muy indicado para el recubrimiento interior de muros y techos de teatro, auditorios, salones, templos, oficinas e industrias.

2.3.9 LOS AGLUTINADOS DE MADERA.

La madera tiene inconvenientes que imponen ciertas limitaciones a su utilización como material estructural: fundamentalmente su naturaleza anisótropa y la falta de uniformidad de sus propiedades resistentes. En su afán de superar estos inconvenientes y de abrir nuevos campos de aplicación a la madera, la técnica moderna ha buscado nuevas formas de utilizarla. Tres realizaciones relativamente recientes son el Triplay, la madera laminada y encolada y los tableros de fibra y partículas. Las características principales de estos materiales se describen a continuación:

Triplay.

El triplay o madera contrachapada, se obtiene cortando madera ablan

dada por maceración en capas delgadas que luego se unen a presión con aglutinantes.

Las capas, generalmente de tres a cinco en número, se pegan de manera que las fibras de cada cara queden normales respecto a las de las capas contiguas. En esta forma se obtienen placas con un espesor que suele variar entre $1/4"$ y $5/8"$, fácilmente manejables, de gran resistencia y buena apariencia.

La madera contrachapada que comúnmente se usa en la construcción es la de pino, ya que las de otra clase generalmente se emplean con fines decorativos. La calidad de las capas depende del número y severidad de defectos o de parches. A la calidad se le da una letra de calificación: N, A, AR, B, C y D. La primera corresponde a la de mejor calidad y la última a la de más baja calidad. Una hoja de madera contrachapada puede tener la designación de calidad A-B lo que significa que una de las caras tiene chapa de calidad A y la otra, o tras cara de calidad B. Las calidades más comunes en el mercado mexicano para triplay de pino son: A-B, A-C, A-D, B-D y C-D.

Existen dos tipos principales de esta madera: uno el interior que es resistente a la humedad (el adhesivo más común es urea-fomaldehído) y otro llamado exterior que es resistente al agua y a moderada exposición a la intemperie (los adhesivos más usados son resinas fenólicas). El tipo marino, que es a prueba de agua y a la intemperie, es difícil de conseguir, por lo que generalmente es necesario hacer un pedido especial.

Al combinar las capas que forman el triplay de manera que la orienta-

ción de las fibras de las diversas capas sean normales entre sí, se obtiene un material prácticamente isótropo en el plano, es decir, con características análogas en las direcciones longitudinales y transversales. Por su naturaleza isótropa el triplay es un material más ventajoso que la madera ordinaria, en elementos sujetos a estados de esfuerzos biaxiales, como los que se presentan en las almas de las vigas.

El triplay tiene aplicaciones estructurales diversas. Se utiliza con -- frecuencia en cimbras, donde es especialmente provechoso cuando se requiere formar superficies curvas. Se presta a la construcción de techos a base de placas plegadas u otros sistemas estructurales semejantes. En los Estados Unidos se emplean en elementos prefabricados para viviendas. Combinándolo con piezas de madera ordinaria se pueden hacer vigas de distintos tipos, que alcanzan claros hasta de -- 10 metros. El triplay se emplea en estos elementos como diafragmas o almas cuya función principal es resistir las fuerzas cortantes. La liga entre los distintos elementos se realiza por medio de clavos o cola, o combinaciones de ambos medios.

Madera Laminada y Encolada.

Los elementos laminados están formados por tabla encoladas, con sus -- fibras en la misma dirección. Las tablas varían en espesor de $5/8"$ a $1\ 3/4"$. Cada tabla puede ser de longitud relativamente pequeña. Para obtener piezas de dimensiones importantes, las tablas de cada capa se pueden unir a tope. Como la cola utilizada en las juntas es por lo menos tan fuerte como la madera misma, el comportamiento de piezas laminadas es semejante al de piezas macizas.

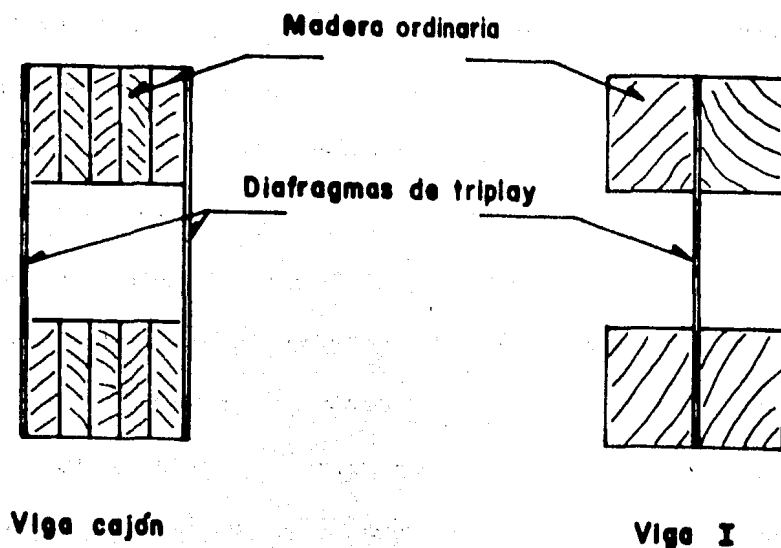


Figura 2.27. Elementos compuestos de Madera.

El tipo de pegamento, su correcta aplicación y fraguado, es crítico - en la manufactura de madera laminada. Si ésta va a ser empleada en interiores - donde el contenido de humedad de la madera no pase de 15%, los pegamentos más usados son los de caseína y urea-formaldehído. Cuando se usa en exteriores o en sítios donde el contenido de humedad de la madera pase de 15%, los adhesivos más empleados son fenol-formaldehído, resorsinol -formaldehído y melamina-formal--dehído, que son a prueba de agua.

La fabricación de elementos laminados comprende las siguientes operaciones

ciones principales:

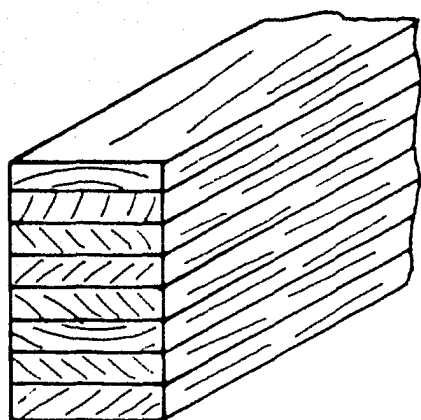
- 1) Clasificación de las tablas para lograr homogeneidad
- 2) Secado de las tablas en un horno
- 3) Cepillado de las caras de las tablas en las que se aplicará cola
- 4) Aplicación de la cola
- 5) Unión de las tablas encoladas y aplicación de presión (de 7 a 10 - Kg/cm^2) por medio de prensas
- 6) Reposo del conjunto hasta que la cola ha endurecido.

Por este procedimiento se forman secciones generalmente rectangulares con relaciones de ancho a peralte no inferiores a $1/4"$. En vigas, las láminas pueden quedar horizontales o verticales (Ver fig.2.28). Las vigas con las láminas paralelas al plano de flexión son más resistentes que las que tienen las láminas perpendiculares a dicho plano.

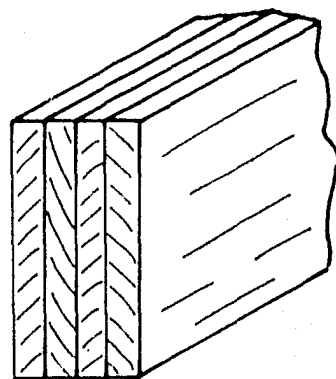
La técnica de la laminación se presta a la obtención de formas estructurales muy variadas, rectas, curvas o quebradas. La operación de curvar los elementos laminados reducen su resistencia, circunstancia que debe de tenerse en cuenta en el dimensionamiento.

En el diseño de elementos laminados se suele admitir esfuerzos permisibles mayores que los usuales para elementos macisos. Estos se fundan en las consideraciones siguientes:

- a) Se cuenta con una mayor uniformidad gracias a la selección de las



Laminaciones horizontales



Laminaciones verticales

Figura 2.28. Tipos de Laminaciones.

tablas utilizadas.

b) Existe una mayor dispersión de los defectos naturales. Como las -
tablas son de espesor pequeño, la influencia de los defectos es menor que en las -
piezas de madera maciza. La presencia de un nudo, por ejemplo, afecta única--
mente a una de las tablas del conjunto laminado.

c) El secado es uniforme y completo gracias al pequeño espesor de las
tablas. En piezas macizas de dimensiones grandes, por el contrario, el secado con
frecuencia es imperfecto.

Una variante de las vigas laminadas actualmente en estudio consiste en reforzar éstas con soleras de acero. Las soleras se colocan en la zona de compresión ya que la resistencia de la madera es menor en compresión que en tensión. Los ensayos efectuados hasta la fecha indican un aumento apreciable en la resistencia a flexión de vigas laminadas reforzadas.

En México son contadas las estructuras en las que se ha utilizado madera laminada.

Tableros de Fibra y Partículas.

Los tableros consisten en elementos de madera a los cuales se les añaden un adhesivo y se les somete a presión térmica para unir los elementos entre sí. Estos tableros han encontrado sus mejores aplicaciones en la industria mueblera y en decoración, aunque existen ciertos usos estructurales en los que el constructor pueda interesarse.

Los tableros de fibra son aquellos que están fabricados con fibras individuales o pequeños grupos que pueden ser de madera o de otros vegetales que han sido parcial o totalmente refinados. Se clasifican inicialmente según su densidad por lo que los tableros de densidad media o intermedia tienen valores de 0.40 a 0.80 gr/cm³, los duros de 0.80 a 1.20 gr/cm³ y los superduros de 1.20 a 1.45 gr/cm³. En México se fabrican tableros con densidades de 0.80 a 0.96 gr/cm³ que se denominan semiduros; los llamados duros tienen densidades de 0.96 a 1.20 gr/cm³ y los extraduros 1.0 a 1.20 gr/cm³ a los cuales después del prensado se les añaden resinas y aceites que se polimerizan mediante un proceso de templado que-

le imparte mayor dureza al trabajo sin aumentar considerablemente su densidad.

Los tableros de partículas están manufacturados con piezas de madera como astillas, hojuelas, viruta, etc., a los cuales se les añade un adhesivo y se les somete a presión y calor para que se consolide la mezcla. Estos pueden ser de baja densidad, del tipo aislante de 0.25 a 0.40 gr/cm³, densidad media de 0.40 a 0.80 gr/cm³ y los de alta densidad de 0.80 a 1.20 gr/cm³. En México se producen tableros de densidad media y pueden venir en tres capas, las dos externas -- más comprimidas y de partículas más pequeñas que la central.

Propiedades Físicas.

Los tableros de fibras y partículas tienen ciertas propiedades físicas superiores a los de madera sólida. Son bastante uniformes en todas las direcciones y se pueden considerar como materiales isotrópicos, exceptuando los tableros de partículas de tres capas, lo que se asemeja a la construcción tipo sandwich. En general estos tipos de tableros son más estables dimensionalmente, absorben la humedad lentamente, son menos susceptibles a inflamarse, la propagación del fuego es más lenta, son más resistentes al ataque de insectos y hongos, son menos susceptibles que la madera sólida a rajarse al atornillarse o clavarse.

El adhesivo más comunmente usado es el de urea-formaldehído, que es un pegamento resistente al agua, pero no a prueba de ella. Para algunos otros, en especial los tableros de fibras el adhesivo es una resina fenólica de gran resistencia a la humedad. En las ocasiones en que se añaden aditivos a los adhesivos usa

dos, éstos tienden a impartir al tablero mayor resistencia a la humedad.

Las características mecánicas de los tableros son uniformes en todas las direcciones, exceptuando nuevamente a los tableros de partículas de tres capas. - También son de valor inferior cuando se comparan a los de la madera sólida de con condiciones similares en densidad y contenido de humedad.

Usos.

Uno de los usos más adecuados para este tipo de tableros es el de cancelería, muros, muebles y sitios en los que no estén sujetos a cargas considerables.

2.3.10 MATERIALES DE ACABADO

El número de materiales de que actualmente se dispone es grande, estando comprendidos los antes mencionados y el problema que se presenta constante mente, es el dominio de los mismos, tanto en lo que respecta a sus especificaciones y características propias, como a su colocación. Son pocos los materiales que de por sí reúnen todas las cualidades necesarias, ya que, en elementos estructurales, serán unos los que se usen, no llenando en cambio características de apariencia - o acabado suficientes para nuestros proyectos, por lo que se verán obligados a -- emplear elementos de revestimiento o recubrimiento para tal fin.

La variedad de estos materiales es también muy grande y cada uno goza de diferentes características iguales o similares, en muchos casos y completamen te distintas en otros. Estos materiales erróneamente denominados materiales de de

coración, son probablemente aquellos que más dificultad presentan para su conocimiento y dominio, sobre todo, es tal la variedad, que es realmente difícil escoger la mejor especificación.

La industria, en todos sus ramos, provee cada día de nuevos materiales con diferentes características, y en ellos se encontrarán unos de alta resistencia a la fricción, al mal trato; en otros impermeabilidad; en otros belleza; en otros cualidades aislantes, pero será muy raro encontrar un material que de por sí reúna todas estas propiedades.

En México desgraciadamente no se le ha dado la debida importancia a los acabados en las construcciones para llevar a la terminación correcta dichas obras y si bien probablemente muchas de ellas son superiores en proyecto y diseño a obras extranjeras, sí en cambio se debe reconocer que, en cuanto a acabados, se ha quedado atrás de muchos países. Ello obedece, sin duda, a la falta de obreros especializados en el manejo de los nuevos materiales y a la improvisación de ellos.

Por otra parte, la invasión de nuevos materiales y la aplicación improvisada de los mismos ha ayudado a suscitar esto y excepcionalmente, la carestía de materiales finos ha sido también un factor determinante. Estos materiales, generalmente de importación, han adquirido precios exagerados que impiden el uso en la proporción en que se quisiera, teniéndose que conformar con la aplicación más o menos acertada de materiales de inferior calidad cuya misión será la de substituir-

a aquellos en que realmente se ha pensado, pero que no se pueden adquirir.

Son pocas las construcciones en que el presupuesto permite usar materiales lujosos, dada la diferencia tan grande que en costo tienen las que en esta forma han sido terminadas y la generalidad a las que el público está acostumbrado.

Pero ninguna de estas razones, podrá excusar de que los acabados de una obra no sean perfectos. Ellos podrán quedar dentro de diferentes escalas económicas; pero, aún en las más humildes y dentro de las posibilidades de los materiales usados, se deberá siempre exigir a los operarios y a uno mismo, la solución de detalles, esa solución que tan frecuentemente se descuida y que tiene como consecuencia final obras no perfectamente terminadas. No es necesario usar materiales costosos para obtener un buen acabado, es necesario utilizar bien el material que se emplee, siempre y cuando, éste reúna las especificaciones necesarias.

Una de las tendencias probablemente más marcada de la arquitectura contemporánea es la de los materiales aparentes, es decir, la de usar materiales que, de hecho constituyen el acabado final de la parte en que sean empleados.

La industria, sabiendo esta tendencia, ha elaborado diversos materiales que reúnen, por una parte, propiedades de carga y por otra presentan un acabado perfecto, lo que hace posible esta conjugación de funciones. Desde luego esta tendencia, desde todo punto de vista encomiable, ha caído desgraciadamente en una exageración al hacer no solamente un uso correcto y medido de ellos, sino al prodigar el número de materiales aparentes en cualquier construcción, lo que ocasiona una falta de unidad y de lógica en la obra así concebida.

3

**Obra
De
Mano**

La orientación que se le dará al estudio de la obra de mano en este capítulo se enfocará hacia la obtención de todos aquellos datos que por este renglón puedan afectar, dentro del costo directo, el establecimiento de los precios unitarios con sus aspectos principales: Salario y Rendimiento, los que a su vez dependen de diversos factores como son:

Formas de Contratación

Organización Sindical

Jornada de Trabajo

Condiciones Locales

Clasificación del Personal

Prestaciones

Organización de la Empresa

Es de vital importancia para el ingeniero encargado de la elaboración de los precios unitarios el conocer en forma íntegra y profunda la obra por valorizar, para que dentro del aspecto particular de la obra de mano, pueda prever la cantidad de personal que se requerirá, calidad, rendimiento esperado en base a -

las condiciones en que se desarrollará el trabajo, especialidades y periodicidad de los mismos. Por lo que es necesario desglosar de una manera más completa los temas anteriores a fin de obtener el salario real de un trabajador y su rendimiento.

3.2

FORMAS DE CONTRATACION

Los sistemas que en la industria de la construcción se siguen para cubrir al trabajador el importe de su trabajo, son comúnmente los siguientes:

- a) Por día
- b) Por destajo
- c) Por tarea

Será "por día", cuando deba darse al trabajador una cantidad fija -- por jornada normal de trabajo. Será "por destajo", si la remuneración se valoriza en base a las unidades de trabajo ejecutadas por el trabajador y afectadas de un precio previamente acordado. El sistema "por tareas", consiste en la asignación de un trabajo determinado por día y al ejecutar el trabajador la tarea asignada, podrá retirarse, recibiendo su jornal diario completo.

Los tres sistemas anteriores tienen ventajas y desventajas; para determinar cual es el más adecuado en cada caso, habrá que estudiar y analizar las condiciones y los tipos de trabajo por realizar. En una misma obra podrán emplearse diferentes sistemas simultáneamente. Sin embargo, en términos generales podemos hacer notar que en los trabajos realizados a destajo, se tendrá un mayor rendimien

to pero menor calidad que en los trabajos ejecutados por día, ya que estando a des
tajo el trabajador tratará de incrementar su productividad en detrimento de la cali
dad; de lo anterior resulta para el ingeniero, la necesidad de mantener una mejor-
y mayor vigilancia sobre los trabajos que se realicen bajo este sistema. La expe-
riencia demuestra que si existe una adecuada vigilancia y un estricto control de ca
lidad laborando por día, pueden obtenerse óptimos resultados a un bajo costo.

El sistema de "tareas" es el menos empleado y su utilización está res-
tringida a aquellos trabajos en los que el riesgo y la calidad requerida sean míni-
mos, como pueden ser: excavaciones menores, acarreos locales, estibado de made
ra y varilla, etc.

3.3

CLASIFICACION DEL PERSONAL

En nuestro medio, el personal que labora en la industria de la construcción, está organizado en diversos niveles jerárquicos cuyas principales categorías son :

Peón

Cabo

Oficial

Maestro

Los que a su vez se pueden subdividir en :

Peón especializado

Media cuchara

Oficial herrero

Ayudante herrero

Oficial carpintero

Ayudante carpintero

Vibratorista

Oficial electricista

Oficial herrero

Oficial fontanero

Chofer

Oficial mecánico

Esta clasificación no es general, abarca solo una parte del personal - -
que labora en la construcción, ya que depende de la magnitud y tipo de obra.

3.4

ORGANIZACION SINDICAL

Al contratar a los trabajadores es necesario tomar en cuenta si éstos - están sindicalizados o no, ya que a través de los sindicatos podemos establecer el mejor entendimiento entre trabajador y patrón, así como lograr establecer el tipo- de contrato colectivo más ventajoso para ambas partes.

El conocer sus fundamentos y reglamentaciones es de importancia para la empresa, ya que el sindicato deriva cuotas que pueden ser pagadas totalmente- por el patrón o corresponder proporcionalmente en el pago junto con el sindicaliza- do.

Un SINDICATO es la asociación de trabajadores o patrones constitui- da para el estudio, mejoramiento y defensa de sus respectivos intereses. De acuer- do con la Ley Federal del Trabajo los sindicatos de trabajadores pueden ser:

- 1) Gremiales, los formados por individuos de una misma profesión, --
oficio o especialidad.
- 2) De empresa, los formados por individuos de varias profesiones, --
oficios o especialidades, que presten sus servicios en una misma -
empresa.

- 3) Industriales, los formados por individuos de varias profesiones, oficios o especialidades, que presten sus servicios en dos o más empresas de la misma rama industrial.
- 4) De oficios varios, los formados por trabajadores de diversas profesiones, cuando el número de integrantes de un mismo gremio sea menor que veinte.
- 5) Nacionales de industria, los formados por trabajadores que presten sus servicios en una o varias empresas de la misma rama industrial, instaladas en dos o más Entidades Federativas.

Los sindicatos patronales a su vez pueden ser:

- a) Los formados por patrones de una o varias ramas de actividades.
- b) Nacionales, integrados por patrones de una o varias ramas de actividades de distintas Entidades Federativas.

Los sindicatos formados por trabajadores de la construcción son gremiales y se les reconoce a dichos integrantes, el derecho de formarlos sin que haya necesidad de una autorización previa. A nadie se le puede obligar a formar parte de un sindicato o a no formar parte de él.

Los sindicatos deberán constituirse con veinte trabajadores en servicio activo o con tres patrones, por lo menos, según se trate de sindicatos de trabajadores.

res o patronales respectivamente.

El ingeniero encargado de la construcción de una obra, deberá tener siempre en cuenta para evitar conflictos, el no contratar trabajadores que pertenezcan a un sindicato que no sea con el que hayan celebrado el contrato colectivo de trabajo, el cual es un convenio celebrado entre uno o varios sindicatos de trabajadores y uno o varios patrones, o sindicatos patronales, con el objeto de establecer las condiciones según las cuales debe prestarse el trabajo en una o más empresas o establecimientos.

El ingeniero está obligado a celebrar el contrato colectivo con el sindicato a que pertenecen sus trabajadores, si éste se lo pide, es decir, para que el contrato colectivo de trabajo pueda cobrar existencia se requiere que intervenga como parte un sindicato de trabajadores. Los ingenieros constructores deben tener especial interés en fomentar buenas relaciones con los dirigentes de los sindicatos titulares del contrato colectivo de trabajo de sus obras, a fin de guardar buenas relaciones con el personal a su servicio.

3.5

JORNADA DE TRABAJO

De acuerdo con lo establecido por la Ley Federal del Trabajo y su reglamentación correspondiente, el personal dependiente de las empresas dedicadas a la construcción tiene la obligación legal de laborar jornada de ocho horas diariamente durante los días hábiles del calendario civil. (art. 61 de la L. F. del T.).

Considerando 52 domingos que se presentan durante el año, así como los días festivos señalados como obligatorios por las autoridades competentes y los días adicionales de descanso que, de acuerdo con nuestros usos y costumbres se suelen conceder a los trabajadores, para los fines de programación y cálculo de precios unitarios se estima que, anualmente cualquier trabajador tiene la obligación de laborar aproximadamente 291 5/6 días con jornadas de ocho horas diarias.

Por otra parte, según lo obligan los principios constitucionales que rigen, los patrones tienen la obligación de pagar a sus empleados y trabajadores, tanto los días laborados como los festivos y séptimos días (art. 69 de la L.F. del T.), así como los días de vacaciones anuales (art. 76 de la L.F. del T.) y 15 días de aguinaldo (art. 87 de la L.F. del T.), lo cual se debe tener presente al formular cualquier análisis de costos o de precios unitarios.

Los días a que se hace mención en los párrafos anteriores como obligatorios de pago y no laborados, establecidos como tales en la reglamentación laboral vigente (art. 74 de la L.F. del T.) son:

1o. de Enero

5 de Febrero

21 Marzo

1o. Mayo

16 Septiembre

20 Noviembre

1o. Diciembre

25 Diciembre

Suma 7 1/6 días

Nota: Este mismo artículo de la ley señala el día 1o. de Diciembre de cada 6 -- años en la transmisión del Poder Ejecutivo Federal, como día de descanso obligatorio.

Por otro lado, días que por costumbre arraigada en nuestro medio no se laboran son:

Viernes Santo

Sábado de Gloria

3 de Mayo

2 de Noviembre

12 de Diciembre

Suma 5 días

Días en que por enfermedad profesional

el trabajador no labora 2 días

Días en que por alguna razón justificada,

el trabajador no labora 1 día.

Suma Total 15 1/6 días.

El artículo 76 de la Ley Federal del Trabajo ordena que los trabajadores disfruten de un período anual de vacaciones pagadas, que no podrá ser inferior a 6 días laborables. Lo cual hace un total de 21 1/6 días obligatorios de pago y no laborados.

Este número de días, sumados a los 52 domingos del año, hacen un total de 73 1/6 días pagados y no laborados, lo que justifica la suposición que se hace de que 291 5/6 días del año son los que realmente se laboran, sin embargo, son más los pagados efectivamente. Existen además de los mencionados, otros días no laborados por costumbres específicas de la localidad en que se realizan las obras.

De acuerdo con las disposiciones contenidas en el art. 87 de la Ley Federal del Trabajo, los trabajadores tendrán derecho a un aguinaldo equivalente a 15 días de salario. El art. 80 indica que los trabajadores tendrán derecho a una prima no menor de 25% sobre los salarios que les correspondan durante el período -

de vacaciones. Esto equivale a considerar 6 días por 0.25 que es igual a 1.5 - - días más, que se pagan sin laborarse.

En resumen, se tiene que los días pagados por año son: $365 + 15 + 1.5 = 381.50$ y los días realmente trabajados son $291 \frac{5}{6}$. Se puede establecer el valor de un coeficiente de incremento debido exclusivamente a prestaciones de la Ley Federal del Trabajo, que es:

$$\frac{381.50}{365 - 73 \frac{1}{6}} \frac{(\text{días pagados})}{(\text{días laborados})} = \frac{381.50}{291 \frac{5}{6}} = 1.307$$

O sea, que en realidad se está pagando un 30.7% más por día laborado. Esto deberá tomarse en cuenta al elaborar los costos correspondientes a la obra de mano.

Eventualmente se llegan a presentar casos en que por necesidades de las obras, o por convenir a los intereses del contratante o del contratista ejecutor de las obras, se laboran jornadas de 10 horas diarias y ocasionalmente, hasta de 12 horas por cada turno de trabajo, constituyéndose entonces lo que se llama una jornada extraordinaria de trabajo.

Existen circunstancias que, debido al corto tiempo disponible y al gran volumen de obra por realizar se hace necesario establecer 2 ó 3 turnos de trabajo. El art. 60 de la Ley Federal del Trabajo señala que: "Jornada diurna es la comprendida entre las 6 y las 20 horas. Jornada nocturna es la comprendida entre las 20 y las 6 horas. Jornada mixta abarca períodos de tiempo de las jornadas diurna --

y nocturna, siempre que el período nocturno sea menor de 3 1/2 horas, pues si comprende 3 1/2 o más, se considerará jornada nocturna". (art. 61) "La duración máxima de la jornada será: 8 horas la diurna, 7 la nocturna y 7 1/2 la mixta". -- (art. 66) "Podrá también prolongarse la jornada de trabajo por circunstancias extraordinarias, sin exceder nunca de 3 horas diarias, ni de tres veces en una semana". (art. 67) Las horas de trabajo extraordinario se pagarán con un ciento por ciento más del salario que corresponda a las horas de la jornada normal. Se debe tomar en cuenta que al laborar un trabajador más tiempo de su jornada normal, su rendimiento va disminuyendo a causa del cansancio natural y las tensiones propias del trabajo.

3.6

RENDIMIENTO

El rendimiento se define como el número de unidades de trabajo producidas por un obrero en un lapso de tiempo especificado, que usualmente es de una hora o de un día. Pueden especificar también el tiempo en horas-obrero o en días-obrero que se requieren para producir un número específico de unidades de trabajo, por ejemplo: 12 horas-obrero para colocar 1000 tabiques. El rendimiento debe conformarse con la realidad hasta el grado de incluir una tolerancia debida al hecho de que un obrero usualmente no trabajará los 60 minutos durante una hora.

El tiempo que consumirá un obrero para llevar a cabo una unidad de trabajo variará entre los diferentes obreros y entre las diferentes obras de acuerdo con las condiciones climatológicas, con la supervisión de la obra, con la complejidad de la operación y con otros factores. Se requiere más tiempo para la fabricación y erección de la cimbra para una escalera de concreto que para muros de cimentación de concreto. El estimador deberá analizar cada operación de manera que pueda determinar el tiempo probable que se requerirá para ejecutarla.

Los datos de producción en trabajos llevados a cabo en otras obras son de gran ayuda, tales datos pueden obtenerse llevando registros precisos de la obra de mano a medida que avanza la construcción. Para que los datos sean más valio-

sos para el estimador, deberá adjuntarse a cada registro de producción una nómina donde se registre el número de unidades terminadas; el número de obreros que se empleó por clasificación; el tiempo requerido para concluir el trabajo y una descripción de las condiciones de la obra, climatológicas y cualesquier otra que pueda afectar el desarrollo de la obra de mano. Los registros deberán ser para lapsos relativamente cortos, es decir, por día o por semana, de tal manera que las condiciones ahí descritas representen con precisión las condiciones reales para el período dado. Los registros que abarquen una obra completa y que cubran varios meses, darán los promedios de producción pero no indicarán las variaciones en los rendimientos que resulten de los cambios en las condiciones de trabajo. No es suficiente -- que el estimador sepa que el albañil colocó 400 tabiques por día en una obra. El estimador deberá conocer además, la velocidad con que se colocó cada tipo de tabique bajo diferentes condiciones de trabajo, considerando la climatología y demás factores que puedan haber afectado los rendimientos.

Todos los constructores experimentados saben que el rendimiento de la obra de mano es usualmente baja durante las primeras etapas de construcción. A medida que la organización se vuelve más eficiente, mejorarán los rendimientos; luego, cuando la construcción llega a sus etapas finales, habrá una reducción en la producción. Esto es muy importante para el estimador. En una obra pequeña es muy posible que la obra de mano nunca llegue a lograr su máxima eficiencia de producción debido a que no habrá suficiente tiempo. Si la obra es de tal naturaleza que los obreros tengan que ser trasladados de una actividad a otra o si hubiere-

Las autoridades Laborales, por medio de sus Juntas Locales de Conciliación y Arbitraje, en las que intervienen la representación de los diversos sectores económicos y sociales, tienen fijados salarios mínimos que los patrones deberán pagar a sus trabajadores, siendo asimismo, las encargadas de legitimizar y legalizar los contratos entre las partes interesadas. Tales salarios mínimos, hasta cierto punto, son representativos de las condiciones económicas y sociales privantes.

El salario mínimo, será según lo justifiquen las condiciones imperantes en cada una de las obras para las cuales se tengan que elaborar análisis sobre compensaciones económicas a los contratistas; insistiéndose en que se considerarán en forma discriminada, en razón a que, aunque para todo un Estado de la Federación o a una región corresponda una tarifa de salario mínimo, para los fines de la ejecución de las obras, será menester tomar en cuenta otros factores ya que, por ejemplo: aunque la tarifa de salario mínimo de \$ 32.50 por día corresponda prácticamente al Estado de Sinaloa, es lógico esperar que devengarán diferentes salarios - los trabajadores de las empresas contratistas que ejecuten obras en las vecindades de la ciudad de Culiacán, de aquellos que tengan que laborar, en la construcción de una presa en la Boquilla del Comedero, localizada sobre el río San Lorenzo del

citado Estado, apartada de los centros urbanos y de las vías de comunicación.

Lógicamente, todas aquellas obras de condiciones normales medias ubicadas en el Estado de Sinaloa se analizarán considerando la tarifa tipo correspondiente al salario mínimo de \$ 32.50 por día, en tanto que, aquellas obras localizadas en el mismo Estado pero que presenten condiciones, problemas o características muy adversas desde el punto de vista económico, podrán justificar que se analicen considerando otro tipo de salarios, puesto que constituirán casos especiales que se apartan de las condiciones normales medias.

frecuentes interrupciones, los rendimientos serán mucho menores que cuando los --
obrer^{os} permanecen en una misma actividad durante largos períodos de tiempo y sin
interrupciones.

3.8

SALARIOS

Llamamos salario en general a la retribución que se hace al trabajador por el trabajo realizado. El monto de este salario se determina en base al tipo de trabajo, a las condiciones en que se efectúa, a la capacidad y preparación del trabajador y nunca podrá ser menor al estipulado como mínimo por la Comisión Nacional de Salarios Mínimos.

El Art. 90 Cap. VI de la Ley Federal del Trabajo define como salario mínimo a: "La cantidad menor que debe recibir en efectivo el trabajador por los servicios prestados en una jornada normal de trabajo".

El salario mínimo deberá ser suficiente para satisfacer las necesidades elementales de un jefe de familia en el orden material, social y cultural, así como para proveer a la educación obligatoria de los hijos.

Los salarios mínimos son fijados por las Comisiones Regionales y serán sometidos para su ratificación o modificación a la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos. Lo anterior lo establece el Art. 94 de la Ley Federal del Trabajo.

Refiriéndose al salario en general, la Ley establece ciertas reglas a seguir como son por ejemplo, la obligación de cubrir el salario en el lugar donde los trabajadores presten sus servicios, salvo en convenio expreso en contrario y el - -

cual deberá ser cubierto precisamente en moneda de curso legal, no siendo permitido hacerlo en mercancías, vales, fichas o cualquier otro signo representativo con - que se pretenda substituir la moneda, lo cual se establece en los Arts. 101 y 108.

Con relación a las horas de trabajo extraordinario, el Art. 67 marca - que éstas se pagarán con un ciento por ciento más del salario asignado para las horas del trabajo normal.

Cuando la remuneración se cubra dentro del sistema "por destajo", el pago correspondiente a los días de descanso obligatorio se hará tomando como base el promedio de los salarios percibidos el último mes.

Al elaborar precios unitarios de diversos trabajos, deberá considerarse la duración del tiempo de ejecución de los mismos de acuerdo con un programa de obra ya elaborado, dado que, la fijación de los salarios mínimos por las autoridades respectivas se hace cada dos años, entrando en vigor cada nueva fijación el día 1o. de Enero de cada año par, lo cual deberá preverse al analizar dichos precios unitarios. La no consideración de este aumento, puede implicar serias pérdidas para el contratista. El analista de precios unitarios hará esta previsión suponiendo un nuevo salario mínimo, considerando un porcentaje de incremento basado en los aumentos sufridos por el salario en los dos o tres bienios anteriores inmediatos. Así por ejemplo, si observamos que para el Distrito Federal el incremento en salario mínimo ha variado entre \$ 3.00 y \$ 5.50 en los últimos seis bienios, que corresponden a un incremento en porcentaje entre 13 y 22.9 por ciento, se podrá prever con cierta exactitud el salario mínimo para el próximo bienio, esto es, supo--

niendo que se conserve el mismo ritmo de desarrollo económico actual.

Las observaciones anteriores, relativas al incremento de salario en el Distrito Federal, en los últimos años se muestran en la siguiente tabla:

Bienio	Salario Mínimo	Incremento en pesos	Incremento en porcentaje
58-59	\$ 12.00	2.50	20.8
60-61	14.50	3.00	20.7
62-63	17.50	4.00	22.9
64-65	21.50	3.50	16.3
66-67	25.00	3.25	13.0
68-69	28.25	4.25	15.0
70-71	32.50	5.50	16.9
72-73	38.00		

(De la tabla anterior podemos suponer que el salario que registró para el próximo -- bienio 74-75, estará entre \$ 42.00 y \$ 46.00).

Por otro lado, es indispensable reconocer el hecho, de que el incremento del salario mínimo, afectará necesariamente a toda la escala de salarios. - Al efecto se ha hecho costumbre, que una vez conocido el nuevo salario mínimo, - la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción, lleve a cabo una retabulación de salarios elaborando y proponiendo una nueva escala de los mismos, para las diversas categorías de trabajadores de la Construcción.

Para dar idea de la escala normativa de salarios en el D.F., en el bienio 72 - 73, se indica a continuación los salarios de las categorías más comunes:

<u>Categoría y Especialidad:</u>	<u>Salario Base:</u>
Maestro general	\$ 80.00 - \$ 100.00
Maestro herrero	70.00 - 80.00
Oficial herrero	45.00 - 60.00
Oficial albañil	45.00 - 60.00
Maestro carpintero	70.00 - 80.00
Oficial carpintero	45.00 - 60.00
Media cuchara	40.00 - 50.00
Peón	38.00

3.9

PRESTACIONES

3.9.1 LEY FEDERAL DEL TRABAJO

Dentro de la Ley Federal del Trabajo existen una serie de prestaciones que se le conceden al trabajador y que forman parte integral de su salario (art. - 84). Como se vió en el capítulo de jornada de trabajo la Ley otorga prestaciones (prima de vacaciones, aguinaldo, séptimo día, etc.), teniendo el salario base un incremento en porcentaje del 30.7. Estas prestaciones son a cambio de su trabajo y no para cumplir con él.

3.9.2 INFONAVIT

A partir del día 1o. de Mayo de 1972, se estableció la obligación le gal de las empresas, de otorgar habitación a sus trabajadores, que deberá ser cum plida a base de aportaciones que hagan al Instituto del Fondo Nacional de la Vi--vienda.

Las aportaciones correrán exclusivamente a cargo de la empresa y su monto será igual al 5% de los salarios base que pague a cada trabajador, sólo a ra zón de la cantidad fija que tenga asignada por su jornada legal ordinaria. Por lo

tanto no se tomarán en consideración para el pago de las aportaciones, los ingresos por concepto de horas extras, gratificaciones, premios, bonificaciones, primas, -- aguinaldos, participación de las utilidades y en general, de cualquier otra prestación distinta de la que perciban los trabajadores en efectivo por el trabajo ejecutado dentro del horario legal de labores.

Si el salario del trabajador, calculado en la forma antes indicada, excede de 10 veces el importe del salario mínimo general del lugar en que esté el -- centro de trabajo, no se pagará aportación alguna por el excedente. Por ejemplo: si en el D.F. donde actualmente rige un salario mínimo general de \$ 38.00, un -- trabajador gana \$ 500.00 diarios, se pagará aportación únicamente por \$ 380.00 y no por los \$ 120.00 restantes.

El pago del 5% mencionado, debe hacerse por la empresa respecto de -- todos los trabajadores al servicio de la misma, cualquiera que sea el puesto que de -- sempeñen y la duración que se haya señalado a los contratos individuales de trabajo. Por lo mismo no importa que los trabajadores sean de planta o de destajo. Tr -- tándose de este tipo de trabajadores o sea, de quienes no tengan asignado un sala -- rio fijo, la aportación se hará con base en el ingreso normal que obtengan por di -- chos conceptos. Los pagos de las aportaciones al Instituto deberán hacerse dentro -- de los 15 días siguientes al cierre de cada bimestre, ante las oficinas que establez -- ca o autorice para ello la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

En las cantidades que aporte la empresa a favor de cada trabajador, -- no deberá considerarse incluido el pago de cuotas al Seguro Social, ni el pago del

impuesto del 1%. Es también obligatorio para la empresa descontar a sus trabajadores y entregar al INFONAVIT el importe de los pagos periódicos que dichos trabajadores deban hacer al Instituto por los créditos que éste les llegue a otorgar.

Para llevar a efecto los descuentos, será indispensable que los trabajadores afectados, den expresamente su consentimiento y que, tratándose de personas que devenguen salario mínimo, el importe del descuento no exceda del 20% de ese salario.

La empresa deberá inscribirse e inscribir a sus trabajadores en el INFONAVIT y comunicar a éste las bajas y los cambios de salario de tales trabajadores, en caso de incumplimiento, el Instituto podrá hacerlo directamente, tanto a gestión de los trabajadores como por propia iniciativa sin perjuicio de las sanciones que por ese incumplimiento pueden imponerse a la empresa.

A solicitud de los interesados, la empresa deberá informarles sobre el monto de las aportaciones que por cada uno se hayan efectuado al INFONAVIT, así como el importe de los descuentos a sus salarios para pagar los créditos que el mismo Instituto les haya concedido. Cuando causen baja la empresa estará también obligada a proporcionarles la clave con que hayan sido registrados ante el propio Instituto.

3.9.3 SEGURO SOCIAL

De acuerdo con las disposiciones legales vigentes emanadas de los principios constitucionales que nos rigen, todos los empresarios tienen la obligación -

ineludible de inscribir a sus trabajadores en el Instituto Mexicano del Seguro Social, el cual, a cambio del pago de las primas del seguro correspondiente, se encarga de velar por la seguridad de los trabajadores y de impartirles la asistencia, - servicios sociales y prestaciones señaladas por la propia ley del Seguro Social, re- formada el 1o. de Enero de 1973.

La Ley comprende los siguientes seguros:

- I) Accidentes de trabajo y enfermedades profesionales;
- II) Enfermedades no profesionales y maternidad;
- III) Invalidez, vejez, cesantía en edad avanzada y muerte.

Debemos saber cuantificar el importe de las cuotas o primas del Seguro Social, ya que tiene enorme importancia en la elaboración de precios unitarios y específicamente en el aspecto "obra de mano".

Es importante hacer notar la responsabilidad que tiene un contratista - ante el Seguro Social, del pago de las cuotas del personal de cualquiera de sus - - sub-contratistas, como pudieran ser: yeseros, pintores, herreros, etc. Lo anterior significa que el contratista deberá cubrir el importe de las primas dado el caso en que los sub-contratistas omitan su pago.

Existen zonas en la República Mexicana en donde no hay Seguro Social, mas como recomendación se debe incluir su importe en el aspecto obra de mano, ya que se acostumbra en los casos de no existencia, tomar seguros de grupo cuyo importe por facilidad y seguridad para el cálculo de precios unitarios, se consi

dera igual a la prima del Seguro Social que debe pagar el patrón por este servicio.

El artículo 42 de la Ley del Seguro Social, establece que corresponde al patrón pagar por su cuenta y cargo la cuota señalada para los trabajadores que sólo perciban el salario mínimo, así como la de los calificados como aprendices. Lo anterior significa que el patrón pagará íntegro el total de la cuota obrero-patronal, correspondiente al personal que perciba el salario mínimo fijado por la Ley.

El artículo 79 de la Ley del Seguro Social, establece que para los efectos de la fijación de las cuotas del Seguro de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales, un reglamento especial determinará las clases de riesgos y los grados dentro de cada una de ellas.

De acuerdo con lo señalado en los artículos primero, décimo y décimo segundo del Reglamento de Clasificación de Empresas y Grados de Riesgos para el Seguro de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales, los empresarios de la industria de la construcción deberán pagar una cuota con importe igual al 125% (ciento veinticinco por ciento) sobre el importe obrero-patronal del Seguro de Invalidez, Vejez, Cesantía y Muerte, adicionalmente al total de la cuota semanal correspondiente al patrón por concepto de los seguros de Enfermedades no Profesionales y Maternidad; y de Invalidez, Vejez, Cesantía y Muerte. El patrón que en cumplimiento de estas leyes asegure a su personal contra accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, quedará relevado del cumplimiento de las obligaciones que sobre la responsabilidad por riesgos profesionales establece la Ley Federal del Trabajo (art. 60 de la Ley del Seguro Social).

Dado que la Ley del Seguro Social indica que los 15 días considerados como aguinaldo deberán también cubrir la cuota correspondiente, tenemos:

$$\begin{array}{rcl} \text{Días pagados en el año:} & & 365 \text{ días} \\ \text{Aguinaldo} & : & \frac{15 \text{ días}}{380 \text{ días}} \end{array}$$

$$\text{Coeficiente de Seguro Social: } 380/365 = 1.04$$

Al obtener la cuota semanal de pago del Seguro Social y dividirla entre los 6 días laborados en la semana, debemos afectarla del coeficiente obtenido, por lo cual la división tendrá que hacerse entre:

$$6/1.04 = 5.77 \text{ días.}$$

A continuación se presentan las tablas 3.1 y 3.2, en las que se indica el importe que se debe cubrir, para distintos grupos de salario diario, correspondiente a los Seguros de Enfermedades no Profesionales y Maternidad (art. 114), y los Seguros de Invalidez, Vejez, Cesantía y Muerte. (Art. 177), respectivamente.

SEGUROS DE ENFERMEDADES NO PROFESIONALES Y DE MATERNIDAD				
SALARIO DIARIO			CUOTAS SEMANALES	
Grupo	Más de	Hasta	Del patrón	Del Trabajador
K	\$ --	\$ 30.00	\$ 10.40	\$ 4.16
L	30.01	40.00	13.78	5.51
M	40.01	50.00	17.73	7.09
N	50.01	70.00	23.63	9.45
O	70.01	80.00	29.53	11.81
P	80.01	100.00	35.45	14.18
R	100.01	130.00	45.28	18.11
S	130.01	170.00	56.06	23.63
T	170.01	220.00	76.78	30.71
U	220.01	280.00	98.44	39.38
W	280.01	--	5.625%	2.250% sobre el salario de cotización

TABLA 3.1

SEGUROS DE INVALIDEZ, VEJEZ, CESANTIA Y MUERTE				
SALARIO DIARIO			CUOTAS SEMANALES	
Grupo	Más de	Hasta	Del patrón	Del trabajador
K	\$ --	\$ 30.00	\$ 6.93	\$ 2.77
L	30.01	40.00	9.20	3.68
M	40.01	50.00	11.83	4.73
N	50.01	70.00	15.75	6.30
O	70.01	80.00	19.70	7.88
P	80.01	100.00	23.63	9.45
R	100.01	130.00	30.19	12.08
S	130.01	170.00	39.38	15.75
T	170.01	220.00	51.19	20.48
U	220.01	280.00	65.63	26.25
W	280.01	--	3.75% Sobre salario de cotización	1.50%

T A B L A 3.2

Ejemplo 3.1: DETERMINACION DEL SALARIO REAL DE UN TRABAJADOR CON SALARIO MINIMO.

Obtención del costo día-trabajado para peón en el Distrito Federal, - considerando el salario mínimo actual de \$ 38.00/día.

Se consideran las primas actuales del Seguro Social (Enero 1973) y el impuesto sobre remuneraciones pagadas del 1%.

Salario diario	\$ 38.00
Por prestaciones Ley Federal del Trabajo \$ 38.00 x 0.307	<u>11.66</u>
Suma	\$ 49.66
Impuesto Suplementario (Por Educación): 1% = 0.01 x \$ 49.66 = ..	<u>0.49</u>
Suma	\$ 50.15
Cuota INFONAVIT = 0.05 x \$ 38.00 =	<u>1.90</u>
Por Seguro Social: Suma	\$ 52.05

Categoría o grupo de salario "L"

	Del Patrón	Del Trabajador
De la tabla 3.1	\$ 13.78	\$ 5.51
De la tabla 3.2	<u>9.20</u>	<u>3.68</u> = \$ 12.88
	\$ 22.98	\$ 9.19

De la tabla 3.2 (Cuota obrero patronal por seguro de invalidez, ve-
jez, cesantía y muerte) = \$ 12.88

Por ser salario mínimo en el D.F., el patrón debe de pagar también la

cuota (prima) correspondiente al trabajador.

Por lo que se tiene:

total cuota semana obrero-patronal = \$ 22.98 + \$ 9.19 = \$ 32.17

125% sobre cuota obrero-patronal

Por seguro de invalidez, vejez, cesantía y muerte

= \$ 12.88 x 1.25 = \$ 16.10 \$ 16.10

Suma Seguro Social por semana peón D.F. \$ 48.27

Cantidad que dividida entre los días laborados por semana, afectados

del coeficiente del Seguro Social:

\$ 48.27 / 5.77 = \$ 8.36 (Seg. Social peón/día laborado)

Resumen costo diario peón por día trabajado en el D.F.

Salario base	\$ 38.00
Prestaciones L.F.T.	11.66
Prestaciones INFONAVIT	1.90
Impuesto Suplementario (Educación, 1%)	0.49
Seguro Social	<u>8.36</u>
TOTAL	\$ 60.41

Ejemplo 3.2: DETERMINACION DEL SALARIO REAL DE UN TRABAJADOR CON SALARIO SUPERIOR AL MINIMO.

Obtención del costo día-trabajado para oficial, considerando como -
salario base actual: \$ 50.00

Salario diario	\$ 50.00
Por prestaciones Ley Federal del Trabajo \$ 50.00 x 0.307	<u>15.35</u>
Suma	\$ 65.35
Impuesto Suplementario (Por Educación): 1% = 0.01 x \$ 65.35	<u>0.65</u>
Suma:	\$ 66.00
Cuota INFONAVIT = 0.05 x \$ 50.00 ...	<u>2.50</u>
Suma	\$ 68.50

Por Seguro Social:

Categoría o grupo de salario: "M"

	Del Patrón	Del Trabajador
De la tabla 3.1	\$ 17.73	\$ 7.09
De la tabla 3.2	<u>11.83</u>	<u>4.73</u> = \$ 16.56
	\$ 29.56	\$ 11.82

De la tabla 3.2 (Cuota obrero patronal por seguro de invalidez, vejez, cesantía y muerte) = \$ 16.56

El patrón debe pagar la prima de \$ 29.56 / semana

El trabajador (se le debe descontar) paga \$ 11.82 / semana

Total cuota semanal del patrón \$ 17.73 + 11.83 = \$ 29.56

125% sobre cuota obrero-patronal
por seguro de invalidez, vejez, ce-
santía y muerte \$ 16.56 x 1.25 = \$ 20.70

Suma Seguro Social por semana oficial \$ 50.26

Cantidad que dividida entre los días laborados por semana, afectados -
del coeficiente de Seguro Social:

\$ 50.26 / 5.77 = \$ 8.71 (Seg. Social oficial/ día laborado)

Resumen costo diario oficial por día trabajado en el D.F.

Salario base \$ 50.00

Prestaciones L.F.T. 15.35

Prestaciones INFONAVIT 2.50

Impuesto Suplementario
(Educación) 1% 0.65

Seguro Social 8.71

TOTAL \$ 77.21

Es importante hacer notar que cuando existen tiempos extraordinario -
varía generalmente el grupo de salario y por lo tanto el importe de las primas de -
Seguro Social.

Atendiendo a los salarios base considerados anteriormente, se presenta

a continuación una tabla detallada (tabla 3.3), que incluye las columnas de: salario base, grupo de salario, séptimo día, impuesto suplementario (para la educación sobre las remuneraciones pagadas), Seguro Social, total por día trabajado, porcentaje de todos los cargos con relación al salario base.

De la tabla 3.3, deducimos el porcentaje promedio que debe afectar al salario base para obtener el costo diario-obrero.

Suma de porcentajes	= 945.98
Número de porcentajes	= 17
Porcentaje promedio	= $945.98/17 = 55.64\%$

El dato anterior es aproximado y no tiene más intención que la de proporcionar una idea general al respecto. Un dato exacto se obtendría dando diferente peso a cada uno de los porcentajes individuales, en base a las distintas cantidades de personal de cada categoría que laborasen en una obra determinada. Si así se hicieran, el dato anterior de 55.64% con toda seguridad subiría, ya que en general el número de peones predomina en una obra, y es esta categoría la de porcentaje individual más elevado.

3.9.4 EJEMPLOS COSTOS DE OBRA DE MANO.

A continuación se presentan en forma de ilustración la obtención de los siguientes costos de obra de mano:

Ejemplo 3.3: COSTO DE OBRA DE MANO: EXCAVACION EN TIERRA SUELTA POR METRO CUBICO, A CIELO ABIERTO Y A MANO.

Obra de mano: salario mínimo actual = \$ 38.00 (para el D.F. marzo- de 1973) Costo real diario diario obra de mano peón = \$ 60.41 (Tabla No.- 3.3).

El cabo, sobrestante y demás personal, que están al mando de este tipo de trabajos, se consideran generalmente como un porcentaje o se aplica a costos indirectos, ya que este personal realiza diferentes actividades durante el día, según la obra de que se trate. Para el presente análisis no lo consideraremos.

Rendimiento:

Capacidad de una pala: 3.0 a 3.5 litros (depende del ángulo del reposo del material)

usaremos 3.0 litros.

Ciclo por palada : 6 seg.

Número de horas efectivas por día = 7 hr x 3600 seg/hr = 25200 seg.

Eficiencia: 50%

Coefficiente de abundamiento: 1.20

$$\text{Rendimiento efectivo/día} = \frac{25200}{6} \times \frac{0.50}{1.20} \times 0.003 = 5.25 \text{ m}^3/\text{día}$$

(En la práctica este volumen oscila entre 3.00 y 6.00 m³).

Aplicando el rendimiento obtenido al costo diario obra de mano, obtendremos:

$$\text{Obra de mano excavación/m}^3 = \$ 60.41 / 5.25 \text{ m}^3 = 11.50/\text{m}^3$$

COSTO OBRA DE MANO EXCAVACION EN TIERRA SUELTA A MANO Y A CIELO ABIERTO, POR METRO CUBICO\$ 11.50

SALARIO BASE	GRUPO SALARIO	PRESTACIONES LEY FEDERAL - TRABAJO	IMPUESTO SUPLEMENTARIO (Educación) %	INFONAVIT	SEGURO SOCIAL	TOTAL POR DIA TRABA JADO	PORCENTAJE DE CARGOS- TOTALES SO- BRE SALARIO BASE
\$ 38.00 (mínimo)	L	\$ 11.66	\$ 0.49	\$ 1.90	\$ 8.36	\$ 60.41	58.97 %
40.00	L	12.28	0.52	2.00	6.77	61.57	53.92 %
45.00	M	13.81	0.59	2.25	8.71	70.36	56.35 %
50.00	M	15.35	0.65	2.50	8.71	77.21	54.42 %
55.00	N	16.88	0.72	2.75	11.60	86.95	58.09 %
60.00	N	18.42	0.78	3.00	11.60	93.80	56.33 %
65.00	N	19.95	0.85	3.25	11.60	100.65	54.84 %
70.00	N	21.49	0.91	3.50	11.60	107.50	53.57 %
75.00	O	23.02	0.98	3.75	14.51	117.26	56.34 %
80.00	O	24.56	1.04	4.00	14.51	124.11	55.13 %
90.00	P	27.63	1.18	4.50	17.40	140.71	56.34 %
100.00	P	30.70	1.31	5.00	17.40	154.41	54.41 %
110.00	R	33.77	1.44	5.50	22.24	172.95	57.22 %
120.00	R	36.84	1.57	6.00	22.24	186.65	55.54 %
130.00	R	39.91	1.70	6.50	22.24	200.35	54.11 %
150.00	S	46.05	1.96	7.50	29.00	234.51	56.34 %
170.00	S	52.19	2.22	8.50	29.00	261.91	54.06 %

TABLA 3.3

Ejemplo 3.4: COSTO OBRA DE MANO: CIMBRADO Y DESCIMBRADO POR METRO CUADRADO DE CONTACTO EN LOSAS.

Obra de mano cimbrado:

Personal	Salario base	Salario Real/día	Total
1 oficial	\$ 50.00	77.21	\$ 77.21 (tabla 3.3)
1 ayudante	38.00	60.41	<u>60.41 (tabla 3.3)</u>
suma por día trabajado			\$ 137.62

Rendimiento cimbrado:

Este personal tiene un rendimiento promedio de 8.0 m^2 por día.

(oscila entre 6.0 m^2 y 10.0 m^2 por turno de trabajo).

Cimbrado por m^2 contacto: $\$ 137.62 / 8.0 \text{ m}^2 = 17.20 \text{ \$/m}^2$

Obra de mano descimbrado:

Se considera el mismo personal del cimbrado,

o sea: $137.62 \text{ \$/día trabajado}$

Rendimiento descimbrado:

Varía entre 40.0 y $60.0 \text{ m}^2/\text{día}$; usaremos: 50 m^2

Descimbrado por m^2 contacto: $\$ 137.62 / 50 \text{ m}^2 = \underline{2.75} \text{ \$/m}^2$

COSTO OBRA DE MANO (CIMBRA) POR METRO CUADRADO.

19.95 $\text{\$/m}^2$

Ejemplo 3.5: COSTO OBRA DE MANO: CORTE, HABILITADO Y COLOCACION DE FIERRO DE REFUERZO POR TONELADA.

Obra de mano:	Salario base	Salario Real/día	Total	
1 maestro herrero	\$ 70.00	\$ 107.50	\$ 107.50	(Tabla 3.3)
3 oficiales	50.00	77.21	231.63	(Tabla 3.3)
6 ayudantes	38.00	60.41	<u>362.46</u>	(Tabla 3.3)
suma total por día trabajado			\$ 701.59	

Rendimiento:

Se determina por experiencias anteriores; depende de los diámetros - de fierro que se habiliten y del sitio y facilidades de trabajo. El personal supuesto habilita y coloca entre 0.8 y 1.2 toneladas de fierro por turno de trabajo. Consideramos para el presente análisis un rendimiento de: 1.0 ton.

Obra de mano habilitado fierro/ton = \$ 701.59/ 1.0 = 701.59 \$/ton.

COSTO OBRA DE MANO CORTE, HABILITADO Y COLOCACION DE FIERRO DE REFUERZO POR TONELADA..... 701.59 \$/ton.

Cualquiera que sea el sistema de vida que se considere: simple o complejo, primitivo o avanzado, las actividades humanas siempre requieren de la interacción de dos o más personas. Cuando al realizarse un trabajo se hace necesaria la intervención de más de un individuo, se requiere de la organización para así poder asignar varias actividades a diferentes personas y coordinar sus esfuerzos.

Organizar comprende: la determinación y enumeración de las actividades necesarias para obtener los objetivos de la empresa o del grupo, la agrupación de dichas actividades, la asignación de una serie de actividades a un ejecutivo, la delegación de autoridad para llevarlas a cabo y la provisión para la coordinación de las relaciones de autoridad en la estructura organizativa.

La estructura de una organización debe reflejar no solamente la lógica del trabajo que se realiza, sino también las actitudes mentales de las personas que la constituyen y que se han reunido para llevar a cabo una tarea.

La estructura organizativa es una herramienta para conseguir los objetivos de la empresa. Una organización eficiente contribuirá al éxito, razón por la cual la aplicación de principios de organización es muy importante.

La agrupación de actividades en una empresa para formar unidades or-

ganizacionales que serán dirigidas por un ejecutivo, las relaciones de autoridad entre ésta y sus canales de comunicación pueden quedar representadas gráficamente por medio de un organigrama. (Cuadro 3.1)

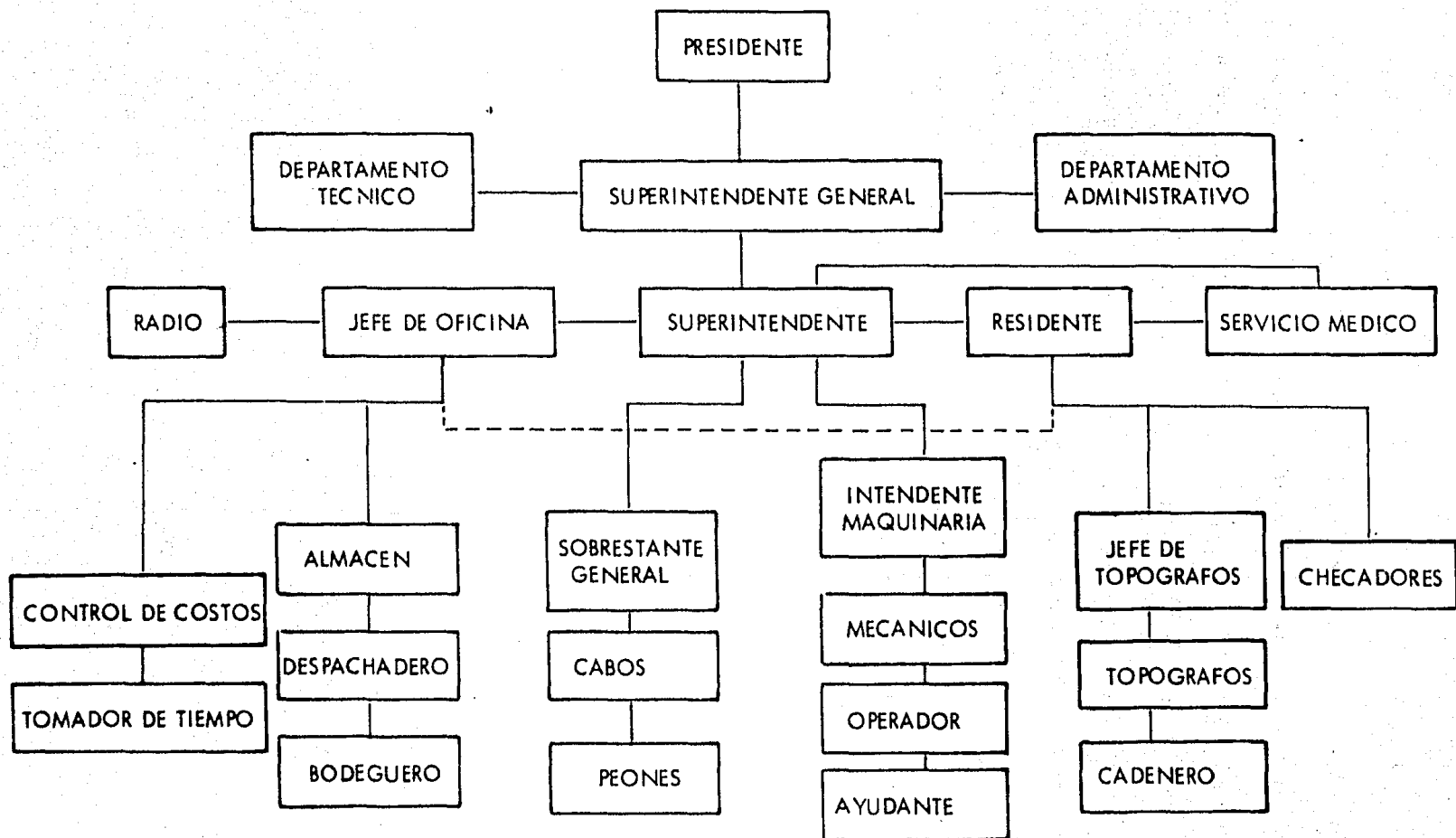
3.10.1 ORGANIGRAMA

Como puede apreciarse en el organigrama que se anexa, en una empresa constructora es indispensable contar con un cuerpo técnico que lleve a cabo la planeación, organización, dirección y control de las obras que tenga a su cargo la empresa y tener un cuerpo administrativo que se encargue de coordinar y controlar las funciones de todos los elementos de la empresa, para que su funcionamiento sea lo más eficiente posible.

En la empresa no solamente se presentan problemas de ingeniería sino también de índole económico, jurídico y administrativo que es necesario que el ingeniero conozca para que los pueda resolver o encauzar a la resolución de éstos cuando se le presenten.

3.10.2 RELACIONES HUMANAS

En esta época y más en el futuro, es inconcebible cualquier trabajo de ingeniería si éste no se lleva a cabo mediante el llamado sistema de equipo. Es precisamente en el trabajo de equipo donde más graves consecuencias y más nocivos efectos pueden tener las fallas en relaciones humanas.



CUADRO 3,1 ORGANIGRAMA

Existen muchas definiciones de relaciones humanas dependiendo de los autores. La más amplia y expresada en pocas palabras es la siguiente: "Relaciones humanas comprenden todas las formas del comportamiento y conexiones de los hombres dentro y fuera del trabajo". El objeto de las relaciones humanas es dar al trabajador un sentido de utilidad y de importancia que lo haga participar activa y lealmente en el trabajo, así como lograr que se sienta orgulloso de lo que hace; todo ello, a través de un trato digno y considerado.

Puede decirse que las relaciones humanas son el medio anticonflictivo por excelencia con que cuentan las personas encargadas de conducir las actividades del elemento humano a su cargo.

4

**Equipo
Y
Maquinaria**

Toda obra de ingeniería civil podrá ser ejecutada mediante diversos procedimientos de construcción y empleando diferentes equipos. Sin embargo, para ejecutar tal 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 y de la eficiencia de los trabajos.

En el mercado de la construcción se ofrece a los contratistas una gran variedad de maquinaria de diferentes marcas, modelos, capacidades, especificaciones de calidad, etc. Por lo que el contratista deberá realizar un estudio cuidadoso, a fin de determinar cual es la maquinaria más conveniente para la óptima ejecución de la obra u obras.

Al tratar la utilización del equipo y maquinaria, sería necesario mencionar las características de funcionamiento y aplicación de todos los tipos y modelos que existan, sin embargo, se puede generalizar describiendo el equipo más -- usual.

Una generalidad dentro del uso del equipo y maquinaria, es que la -- maquinaria es designada con el nombre de la herramienta de ataque que se le adapta. Cuantos aditamentos se le puedan colocar, ese será el número de designaciones que tendrá. Se divide en dos grupos:

1)

EQUIPO LIGERO

MALACATES { Gasolina
Eléctricos

TORRE GRUA

REVOLVEDORAS

VIBRADORES { Gasolina
De aire
Eléctricos

BOMBA DE CONCRETO

BOMBA DE AGUA

EQUIPO DE SOLDADURA

Eléctrico
Gasolina

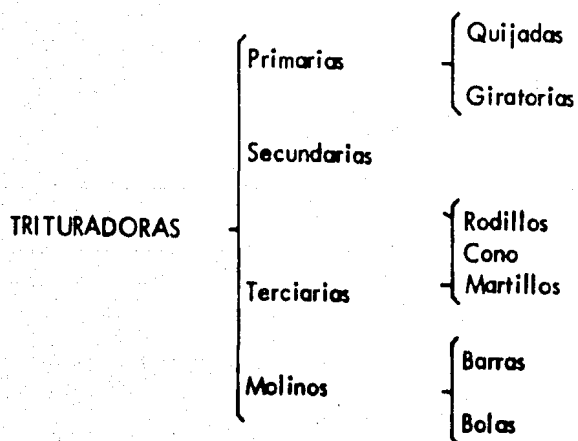
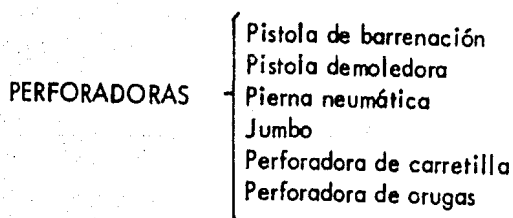
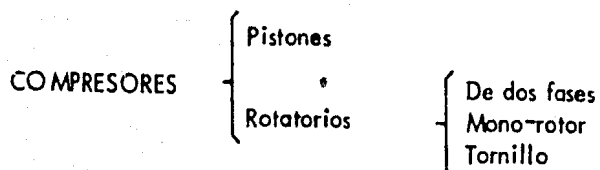
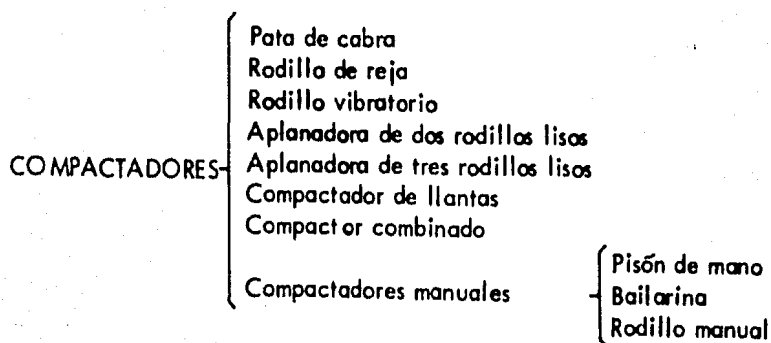
SIERRA CORTADORA DE CONCRETO

II)

EQUIPO PESADO

TRACTORES	{	Bulldozer	{	Cucharón de arrastre
		Empujadores		Cucharón de almeja
	{	Angledozaer		Cucharón de gajos de naranja
		Desgarradores	{	Garfios
	{	Pluma lateral		Grúa
		Cadena de desmonte	{	Bachas de concreto
	{	Punzón		Piloteadora
			{	Demoladora
CARGADORES	{	Descarga frontal		Electroimán
		Descarga lateral		
	{	Descarga trasera		
EXCAVADORAS	{	Pala		
		Convertible		
	{	Retroexcavadoras		
		Zanjadoras		
ESCREPAS	{	Arrastre		
		Autoimpulsadas		
	{	Tandem		
		Autocargables		
TRANSPORTES	{	Push Pull		
	{	Volteos		
		Volquetes		
	{	Vagonetas		
		Plataformas		
	{	Dumptors		

MOTOCONFORMADORAS



PAVIMENTACION	{	Transportadores	{	Banda	
				Canchales	
		Cribas			
		Planta de trituración			
		Planta de asfalto			
		Planta de concreto			
		Petrolizadora			
		Barredora			
		Pavimentadora			
	{	Pipa			

4.3 DESCRIPCION SOMERA DE EQUIPO Y MAQUINARIA.

1) EQUIPO LIGERO.

MALACATES

Son los elementos más simples, usados en la elevación de materiales y constan de un motor de gasolina o diesel, para mover el carrete del cable de acero, que se acciona mediante un sistema de embrague de pedal, un freno de trinquete y un acelerador manual.

Se auxilia de una estructura en forma de tripié que sostiene una polea, donde pasa el cable de acero. Esta estructura es llamada pluma y está colocada a la altura necesaria.

Usual en la edificación de altura media, para la elevación de materiales. Los malacates eléctricos son accionados por corriente alterna para el mismo fin. Generalmente éstos se usan como auxiliar en las torres grúa.

TORRE GRUA.

Es un elemento esbelto que se utiliza para la elevación de materiales a grandes alturas.

Está formada por una estructura metálica angular, fija en su base, so-

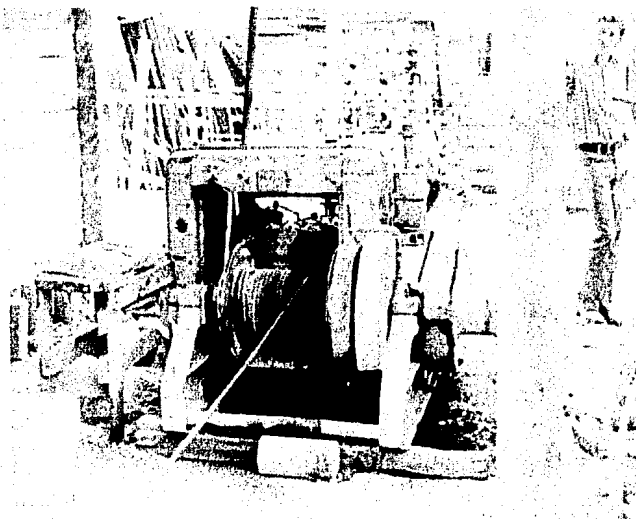


Figura 4.1 Malacate con motor a diesel.

bre una cimentación resistente. En la parte superior de la torre, se extiende una es tructura recta perpendicular a ella, pivoteada en el centro, para que pueda girar - en cualquier sentido. En un extremo se descuelgan los cables de un malacate eléc- trico para las maniobras de carga y descarga. En el otro lado lleva los contrapesos ne cesarios para guardar el equilibrio. En la base va colocada la cabina de contro- les que se accionan por medio de corriente eléctrica.

Usuales en edificación de gran altura y para elevación de grandes vo- lúmenes.

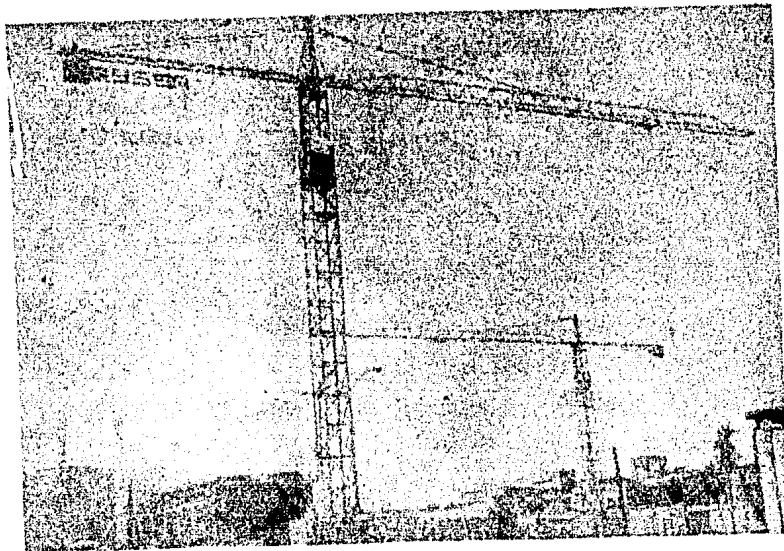


Figura 4.2 Torre Grúa.

REVOLVEDORAS

Es equipo ligero, usual para la elaboración de concreto y mortero en poco volumen.

Consta de una olla metálica, soportada en un chasis con ruedas, accionada por un motor de gasolina o diesel que la hace girar, para efectuar la mezcla de los componentes depositados en ella.

Su uso común es en edificación, en carreteras para las obras de arte y en general donde sea necesario hacer poco concreto.

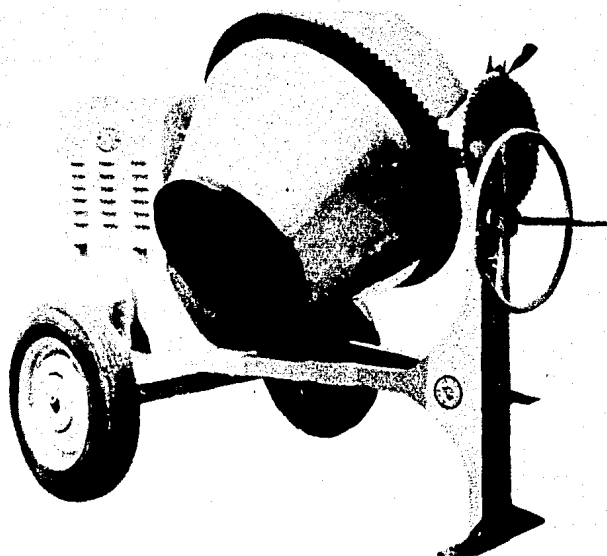


Figura 4.3 Revolvedora.

VIBRADORES

Es equipo usual para eliminar el aire que se encuentra dentro del concreto antes de fraguar, a base de vibraciones.

Constan de un motor de gasolina, motor eléctrico o accionados por aire que lo toma de algún compresor, que hace que se transmita una vibración a una masa terminal metálica que se introduce en la mezcla de concreto. Se utiliza en colados de estructuras de concreto.

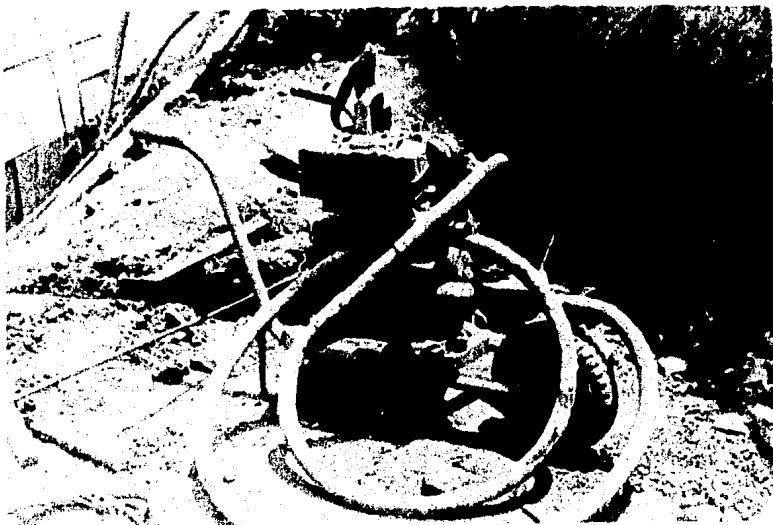


Figura 4.4 Vibrador con motor a gasolina.

BOMBA DE CONCRETO

Elemento auxiliar en la colocación de concreto, a cualquier nivel. -
Se trata, en forma general, de una bomba accionada por un motor diesel, sobre un chasis móvil, que recibe el concreto, el cual es bombeado a través de mangueras, - hacia la estructura por colar.

Este equipo reduce bastante el tiempo de colado y facilita la manio-
bra de la mezcla en los lugares más difíciles.

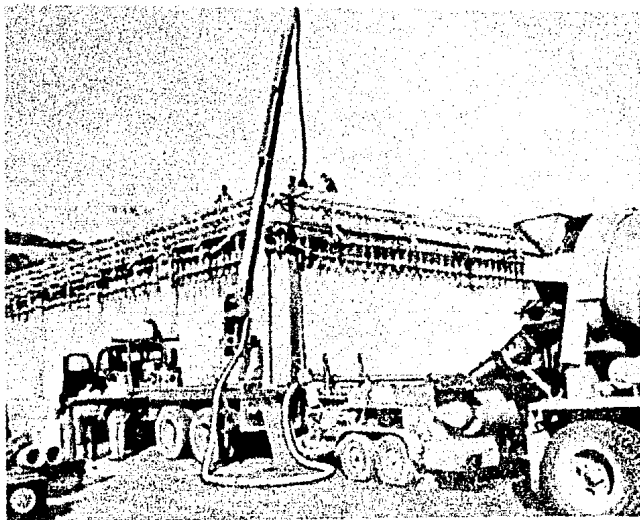


Figura 4.5 Bomba de Concreto.

BOMBA DE AGUA

Equipo ligero usual para desalojar el agua del lugar de trabajo. Existen varios tipos de bombas, aunque la más usual en la construcción es la autocebante de succión y descarga.

Está constituida por un motor que consume gasolina sobre un soporte con ruedas. Se arranca manualmente mediante una cuerda enrollada al volante y se detiene desconectando su bujía.

Se utiliza en edificación para abatir el nivel freático del agua en cimentaciones profundas de edificios, en puentes para la cimentación de pilas, etc.

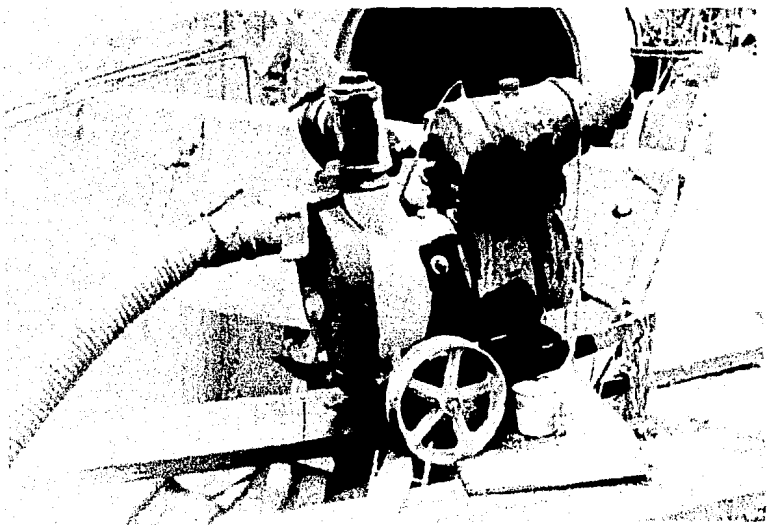


Figura 4.6 Bomba de agua autocebante.

EQUIPO DE SOLDADURA.

Es una planta que produce corriente eléctrica de alto voltaje, para alimentar los cables que se usan para soldar, en combinación con electrodos, elementos metálicos.

La planta puede ser un motor de gasolina que produce la corriente eléctrica o bien un transformador de corriente normal en alto voltaje. Van soportados sobre un bastidor con ruedas para facilitar su manejo.

SIERRA CORTADORA DE CONCRETO.

Es un equipo muy útil para cortar elementos de concreto, tales como

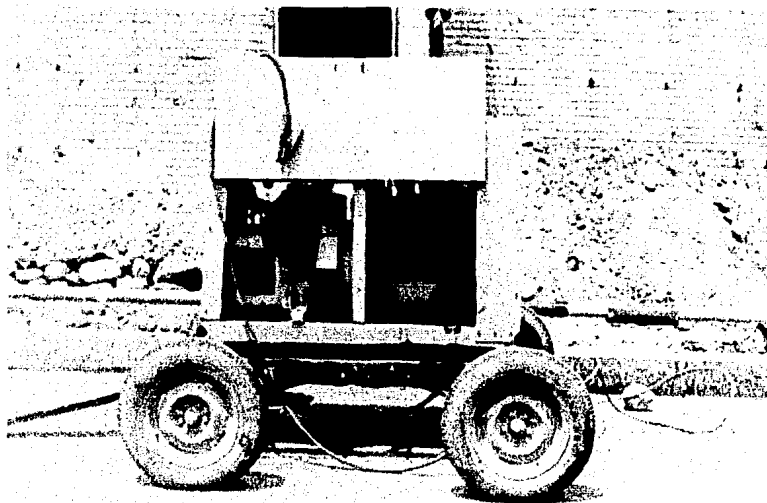


Figura 4.7 Soldadora con motor a Gasolina.

banquetas y guarniciones, que ya están hechas y hay necesidad de levantarlas.

Sobre un bastidor de dos ruedas se encuentra un motor de gasolina -- que impulsa una sierra cortadora redonda metálica, guiada por una barra delantera indicando la línea de corte. Permite conexión de agua a través de mangueras, para enfriar por este medio la hoja cortadora. Como complemento lleva una tapa protectora para la sierra y unos manguitos a la altura media para que sea manipulada -- por un operador.

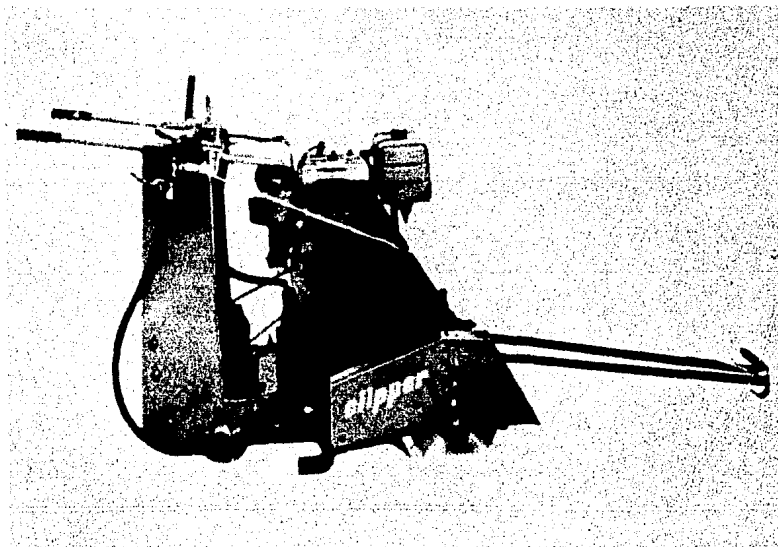


Figura 4.8 Sierra Cortadora de Concreto.

II)

EQUIPO PESADO

TRACTORES.

Son máquinas de tracción, diseñadas para empujar o jalar. Generalmente se trata de motores de gran tamaño y potencia que consumen diesel, a excepción del llamado tractor agrícola que tiene un motor ligero que consume gasolina.

El tractor es una de las máquinas más versátiles que existen en la construcción, debido a que las adaptaciones de sus herramientas de ataque pueden ser múltiples.

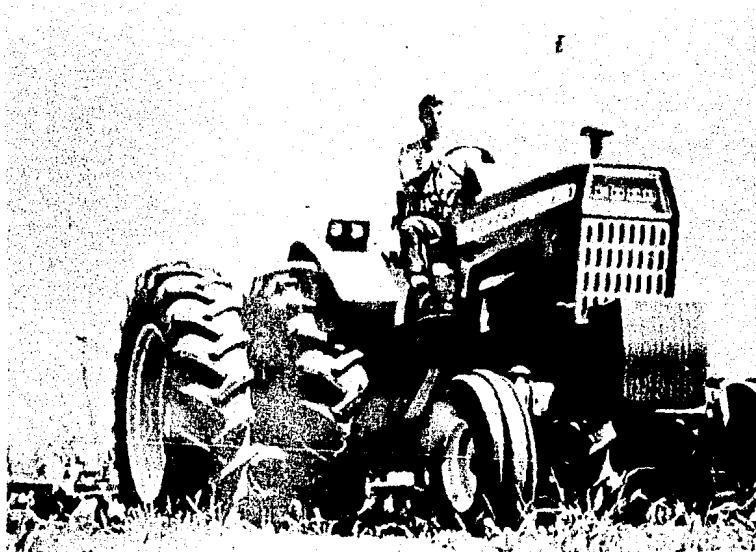


Figura 4.9 Tractor Agrícola.

Su desplazamiento es mediante orugas o sobre llantas de hule. Una de las diferencias que existe entre ambos, es que mientras los de orugas no tienen pérdidas de potencia por efectos de deslizamiento en sus ruedas (debido al agarre que efectúa la oruga en el suelo) los de llantas de hule sí las tienen, lo que hace que disminuya la capacidad de ataque.

Generalmente los tractores sobre orugas forman el grupo de ataque inicial en toda obra que se efectúa. Los tractores que van montados sobre llantas de

hule son más veloces y fáciles de maniobrar, aún teniendo la misma máquina que -- los de orugas, por lo que generalmente se utilizan en los acarreos más o menos lar-- gos.

A) Bulldozer (cuchilla recta). Es la herramienta de ataque más común en los tractores, por los múltiples usos que puede desarrollar, en cuanto a trabajo -- pesado. Consta específicamente de un faldón recto, de acero reforzado, ligeramente curvo, que se acopla en el frente del tractor, apoyado por un bastidor sujeto a -- los "tracks", que es controlado por émbolos hidráulicos o por cables.

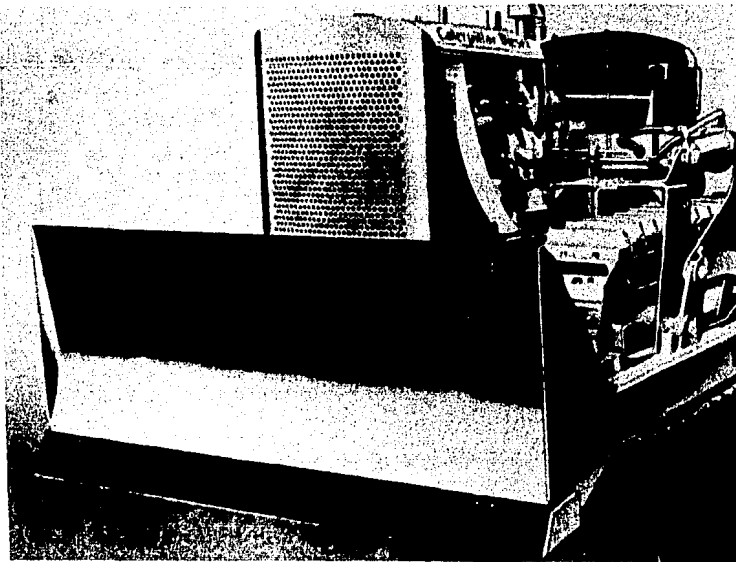


Figura 4.10 Bulldozer.

La cuchilla puede desplazarse hacia arriba o abajo e inclinarse. La -- parte inferior del faldón lleva una placa que sirve de cuchilla y actúa sobre el te--

reno cortándolo y empujando la tierra suelta.

Por ser la parte, que más contacto tiene con el material, sufre mayor - desgaste y por lo tanto está adaptada en tal forma que sea reemplazable fácilmente. Existen faldones en forma de "U", que tienen la propiedad de no disgregar tanto el material a los lados.

Su aplicación es muy amplia en obras civiles, como carreteras, presas, canalizaciones, etc. Por ejemplo: para abrir brechas de caminos iniciales de acceso, desmonte y despalle de terrenos, rellenos de zanjas, formación de terraplenes, apilar materiales y excavaciones poco profundas.

B) Empujadores. Básicamente es una plancha de acero reforzada que va colocada al frente, en igual forma que el faldón del Bulldozer (este último puede usarse como topador, si está reforzado para ello).

La plancha del empujador es más pequeña que el faldón del Bulldozer.

Pueden ser también montados sobre llantas, aunque los tractores tienen que ser más robustos. El uso fundamental es, aumentarles potencia a las motoescrapas, cuando están cargando, mediante el empuje.

C) Angledozer (cuchilla angulable). Son faldones idénticos a los del Bulldozer, pero con la propiedad que se pueden girar horizontalmente hasta 60°.

Los controles del faldón pueden ser mecánicos si fueran cables o hidráulicos si usa émbolos.

Es efectivo para rellenos laterales en zanjas, caminos, canales, etc.

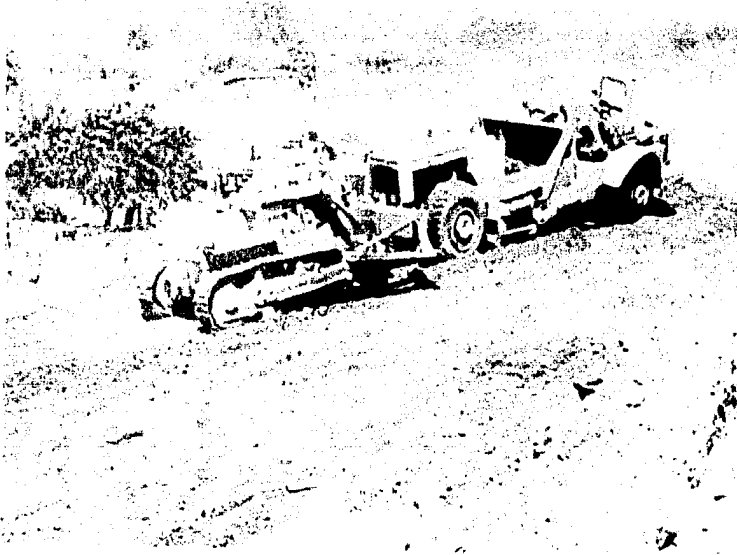


Figura 4.11 Empujador.

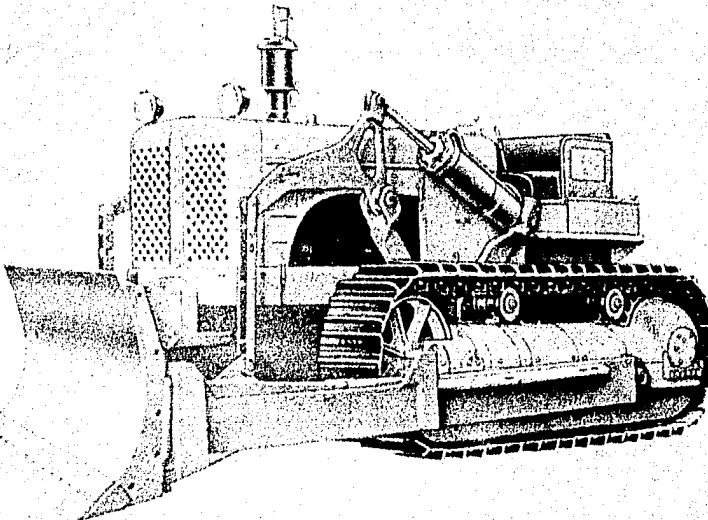


Figura 4.12 Angledozer.

D) Desgarradores. Son parte del equipo adicional, que puede llevar - un tractor. Siempre van adaptados a los tractores de orugas para aprovechar la potencia máxima.

Hay varios tipos de desgarradores del tipo pesado y ligero. Pueden ir - colocados atrás o adelante del chasis del tractor.

Los dientes desgarradores son más reforzados en su parte inferior, que - es la que ataca al material, introduciéndose al suelo y aflojándolo en todo su tra-- yecto.

Están soportados mediante brazos articulados, apoyados al chasis y con_ trolados por émbolos hidráulicos, que son los que le dan la presión vertical para con_ servar los dientes en la posición indicada.

Para los trabajos en terreno duro, se utiliza un diente de gran tamaño - adaptado a un tractor de los de mayor potencia en la parte de atrás y si el material_ es menos duro se adaptan dos ó tres dientes.

Dentro de los del tipo ligero, existen los llamados de acción directa, - que van sobrepuestos delante de la cuchilla del Bulldozer que son los primeros en - atacar.

Los de acción en reversa, que van colocados sobre un bastidor (casi - siempre son más de tres) entre el faldón y el motor del tractor. Esta posición permi_ te hacer un trabajo combinado con el faldón; mientras el tractor va en reversa, los- dientes van introducidos al terreno aflojándolo y el faldón va en alto. Cuando mar_ cha hacia adelante, los dientes van en alto y la cuchilla va juntando el material -

escarificado o suelto.

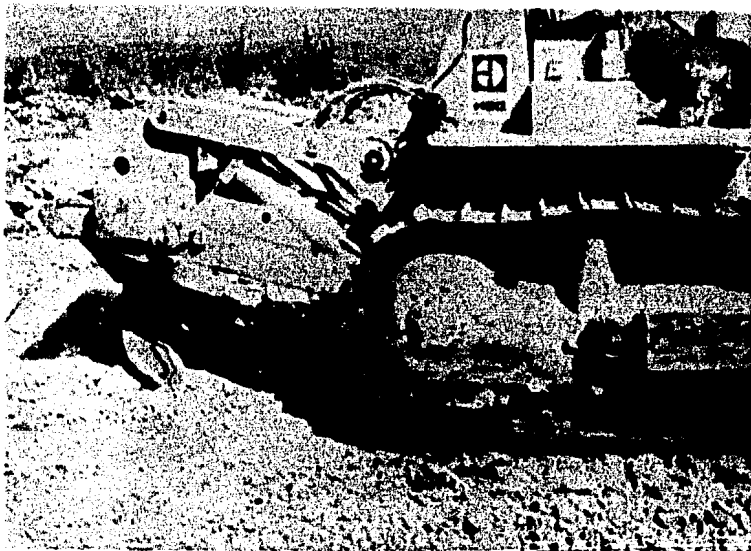


Figura 4.13 Desgarrador.

Los desgarradores tienen la función de sustituir el uso de explosivos u otro equipo, en superficies donde el aflojamiento se logra a base de pasadas con -- dientes escarificadores.

El uso apropiado de cada tipo de desgarrador, va en función del tipo -- de terreno. Se utilizan en explotación de bancos de materiales, desmontes, despal_ mes, instalación de tubería delgada, etc.

E) Pluma lateral. Equipo adicional exclusivo de los tractores de oru-- gas que consiste en una pluma corta y malacate con cables. La pluma va a un lado del tractor apoyada en uno de los tracks, en el otro lado va soportando el malacate

y su contrapeso, para el efecto del equilibrio.

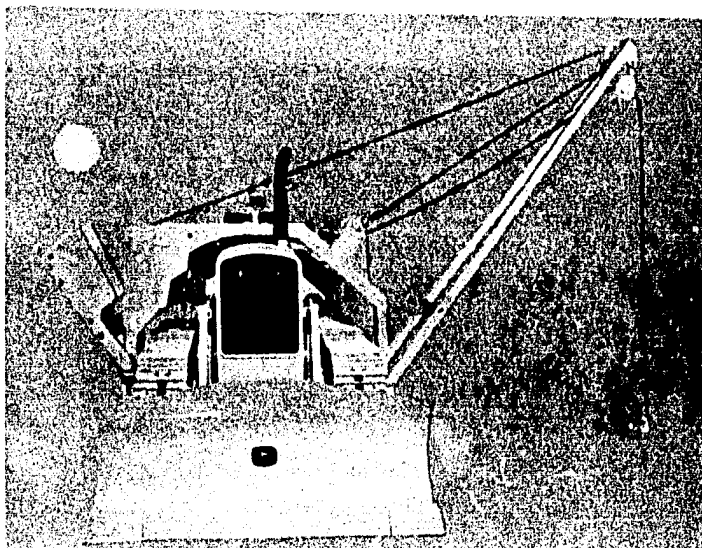


Figura 4.14 Pluma Lateral.

Se usa para elevar las cargas pesadas a poca altura y más frecuentemente para el tendido de tuberías de gran diámetro en drenajes y oleoductos.

F) Cadena de desmonte. Este tipo de equipo, es una cadena eslabonada, de grueso espesor, que se engancha de sus extremos a dos tractores de orugas, - en la parte posterior. En algunos casos, la cadena lleva una bola de acero en la - parte media, evitando que ésta se levante.

Se utiliza en los desmontes de árboles con altura media. Los tractores-
unidos por la cadena, abrazan una porción de árboles, los cuales son tirados por la
presión ejercida.

G) Punzones. Es un aditamento para los tractores de orugas, que va colocado en la parte frontal; tiene la forma de una horquilla, pero colocada invertidamente, de modo que con su brazo presiona los árboles en lo alto, para derribarlos.

Se utiliza en desmontes con árboles de gran altura.

CARGADORES.

Son tractores de orugas o llantas, equipadas con un cucharón delantero. Exclusivamente excavan, cargan y descargan el material a lugares cercanos.

La acción del cargador, se realiza a base de brazos articulados y émbolos hidráulicos. Un par de émbolos controlan los movimientos de los brazos. -- Otro par de émbolos controlan la acción del bote.

Tipos de botes para cargadores. Existen principalmente tres tipos de botes, atendiendo a la clase de material (suelto, suave y roca fragmentada). Así como diferentes capacidades para cada uno de los botes, las cuales varían de 0.75- m^3 a 3.00 m^3 .

Bote Ligero. Con cuchilla a todo lo largo del bote, en el labio inferior, para cargar materiales sueltos o poco abrasivos.

Bote reforzado con dientes. Además de la cuchilla en el labio inferior del bote, va reforzado con unos dientes con partes intercambiables debido al --

desgaste que sufren prematuramente. Se usa para la excavación principalmente en material suave.

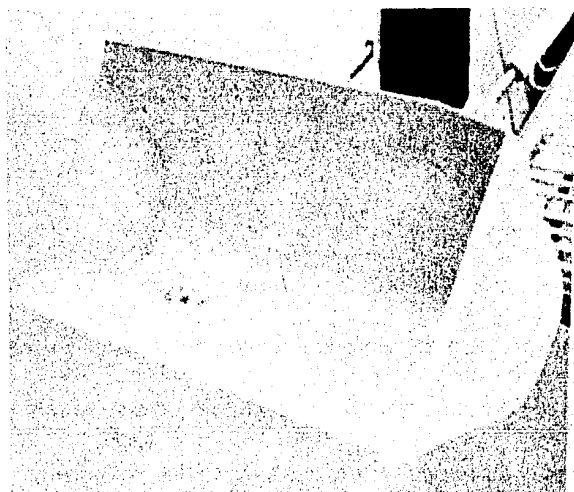


Figura 4.15 Bote Ligero.

Bote super-reforzado con o sin dientes. Se utiliza para cargar roca fragmentada o lajar.

Los cargadores se clasifican en tres clases según la forma de descargar el material:

A) Descarga frontal. Es el más usual de todos. Su acción es a base de desplazamientos cortos.

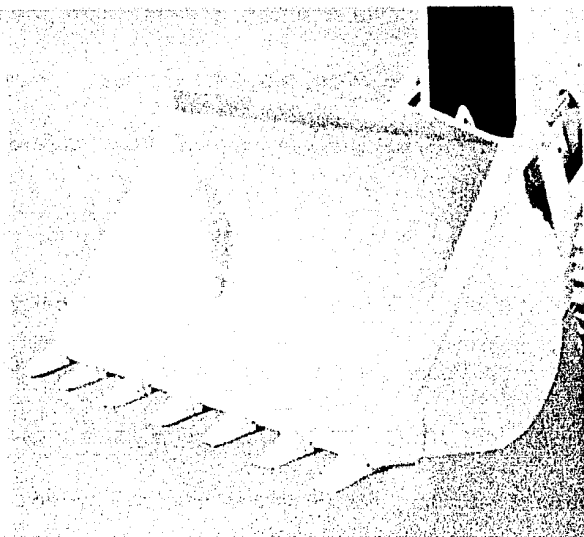


Figura 4.16 Bote Reforzado con Dientes.

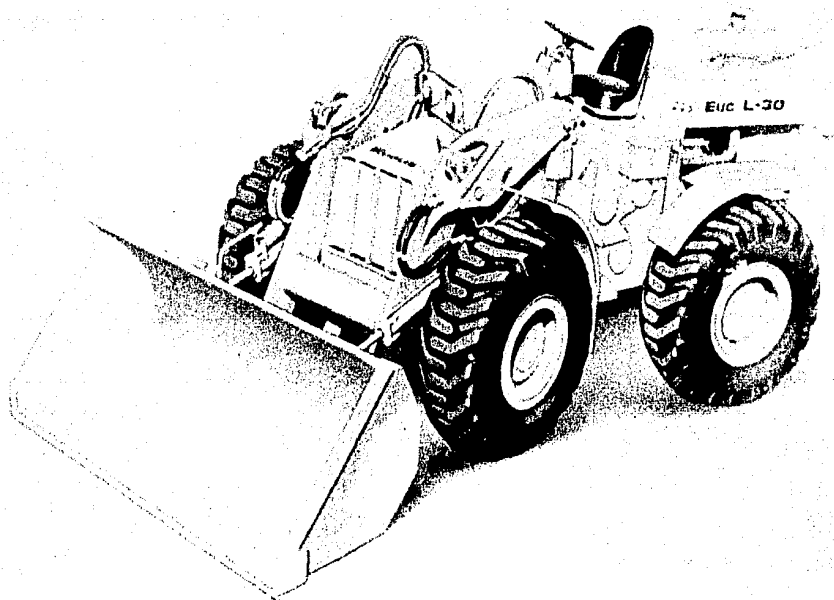


Figura 4.17. Descarga Frontal.

Se usa para excavaciones en sótano, a cielo abierto, de materiales suaves o fracturados, en los bancos de arena, grava arcilla, etc. En relleno de zanjas para tuberías y alimentación de agregados en plantas dosificadoras o trituradoras.

B) Descarga lateral. Consta de un émbolo hidráulico más que el cargador frontal, el cual realiza la descarga lateral por uno de los extremos del bote.

Este tipo de cargador es usual en los lugares donde el espacio para la maniobra de descarga es reducido, por ejemplo en túneles, base de canales, etc.



Figura 4.18 Descarga Lateral.

C) Descarga trasera. También llamadas rezagadoras; se fabrican sólo de -

orugas. La descarga se realiza girando el cucharón sobre sí mismo, hacia atrás, — aventando el producto de la excavación, generalmente sobre un volteo (dumpton). Esta maniobra es peligrosa para el operador, lo que hace necesario que esté protegido por una cabina. Esto hace incómoda la visibilidad de operación y además agrega peso al tractor. Se usa exclusivamente en túneles.



Figura 4. 19 Descarga Trasera.

EXCAVADORAS

Son elementos apropiados para excavar, cargar y descargar a una altura

media. El cuerpo de la máquina está formado por una plataforma cubierta de una caseta metálica, dentro de la cual van los controles, tanque de combustible, malacates y carretes de cables, motor, transmisiones y cabina del operador; en la parte trasera, compartimientos para lastrar.

La unidad de tránsito puede ser sobre un camión, llantas u orugas. El equipo que lleva adaptado, es lo que define el nombre que cada una recibe y -- por lo tanto pueden clasificarse en los siguientes grupos:

A) Pala. Está compuesta por una pluma, con dos poleas en su extremo superior, llamado "Aguilón" y una vigueta recta que sostiene el cucharón, llamada "Vara de ataque o dipper". Este último está articulado a la mitad del "Aguilón" y tiene movimiento giratorio y deslizante.

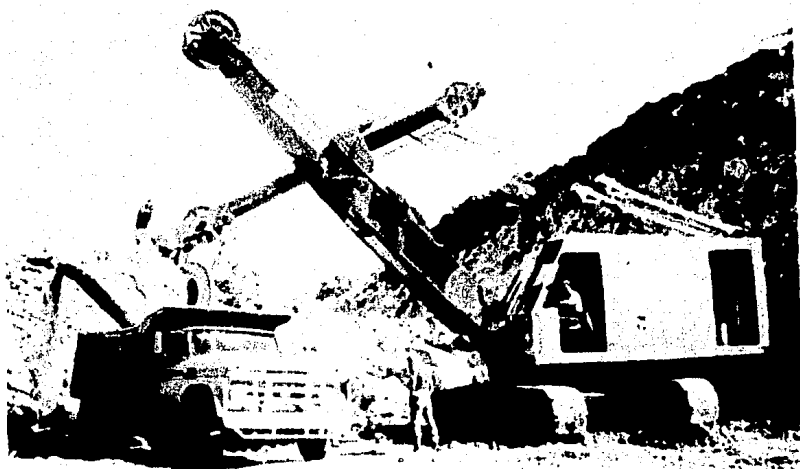


Figura 4. 20 Pala.

El cucharón de la pala tiene forma de cubo, con uno de sus extremos reforzados y dientes forrados con casquillos, que es la parte de ataque y que sirve de protección a la pieza.

Su forma de ataque es frontal y su descarga es por abajo del cubo mediante una compuerta de fondo. Hay cucharones con capacidades de 0.4 m^3 a 5.3 m^3 .

Una pala puede girar 360° sobre su eje y su uso general es en minas, a cielo abierto, como las de carbón; en bancos de agregados con taludes verticales; excavaciones de zanjas a poca profundidad o en plano horizontal; carga de unidades de acarreo de roca fragmentada o materiales sueltos; movimientos de pilas de material, etc.

B) Excavadora convertible. Su forma de ataque depende del equipo que utilice y su nombre genérico depende también del mismo.

Consta básicamente de una pluma grúa, a base de ángulos, canales o tubos, reforzada en sus extremos, para dar apoyo a las poleas y a la base de la máquina.

La pluma puede separarse en dos partes para aumentarle extensiones si fuera necesario.

Dependiendo del tipo de equipo, su accionamiento se hace a base de dos o tres malacates. Uno hace que la pluma baje dentro de los límites que le restringe sus condiciones de equilibrio. Otro pasa a través de la pluma que levanta o baja el equipo adaptado. El tercer malacate sirve para controlar los movimientos

propios del equipo; éste pasa por una guía de doble rodillo llamada "guía de poleas", que evita que se hagan nudos en el cable cuando está enrollado.

Los diversos equipos adaptables a este tipo de máquina son :

a) Cucharón de arrastre. Más conocida como draga de arrastre, lo forman la pluma y un cucharón, de una sola pieza, en forma de cubo, accionado mediante cables para la excavación, carga y descarga.

Se clasifican en tres tipos de cucharones que van desde el ligero, normal y pesado; yendo reforzados según su tamaño, varían de 0.29 m^3 a 9 m^3 . Van provistos de perforaciones para cuando son sumergidos en agua.

Propia para materiales sueltos o fragmentados y se usa en excavaciones de canales, drenes, zanjas, cimentaciones profundas en edificios, dragados marinos en puertos, rectificación y desasolve de lechos de ríos o canales, alimentación de bandas transportadoras de tolvas y cribas.

b) Cucharón de almeja. Formado por la pluma y su bote que semeja a una concha de almeja; de ahí su nombre. Sus extremos están protegidos por medio de dientes, diseñados en forma que al cerrarse las piezas acoplan perfectamente.

Su tamaño varía desde 0.37 m^3 a 3 m^3 . Usual en excavación de materiales sueltos tales como: arena, grava, roca triturada y materiales suaves. En cimentaciones profundas y de espacios reducidos.

Aplicable para la excavación vertical en lumbreras, pilas para puentes; para descargar en tolvas o silos a gran altura, góndolas de ferrocarril, en pilas de -



Figura 4.21 Cucharón de arrastre.

almacenamiento, etc.

c) Cucharón de gajos de naranja. Formado por la pluma y un cucharón - compuesto de 4 secciones, en forma de gajos de naranja, reforzados en sus extremidades.

Cuya capacidad varía de 200 a 3000 litros y es usual para excavar en pozos profundos.

d) Garfios. Consta de la pluma y un equipo formado por 2 a 6 garfios, -- que se usan específicamente para cargar rocas de gran tamaño.

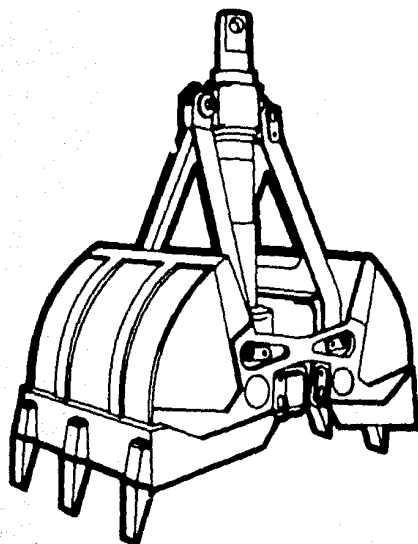


Figura 4.22 Cucharón de Almeja.

e) Grúa. Este tipo de equipo puede estar formado por una pluma, como las antes descritas; sin embargo, existen diseños apropiados para plumas de grúas -- con sección cuadrada a base de placas, con una o dos extensiones alojadas dentro de la primera parte (grúas telescópicas) y está provista de émbolos hidráulicos para su accionamiento; contrapesos y barras estabilizadoras.

Su unidad de tránsito varía según el equipo, por ejemplo:

Si la grúa es pequeña puede cargar y desplazarse simultáneamente por que no afecta su estabilidad.

Si fuera grúa telescópica, la unidad de tránsito debe estar fija y soportada por barras estabilizadoras, cuando esté trabajando.

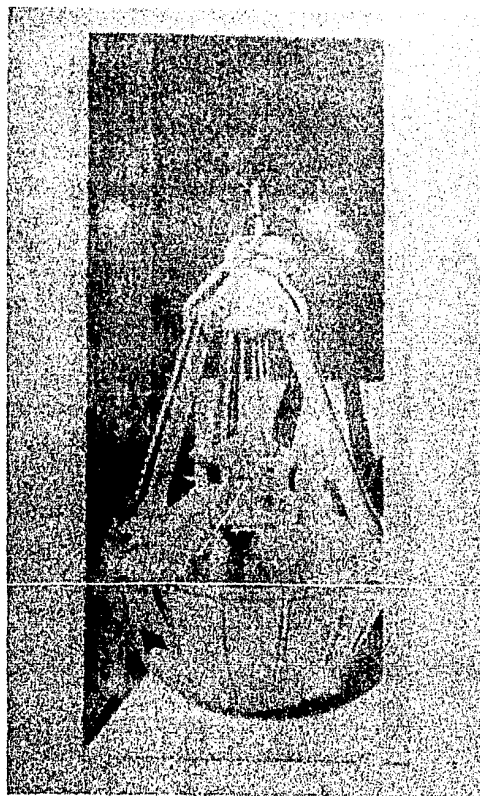


Figura 4.23. Cucharón de gajos de naranja.

Su uso común es: en edificación y cimentaciones profundas, para subir todo tipo de materiales a niveles superiores; en estibados portuarios, etc.

f) Bachas de concreto. A semejanza del anterior, la pluma puede ser de las usadas para excavadora convertible o de las de grúa. El equipo que acciona, es un bote de gran capacidad, con una compuerta inferior que se acciona para des-

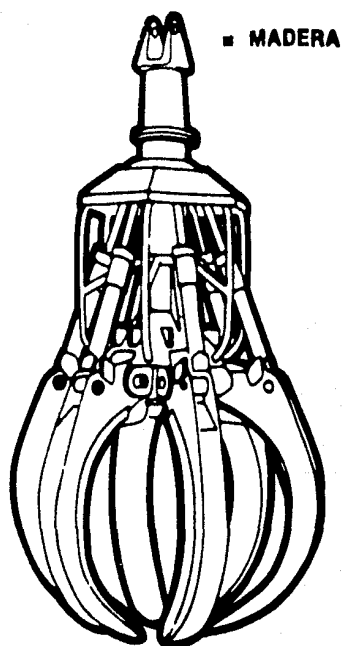


Figura 4.24 Garfios.

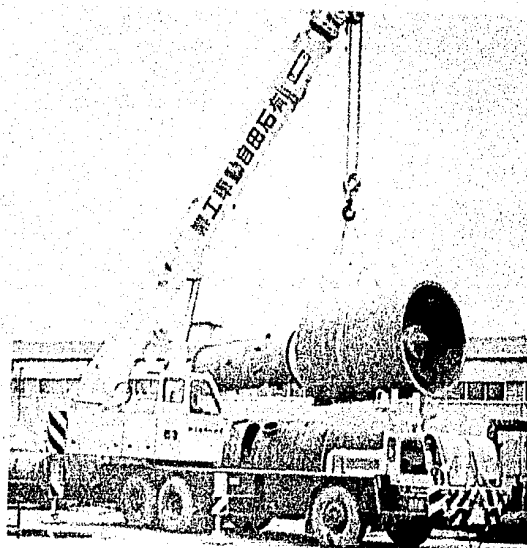


Figura 4.25 Grúa.

cargar.

Es muy usual en colados de concreto, en edificaciones, presas, pavimentos y en general donde se mueven grandes volúmenes de concreto.

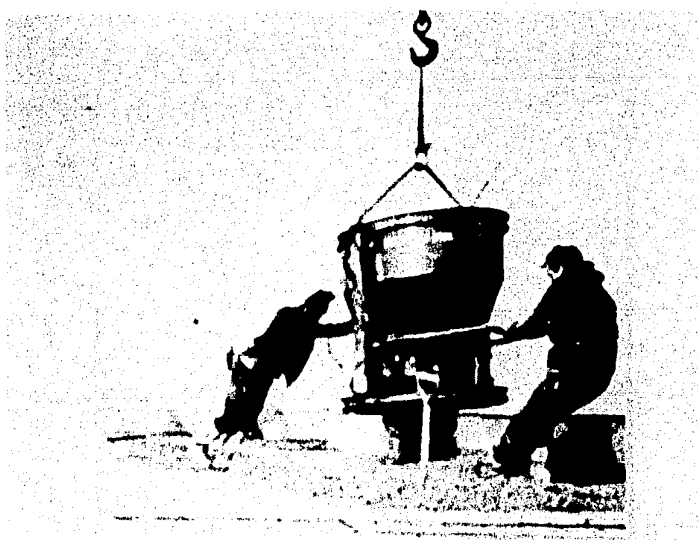


Figura. 4.26 Bachas de concreto.

- g) Piloteadora. Consiste en una pluma, que sostiene una guía con un martinete, accionado por vapor a presión, que cae sobre la cabeza del pilote. Los tipos de martinetes más comúnmente empleados son: de caída libre, de vapor de acción

simple, de vapor de doble acción, de vapor de acción diferencial y diesel.

Se ocupa para la introducción de pilotes y tabla-estacados, en cimentaciones para edificación, puertos, puentes, etc.

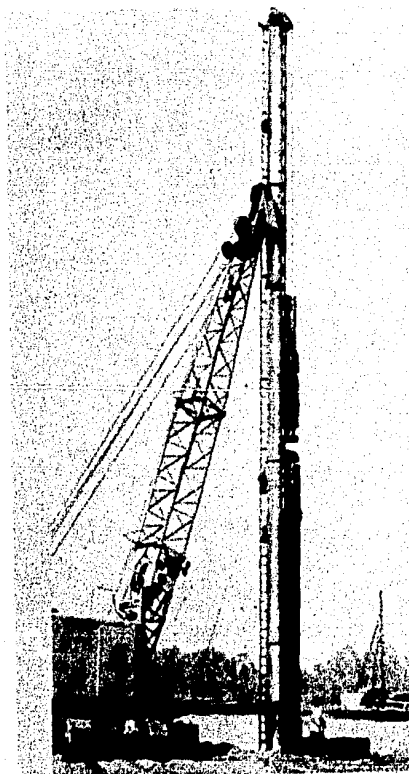


Figura 4.27 Piloteadora.

h) Demoledora. Consta de una pluma y una bola de acero, que es lanzada por medio de cables, para efectuar la demolición.



Figura. 4.28. Demoledora

Se utiliza para demoler todo lo concerniente a estructuras viejas de - - concreto, donde se tenga espacio suficiente para no dañar estructuras contiguas.

i) Electroimán. Este equipo se usa para carga y descarga de materiales - pesados que contengan fierro.

Tiene la forma de una pirámide circular truncada, que es imantada me-

diente corriente eléctrica.

Puede estar suspendida de cualquier tipo de pluma, se acciona el electroimán, sin corriente eléctrica, hacia lo que va a cargar. Al imantarse la placa, el material se adhiere a ella, lo desplaza y lo suelta al cortarse la corriente eléctrica.



Figura 4.29 Electroimán.

Su utilización, generalmente se hace en estibado de chatarra y escoria de fierro, en edificación o usos industriales.

C) Retroexcavadoras. Su forma de ataque es invertido al de una pala, por tal motivo, la pluma adquiere una variante en su forma. Puede ser accionada mediante cables o émbolos hidráulicos, siendo más usual éstos últimos.

Está formada por una pluma a base de placas o tubos, a veces recta o con un pequeño quiebre a la mitad, siendo más esbelta en los extremos. En la parte superior va articulado un brazo más pequeño, el cual sostiene al cucharón, que es de una sola pieza y reforzado con dientes en el lado de ataque. La capacidad normal de los cucharones varía de 0.3 a 2.3 m³.

Existen diversos diseños de cucharones de ataque, adaptables a esta máquina, con las formas más funcionales que se puedan lograr.

Se utiliza para excavaciones no muy profundas, principalmente en excavación de zanjas para drenaje, drenes, canales y en todo tipo de materiales más o menos suaves.

D) Zanjadoras. Son máquinas exclusivas para excavar y rellenar zanjas. Consta específicamente de un tractor, sobre el cual están el brazo o rueda y cadena de los cangilones, banda transportadora de descarga y cabina de mando.

El tractor proporciona la fuerza motriz necesaria para desarrollar el trabajo y desplazamiento de la máquina.

La estructura donde corre la cadena de cangilones, adquiere diversas -

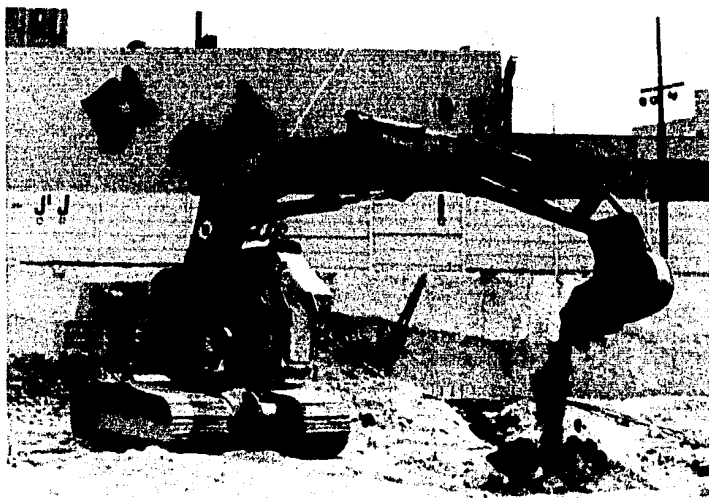


Figura 4.30 Retroexcadoras.

formas (llegando inclusive a especificarse las zanjadoras por esta variante) las más comunes son las de rueda y las de brazo de cangilones.

Si es de rueda, va colocada atrás del tractor; si es de brazo, en la parte delantera, sujeta en tal forma que permita los desplazamientos hacia abajo. Para efectuar la introducción de los cangilones se accionan, generalmente, con émbolos hidráulicos y varían de forma, que va desde paletas o aspas hasta cucharones en forma de bote. Van unidos mediante una cadena resistente, que es la parte más vulnerable de una zanjadoras, debido a su excesivo trabajo.

El producto excavado por los cangilones es descargado sobre una banda transportadora, colocada transversalmente al brazo o rueda que desaloja el material a un lado de la zanja.

Las zanjadoras llevan un pequeño faldón recto frontal que lo usa para rellenar las zanjas.

Se usa en materiales suaves, en excavación y relleno en zanjas para conducción de agua, gas, oleoductos, drenaje, cables telefónicos, cepas para ci-- mientos, etc.

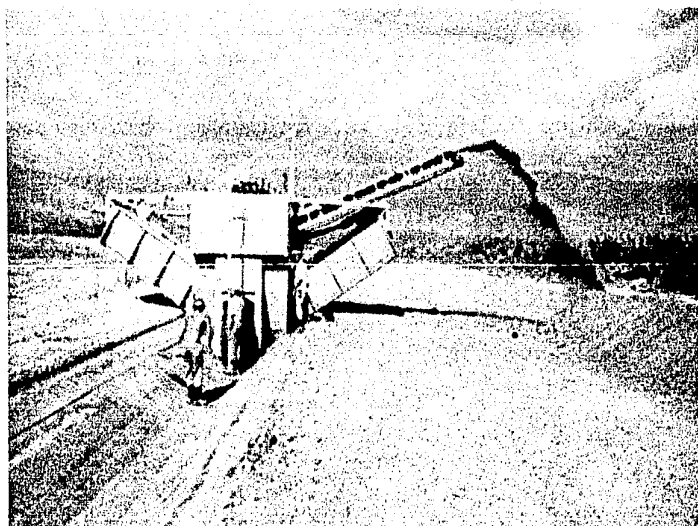


Figura 4.31 Zanjadoras.

ESCREPAS.

Equipo diseñado para desarrollar un ciclo de trabajo completo, como son: excavar, cargar, acarrear y descargar o extender el material en grandes volúmenes.

Consta de una caja metálica, descubierta en su parte superior, donde se aloja el material excavado. Esta va soportada por un eje de llantas trasero y en su lugar delantera por un marco en forma de cuello de ganso, que descansa sobre el eje de llantas propulsoras del tractor.

El cuello de ganso permite la inclinación hacia abajo de la caja, en la parte delantera; al levantar un faldón (delantal) que tapa la abertura inferior, se introduce el material recortado por las cuchillas que trae a la entrada de dicha abertura.

Las cuchillas son intercambiables fácilmente, debido a su desgaste prematuro.

Para el acarreo, ya llena la caja, se cierra el delantal y se levanta la caja.

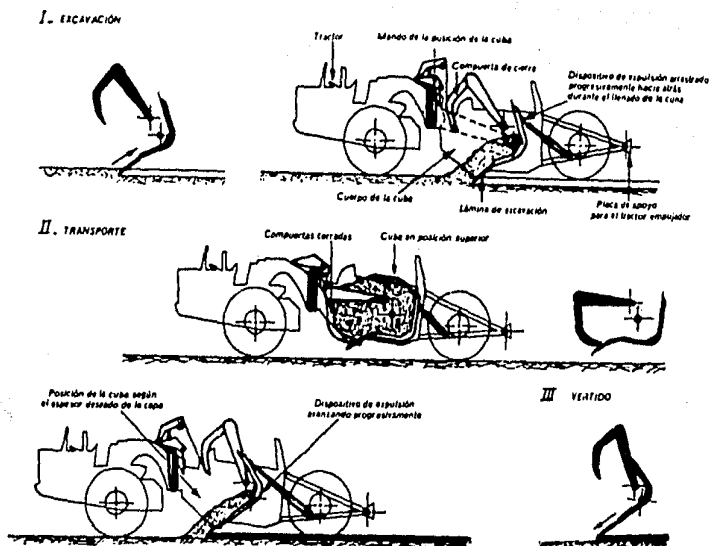


Figura 4.32 Escarpas.

Para la descarga, generalmente en terraplenes, se vuelve a inclinar la caja, hasta dejar un espacio con el nivel del suelo, que es el que determina el espesor de la capa por tender; se abre el delantal y mediante una placa (compuerta de cola) que viene desde la parte trasera, se empuja el material para hacer más efectivo el desalojamiento.

La capacidad de las escrepas varía de 6 a 26 m³ y se clasifican en los siguientes tipos:

A) Escrepas de arrastre. Es básicamente, la caja, jalada por un tractor de orugas. Aunque este tipo tiende a ser sustituido, todavía se usa donde se aprovecha más la potencia del tractor, que su velocidad.

Son eficientes en acarreos cortos, en terrenos donde la pendiente es fuerte, en materiales duros, evitándose el uso de tractores empujadores adicionales cuando está cargando.

B) Autoimpulsadas. Mejor conocidas como motoescrepas, están formadas de la baja básica y un tractor de dos ruedas, diseñado apropiadamente para formar un solo equipo. Este tipo de máquina, es funcional y práctica, por lo que es indispensable en el movimiento de tierras. A excepción de su baja potencia por el uso de llantas en sus ruedas propulsoras, que no le proporcionan suficiente agarre, hace necesario el uso de un tractor con placa topadora para empujarla cuando está cargando (que es cuando se requiere de mayor potencia de la que puede desarrollar). Otra alternativa al respecto, es que en algunos modelos más recientes, traen aco-

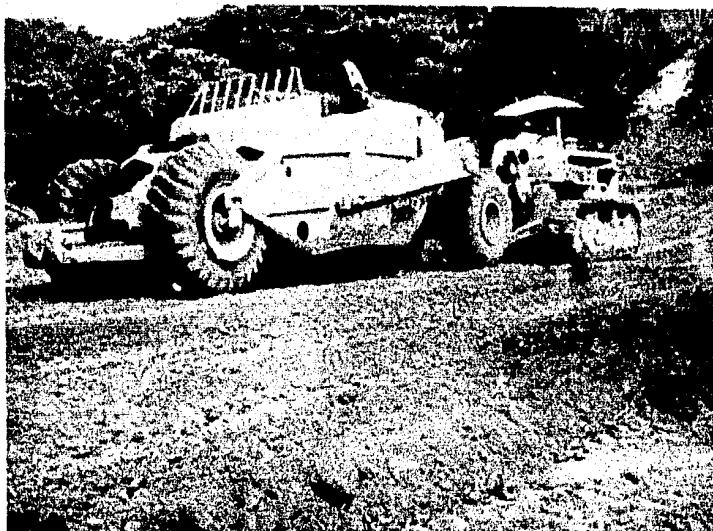


Figura 4.33 Escrepa de Arrastre.

plados en la parte posterior de la caja, un motor adicional ya sea eléctrico o de -- combustión interna, que les dá propulsión a las ruedas traseras. Ello le dá la po-- tencia que le proporcionaría un tractor empujador, en la etapa de cargar.

Su uso es fundamental en acarreos medios para corte y tendido de terra-- plenes en carreteras, en corazones de cortinas de presas de tierra, etc.

C) Escrepas tandem. Están compuestas por un tractor de llandas y dos ca-- jas comunes alineadas en fila, que son controladas desde el tablero del tractor.

La maniobra de cargar el material, se hace primero con una caja y lue-- go con ayuda de un tractor empujador, se carga la otra. Ello beneficia en el aca--

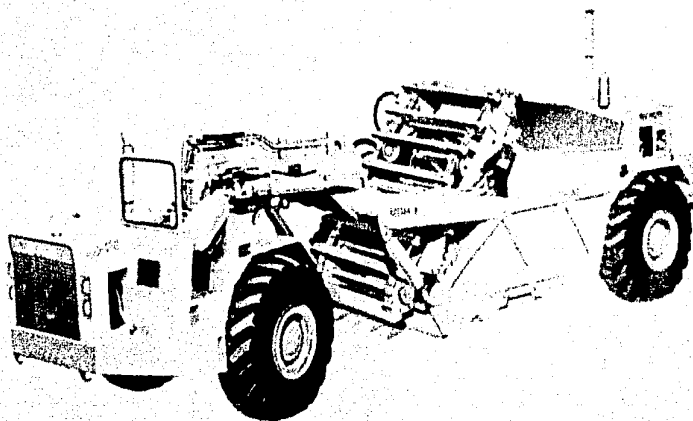


Figura 4.36 Escrpa autocargable.

Consta de dos unidades independientes que mediante un sistema especial de accesorios de enganche, se ayudan mutuamente en la operación de carga, con la ventaja que se elimina el tractor empujador.

El tipo especial de enganche, solamente puede ser adaptado a escrapas de gran capacidad (15 a 33 m³). La operación de carga puede ser alternada o simultánea, es decir, que se cargue una o ambas escrapas a la vez. Ya cargadas las escrapas, se desenganchan para tener mayor velocidad en el transporte del material.

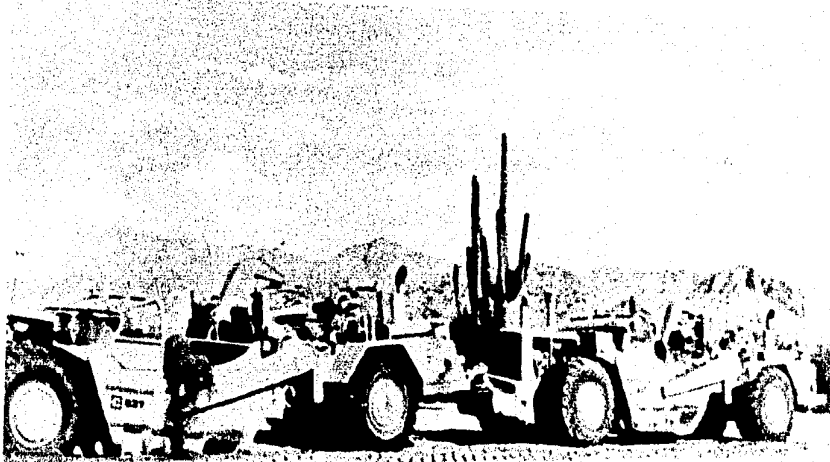


Figura 4.37 Escrepa de tiro y empuje.
(push-pull).

TRANSPORTES

Son vehículos sobre llantas para acarrear a distancias largas, grandes - cargas a altas velocidades. Dependiendo del tipo de carga, será el tipo de transporte.

Se clasifican en dos formas: los que circulan sobre carretera y los que - lo hacen fuera de ella.

Los primeros son los que llenan los requisitos de poder circular dentro - de la red de caminos, como son: tener un ancho común en los ejes de las ruedas y - una altura determinada.

Los que circulan fuera de las carreteras no tienen restricción alguna.

Atendiendo al tipo de carga, los transportes se pueden dividir en los siguientes:

A) Volteos. Dentro de éstos, existen los camiones ligeros y los de tipo pesado, en los primeros, están los de caja metálica compacta, de volteo trasero, accionada por émbolos hidráulicos, para la descarga.

Generalmente son de gasolina, pero también los hay de diesel. Consisten de dos ruedas delanteras y de 4 a 8 traseras. Su diseño es propio para circular dentro y fuera de la carretera.

Usuales en todo tipo de obras de construcción, donde es necesario el acarreo, por ejemplo: en edificación, para transportar arena, grava, tezontle, escombros. En obras de campo, como en carreteras, presas, canales, minas, para los materiales sueltos (arcilla, agregados, materiales pétreos, etc.).

La capacidad de este tipo de volteos puede variar de 2.3 a 4.6 m³.

Los de tipo pesado, son máquinas de tractor, robustas, con la caja de aluminio, más grande y reforzada, para soportar grandes tonelajes de acarreo. El accionamiento de la descarga se hace mediante émbolos hidráulicos; de descarga trasera; generalmente son motores que consumen diesel. Son de dos ruedas delanteras y 4 traseras. Circulan fuera de la carretera.

Este tipo se ocupa casi siempre para el transporte de roca y algunas veces para el acarreo de materiales sueltos. Existen de capacidades diversas, las cuales varían normalmente de 7.7 a 15.4 m³.



Figura 4.38 Camión de Volteo (Tipo ligero).

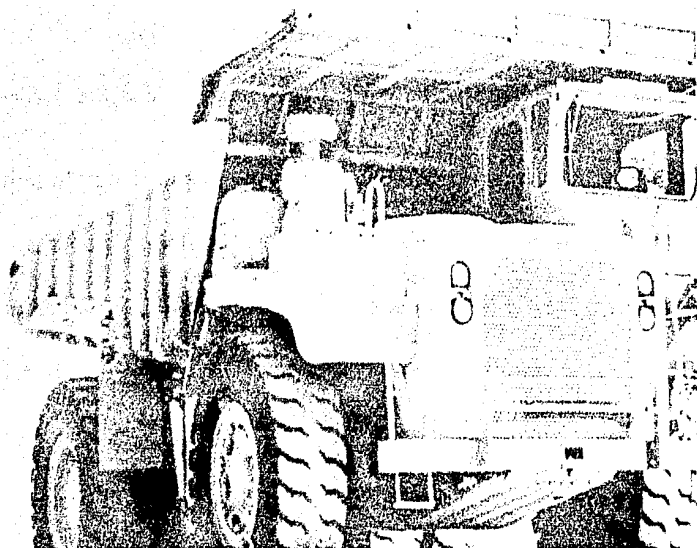


Figura 4.39 Camión de Volteo (Tipo Pesado).

B) Volquetes. Son del tipo pesado, que trabajan con un tractor de tracción. Tiene bastante similitud con la forma de una motoescrepa, pero en éstos la caja metálica es de una pieza, accionada por émbolos hidráulicos para efectuar la descarga trasera.

Tiene la cualidad que para girar hacia sus lados, lo hace en un radio menor que su longitud total. Son motores que consumen diesel, de circulación fuera de la carretera.

Su uso genérico es en: acarreo de roca desde los bancos de materiales a las obras o a plantas de trituración. La carga útil de los volquetes es aproximadamente de 35 toneladas y su capacidad oscila de 17.6 a 23.7 m³.

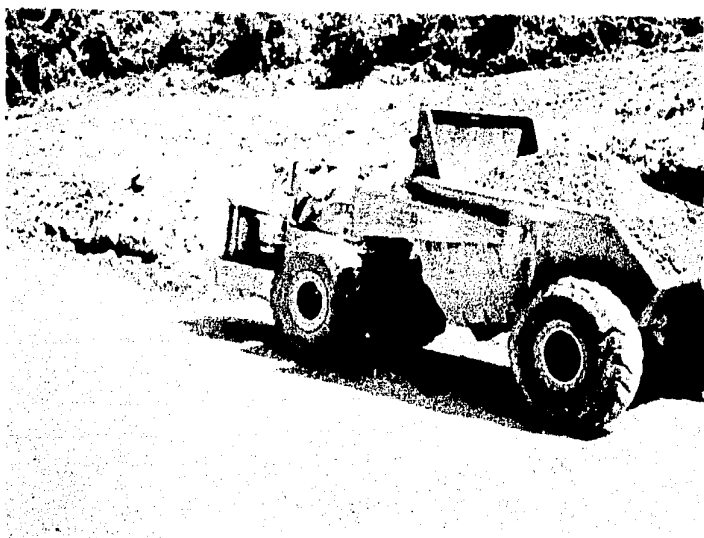


Figura 4.40 Volquete.

C) Vagonetas. Unidades de acarreo de gran volumen, parecidos a los trailers, con un tractor, de uno o dos ejes de ruedas, como motor de tracción. Su caja es alargada, más ancha en la parte superior que en la base, su capacidad varía de 13 a 29 m³.

Su descarga se hace mediante un sistema de compuertas en el fondo o — bien, por descarga lateral, mediante émbolos hidráulicos.

Es equipo para usarse fuera del camino y su motor consume diesel. Se puede formar un tren de dos o tres vagonetas con un solo tractor.

Usualmente se ocupan para el acarreo de grandes volúmenes de agregados, revestimientos y materiales suaves en caminos y presas.

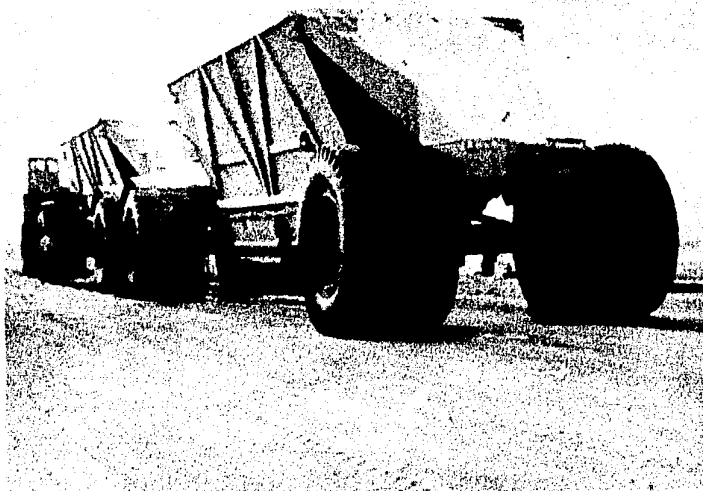


Figura 4.41 Vagoneta.

D) Plataformas. Son trailers diseñados con una plataforma baja, para cargar equipo y maquinaria pesada de 10 a 60 toneladas y trasladarlo sobre carretera.

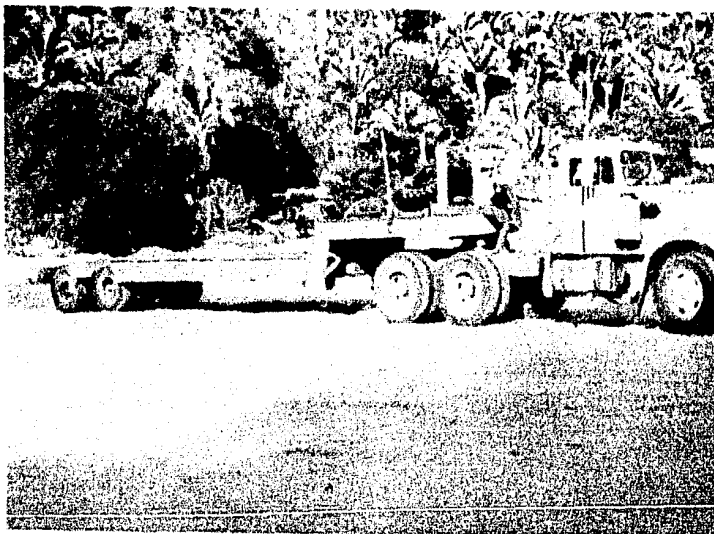


Figura 4.42 Plataforma.

Debido a la necesidad de llevar el equipo deseado, en un lapso rápido de tiempo, la plataforma puede llevar de una a dos máquinas con su equipo, al lugar de la obra.

E) Dumpsters. Son volquetes con tracción propia, es decir, que motor y caja metálica forman una unidad. Tienen la particularidad que pueden ser operados en uno u otro sentido indistintamente, por lo que constan de dos sistemas de controles en una cabina. Son motores que consumen diesel y generalmente van sostenidos en cuatro llantas.

Su aplicación, es exclusiva, en túneles o minas, donde el espacio para sacar la rezaga, es demasiado angosto y la maniobra se logra en una sola dirección. Su capacidad es de 5.4 m^3 y una carga útil de 20.7 toneladas.



Figura 4.43 Dumptor.

MOTOCONFORMADORAS.

Máquinas diseñadas para el extendido y afine de materiales, que otras máquinas han transportado a terraplenes o bien para el recorte de materiales suaves.

Consta de dos o cuatro llantas traseras propulsoras y dos delanteras. -- Cuando son dos traseras, las de adelante también son motrices.

El chasis es un eje curvo que soporta el motor y cabina de controles, en la parte posterior.

Entre los ejes de las ruedas, va colocado el equipo de trabajo, que comprende: una cuchilla alargada, semejante a la de Bulldozer, pero más esbelta; va reforzada en sus extremos inferior y laterales, mediante placas. Dicho faldón tiene diversos movimientos como subir o bajar, giro horizontal o vertical, desplazamientos laterales.

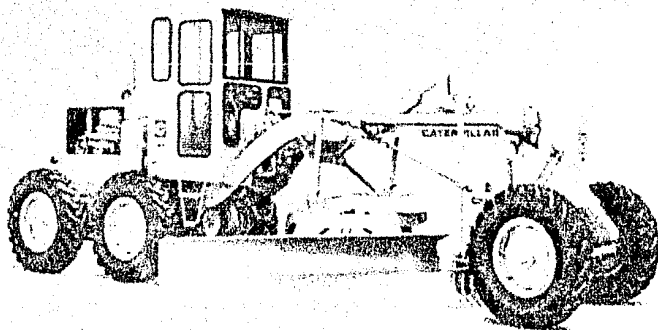


Figura 4.44 Motoconformadora.

Su accionamiento puede ser mecánico cuando es a base de ruedas dentadas; hidráulico si es por medio de émbolos hidráulicos.

Algunos modelos tienen, entre el faldón y las llantas delanteras, un --

peine escarificador, que consiste en un armazón de dientes reforzados por una punta de acero más resistente. Su objetivo principal es aflojar el material donde se le dificulta a la cuchilla.

Las ruedas delanteras de la Motoconformadora, pueden inclinarse o semiacostarse, para evadir los materiales que está moviendo el faldón, o bien para no rozar las paredes verticales de sus cortes.

Este tipo de máquina es usual, para la conservación de los caminos de acceso y de transportación de los materiales; en carreteras, para el tendido y afine de los terraplenes; limpia de maleza y de escombros no pesados en las zonas de trabajo; mezcla de materiales para darle una granulometría a una base, sub-base o carpeta; hechura de cunetas o limpieza de las existentes; levantamiento de pavimentos asfálticos; acamellonado de materiales, etc.

COMPACTADORES

El equipo de compactación sirve para asentar definitivamente materiales sueltos, expulsando el agua y aire de su interior, en breve tiempo.

Dependiendo de las características propias de cada suelo, se selecciona el equipo adecuado para la compactación deseada.

La formación de los terraplenes, se logra acumulando capas de poco espesor, debidamente compactadas, mediante repetidas pasadas por golpeo o apisonado.

El apisonado de los suelos, se realiza con el repetido tránsito de los ro-

dillos sobre la misma franja.

El confinamiento por golpeo, se logra por el efecto vibratorio, producido por un motor, en las ruedas o rodillos.

El equipo de compactación puede dividirse en:

- A) Rodillo pata de cabra. Este tipo de compactador, como su nombre lo indica, tiene una serie de patas de acero que trabajan apisonando el material de fondo, logrando así, una confinación profunda, aunque aparentemente, la superficie aparezca suelta.



Figura 4.45 Rodillo Pata de Cabra.

Es un rodillo sostenido por un bastidor, que lleva en la parte posterior, espacio para el lastre (generalmente bloques de concreto) con una serie de patas -

repartidas en toda su superficie.

Las patas pueden tener varias formas, las más comunes son alargadas, - con una especie de pie en la punta; pirámides truncadas, con la base mayor hacia - el rodillo o cilíndricas truncadas. Las pirámides truncadas, son las que menos dis-- gregan el material suelto.

En la parte delantera, va jalado por un tractor propio, generalmente, - con potencia de sobra para cualquier incremento de velocidad. Usual en: terraple-- nes y bases de carreteras de primer orden, núcleos impermeables de las presas de tie-- rra, etc, y en general donde es necesaria la compactación de fondo, en materiales - con gran contenido de arcilla y limo.

B) Rodillo de reja. Este tipo de compactador, no es muy usual, pues sus - funciones pueden ser substituídas por otras máquinas.

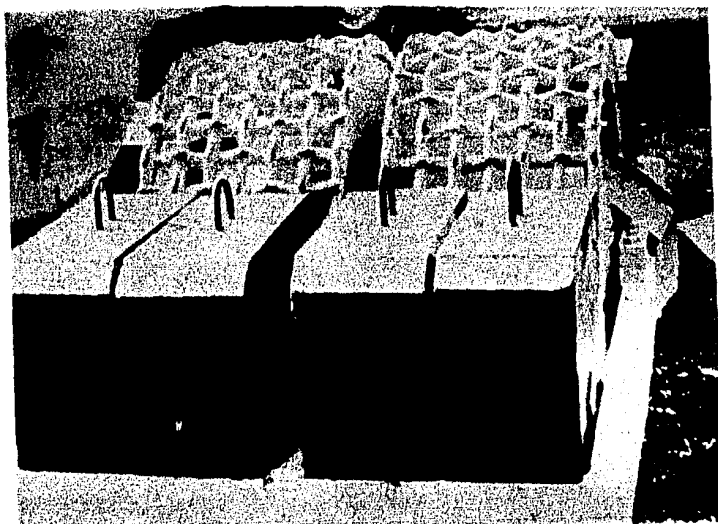


Figura 4.46 Rodilla de Reja.

El Rodillo de reja, está formado por una superficie reticular cilíndrica, semejante a un entramado de malla, que va soportado por un bastidor metálico, para ser jalado por un tractor.

En el bastidor hay espacio para colocar bloques de concreto que sirvan de lastre.

Se utiliza en carreteras secundarias y caminos de acceso, para la compactación de terraplenes revestidos de roca suelta a base de triturarla; en la recuperación de los agregados pétreos que se quitan a las carpetas asfálticas, a base de -- disgregación.

C) Rodillo vibratorio. Este tipo de compactador, consta de un rodillo liso provisto de un motor que produce vibraciones.

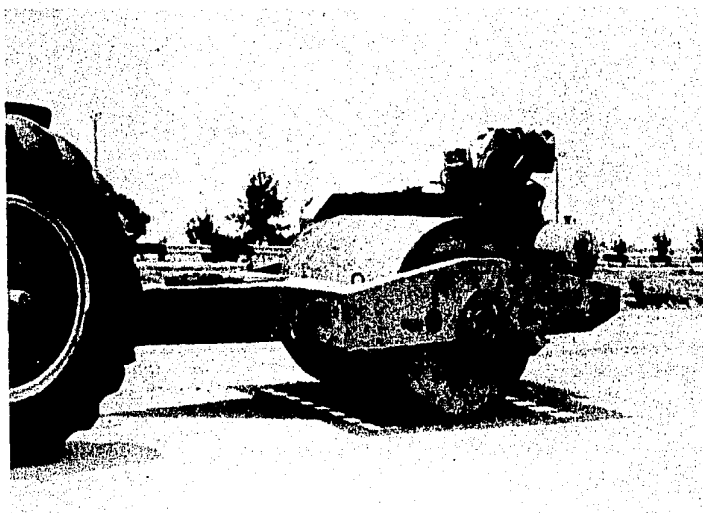


Figura 4.47 Rodillo Vibratorio.

Las vibraciones originan que las partículas del suelo, se reacomoden de manera de que respondan más fácilmente al peso de la compactadora, hacen salir el aire y el agua hacia la superficie y aumentan el peso efectivo de la máquina.

Se utiliza exclusivamente en la compactación de suelos granulares.

D) Aplanadora de dos rodillos lisos (tandem). Su finalidad, es el acabado terso que se le dá a las carpetas asfálticas de primer orden.

Está formada por dos rodillos metálicos lisos lastrables, que son tan largos como su eje, sobre los cuales va soportada la plataforma donde se encuentran el motor, cabina de controles y depósitos de lastre.

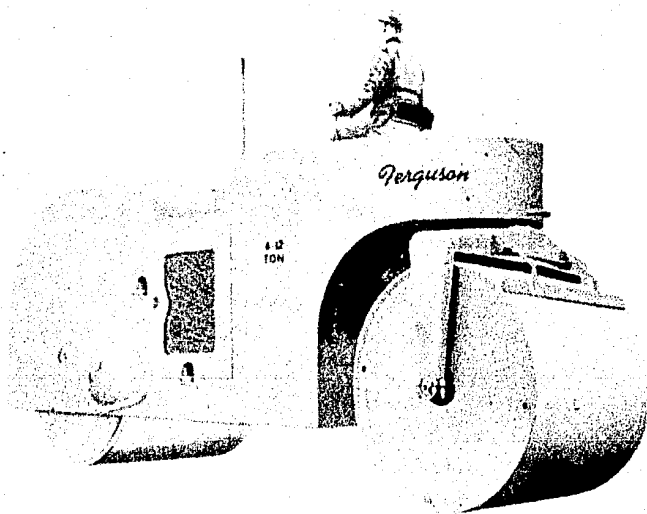


Figura 4.48 Aplanadora de dos rodillos lisos.

Su uso frecuente, es en pavimentaciones asfálticas, para la compactación de carpetas de carreteras, pistas de aeropuertos, etc.

E) Aplanadora de tres rodillos lisos. El diseño de este tipo de compactador, fué de los primeros en operarse, aunque ha evolucionado, ha sido el precursor para todos los demás. Se utiliza en confinaciones medias.

Consta de un rodillo hueco metálico delantero, a todo lo largo de su eje y de dos en la parte posterior; los cuales son lastrables, generalmente, con agua.

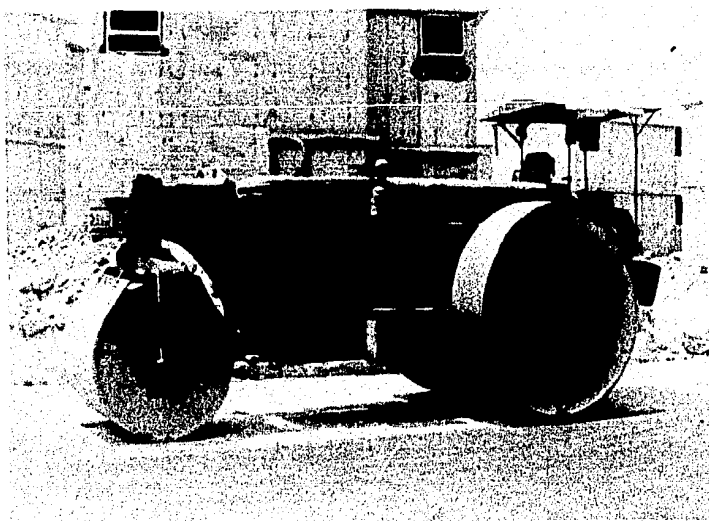


Figura 4.49 Aplanadora de Tres Rodillos Lisos.

Sobre éstos, van apoyados la plataforma, los depósitos de lastre, motor y cabina de controles.

Su uso más adecuado es la compactación de sub-bases y bases de caminos, calles, etc.

F) Compactador de llantas. Son a base de llantas de hule, infladas a baja presión, para dar el acabado final terso a las bases y sub-bases. Pueden ser autoimpulsados o jalados por un tractor.

La plataforma, está formada por una caja de acero hueca lastrable, motor y cabina de controles (si es auto propulsada, si no, todo el espacio se ocupa para lastrar). Va montada sobre dos ejes de llantas, que casi siempre son independientes unas de otras, de modo que cada llanta se adapte perfectamente a la superficie del terreno y ejerza una presión bien repartida y uniforme. Generalmente el eje de llantas delantero tiene una menos que el trasero, de modo que la compactación sea uniforme. Las llantas son de rodada lisa, excepto en los compactadores grandes que llevan dibujo.

El material que usa para lastrar comunmente es arena mojada. Los autoimpulsados, siempre son lastrados con agua.

Se usa en la compactación final de la capa superficial de bases y sub-bases de arcillas y limos.

G) Compactador combinado (Duopactor). Este tipo de compactador agrupa dos tipos distintos de confinar, en una sola máquina. Así tenemos la combinación de rodillo liso con un tren de llantas de hule.

Está formado por un tractor de llantas, una caja para lastre, soportada-

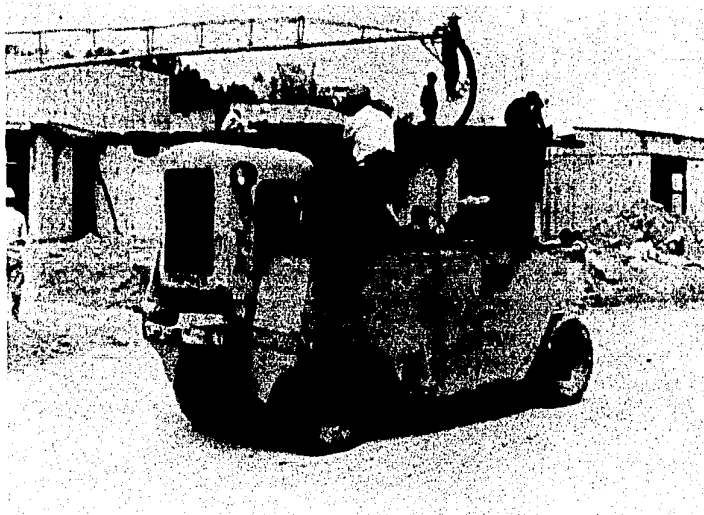


Figura 4.50 Compactador de Llantas.

por un eje de llantas de hule y un rodillo liso, que pueden bajar o subir independientemente, mediante émbolos hidráulicos.

Se lastra con arena mojada o agua, la caja y el rodillo liso.

Se puede usar como rodillo liso o como compactador de llantas, subiendo uno de los dos o la combinación de ambos, en terraplenes, sub-bases, bases y carpetas asfálticas para carretas.

H) Compactadores manuales. Estos son designados así, por ser relativamente pequeños, para ser usados en pequeñas áreas por compactar o bien donde no es necesario cumplir con una confinación requerida.

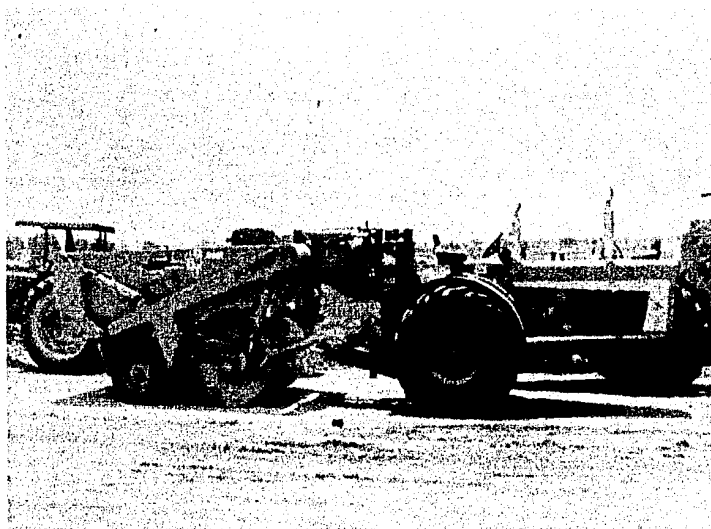


Figura 4.51 Compactador combinado (duopactor)

Se clasifican, según su forma, en:

- a) Pisón de mano. Es el más antiguo y más elemental. Está formado por una placa metálica y una barra soldada a la placa, en tamaño y peso apropiado para que lo use un hombre, accionándolo desde la barra para apisonar con la placa.

Se emplea en compactados de pequeños baches o rellenos de poca importancia.

- b) Bailarina. Es un compactador de impacto, accionado por aire comprimido, que lo toma de un compresor, mediante mangueras.

Consiste en un pistón de carrera larga, que corre dentro de un cilindro



Figura 4.52 Pisón de Mano.

cerrado, con dos agarraderas extremas, que acciona una flecha, ensanchada en la punta, en forma de hongo y con la cual se golpea el material en cuestión.

Se usa principalmente en compactación de rellenos de zanjas para drenajes o tuberías.



Figura 4.53 Bailarina.

Rodillo liso manual. Consiste en un solo rodillo liso metálico, que sostiene un motor ligero, accionado por un operador y generalmente todos tienen acción vibratoria.

Su uso frecuente es, en la compactación de rellenos de baches y pavimentación asfáltica de pequeñas áreas.

COMPRESORES

Son máquinas que se usan para comprimir el aire a altas presiones, con el objeto de aprovechar su energía acumulada, para accionar herramientas de perforación.

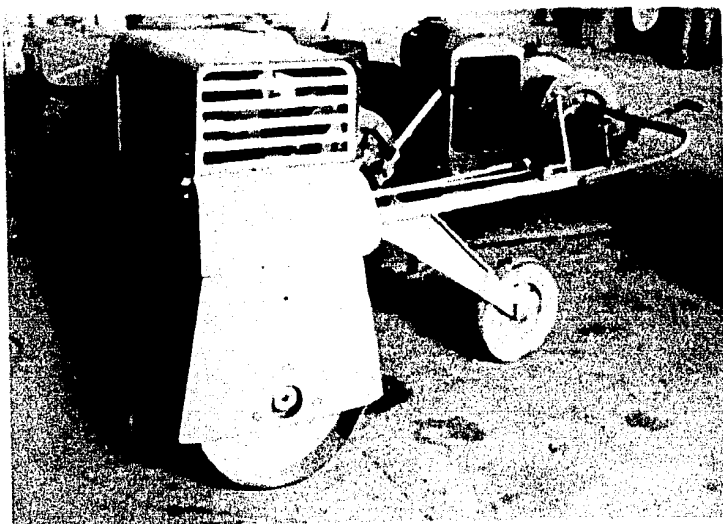


Figura 4.54 Rodillo Liso Manual.

ración.

Los compresores son siempre portátiles; van soportados en un chasis con dos o cuatro llantas, para ser remolcados.

Consta de un motor de combustión interna, diesel, que hace funcionar el sistema de compresión del aire, el cual envía a través de mangueras de hule hasta las herramientas.

Se clasifican en función de la forma de comprimir el aire en:

A) De pistones. El aire es succionado a través de un filtro, debido al vacío que forma el pistón, por una válvula de admisión, comprimiéndolo y expulsando

lo por una válvula de salida, en un tanque de almacenamiento o bien puede ser directamente a las herramientas. Se fabrican en tamaños pequeños.

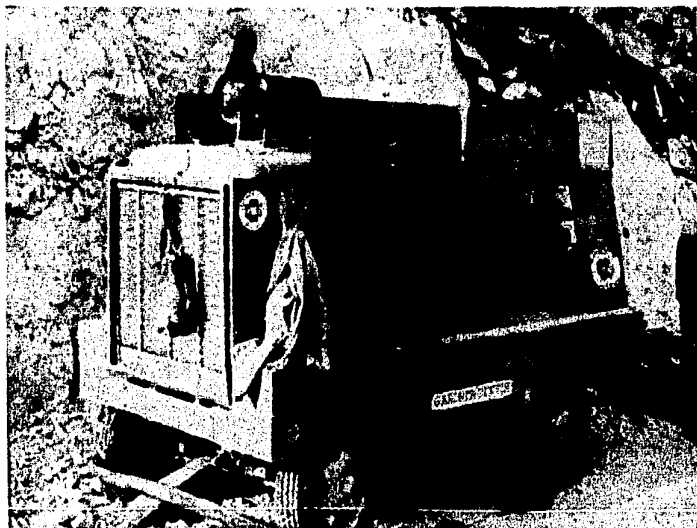


Figura 4.55 Compresor de Pistones.

- B) Rotatorios. Varían según el sistema de succionar el aire que emplean:
- a) Rotatorio de dos fases. Consta de un motor inicial, que admite el aire, girando dentro de un cilindro, adquiriendo una presión inicial, que es mezclado con aceite para luego pasar por un enfriador y concluir en otro rotor, dentro de un cilindro, que le da la presión final. Nuevamente enfriado, pasa por un separador de aceite y se deposita en un tanque de almacenamiento.

b) **Mono-rotor.** Compresor rotatorio, con aspas delizantes ligadas a un cilindro. El aire succionado hacia adentro es empujado por las aspas; al comprimirse, es inyectado aceite que sirve para reducir el calor de la compresión, de sellador y lubricante.

La mezcla de aire y aceite, se deposita en un tanque, donde se separan aceite y aire, enviando el aire comprimido al depósito que sirve de almacén y el aceite a un radiator para enfriarlo y recircularlo.

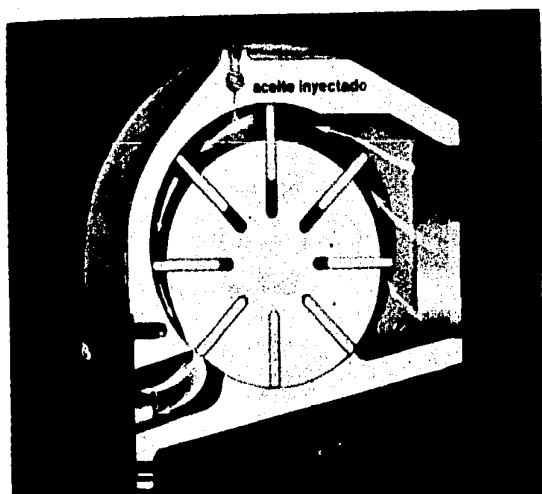


Figura 4.56 Mono-Rotor.

c) **Compresor de tornillo.** Succiona el aire de la atmósfera, por medio de dos rotores en forma de tornillos helicoidales, que giran en sentido opuesto, comprimiendo el aire en sus cuerdas. La secuela siguiente, es la misma que en los demás.



Figura 4.57 Compresor de Tornillo.

PERFORADORAS.

Equipo de ataque para perforación, barrenación o demolición, accionado mediante energía producida por corriente eléctrica, motor de gasolina o diesel, y generalmente neumáticos.

Las perforadoras impulsadas por corriente eléctrica y motor de gasolina generalmente son las llamadas autoimpulsadas.

Las herramientas de perforación están formadas por un pistón, alojado dentro de un cilindro alargado, que produce los efectos de percusión y rotación, a través de una flecha y son transmitidos al acero de barrenación o a la barreta, sujetos a la perforadora por medio de un "mandril o chuck".

Las pistolas perforadoras tienen una pequeña válvula que permite la expulsión del aire a través del acero de barrenación, que se canaliza para conservar limpia la broca y quitar el polvo acumulado. El equipo de perforación se clasifica en:

A) Pistola de barrenación. Instrumento de ataque directo, para la perforación de barrenos. Su diseño es apropiado, en peso y volumen, para que sea manipulado por un solo hombre.

Se complementa con un tramo de acero, rematado en una broca. El -- acero de barrenación, es una barra hueca de sección exagonal, octagonal o redonda, generalmente con rosca en uno de sus extremos, para colocar la broca respectiva; en el otro extremo, va sujeto por el "mandril" de la pistola.

La perforación central, permite el paso del aire hasta la broca. A veces se inyecta agua a presión para humedecer el polvo y evitar que sea aspirado por el operador y a la vez limpiar el barreno.

Las brocas, están hechas de un material muy resistente para que puedan perforar materiales rocosos.

Se usa para la barrenación vertical, en pequeña escala. Para "moneo" (reducción de rocas fracturadas previamente con explosivos). Se utilizan en minas y bancos de agregados.

B) Pistola demoledora. Herramienta que se acciona por el solo efecto de la percusión. Consta de una barreta, en forma exagonal u octagonal, de acero, rematada en punta, con la cual perfora.

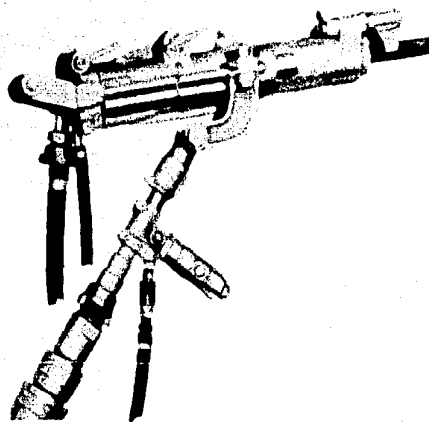


Figura 4.58 Pistola de Barrenación.

Dentro de éstas, existe la autoimpulsada por un motor de gasolina, que lleva acoplado a uno de sus lados.

Usuales para demoliciones, generalmente en estructuras de concreto, - pavimentos, etc.



Figura 4.59 Pistola Demoledora.

- C) Pierna neumática. Elemento auxiliar de las perforadoras de barrenos, cuando es necesario usar las pistolas en posición horizontal o inclinadas hacia arriba.

Se trata de un tubo alargado, que se acopla, mediante una articula---

ción, a la pistola. Esta le permite pasar el aire comprimido a través de una válvula, que hace accionar una barra central que entra y sale del tubo por el extremo -- opuesto a la articulación, para darle soporte y a la vez empuje a la pistola, lo que hace que el operador tenga más facilidad para barrenar. Usual en minas y paredes de poca altura.

D) Jumbo. Es un soporte auxiliar, formado por varias piernas neumáticas, que van sobre un bastidor o sobre la plataforma de un camión.

Va acoplada una pistola a cada pierna neumática, de modo que se pueda atacar un mismo frente a distintos niveles.

Cuando las alturas del frente de ataque son mayores, es necesario el auxilio de una plataforma elevadora, que permite el ataque en cualquier posición.

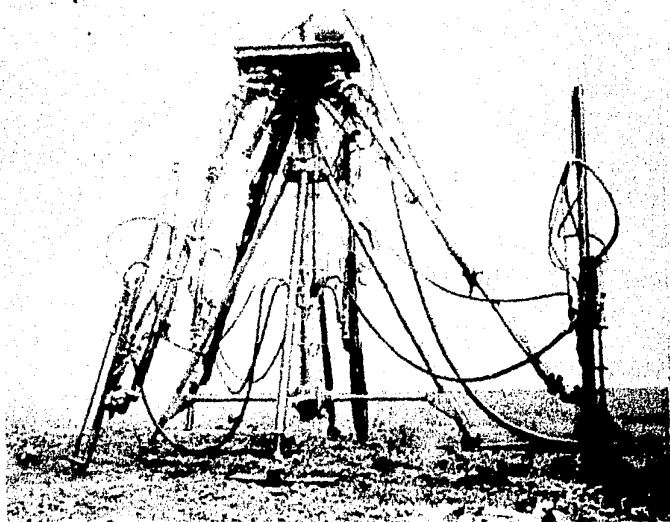


Figura 4.60 Jumbo.

Se utiliza, casi exclusivamente en minas, para la barrenación previa a los explosivos.

E) Perforadora de Carretillas. Es una máquina perforadora neumática, que se apoya en un chasis con llantas de hule, para sus maniobras. Sobre él, va una -- guía metálica controlada por émbolos hidráulicos, para poner en posición de barrenación a la perforadora.

Tiene la versatilidad de subir o bajar, mediante una cadena sin-fin, accionada por un motor adicional, propulsado por el aire comprimido que recibe de un compresor. La cadena sirve a la vez de apoyo a la perforadora, conforme va barrenando. Puede ser accionada por un solo operador y pueden trabajar a percusión o rotacionales, generalmente son de percusión.

Su uso está limitado al poco peso que tiene, con relación al peso de las barras de perforación que conforme aumenta su longitud, aumenta el peso y por tanto se dificulta la introducción.

Usual para perforaciones de barrenos, muestreos de suelos, inyecciones para resanes, en minas, canteras, túneles, carreteras, etc.

F) Perforadora sobre orugas. Es una máquina perforadora del tipo pesado, soportada en un chasis, con tránsito de orugas, semejante a la perforadora sobre carretillas. Tiene la ventaja, de poseer tracción propia; todos sus movimientos se desarrollan a base de aire comprimido, que toma de una compresora separada y puede remolcarla a todos lados.

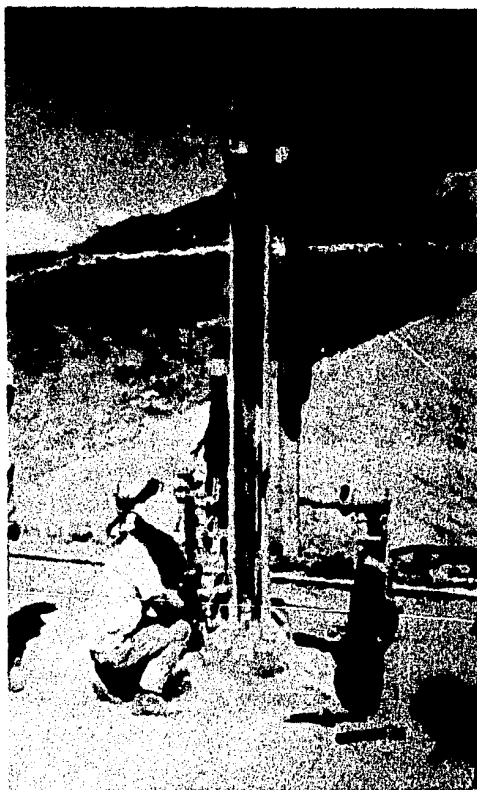


Figura 4.61 Perforadora de Carretillas.

Pueden usarse largos tramos de barras de perforación sin afectar la estabilidad de la perforadora de orugas.

Su uso más frecuente, por la facilidad de la maniobra y acceso en lugares difíciles, es para la barrenación en bancos de rocas, taludes, etc.

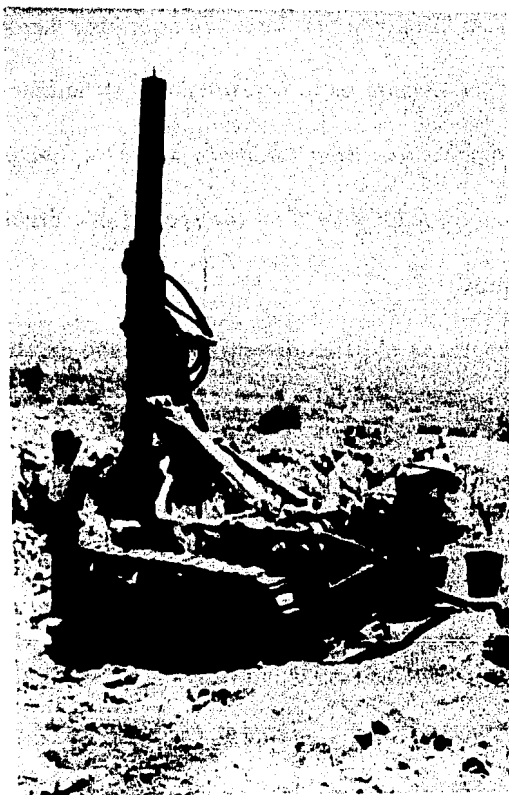


Figura 4.62 Perforadora de Orugas (Track-drill).

TRITURADORAS

Son máquinas con diseño apropiado para triturar y reducir materiales duros a tamaños deseados. La acción de triturar se realiza por medio de compresión, impacto, desgaste y corte; pudiendo ser la combinación de dos o tres de las formas, dependiendo del tipo de trituradora.

Todas las trituradoras son accionadas por un motor de combustión interna diesel y constan de un "tragante" en forma de caja, por donde se admite la roca.

Debido al incremento en la construcción, en la actualidad se cuenta con equipos móviles, que constan de trituradoras primarias, secundarias o terciarias, montadas en un chasis con ruedas y de fácil transportación, disminuyendo con ésto las distancias de acarreo.

Las trituradoras se clasifican, según el tamaño de agregado que producen, en los siguientes tipos:

A) Trituración primaria. Son las que despedazan la roca, traída directamente del banco, produciendo material grueso poco uniforme y se dividen en:

a) Trituradoras de quijada. Tienen la forma de una caja sin fondo, donde van acopladas dos placas de acero, a las que se les llama quijadas o muelas; colocadas una frente a otra, formando un ángulo, con los extremos inferiores más cerrados que los superiores. Una de ellas fija y la otra es movilizada por un brazo excéntrico que hace que se acerque y se aleje, dentro de una graduación deseada, produciendo así la fragmentación de la roca, mediante impacto y compresión.

Las dos quijadas pueden ser móviles, lo cual hace que se aumente la producción y se reduzca el desgaste de las mismas, pero hoy prácticamente han quedado en desuso debido a su alto costo de adquisición y de operación.

b) Trituradora giratoria. Utilizada fundamentalmente en las instalaciones mineras y cementeras de muy elevadas producciones. Poco usada en el campo de -

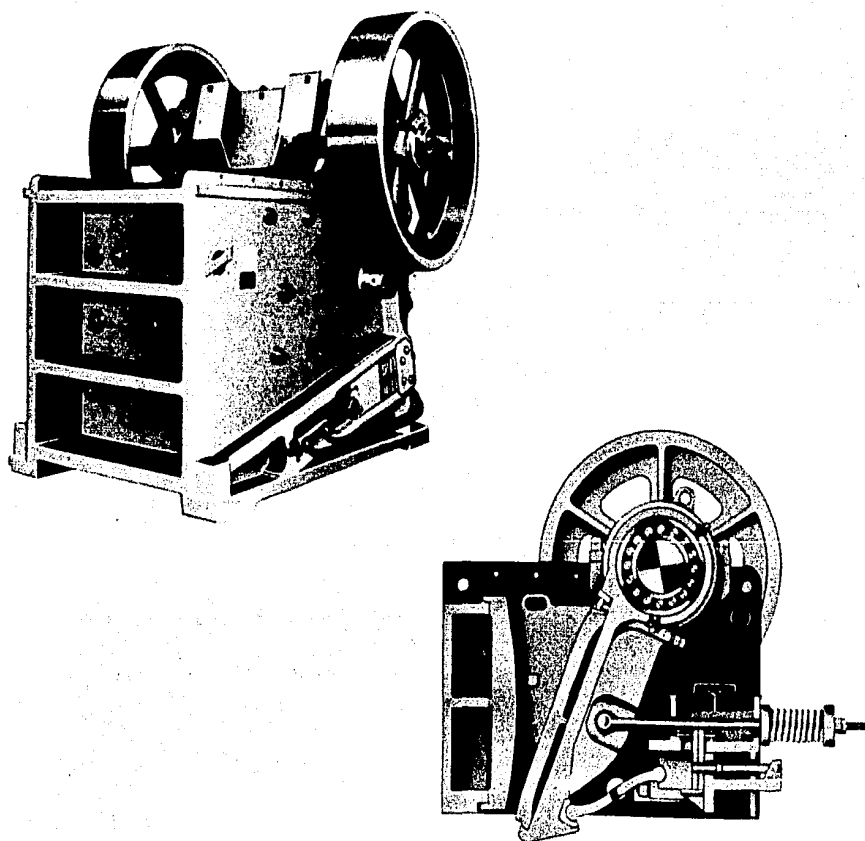


Figura 4.63 Trituradora de Quijada.

las obras civiles.

B) Trituración secundaria y terciaria. Son las que trituran el material ya-
antes fragmentado por una máquina primaria, para darle el acabado y tamaño requere-
rido.

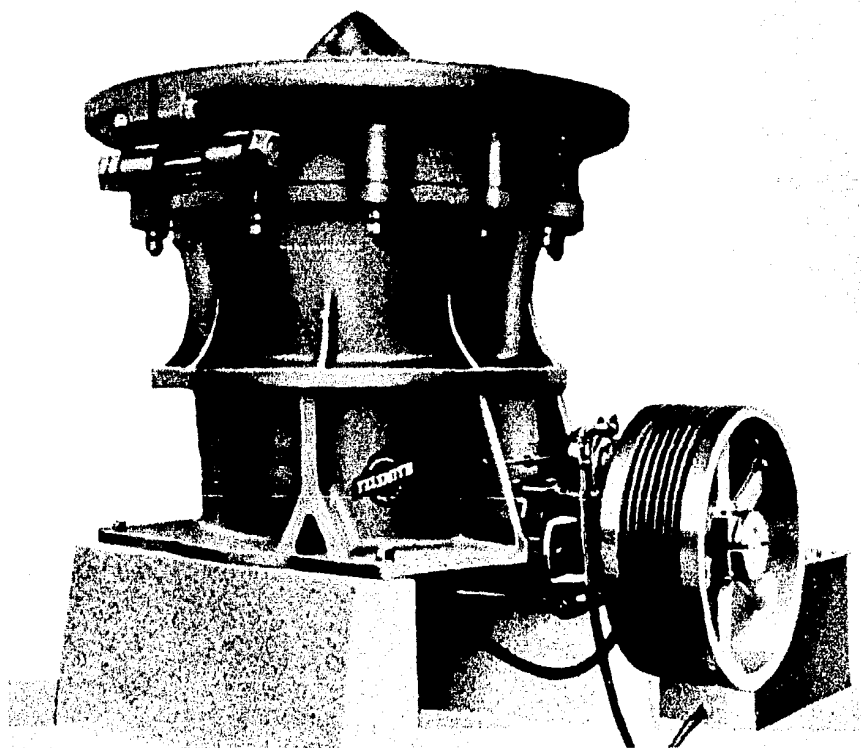


Figura 4.64 Trituradora Giratoria.

Las trituradoras tradicionalmente empleadas para realizar las etapas segunda y tercera de la reducción de los materiales pétreos, son :

- a) Trituradora de rodillos. Consta básicamente de un marco que soporta dos rodillos metálicos, que giran opuestamente. Estos rodillos pueden ser uno liso y otro estriado o ambos estriados.

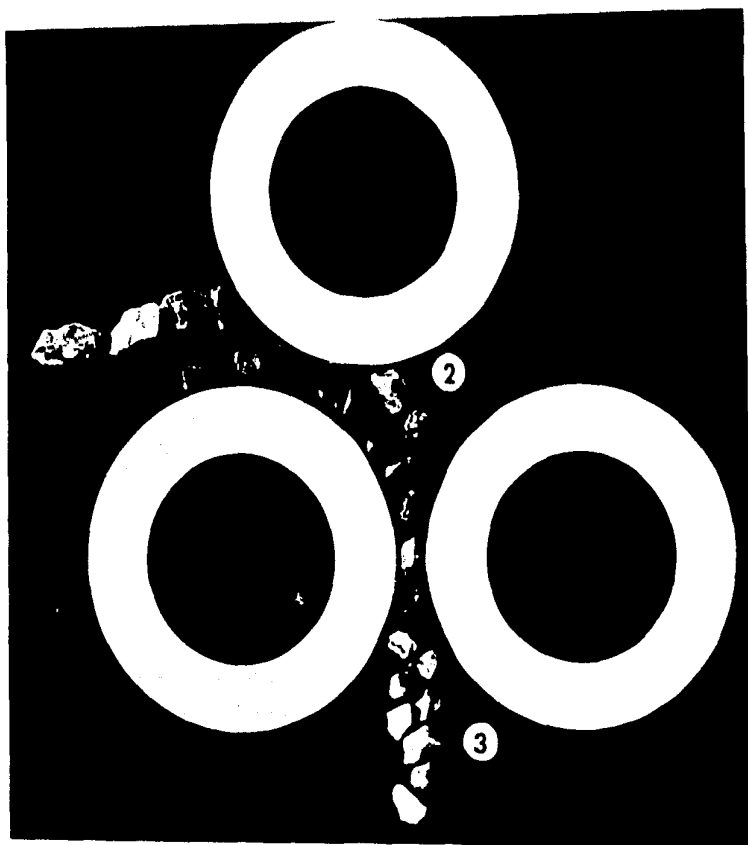


Figura 4.65 Trituradora de Rodillos.

El material depositado en el tragante pasa por entre los rodillos, graduados a una separación media con unos tornillos tensores, que actúan en contra de los resortes que fuerzan a unir un rodillo con otro. Estos resortes, les da tolerancia a los rodillos, cuando pasa algún material extremadamente duro, evitándose así que sean dañados. Generalmente se usan dos rodillos (gemelos), pero también pueden ser tres

(triple), con la cual, el material es triturado doblemente en una sola pasada.

Hoy en día su utilización ha quedado reducida al tratamiento de materiales suaves y poco abrasivos, como caliza, carbón, yeso, fosfato, etc., debido a que son rocas de alto contenido de sílice, el desgaste que se presenta en forma de surcos profundos en la superficie cilíndrica de los rodillos, hace que se tengan costos de mantenimiento muy elevados.

b) Trituradoras de cono. Sus elementos de ataque, son a base de conos truncados giratorios, que fragmentan por impacto y compresión al material.

Estas pueden ser primarias o secundarias, según la forma en que estén dispuestos los conos. Así tenemos que las primarias tienen los conos colocados invertidamente, es decir, el cono fijo tiene su base mayor, opuesta a la del cono móvil, lo que hace que la boca en el "tragante" sea más amplia. En las secundarias, donde se recibe ya fragmentado, la boca que da hacia el "tragante", debe ser más reducida, lo que se logra con la posición de la base de los conos hacia abajo.

La trituradora de conos, es elegida como secundaria, cuando se desea obtener material en tamaño y forma uniforme, con un mínimo de polvo.

c) Trituradoras de impacto o de martillos. Utilizan básicamente el efecto de fuertes impactos de la roca contra las placas del bastidor, impulsadas por uno o dos rotors que están girando a elevadas revoluciones por minuto.

En las trituradoras de impacto, el material fragmentado más fino, cae por gravedad a través de una malla, el que no pasa recircula y es vuelto a golpear en la-

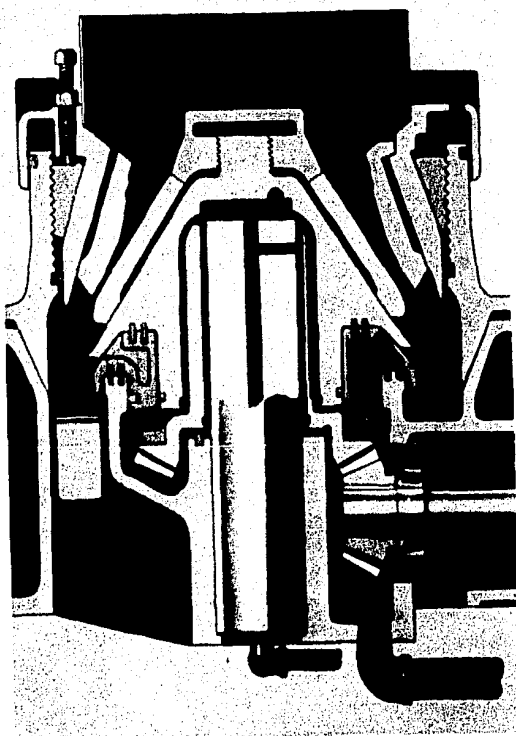


Figura 4.66 Trituradora de Cono.

placa, hasta lograr quebrarlo a la medida necesaria.

En las trituradoras de martillos existen topes circulares dentro del cilindro que contribuyen también a la trituración de la roca. Algunos modelos constan de dos rotores, que giran en sentido opuesto y que desarrollan la misma labor.

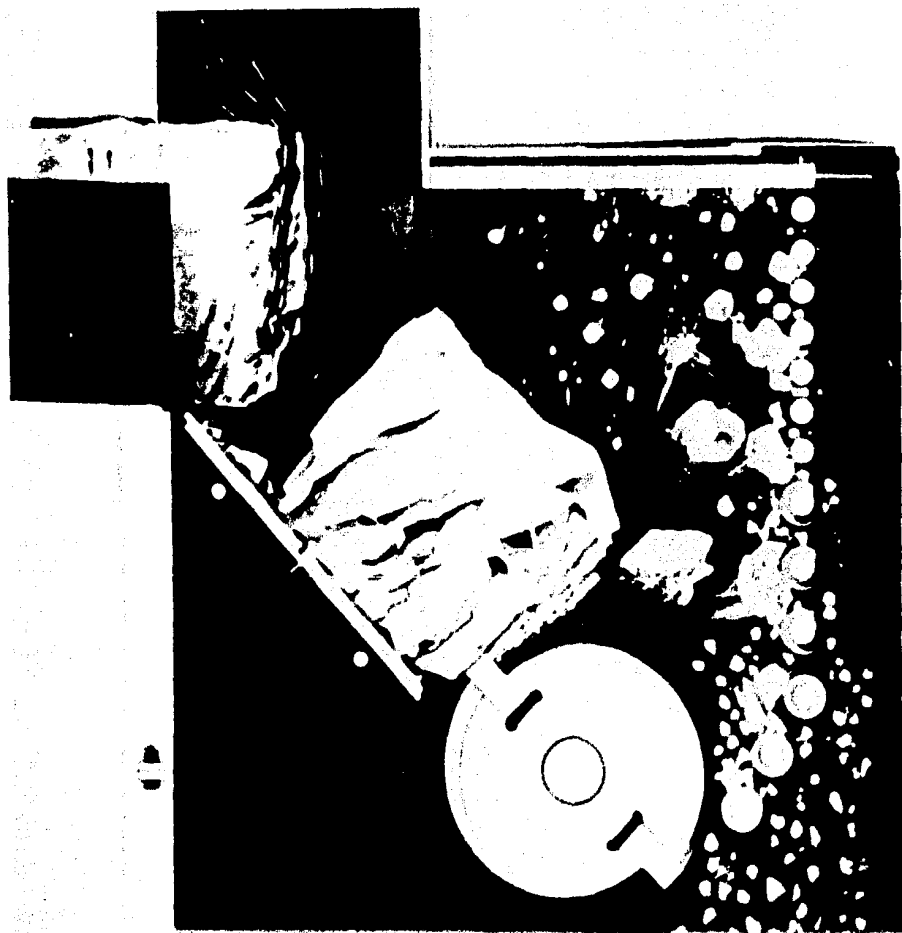


Figura 4.67 Trituradora de Impacto.

Todas las aspas o martillos, así como la placa de impacto, sufren desgastes excesivos, lo que requiere mantenimiento continuo.

Se utilizan en la trituración de materiales cohesivos, de rocas blandas y poco abrasivas.

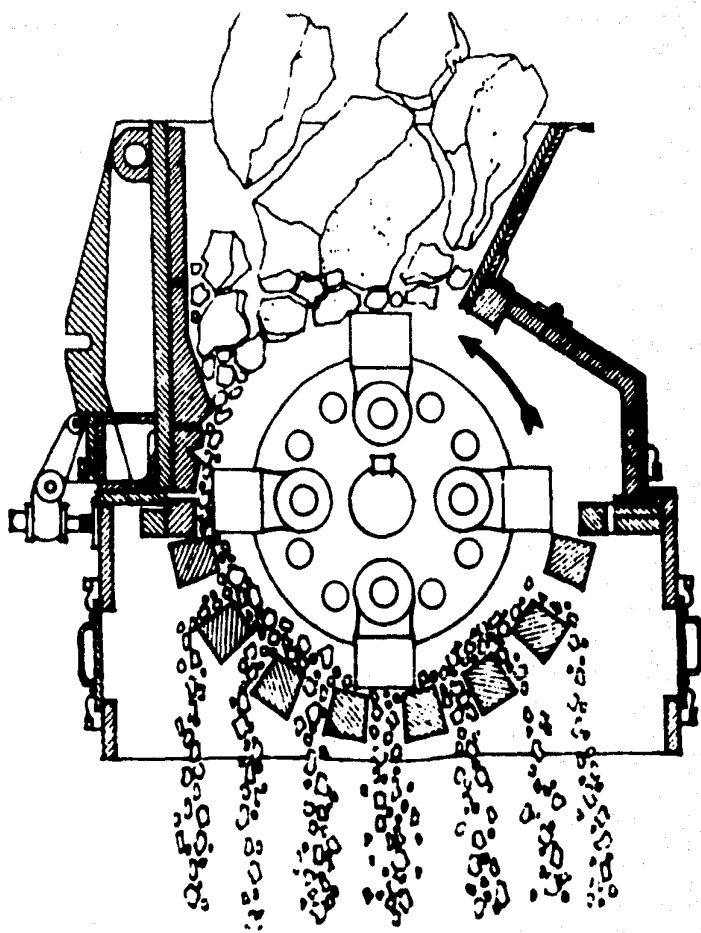


Figura 4.68 Trituradora de Martillos.

C) Molinos. Para corregir las curvas granulométricas de los materiales producto de las trituraciones secundarias y terciarias que acusan déficits de partículas, es necesario efectuar una cuarta etapa en la reducción de los materiales pétreos, para lo cual se utilizan básicamente los molinos de barras y de bolas.

Dichas máquinas están constituidas esencialmente por un tambor cilíndri_

co de placa de acero estructural, horizontales y revestido con placas de acero al manganeso para su protección interior, estando accionado bien a través de una corona -- dentada y un piñón o bien a través de un tren de neumáticos con ejes horizontales. - El cilindro esta cargado con barras cilíndricas o bolas de acero duro.

Los molinos pueden trabajar por vía húmeda o por vía seca, según el grado de finura del producto por obtener, existen tres tipos de alimentación y descarga.



Figura 4.69 Molinos de barras

PAVIMENTACION

El equipo más usual que interviene en un trabajo de pavimentación es el siguiente:

A) Transportadores. Equipo usual en plantas de trituración, para el transporte local de material fragmentado. De los cuales los más usados son:

a) Banda Transportadora. Es un elemento complementario indispensable como auxiliar de grandes equipos de construcción.

Su función primordial es la de transportar materiales sueltos a distancias y alturas muy cortas.

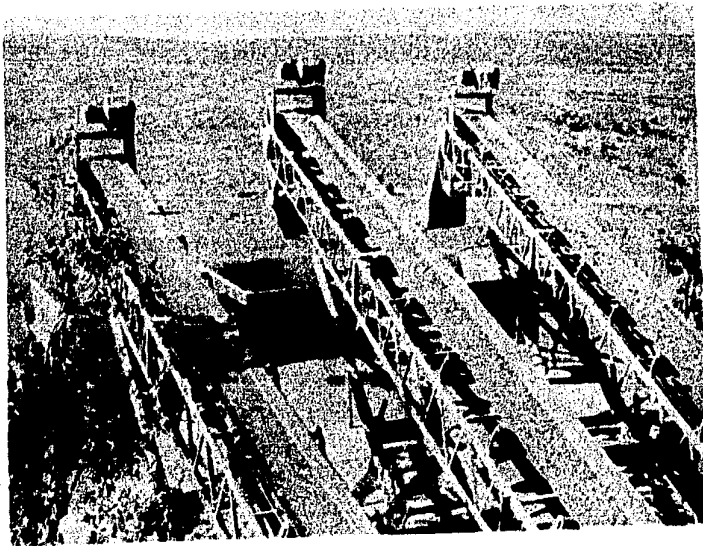


Figura 4.70 Banda Transportadora.

Cada elemento está formado por: la banda, que esta hecho de un material elástico reforzado (hule con alma de alambre o fibras, semejante al usado para las llantas).

La banda circula alrededor de un bastidor formado por una estructura angular, sobre la cual se apoyan los rodillos cargadores, colocados en forma trapezoidal, que hace que la banda adquiera una forma acanalada para que no derrame su carga.

En la parte inferior del bastidor, se encuentran otros rodillos en posición recta, llamados de retorno. En los extremos del bastidor se encuentran la polea motriz y la polea terminal. La primera es la que impulsa a la banda (accionada por un motor de combustión interna) y la segunda sirve de soporte. El bastidor descansa sobre apoyos, que varían de forma y altura, en función de la adaptación a que se utiliza la banda transportadora. Su aplicación es múltiple y pueden usarse unidades por separado o parte integral de algún equipo.

Se utiliza, como complemento: en plantas de trituración, de elaboración de asfaltos; como unidades independientes: en acarreos de bancos de materiales a almacenes o tolvas, elevación de concreto, materiales diversos, etc.

b) Elevador de Cangilones. Equipo de elevación de materiales a granel que consiste básicamente en una serie de botes o cangilones montados bien sobre cadenas o bien sobre una banda de hule. Tanto las cadenas como la banda están animadas de movimiento lineal, que permite la elevación de los materiales recogidos por los cangilones en la tolva de recepción situada en la parte inferior del elevador.

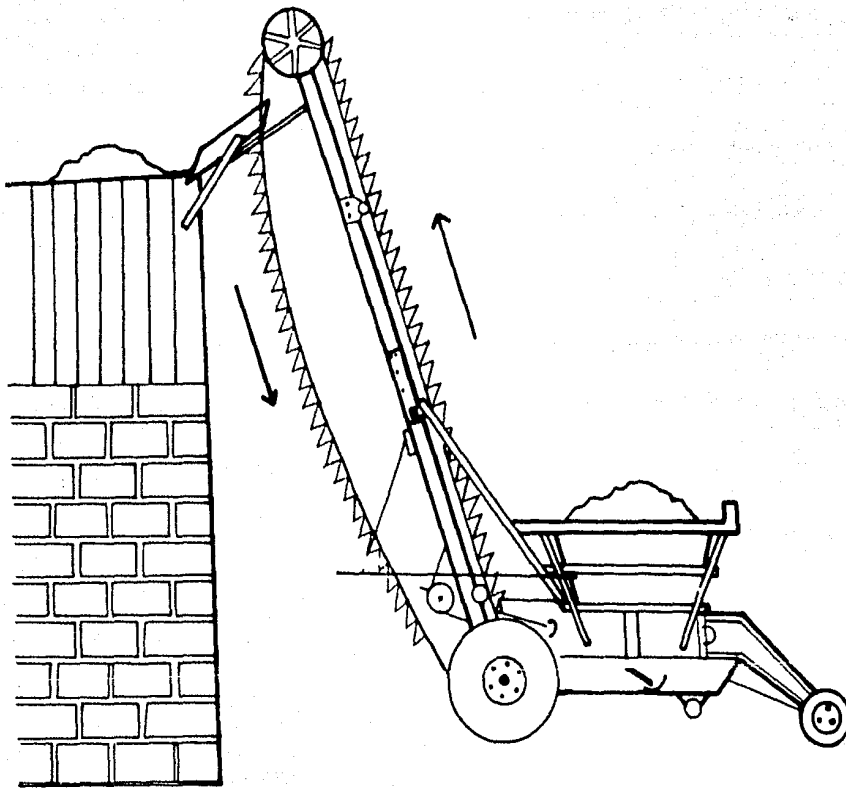


Figura 4.71 Elevador de Cangilones.

Si bien es un equipo muy utilizado en las industrias de la cal, cemento, yeso y en minería, en las instalaciones de agregados pétreos ha visto muy disminuída su utilización, con el desarrollo de transportadores de bandas, que en muchos casos - sustituyen ventajosamente a los elevadores de cangilones.

B) Cribas. Son elementos auxiliares, en forma de caja, para seleccionar -

los agregados, en función de su tamaño.

La clasificación se realiza, depositando el material sobre unas mallas de alambre, con separaciones de medidas conocidas.

Existen cribas con efecto vibratorio, el cual es producido por un motor - adaptado, lo que acelera el proceso de clasificación.

También hay cribas que tienen adaptado lavadores a base de agua a presión, para dejar limpios los materiales granulares de materias que pudieran adherirse.

Su función clasificadora, es complemento de las plantas de trituración, - de elaboración de mezclas asfálticas y de concreto.

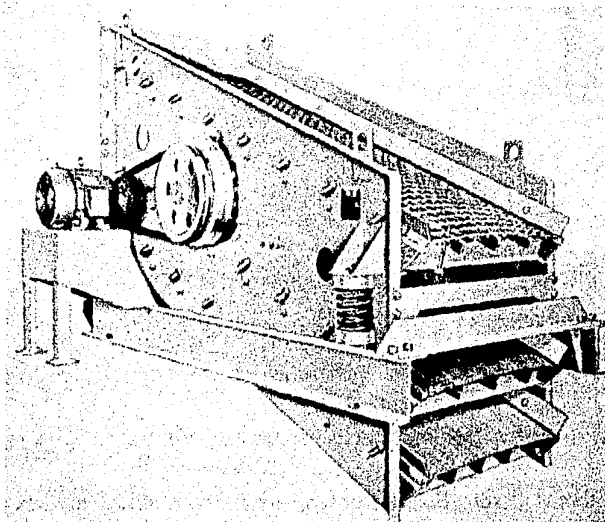


Figura 4.72 Criba Vibratoria.

C) Planta de Trituración. Es un conjunto de elementos mecánicos, acoplados en forma adecuada para desarrollar un ciclo completo del proceso de trituración.

Pueden ser fijas ó móviles, siendo más comunes las últimas, que van montadas sobre plataformas con ruedas, para facilitar su transportación.

Una planta de trituración, consta generalmente de:

Tolva Alimentadora

Cribas Clasificadoras

Bandas Transportadoras

Trituradora Primaria

Trituradora Secundaria

Tolvas de Almacenamiento

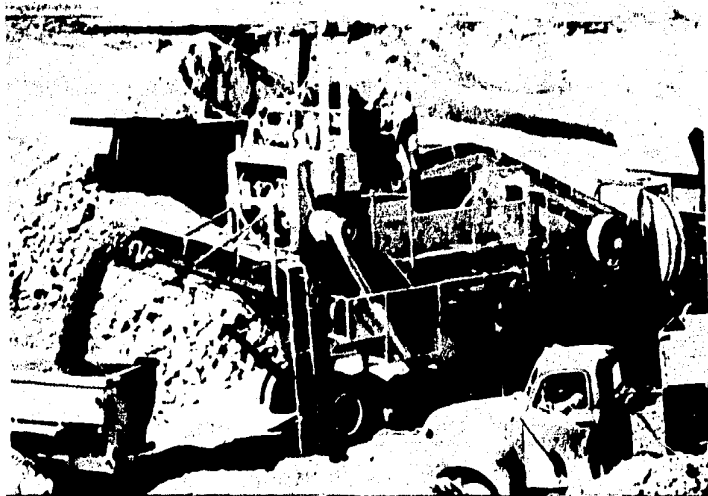


Figura 4.73 Planta de Trituración Móvil.

La planta recibe la roca fragmentada, procedente de algún banco, a través de una tolva, la cual se empieza a clasificar por medio de cribas, distribuyéndose por bandas transportadoras, según la clasificación obtenida:

A los depósitos de almacenamiento, el material fino que no requiere ningún tratamiento.

A la trituradora primaria la roca que no pasa por ninguna criba clasificadora, para reducirla de tamaño.

A la trituradora secundaria, la roca más pequeña, para darle su gradación definitiva.

El ciclo del proceso se repite hasta obtener la granulometría deseada.

Su uso fundamental es en la obtención de agregados para hacer concretos o para formación de terraplenes y sub-bases en carreteras y presas.

D) Planta de Asfalto. Es un conjunto de elementos para elaborar mezclas asfálticas calientes, que sirven como superficie de rodamiento.

Una planta de asfalto caliente consta de:

Alimentador en frío

Secador

Colector de polvos

Unidad de cribas y bandas transportadoras

Tolva alimentadora de compartimientos

Tanque de asfalto

Tanque de Combustible

Calentador de aceite o gas

Balanza

Bomba de asfalto con motor

Mezclador

Por medio de algún equipo auxiliar, los agregados (que se encuentran --
apilados cerca de la planta) son introducidos al alimentador en frío, el cual los envía
por medio de bandas transportadoras al secador, con el fin de uniformizar la tempera-
tura, que es una especie de horno giratorio, de forma cilíndrica, que tiene en un ex-
tremo el quemador de gas o aceite (que produce el calor necesario). En el otro ex-
tremo, se encuentra un elevado circular para los agregados calientes, que los lleva --
hacia el colector de polvos.



Figura 4.74 Planta de Asfalto.

El colector de polvo, es otro depósito cilíndrico, que retira el polvo adherido a los agregados, por medio de fuerza centrífuga y aire a presión. Dicho polvo se retira de la planta para que no moleste. Mediante las cribas, se clasifican los agregados y son enviados a los compartimientos de la tolva alimentadora.

Mediante un medidor automático se deposita sobre la balanza, la proporción necesaria de agregados y asfalto, en función de su peso. Los agregados son proporcionados por la tolva alimentadora y el asfalto es enviado por una bomba (a una temperatura elevada) a una caja mezcladora, que contiene una serie de aspas, para realizar el mezclado. De ahí es depositado en los camiones que lo distribuyen.

El pavimento asfáltico que produce este tipo de planta es propio para superficies de rodamiento en carreteras y calles.

E) Planta de concreto. Conjunto de elementos que mecanizan en forma automática la fabricación de concreto hidráulico y consta de los siguientes elementos.

Tolvas de agregados

Tolva de cemento

Planta dosificadora

Báscula para cemento

Elevador de cangilones

Transportador helicoidal

Los agregados son transportados por el elevador de cangilones, el cemento es pesado en la balanza y luego enviado por el transportador helicoidal a la plan-

ta dosificadora donde se le agrega el agua necesaria para mezclarlos en revolvedoras el tiempo requerido.

Hecha la mezcla de concreto hidráulico es desalojada en vehículos o bombas para llevarlo al lugar donde se vaya a colocar.

Estas plantas trabajan con corriente eléctrica y generalmente se montan cerca del lugar de las obras donde se vaya a requerir grandes volúmenes de concreto.

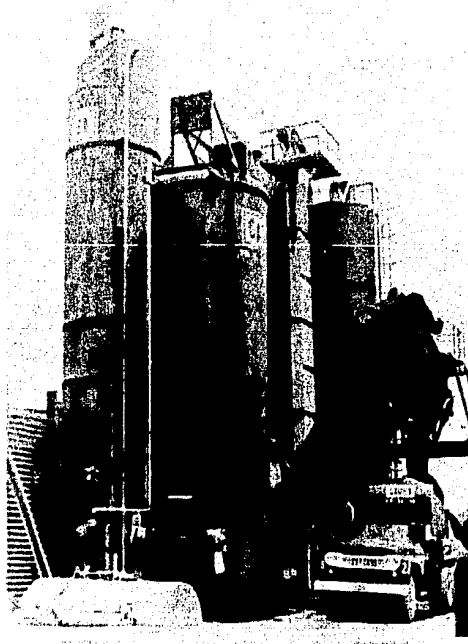


Figura 4.75 Planta de Concreto.

F) Petrolizadora. Es equipo que sirve para acarrear y regar asfalto líquido. Básicamente es un camión que lleva acoplado un tanque termo con rompeolas, un motor que acciona una bomba de líquidos pesados y barras de riego, colocadas en la parte posterior del tanque.

El tanque termo ésta constituido por quemadores de gas o de petróleo, que calientan un serpentín que le dá la temperatura al asfalto. Generalmente son dos y van en la parte posterior del tanque con un termómetro blindado para conocer la temperatura.

La bomba para líquidos sirve para cargar el tanque por medio de mangueras y para recircular el asfalto.

Bajo el tanque va una rueda articulada al chasis para accionar un tacómetro que marca la distancia regada.

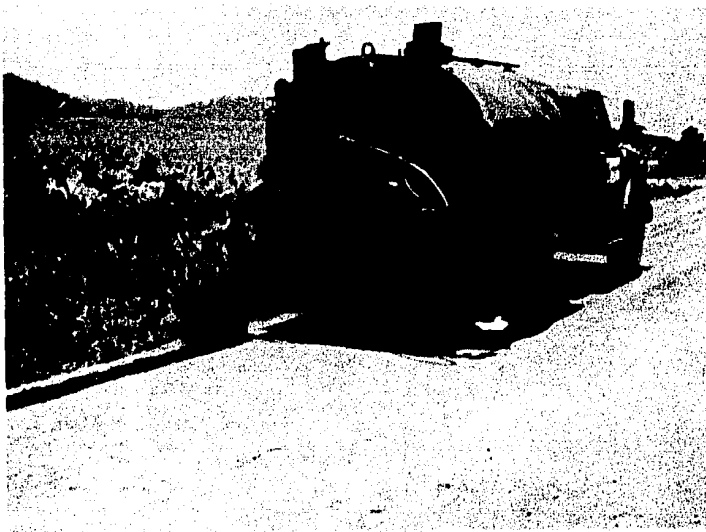


Figura 4.76 Petrolizadora

El riego de asfalto se hace a cierta temperatura producida por los quema_

dores y a determinada presión producida por la bomba.

Su uso general se hace en carreteras, para riegos de impregnación en carpetas y bases.

G) Barredora. Equipo formado por un rodillo de cerdas sostenido por un bastidor, para barrer el polvo. Puede ser autoimpulsado o jalado por un tractor agrícola.

Se utiliza para quitar el polvo o basura acumulados sobre las bases o subbases compactadas y mejorar así la adherencia del riego de liga.

Usual en la pavimentación de carreteras.

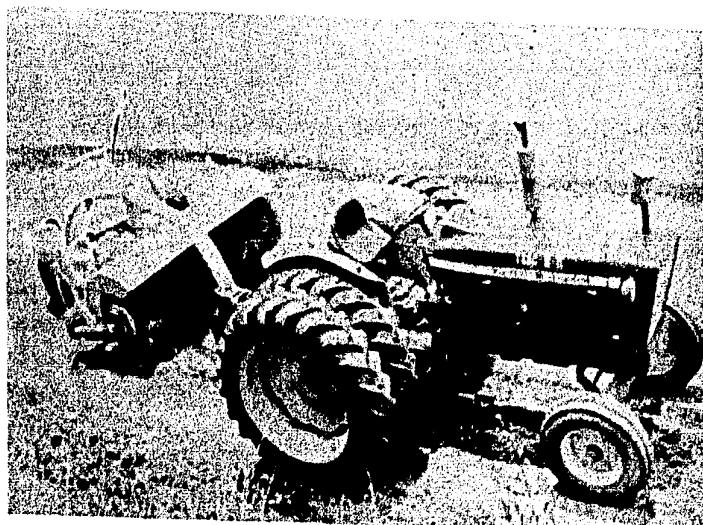


Figura 4.77

Barredora.

H) Pavi mentadora. Es una máquina que distribuye uniformemente, por capas, las mezclas asfálticas.

Está formada por una caja rectangular, sobre la cual van el motor, los controles de operación, el tanque de combustible y una tolva alimentadora.

La mezcla asfáltica es desalojada en la tolva y enviada desde el fondo por una banda transportadora a base de placas metálicas hacia otra tolva menor, donde existe un gusano helicoidal que hace recircular la mezcla hacia una plataforma inferior, donde es recalentada por unos quemadores de gas o aceite para evitar el enfriamiento de la mezcla.

Desde la plataforma inferior es distribuido el pavimento, limitado por unas reglas vibratorias que dimensionan el espesor de la carpeta enrasando y dando una compactación inicial.

La mezcla asfáltica es depositada por un camión de volteo, que al no poder descargar totalmente en la tolva de la pavimentadora, deberá estar pegado, con la caja inclinada y en punto neutro, esperando que la máquina lo vaya empujando conforme ésta forme la carpeta, hasta vaciar su caja.

Su uso es propio en las carreteras, para la formación de la carpeta asfáltica, pudiéndose utilizar también dentro de la ciudad.

I) Pipa. Es un camión provisto de un tanque cilíndrico en su chasis, que se usa para transportar agua, a largas distancias. Puede llevar acoplada una bomba de succión para efectuar la carga y descarga del agua.

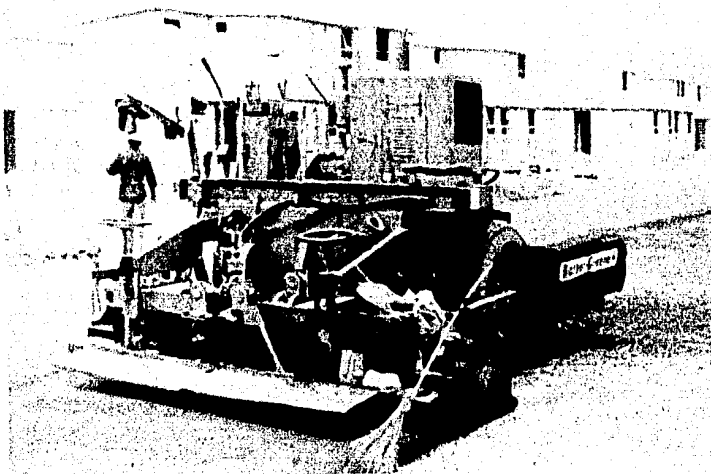


Figura 4.78 Pavimentadora.

En la parte posterior del tanque lleva acoplado un tubo con perforaciones a todo lo largo, que se usa para regar por presión.

Las de mayor capacidad son propulsadas por un tractor de dos ruedas. Se utiliza en los acarreos de agua para proporcionar la humedad que se requiere para la compactación de sub-bases y bases, terraplenes, núcleos de presas de tierra, etc.

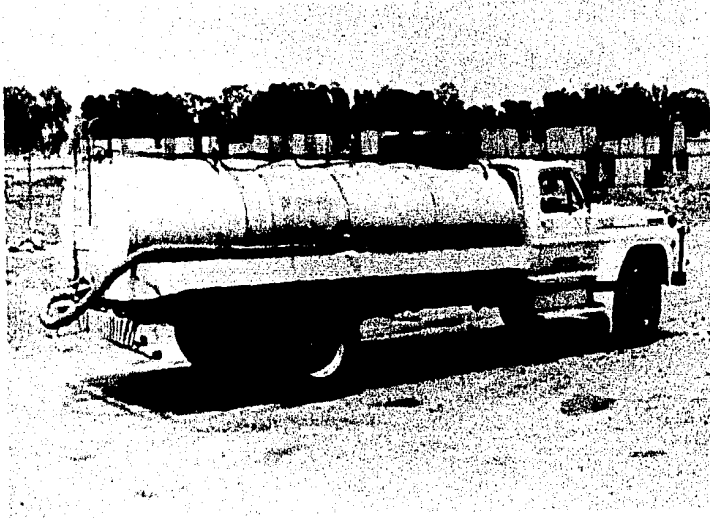


Figura 4.79 Pipa de Agua.

4.4

MOTORES

El motor es la fuente de energía de la mayoría de las máquinas, puede -- ser eléctrico o de combustión interna, siendo éste aquél donde la ignición del com-- bustible se produce en los cilindros del motor, pudiendo ser de gasolina o diesel. Los motores de combustión interna a gasolina son empleados, por lo general, en equipo -- ligero tales como tractores agrícolas, malacates, vibradores, etc. Los diesel son co-- munmente empleados para maquinaria pesada, por ejemplo: tractores, motoescrapas, _ motoconformadoras, excavadoras, cargadores, compresores, etc.

Dentro de los motores de combustión interna se conocen dos tipos: de -- dos tiempos y de cuatro tiempos. Siendo la diferencia entre los dos, que el primero -- desarrolla un ciclo de trabajo en una revolución del cigueñal y el segundo lo desarro -- lla en dos revoluciones.

4.4.1. MOTOR ELECTRICO.

Es una máquina destinada a convertir la energía eléctrica en energía me -- cánica.

El motor eléctrico se basa en lo siguiente: cuando circula corriente por _ una espira que se encuentra dentro de un campo magnético, aparece un par de fuer--

za que hace girar la espira.

Un motor consta esencialmente de un embobinado (armadura) que lleva una corriente eléctrica, montado sobre un eje y colocado dentro de un campo magnético intenso. El campo magnético, generalmente es producido por un electroimán.

Sin embargo, si la corriente en la armadura no cambia de dirección, ésta no continuará girando al dar media vuelta, si no que alcanzaría una posición de equilibrio. Para evitarlo, el motor tiene un dispositivo para invertir la corriente cada media vuelta, y conseguir de esta manera que la armadura gire sin detenerse. Este dispositivo se le denomina colector.

Dependiendo de que cambie o no la dirección de la corriente, se pueden dividir los motores eléctricos en motores de corriente continua, motores de corriente alterna y motores que funcionan con ambas.

Los motores de corriente continua pueden trabajar a velocidades distintas. Debido a su elevada potencia de torsión y a su rápida aceleración, se les utiliza frecuentemente en trabajos pesados. Esta clase de motores se emplea para accionar grúas, malacates, ascensores, puentes levadizos, tornos, etc.

Los motores de corriente alterna operan a velocidades determinadas por la frecuencia de la corriente que utilizan, acoplándose a los ciclos de dicha corriente. Debido a esta característica, tienen la ventaja de mantener una velocidad constante, siempre y cuando la frecuencia de la corriente se mantenga también constante. Este tipo de motores se emplea comunmente para accionar equipos de control, relojes eléctricos, interruptores de tiempo, etc.

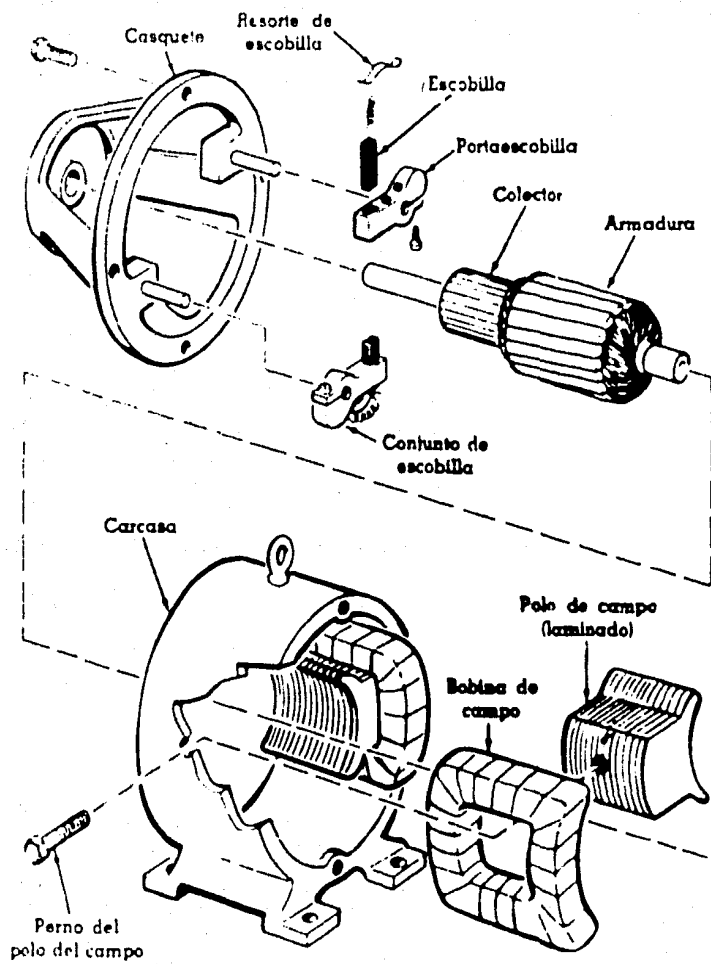


Figura 4.80

Motor Eléctrico.

4.4.2. MOTOR DE COMBUSTION INTERNA.

A) Motor de explosión (gasolina). El motor de explosión de 4 tiempos es - aquél en que se requieren cuatro carreras del émbolo para completar un ciclo, siendo - los cuatro tiempos; admisión, compresión, expansión y expulsión.

En el primer tiempo la carrera descendente del émbolo, estando previa-- mente abierta la válvula de admisión, aspira la mezcla de combustible y aire.

En el segundo tiempo, una vez cerrada la válvula de admisión, asciende el émbolo comprimiendo la mezcla hasta aproximadamente un sexto de su volumen ori-- ginal, elevándose la temperatura de la mezcla y en el momento de llegar al punto -- muerto superior el émbolo, se enciende la mezcla por medio de la chispa proveniente de la bujía.

El tercer tiempo se origina al producirse la explosión del aire y el com-- bustible, transformándose en esta forma la energía térmica en energía mecánica, - -- pues debido al súbito aumento de volumen y presión, se desplaza el émbolo hasta su - punto muerto inferior, siendo en esta carrera llamada de expansión donde se desarro - lla el trabajo.

Al empezar el cuarto tiempo, el émbolo sube y se abre la válvula de es - cape, por donde son desalojados la mayor parte de los productos de la combustión y - que son barridos hasta el punto muerto superior.

No todos los gases son desalojados debido a la existencia de la cámara - de compresión o espacio muerto. Inmediatamente se repite el ciclo.

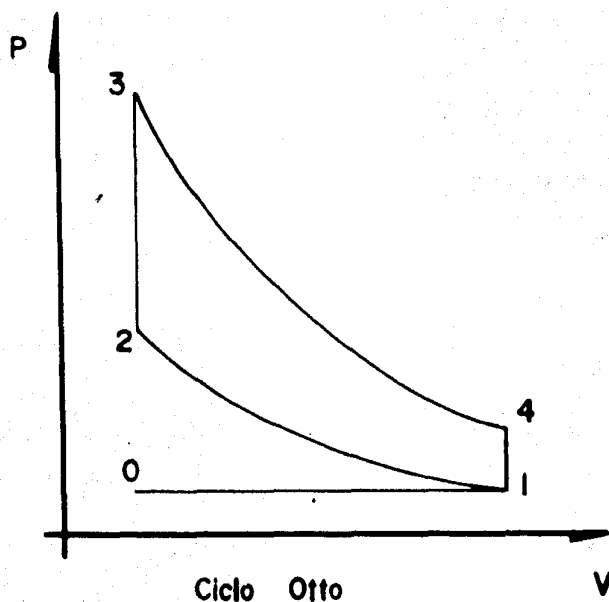


Figura 4.81 Ciclo Motor a gasolina.

En el ciclo de dos tiempos, la compresión es idéntica a la de cuatro tiempos, a ella sigue la explosión o combustión, pero los productos de la combustión son barridos por la nueva admisión de mezcla inyectada por el carburador; éste último tiempo es parte del nuevo ciclo.

B) Motor de combustión interna, ciclo diesel. Existen dos tipos de motores -- diesel: los de sobre-alimentación y los de aspiración natural.

a) **Motor de ciclo diesel sobrealimentado.** Es un motor de cuatro tiempos. - Durante la primera carrera del émbolo, estando abierta la válvula de admisión, se inyecta aire a presión proveniente de un soplador o turbocargador, que generalmente es accionado por el mismo motor. Solamente en motores de gran potencia el acciona-- miento es por separado.

Al empezar el segundo tiempo, la válvula de admisión es cerrada y por - la acción ascendente del émbolo, se inicia el proceso de compresión del aire, llegan-- do a una presión de 35 kg/cm^2 y una temperatura de aproximadamente 600°C . Sien-- do en éste momento cuando se inyecta el combustible pulverizado por medio de unas-- toberas o inyectores, a una presión más o menos el doble de la existente en la cáma-- ra de compresión iniciándose la combustión de la mezcla debido a la presión y tempe-- ratura existente, iniciándose el tercer tiempo en que debido al aumento de volumen - de la mezcla, se desplaza el émbolo hasta su punto muerto inferior, siendo en esta -- carrera donde se obtiene el trabajo. En el cuarto tiempo se abre la válvula de esca-- pe y los gases de combustión son barridos por la acción ascendente del émbolo, inme-- diatamente se repite el ciclo.

b) **Motor diesel de aspiración natural.** En este tipo de motores, el aire que-- reciben los cilindros, es proporcionado por la succión que en estos se produce, en la-- primera carrera, al descender los pistones del punto muerto superior al punto muerto - inferior.

La secuencia de la compresión del aire, expansión producida por la com-- bustión y la expulsión de gases quemados, son idénticas en todos los motores.

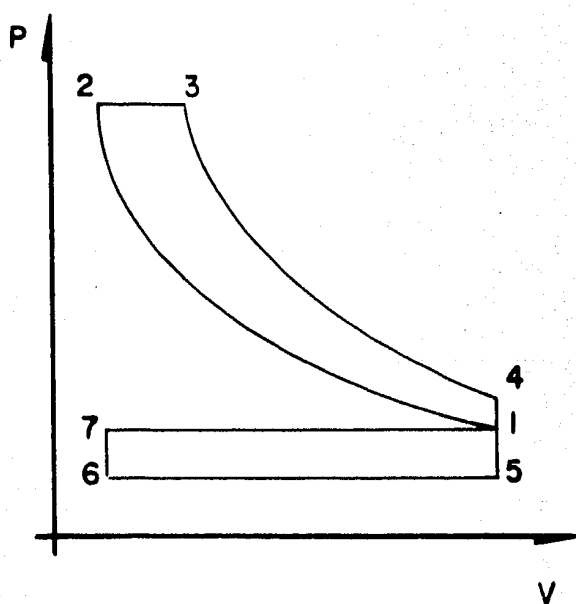


Figura 4.82 Ciclo Diesel sobre Alimentado.

Los motores diesel de dos tiempos, también pueden ser sobrealimentados - o por aspiración natural y su funcionamiento es semejante a los explicados anteriormente.

La potencia que desarrolla un cilindro, va en función de la cantidad de oxígeno y de combustible que entra en él, por lo que esta varía conforme a la altitud del terreno de trabajo.

Cuando la zona de trabajo está a una altitud cercana a la del nivel del mar, los motores de aspiración natural trabajan a toda la potencia que pueden desa-

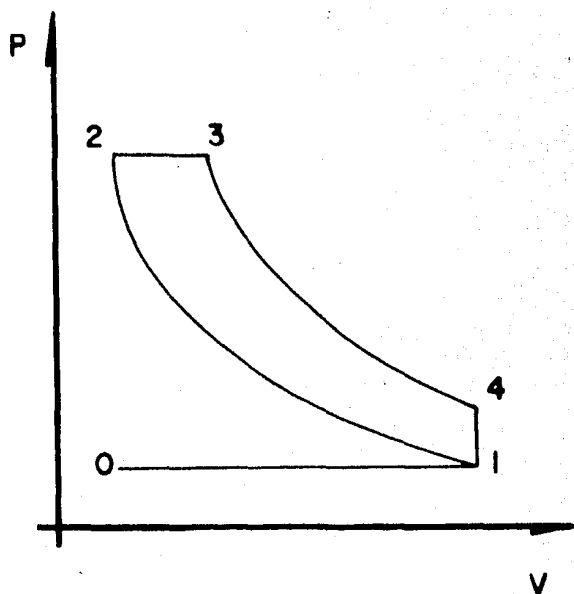


Figura 4.83 Ciclo Diesel de Aspiración Natural.

rollar.

Cuando mayor sea la altitud, la densidad del aire será menor y por tanto, un motor de aspiración natural desarrollará menor potencia. En cambio los motores sobrealimentados, no son tan afectados por este fenómeno, pues reciben la cantidad de oxígeno necesaria.

Comparando un motor de gasolina y uno diesel, se aprecian las siguientes diferencias:

1. El valor adquisitivo del diesel es más bajo que la gasolina.

2. Los motores diesel son más pesados, aún en su estructura, que los de gasolina.
3. La combustión interna en los de gasolina, es producida por un chispazo eléctrico; en los de diesel, es por el calor del aire comprimido.

4.5.

SISTEMAS.

4.5.1. SISTEMA HIDRAULICO.

El sistema hidráulico es una de las partes importantes en la mayoría de las máquinas, que permite mediante el sistema de aceite a presión, controlar con facilidad los embragues, frenos y émbolos hidráulicos. El aceite debe tener aditivos para evitar la gasificación cuando trabaje a altas presiones.

Mediante el siguiente diagrama se puede explicar fácilmente sus partes - y su funcionamiento.

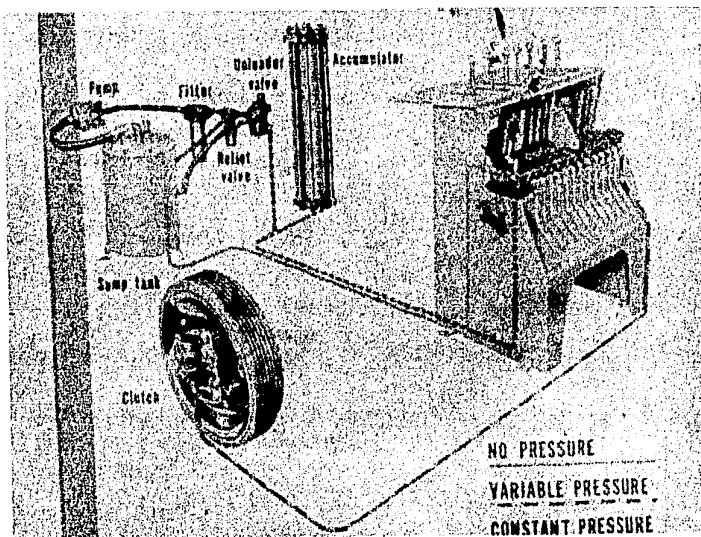


Figura 4.84 Sistema Hidráulico.

Al accionar la bomba (2), envía el aceite desde el tanque de almacenamiento (1) hasta el tablero de control (7), pasando por un filtro (3), la válvula de alivio (4), válvula de descarga (5), acumulador (6).

La presión requerida para desarrollar el trabajo, tomando un caso particular, por ejemplo; es de 73 kg/cm^2 . Cuando se llega a esta presión en el tablero de control (7), la válvula de descarga (5) se abre, aislando las presiones que hay en la línea del tablero y la que envía la bomba, dejando pasar por una línea de retorno al tanque (1) el aceite que envía la bomba, evitando así que ésta trabaje en contra de otra presión.

La válvula de alivio (4), es un dispositivo de seguridad para la bomba en caso de que fallara la de descarga (5), ésta se abre cuando la presión del aceite llega a los 88 kg/cm^2 y funciona en la misma forma que la válvula de descarga.

El acumulador (6) sirve como un depósito de almacenamiento de energía y como carga de presión, manteniendo la presión de trabajo hasta los 63 kg/cm^2 aproximadamente, que es cuando se vuelve a cerrar la válvula de descarga (5), alimentando nuevamente la línea del tablero hasta llegar a los 74 kg/cm^2 , se vuelve a repetir el ciclo anterior.

Mediante una palanca de mano (8) o pedal, se accionan las válvulas que distribuyen el aceite a presión desde el tablero a las distintas partes que se deseen (9), en proporción a la fuerza aplicada en la palanca o pedal.

Una vez regresada la palanca o pedal (8) a su posición general, la presión (8-9) decrece y parte del aceite regresa al tablero (7) de donde es enviado al -

tanque de almacenamiento. Nuevamente el aceite es recirculado por la bomba.

4.5.2. SISTEMA ELECTRICO.

El sistema eléctrico, de una máquina es un complemento necesario para su funcionamiento adecuado, ya que por medio de éste, se produce la energía suficiente para iniciar el arranque del motor, indicadores en los tableros de control, alumbrado, etc.

Un sistema eléctrico típico, consta generalmente de:

A) Motor de arranque (marcha). Es un pequeño motor eléctrico que tiene la finalidad de iniciar el funcionamiento del motor de combustión interna, mediante un impulsor en forma de piñón que se acopla instantáneamente a la cremallera del volante del motor mientras le dá impulso inicial. Cuando el volante empieza a girar con más velocidad, el piñón se desacopla y así termina la función del motor de arranque.

El arranque que es a control remoto, se logra oprimiendo el botón respectivo de la marcha ubicado en el tablero de instrumentos que al cerrar el circuito, impulsa un vástago que acopla el piñón al volante del motor.

B) Generador. La función principal de un generador, es la de producir energía eléctrica para alimentar su circuito y para recargar la batería de acumuladores. Se trata de un pequeño dínamo que recibe energía mecánica para convertirla en energía eléctrica.

C) **Regulador del generador.** Es un dispositivo de protección que sirve para regular el voltaje y la corriente que se produce en el generador, para evitar las sobrecargas en la batería de acumuladores. Generalmente se compone de tres unidades que son :

a) **Corta-corriente.** Al aumentar la corriente producida por la rotación del generador, se llega a un voltaje máximo permitido que vence la tensión del resorte del corta-corriente y hace que se forme un circuito con el acumulador, permitiendo con ello el paso de la corriente hacia él.

Cuando el motor se desacelera o se para, el corta-corriente se abre, rompiendo con ello el circuito de carga del generador, que es cuando éste empieza a recibir carga desde el acumulador.

b) **Regulador de voltaje.** Es un interruptor de seguridad que se gradúa para un voltaje limitado, que permita el paso del que se produce en el generador hacia el acumulador, para evitar las sobrecargas.

c) **Regulador de corriente.** Es un interruptor que actúa en forma que evita que el generador se sobrecargue, produciendo corriente hasta un límite máximo medido por dicho regulador.

D) **Batería de acumuladores.** Es la fuente de energía del sistema, que suministra la carga de corriente eléctrica necesaria.

Inicialmente, la batería ha sido cargada por energía eléctrica que alma-

cena en sus elementos químicos interiores; luego la energía eléctrica producida por la batería, es por efecto de la energía química acumulada.

La batería está compuesta de dos elementos esencialmente: placas de plomo y ácido sulfúrico. Está formada por celdas de plomo altamente porosas, de modo que el electrolito (ácido sulfúrico) se ponga en contacto con las placas en una gran superficie.

Al conectarse la batería en circuito con cualquiera de los elementos que necesite corriente eléctrica, ésta es suministrada por la reacción química de los elementos que se alojan en la batería de acumuladores.

La batería es recargada reversiblemente, es decir, se renueva la carga química que se usó al producir la corriente.

E) Indicadores. Toda máquina moderna lleva consigo, un sistema de indicadores, que se reúnen en el tablero de controles, mediante los cuales el operador podrá darse cuenta del correcto funcionamiento del motor y de la máquina.

Así tenemos que los indicadores básicos de un motor son:

Tacómetro mecánico: accionado por un chicote, que mide en el cuadrante respectivo, la velocidad en revoluciones por minuto, del cigüeñal.

Amperímetro: Controla eléctricamente el voltaje que está recibiendo la batería de acumuladores, desde el generador.

Indicador de presión de aceite: la presión existente en los conductos de lubricación, estimula al indicador eléctrico que éste a su vez determine la magnitud

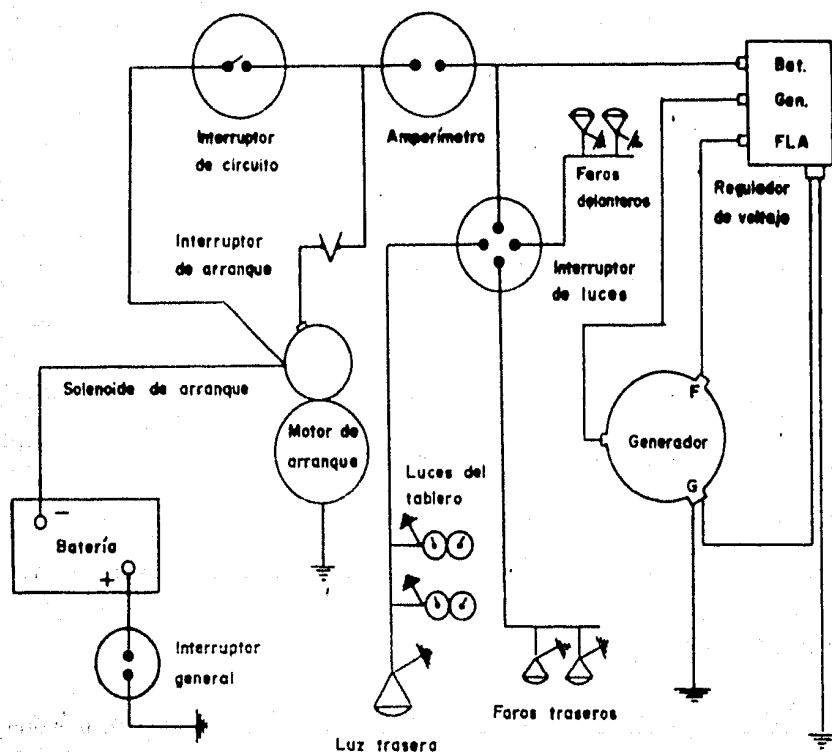


Figura 4.85. Diagrama de conexiones de la Instalación Eléctrica.

de dicha presión.

Indicador de temperatura de agua: se logra a base de un termómetro eléctrico colocado en los conductos de refrigeración y mediante la dilatación de sus componentes va marcando la variación de la temperatura.

Indicador de presión del aceite del sistema hidráulico: que es estimulado por la presión existente en los conductos respectivos.

F) Luces. Toda máquina está equipada con un sistema de luces delanteras y

traseras, encendiéndose independientemente unas u otras, en función de la necesidad de tener mejor visibilidad en la noche, para la realización de sus maniobras.

La iluminación en el tablero de los indicadores, se conecta automáticamente en cuanto se encienden cualesquiera de las luces de trabajo.

Todas las lámparas van protegidas por pequeños fusibles (resistencias) de las sobre-cargas.

La alimentación del sistema proviene del generador, la cual es controlada desde el tablero, a base de interruptores.

G) Alambrado necesario. Este debe ser en tal forma que cumpla con las características necesarias para resistir las cargas eléctricas.

4.6. ASPECTOS ECONOMICOS DE LA MAQUINARIA Y EQUIPO.

4.6.1. VIDA UTIL DE LA MAQUINARIA.

En toda máquina, tanto durante los tiempos de su utilización, como durante los períodos en que se encuentra ociosa, sus diversas partes y mecanismos van sufriendo desgastes y demérito, por lo que con cierta frecuencia más o menos determinada y predecible, dentro de ciertas limitaciones, las diversas partes de la máquina deben ser reparadas o sustituidas para que la misma esté constantemente habilitada para trabajar y producir con eficiencia y economía. Empero, en el transcurso del tiempo, irremediamente 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, significa un gravámen económico para su propietario, lo cual ocurre cuando los gastos que se requieren para que la máquina produzca, excedan a los rendimientos económicos obtenidos con la misma; en otras palabras, que la posesión y operación de tal máquina reportan pérdidas económicas y/o riesgos irracionales.

Vida útil de una máquina es pues, el período de tiempo que la misma puede mantenerse en condiciones de operar y producir trabajo en forma económicamente ventajosa para su poseedor.

La vida útil de una máquina depende de múltiples y complejos factores, -

como pueden ser: fallos de fabricación, falta de protección contra los agentes atmosféricos, desgastes debidos a uso normal, vibraciones y fricción de sus partes móviles, manejo de diferentes operadores e irresponsabilidad de los mismos, descuidos técnicos, etc.

4.6.2. VIDA ECONOMICA DEL EQUIPO.

Por vida económica de una máquina, universalmente se entiende como el período de tiempo 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.

Para conservar y mantener una máquina, en condiciones de satisfactorio funcionamiento, se requiere de constantes erogaciones y gastos derivados de la operación y mantenimiento de la misma. 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 su conservación y mantenimiento; así como porque las averías cada vez más frecuentes que la misma sufre, van aumentando los tiempos muertos o improductivos de la máquina, reduciendo por lo tanto su disponibilidad, llegando incluso las suspensiones de actividad de la máquina a afectar la productividad de otras máquinas que se encuentran abasteciendo a la primera o trabajando conjugadamente con la misma en la ejecución de un cierto trabajo.

De la observación de "registros cuidadosos y detallados" de los costos de

operación y mantenimiento de una máquina, fácilmente se determinará que, después de un cierto período de uso de un tiempo, los costos de hora de operación de la misma, en lo futuro, serán mayores que el promedio de costos obtenido durante sus operaciones anteriores, la máquina habrá llegado al fin de su período de vida económica, a partir del cual su operación resultaría antieconómica.

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

1. Que por su patente estado de deterioro, la máquina indudablemente deba de ser definitivamente desechada, debiéndose vender para obtener algún rescate por la misma, ya que sea cual fuere su estado de deterioro, siempre tendrá valor de rescate, por ínfimo que éste pueda ser.

2. 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, a más de que con su empleo se correrán riesgos derivados de impredecibles y súbitas averías -- que eventualmente podrán ocurrir, con lo que la máquina en cuestión tendrá que parar, y de paso podrá darse el caso de que la forzada inactividad de ésta, afecte a la productividad de todo el conjunto de maquinaria que se encuentra trabajando conjugada y armónicamente con la misma en la ejecución de un cierto trabajo.

3. Que por razones de orden presupuestal o financiero, el poseedor de la máquina independientemente del estado de la misma, se encuentra en la imposibilidad de sustituirla, por lo que aún a costa de sus utilidades se vea 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.

A la vida económica del equipo, también se le denomina "vida efectiva", entendiéndose "efectiva" económicamente hablando. La esencia de la observación anterior, constituye la diferencia entre vida útil y vida económica.

4.6.3. CRITERIO DE DETERMINACION DE LA VIDA ECONOMICA.

Existen numerosos criterios fundados en especulaciones más o menos sólidas destinadas a la determinación de la vida económica (vida efectiva) de una máquina. El criterio de determinación más empleado es el estadístico. Tabla 4.1, siendo en nuestro medio las estadísticas norteamericanas las más comunmente aceptadas, debido fundamentalmente a que la mayoría de la maquinaria disponible en nuestro mercado, es producida en el vecino país; más 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 en construcción en general, condiciones que originan muchas veces, que los constructores tengan que seguir el criterio establecido en el punto 3 del inciso anterior.

Se entiende que una máquina ya es económicamente obsoleta, cuando ha

DESCRIPCION EQUIPO	VIDA ECONOMICA	
	en años	en horas
bombas autocebantes	3	3 600
camiones volteo	5	10 000
compresoras rotatorias	5	6 000
excavadoras (dragas y palas)	5	10 000
mezcladoras de concreto:		
3 1/2 S	2	3 200
6 S	2.5	4 000
11 S	2.5	4 000
16 S	3	4 800
motoconformadoras motor diesel	5	10 000
motoescrepas	5	10 000
perforadoras neumáticas:		
de mano	3	3 600
de columna	4	4 800
montadas sobre ruedas	5	8 000
montadas sobre orugas	5	8 000
pisones neumáticos	3	3 600
plantas eléctricas	7	11 200
plantas trituradoras portátiles	5	8 000
rodillos pata de cabra	4	8 000
rodillos lisos (aplanadoras)	7	14 000
tractores de orugas	5	10 000
palas cargadoras (traxcavos)	5	10 000
vibradores de gasolina	3	4 800
malacates de gasolina	3	4 800

Tabla 4.1 Ejemplos de la vida económica de los equipos más usuales de la industria de la construcción.

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, de -- trabajo, etc., no lo es.

4.6.4. VALOR DE RESCATE DE UNA MAQUINA.

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 solo amerite considerársele -- como chatarra, siempre tiene un cierto valor de rescate. Se acostumbra considerar -- el valor de rescate, como un porcentaje del precio de adquisición de la máquina, -- que puede variar entre el 5 y 20%; como regla general se usa un 10%.

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

4.6.5. COSTO HORARIO DE OPERACION DE MAQUINARIA

La práctica de muchos años ha enseñado la conveniencia de estructurar -- todos los análisis de costos sobre la base del costo de operación por hora de las máqui -- nas y demás elementos que concurren a la ejecución de un trabajo, ya que a su vez --

los rendimientos de las máquinas y de los restantes elementos, siempre conviene expresarlos en función de cada hora de trabajo.

El costo horario por equipo es el que se deriva del uso correcto de las -- máquinas adecuadas y necesarias para la ejecución de los conceptos de trabajo con-- forme a lo estipulado en las especificaciones y en el contrato. Se integra mediante_ los siguientes cargos calculados por hora efectiva de trabajo:

A) Cargos fijos. Son los que se derivan de los conceptos correspondientes a:

a) 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 muchas 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:

$$D = \frac{V_a - V_r}{V_e}$$

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.

V_r : Representa el valor de rescate de la máquina.

V_e : Representa la vida económica 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 cinco años, lo cual significa una depreciación anual de 20% del costo de adquisición de la máquina, esto es, siguiendo el criterio de depreciación lineal.

b) Cargo por inversión. Cualquier organización, para comprar una máquina adquiere los fondos necesarios en los bancos o mercados de capitales, pagando por ello los intereses correspondientes; o bien, si el empresario dispone de fondos suficientes - de capital propio, hace la inversión directamente, esperando que la máquina le redimie en cualquier momento en proporción con la inversión 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:

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

En donde:

I : Cargo por inversión por hora efectiva de trabajo.

V_a : Valor inicial de la máquina.

V_r : Valor de rescate de la máquina.

H_a : Número de horas efectivas que el equipo trabaja durante el año.

i : Tasa de intereses anuales en vigor.

Podemos decir, que la tasa de interés (i), varía entre el 8 y 12%.

c) Cargos 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, 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 (autoaseguramiento) de la maquinaria.

Este cargo está representado por:

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

En la presente ecuación:

S : Cargo por seguros por hora efectiva de trabajo.

V_a: Valor inicial de la máquina.

V_r: Valor de rescate de la máquina.

H_a: Número de horas efectivas que el equipo trabaja durante el año.

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

d) Cargo por almacenaje. Es el cargo derivado de las erogaciones para cubrir la guarda y vigilancia de la maquinaria durante los períodos de su vida económica

considerados como inactivos.

Incluye todos los gastos que se realizan por este motivo, como son: la renta y mantenimiento de las bodegas o patios de guarda y la vigilancia necesaria para la maquinaria.

Está representado por la ecuación:

$$A = KD$$

En donde:

A : Representa el cargo por almacenaje por hora efectiva de trabajo.

K : Representa un coeficiente calculado en relación con las rentas de los locales necesarios para guardar la maquinaria, las que a su vez estarán en función de las dimensiones de los mismos, de los salarios del personal de vigilancia, del tiempo de guarda considerado, o en base a experiencias anteriores. Este coeficiente "K" es muy variable y dependiente del equipo de que se trate; varía entre 0.05 y 0.10 aproximadamente.

e) Cargos por mantenimiento. Es el originado por todas las erogaciones necesarias para conservar la maquinaria en buenas condiciones, a efecto de que trabaje con rendimiento normal durante su vida económica, se divide en mayor y menor. En el mantenimiento mayor se consideraran todas las erogaciones necesarias para efectuar reparaciones de la maquinaria en talleres especializados, o aquellas que puedan realizarse en el campo, empleando personal especialista y que se requiera retirar la maqui

naria de los frentes de trabajo por un tiempo considerable, incluye: obra de mano, repuestos y renovaciones de parte 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 efectúen en las propias obras; así como los 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.

Está representada por:

$$M = QD$$

En la presente ecuación:

- M : 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 calculará con base en experiencias estadísticas; varía para cada tipo de máquina y las distintas características del trabajo (ver tabla 4.2).
- D : Representa la depreciación de la máquina.

B) 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

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

100% Q = 1.0	Aplanadoras, arados, bombas de alta presión, de pistón o de sumidero, botes para concreto, calderas, equipo marino, escarificadores, escrepas, grúas de patas fijas, maquinaria para trabajar madera, moldes de acero, motocoformadoras pequeñas, motores de combustión interna y eléctricos, palas mecánicas, retroexcavadoras, rodillos, sierras para madera, soldadores de acetileno, tolvas para concreto, tractores con o sin cuchilla, transportadores portátiles.
80% Q = 0.8	Agitadores para concreto, automóviles, bombas para concreto con motor de gasolina, bombas centrífugas, botes de almeja, camiones de volteo, compresores, dosificadores, dragas de arrastre, equipo bituminoso (exceptuando estufas), gatos hidráulicos, malacates eléctricos y de vapor, martinets para clavar pilotes, mezcladoras de concreto de 1.5m ³ o mayores, mezcladoras montadas en camión, mezcladoras de mortero de 400 litros, motoconformadoras, pavimentadoras, plantas trituradoras y clasificadoras pequeñas, repartidoras de piedra triturada, soldadoras con motor de gasolina, tolvas para agregados, transportadores estacionarios, vagonetas a volteo, vibradores de concreto, zanjadoras.
60% Q = 0.6	Aguzadoras, camiones (exceptuando los de volteo), cañones neumáticos para concreto, cargadores de cangilones, elevadores de cangilones, grúas móviles, malacates de gasolina, mezcladoras de concreto tamaño mediano, mezcladoras pequeñas para mortero, perforadora neumática, plantas de concreto, quebradoras, remolques, rodillos, excepto los "pata de cabra".
40% Q = 0.4	Herramienta eléctrica de mano, herramienta neumática, mezcladoras pequeñas para concreto, tuberías.

Tabla 4.2 Relación de valores del coeficiente "Q" para diferentes tipos de maquinaria y equipo considerando depreciación lineal de los mismos.

abastecimiento de los combustibles y lubricantes consumidos por las mismas.

Sabido es, que el consumo de combustibles de una máquina de combustión interna es proporcional a la potencia desarrollada por la misma, la que generalmente siempre opera generando solamente una fracción de su potencia nominal total, así por ejemplo: un camión requerirá del máximo de su potencia nominal únicamente cuando se 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, en promedio, necesita de un porcentaje de su potencia nominal total, lo cual se expresa aplicando a la potencia nominal, máxima o intermitente, un coeficiente llamado "factor de operación", el cual varía entre 50% y 90%, con respecto a la potencia nominal máxima o intermitente.

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

Los cargos por consumos son los que se derivan de las erogaciones que resultan por el uso de: combustibles, otras fuentes de energía, lubricantes y llantas.

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

Está representado por :

$$E = e P_c$$

En la presente ecuación :

E : Cargo por consumo de combustibles, por hora efectiva de trabajo.

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

P_c : Representa el precio del combustible que consume la máquina.

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:

Motores de gasolina:	0.24 lts por H.P. op./hora.
Motores diesel	: 0.20 lts por H.P. op./hora.

Refiriéndose tales consumos a la potencia efectivamente desarrollada co-

mo promedio horario por los motores, lo que significa que para calcular los consumos reales de los mismos, deberá de multiplicarse el factor de consumo correspondiente - arriba señalado, por la "potencia de operación" (H.P. op.). Así por ejemplo, una máquina de motor diesel de 100 H.P., cuyo factor de operación sea de 0.70 (promedio), tendrá un consumo de combustible de:

$$0.20 \text{ lts} \times 100 \text{ H.P.} \times 0.70 = 14 \text{ lts/hora.}$$

b) Cargo por consumo de otras fuentes de energía. Cuando se utilicen otras fuentes de energía diferentes de combustibles señalados en el inciso anterior, la determinación del cargo por la energía que se consuma requerirá un estudio especial en cada caso.

Hacemos mención únicamente de estos consumos, por no disponer aún de datos estadísticos que nos permitan valorar el cargo correspondiente a ellos, por estar originados por adelantos técnicos aún en proceso experimental.

c) Cargo por consumo de lubricantes. Es el derivado de las erogaciones originadas por los consumos y cambios periódicos de aceites; incluye las erogaciones necesarias para suministrarlos en la máquina.

Este cargo está representado por:

$$L = a P_e$$

En la presente ecuación:

L : Representa el cargo por consumo de lubricantes por hora efectiva

de trabajo.

a : Representa la cantidad de aceites necesaria por hora efectiva de trabajo, de acuerdo con las condiciones medias de operación. Está determinada por la capacidad de los recipientes, los tiempos entre cambios sucesivos de aceites, la potencia del motor, el factor de operación de la máquina y un coeficiente determinado por la experiencia.

Pe : Representa el precio de los aceites, que consumen las máquinas.

Los consumos de aceite, incluyendo los cambios periódicos del mismo, 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 H.P.

$$a = C/t + 0.0030 \times \text{H.P. op.}$$

Para máquinas con potencia de placa mayor de 100 H.P.

$$a = C/t + 0.0035 \times \text{H.P. op.}$$

En las ecuaciones anteriores:

a : Cantidad de aceites necesarios por hora efectiva de trabajo, en litros.

C : Capacidad del cárter en litros.

t : Número de horas transcurridas entre dos cambios de aceite (gene-

ralmente $t = 100$ horas. Cuando abunda el polvo, $t = 70$ horas).

H.P.op: Potencia de operación (potencia de placa del motor por el factor por el factor de operación).

d) Cargo por consumo de llantas. Las llantas del equipo de construcción, - al igual que el propio equipo, sufren demérito derivado del uso de las mismas, por lo que es necesario, a más de repararlas y renovarlas periódicamente, remplazarlas cuando han llegado al fin del período de vida económica.

La vida económica de las llantas varía en función de las condiciones de uso a que sean sometidas, del cuidado y mantenimiento que se les imparta, a las cargas a que opere y a las condiciones de las superficies en que operan.

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

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

Este cargo está representado por:

$$LI = \frac{VII}{H_v}$$

En la presente ecuación:

LI : Representa el cargo por consumo de llantas, por hora efectiva de

trabajo.

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

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

Estudios estadísticos sobre la observación de equipo de construcción pesada en presas, carreteras, canteras y minas, han establecido que la vida económica -- aproximada de una llanta es del orden de 80,000 Km o 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 4.3, los que están en función de las condiciones que priven en las obras.

En la práctica de la ejecución de las obras, se presentan múltiples condiciones adversas como por ejemplo: que en ciertos tramos de los caminos abunden piedras sobre superficies de rodamiento, que por condiciones meteorológicas los caminos sufran notorio demérito sin que ello emerite la suspensión de los trabajos. Para cada

FACTORES PARA LA DETERMINACION DE LA VIDA ECONOMICA DE LAS LLANTAS.

CONDICIONES	FACTOR
1.- DE MANTENIMIENTO:	
Excelentes	1.00
Medias	0.90
Deficientes	0.70
2.- VELOCIDAD DE TRANSITO: (Máxima).	
16 km. por hora	1.00
32 km. por hora	0.80
48 km. por hora	0.60
3.- CONDICIONES DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO:	
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
4.- POSICION DE LAS LLANTAS:	
En los ejes traseros	1.00
En los ejes delanteros	0.90
En el eje de tracción	
Vehículos de descarga trasera	0.80
Vehículos de descarga de fondo	0.70
Motoescrepas y similares	0.60
5.- CARGAS DE OPERACION:	
Dentro del límite especificado por los fabricantes	1.00
Con 20% de descarga	0.80
Con 40% de descarga	0.80
6.- DENSIDAD Y GRADOS DE CURVAS EN EL CAMINO:	
No existen	1.00
Condiciones medias	0.90
Condiciones severas	0.80
7.- PENDIENTES DE LOS CAMINOS:	
(Aplicable a las llantas del eje del tractor)	
A nivel	1.00
6% como máximo	0.90
10% como máximo	0.80
15% como máximo	0.70
8.- OTRAS CONDICIONES DIVERSAS:	
Inexistentes	1.00
Medias	0.90
Adversas	0.80

Tabla 4.3

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 4.3.

En base a todo lo antes expuesto, se adjunta la Tabla 4.4, en la que se consignan tabularmente los valores de los diversos factores (Tabla 4.3), 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 a cada 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 de 5000 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:

$$H_v = 1.0 \times 0.90 \times 0.80 \times 0.95 \times 1.0 \times 0.85 \times 1.0$$

$$H_v = 58.14\% \times 5,000 \text{ horas}$$

$$H_v \hat{=} 2,900 \text{ horas, valor que está consignado en la última columna de la Tabla 4.4.}$$

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

Este cargo está representado por:

TABLA 4.4

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

CONDICION	1	2	3	4	5	6-7	8	FACTOR TOTAL	VIDA ECONOMICA
CAMIONES DE CARRETERA	1.0	0.85	0.90	0.95	1.0	0.90	1.0	65.407	3270 (*)
	0.9	0.90	0.80	0.95	1.0	0.70	0.90	38.783	1940 (*)
CAMIONES PESADOS DE TERRACERIAS	1.0	0.90	0.80	0.95	1.0	0.85	1.0	58.14	2900
	0.9	1.00	0.70	0.95	1.0	0.70	0.90	37.706	1900
ESCREPAS Y MOTOESCREPAS	1.0	1.00	0.80	0.75	1.0	0.85	1.0	51.0	2550
	0.9	1.00	0.70	0.75	1.0	0.70	1.0	33.07	1650
MOTO CONFORMADORAS	1.0	1.00	0.80	0.90	1.0	0.85	1.0	61.20	3060
	0.9	1.00	0.80	0.90	1.0	0.70	1.0	45.36	2270
PALAS CARGADORAS	1.0	1.00	0.80	0.90	1.0	0.85	1.0	61.20	3060
	0.9	1.00	0.80	0.90	1.0	0.85	0.9	49.57	2480
TRACTORES	1.0	1.00	0.80	0.80	1.0	0.85	1.0	54.40	2720
	0.9	1.00	0.80	0.80	1.0	0.70	0.9	36.288	1815
APISONADORAS	1.0	1.00	0.80	1.00	1.0	0.85	1.0	68.0	3400
	0.9	1.00	0.80	1.00	1.0	0.85	1.0	61.2	3060

(*) NOTA.- En los subrenglones superiores se consignan los valores correspondientes a condiciones normales promedio.

En los subrenglones inferiores se consignan los valores correspondientes a condiciones adversas.

$$\begin{array}{|c|} \hline O \cdot \frac{St}{H} \\ \hline \end{array}$$

En la presente ecuación :

- O : Cargo por operación del equipo por hora efectiva de trabajo.
- St : Representa los salarios por turno del personal necesario para operar la máquina. Los salarios deberán comprender todos los tipos de cuotas a parte del salario base.
- H : Representa las horas efectivas de trabajo que se consideran para la máquina dentro del turno.

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

Lo anterior está basado en que la función y responsabilidad de las operadores de maquinaria de construcción, comprende tanto la operación de las máquinas, como todos los cuidados que razonablemente se requieran para la conservación y mantenimiento de las mismas, incluso, es práctica comúnmente establecida por todas las -

empresas constructoras que, cuando las actividades directas de construcción decrecen, o que la maquinaria es retirada del servicio para concentrarla en los talleres de reparaciones mayores, sus operadores responsables auxilien en los trabajos; aún más, los operadores son los mejor avocados para vigilar que las reparaciones del equipo sean correctamente ejecutadas, puesto que ellos conocen íntimamente las deficiencias de la máquina a su cargo.

En la ejecución de cualquier trabajo, es prácticamente imposible que un operador o los operadores de una máquina, laboren en una 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, etc., con la finalidad de recobrase y serenarse; otras ocasiones debido a pequeñas reparaciones, ajuste y lubricación de las máquinas, puesto que sabido es 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 cuenta asimismo que, especialmente en obras que presentan condiciones muy adversas, las pérdidas de tiempo o interrupciones en las actividades de la maquinaria, se incrementan en forma notable, por fenómenos metereológicos adversos, como es generalmente la precipitación pluvial, o porque la maquinaria de que disponga los contratistas no sea precisamente la más adecuada para las condiciones imperantes en la obra.

Así pues, por cada hora, solo se trabaja efectivamente un porcentaje de la misma, el que está profundamente influido por las condiciones de la obra y por la calidad de la administración o gestión de la empresa constructora. Por lo antes dicho, para obtener los tiempos reales o efectivos de trabajo, es necesario introducir en los calculos los factores correspondientes, que se señalan en la Tabla 4.5.

FACTORES DE RENDIMIENTO DE TRABAJO EN FUNCION DE LAS CONDICIONES DE OBRA Y DE LA CALIDAD DE ADMINISTRACION .				
CONDICIONES DE LA OBRA	COEFICIENTE DE ADMINISTRACION O GESTION			
	EXCELENTE	BUENA	REGULAR	MALA
EXCELENTE 1.0	0.84	0.81	0.76	0.70
BUENAS 0.95	0.78	0.75	0.71	0.65
REGULARES 0.85	0.72	0.69	0.65	0.60
MALAS 0.75	0.63	0.61	0.57	0.52

Tabla 4.5

D) Cargo por transporte. En términos generales, el transporte de la maquinaria se considera como cargo indirecto, pero cuando son conveniente a juicio del constructor, podrá tomarse en cuenta dentro de los cargos directos, o como un concepto de trabajo específico.

4.6.6. CARGO UNITARIO POR MAQUINARIA.

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

Este cargo está representado por :

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

En donde:

CM : Representa el cargo unitario por maquinaria.

HMD: Costo directo de hora-máquina.

RM: Rendimiento horario, expresado en la unidad de que se trate.

4.6.7 EJEMPLOS DE OBTENCION DE COSTOS DIRECTOS HORA-MAQUINA.

EJEMPLO 4.1

CONSTRUCTORA: _____ Máquina: Tractor Orugas D8 Hoja No: _____
 _____ Modelo: _____ Cálculo: _____
 _____ Datos Adic: Hoja recta Mod 85 Revisó: _____
 OBRA: _____ Fecha: 10 Abr. 73

DATOS GENERALES.

Precio adquisición: \$ 1,200,000.00
 Equipo adicional.- _____

Valor inicial (Va): \$ _____
 Valor rescate (Vr): 20% \$ 240,000.00
 Tasa interés (i): 12%
 Prima seguro (s) 2%

Fecha cotización: 10-Abril-73
 Vida Económica (Ve): 5 años
 Horas por año (Ha): 2,000 hr/año
 Motor: Diesel de 270 H.P.
 Factor de Operación: 189 HP.op.
 Potencia Operación: 189 HP. op.
 Coeficiente almacenaje (K): 0.06
 Factor mantenimiento (Q): 1.00

I.- CARGOS FIJOS.

- a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{1,200,000 - 240,000.00}{10,000} = 96.00$
- b) Inversión: $I = \frac{Va + Vr}{2Ha} i = \frac{1,200,000 + 240,000}{2 \times 2,000} \times 0.12 = 43.20$
- c) Seguros: $S = \frac{Va + Vr}{2Ha} s = \frac{1,200,000 + 240,000}{2 \times 2,000} \times 0.02 = 7.20$
- d) Almacenaje: $A = KD = 0.06 \times 96.00 = 5.76$
- e) Mantenimiento: $M = QD = 1.00 \times 96.00 = 96.00$
- SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 248.16

II.- CONSUMOS.

- a) Combustible: $E = e Pc$
 Diesel: $E = 0.20 \times 189 \text{ HP.Op} \times \$ 0.40/\text{lt.} = \$ 15.20$
 Gasolina: $E = 0.24 \times \underline{\hspace{1cm}} \text{ HP.Op} \times \underline{\hspace{1cm}}/\text{lt.} =$
- b) Otras fuentes de energía: $\underline{\hspace{2cm}} =$
- c) Lubricantes: $L = a Pe$
 Capacidad carter: $C = 33 \text{ litros}$
 Cambios aceite: $t = 100 \text{ horas}$
 $a = C/t + \frac{0.0035}{0.0030} \times 189 \text{ HP.op.} = 0.99 \text{ lt/hr.}$
 $\therefore L = 0.99 \text{ lt/hr} \times \$ 4.00/\text{lt.} = 3.96$
- d) Llantas: $LI = \frac{VII}{Hv} \begin{matrix} (\text{Valor Llantas}) \\ (\text{Vida Económica}) \end{matrix}$
 Vida económica: $Hv \underline{\hspace{1cm}} \text{ Horas}$
 $\therefore LI = \$ \underline{\hspace{2cm}} \text{ horas} = \underline{\hspace{2cm}}$
- SUMA CONSUMOS POR HORA \$ 19.16

III.- OPERACION.

Salarios: \$

Operador: \$ 140.71

_____ :

_____ :

Sal/turno-prom: \$

Horas/turno-prom: (H)

$$H = 8 \text{ horas} \times 0.75 \text{ (factor rendimiento)} = \underline{6} \text{ hr.}$$

$$\therefore \text{ Operación} = \frac{S}{H} = \frac{\$ 140.71}{6 \text{ horas}} = \underline{\underline{23.45}}$$

SUMA OPERACION POR HORA

\$ 23.45

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)

\$ 290.77

EJEMPLO 4.2

CONSTRUCTORA: _____ _____ OBRA: _____	Máquina: <u>Motoescrepa</u> Modelo: _____ Datos Adic: _____	Hoja No: _____ Calculo: _____ Revisó: _____ Fecha: <u>Abril-73</u>
--	--	---

DATOS GENERALES.

Precio adquisición:	\$ <u>1,100,000.00</u>
Equipo adicional.-	_____
Valor inicial (Va):	\$ _____
Valor rescate (Vr): <u>20%</u>	= \$ <u>220,000.00</u>
Tasa interés (i): <u>12%</u>	_____
Prima seguros (s): <u>2%</u>	_____

Fecha cotización: Abril-73
 Vida económica (Ve): 5 años
 Horas por año (Ha): 2,000 hr/año
 Motor: Diesel de 300 HP.
 Factor de operación: 210 HP.op.
 Potencia operación: 210 HP.op.
 Coeficiente almacenaje (K): 0.08
 Factor mantenimiento (Q): 1.00

I.- CARGOS FIJOS.

- a) Depreciación: $D = \frac{V_a - V_r}{V_e} = \frac{1,100,000 - 220,000}{10,000} = \$ 88.00$
- b) Inversión: $I = \frac{V_a + V_r}{2H_a} i = \frac{1,200,000 + 240,000}{2 \times 2,000} (0.12) = 15.80$
- c) Seguros: $S = \frac{V_a + V_r}{2H_a} s = \frac{1,200,000 + 240,000}{2 \times 2,000} (0.02) = 2.64$
- d) Almacenaje: $A = KD = 0.08 \times 88.00 = 7.04$
- e) Mantenimiento: $M = QD = 1.00 \times 88.00 = \underline{\underline{88.00}}$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 201.48

II.- CONSUMOS.

- a) Combustible: $E = e P_c$
- Diesel: $E = 0.20 \times 210 \text{ HP.op.} \times \$ 0.40/\text{lt.} = \$ 16.80$
- Gasolina: $E = 0.24 \times \text{___} \text{ HP.op.} \times \$ \text{___}/\text{lt.} =$

b) Otras fuentes de energía: _____ =

c) Lubricantes: $L = a P_e$

Capacidad carter: $C = 33$ litros

Cambios aceite: $t = 100$ horas

$$a = C/t + \frac{0.0035}{0.0030} \times 210 \text{ HP.op.} = 1.06 \text{ lt/hr.}$$

$$\therefore L = 1.06 \text{ lt/hr.} \times \$ 4.00/\text{lt.} = 4.24$$

d) Llantas: $LI = \frac{VII}{H_v} \text{ (valor Llantas) (Vida económica)}$

Vida económica: $H_v = 2,550$ horas

$$\therefore LI = \frac{\$ 148,000}{2,550 \text{ horas}} = \underline{\underline{58.03}}$$

SUMA CONSUMOS POR HORA

\$ 79.07

III.- OPERACION.

Salarios: S

Operador: \$ 172.95

_____ :

_____ :

Sal/turno-prom \$ 172.95

Horas/turno-prom: (H)

$$H = 8 \text{ horas} \times \underline{0.75} \text{ (factor rendimiento)} = \underline{6} \text{ horas}$$

$$\therefore \text{Operación} = 0 = \frac{S}{H} = \frac{\$ 172.95}{6 \text{ horas}} = 28.82$$

SUMA OPERACION POR HORA \$ 28.82

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$ 309.37

EJEMPLO 4.3

CONSTRUCTORA: _____
Máquina: Motoconformadora
Modelo: 12-E
Datos Adic: _____
OBRA: _____

Hoja No: _____
Calculo: _____
Revisó: _____
Fecha: Abril-73

DATOS GENERALES.

Precio adquisición: \$ 516,562.50

Equipo adicional.-

Valor Inicial (V_0): \$ _____
Valor rescate (V_r): 20% = \$ 103,312.50

Tasa interés (i): 12%

Prima seguros (s): 2%

Fecha cotización: Abril-73

Vida económica (V_e): 5 años

Horas por año (H_a): 2,000 hr/año

Motor: Diesel de 115 HP.

Factor de operación: _____ HP. op.

Potencia Operación: 80 HP. op.

Coefficiente de almacenaje (K): 0.06

Factor mantenimiento (Q): 1.00

1.- CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{V_a - V_r}{V_e} = \frac{516,562.50 - 103,312.50}{10,000} = 41.32$

b) Inversión: $i = \frac{V_a + V_r}{2H_a} = \frac{516,562.5 + 103,312.5}{2 \times 2,000} (0.12) = 7.43$

c) Seguros: $S = \frac{Va + Vr_s}{2Ha} = \frac{516,562.5 + 103,312.5}{2 \times 2,000}(0.02) = 1.23$

d) Almacenaje: $A = KD = 0.06 \times 41.32 = 2.48$

e) Mantenimiento: $M = QD = 1.00 \times 41.32 = \underline{\underline{41.32}}$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA

\$ 93.78

11.- CONSUMOS.

a) Combustible: $E = e P_c$

Diesel: $E = 0.20 \times 80 \text{ HP.op.} \times \$ 0.40/\text{lt.} = \$ 6.40$

Gasolina: $E = 0.24 \times$ HP.op. $\times \$$ /lt. = \$

b) Otras fuentes de energía: _____

c) Lubricantes: $L = a \cdot P_e$

Capacidad carter: $C = 23$ litros

Cambios aceite: $t = 100$ horas

$$a = C/t + \frac{0.0035}{0.0030} \times \frac{80}{100} \text{ HP.op.} = \underline{0.51 \text{ lt/hr.}}$$

$$\therefore L = 0.51 \text{ lt/hor} \times \$ 4.00/\text{lt} = 2.04$$

d) Llantas: $LI = \frac{V_{II}}{H_v}$ (Valor llantas)
(Vida económica)

Vida económica: $H_v = 3,060$ horas

$$\therefore LI = \frac{\$ 13,617.00}{3,060 \text{ horas}} = \underline{\underline{4.45}}$$

SUMA CONSUMOS POR HORA

\$ 12.89

III.- OPERACION.

Salarios: S

Operador: \$ 117.26

_____ :

_____ :

Sal/turno-prom: \$

Horas/turno-prom: (H)

$$H = 8 \text{ horas} \times 0.75 \text{ (factor rendimiento)} = \underline{6} \text{ horas}$$

$$\therefore \text{Operación} = O = \frac{S}{H} = \frac{\$ 117.26}{6 \text{ horas}} = 19.54$$

SUMA OPERACION POR HORA \$ 19.54

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$ 126.21

BIBLIOGRAFIA

1. Introducción al Proceso Constructivo

- Apuntes preparados por la Sección de Construcción
Facultad de Ingeniería, UNAM
1970
- Introducción al Proceso Constructivo
Tesis Profesional. Ing. Jorge H. de Alba
1971

2. Materiales

- Materiales de Construcción
F. Orus Asso
Dossat S.A.
1965
- Tratado de Construcción
Antonio Miguel Saad
C.E.C.S.A.
1971
- Principios de Geología y Geotecnia para Ingenieros
D.P. Krynine y W.R. Judd
W., S.A.
1961
- Características de la Madera y su uso en la Construcción
Cámara Nal. de las Industrias de la Construcción
1971
- Materiales y procedimientos de Construcción
Arq. Fernando Barbará
Herrero S.A.
1970

- Apuntes de Mecánica de Materiales
Facultad de Ingeniería, UNAM
1970
- Cemento Portland
IMCYC
1969
- Apuntes de Geología
Ing. José Ma. Bolívar
Facultad de Ingeniería, UNAM
1970
- 8o. Congreso Mex. de la Industria de la Construcción
Cámara Nal. de la Industria de la Construcción
1971
- La Industria Ladrillera
P. Reverté
Gustavo Gilli, S.A.
1947

3. Obra de Mano

- Apuntes de Construcción II
Facultad de Ingeniería UNAM
1972
- Ley Federal del Trabajo
1973
- Ley del Seguro Social
1973
- Estimación de los Costos de Construcción
Robert L. Peurifoy
Diana, S.A.
1965.