CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS:
EXCAVACIONES Y TERRACERIAS
1 9 7 6

FECHA	H O R A	T E M A	PROFESORES
LUNES 28 DE JULIO	9:00 - 9:30	INTRODUCCION	
"	9:30 - 10:10	PLANEACION	ING. FERNANDO FAVELA L.
"	10:10 - 10:20	DESCANSO	
"	10:20 - 11:30	PLANEACION	ING. FERNANDO FAVELA L.
"	11:30 - 11:40	DESCANSO	
"	11:40 - 13:00	PLANEACION	ING. FERNANDO FAVELA L.
"	13:00 - 14:00	COMIDA	
"	14:00 - 15:10	TRACTORES	ING. JORGE CABEZUT BOO
"	15:10 - 15:20	DESCANSO	
"	15:20 - 16:30	TRACTORES	ING. JORGE CABEZUT BOO
"	16:30 - 16:40	DESCANSO.	
"	16:40 - 18:00	MOTOESCREPAS	ING. JORGE CABEZUT BOO

FECHA	HORA	TEMA	PROFESORES
MARTES 29 DE JUNIO	9:00 - 10:10	MOTOESCREPAS	ING. JORGE CABEZUT BOO
"	10:10 - 10:20	DESCANSO	
"	10:20 - 11:30	CARGADORES	ING. CARLOS MANUEL CHAVARRI MALDONADO
"	11:30 - 11:40	DESCANSO	
"	11:40 - 13:00	RETROEXCAVADORAS	ING. CARLOS MANUEL CHAVARRI MALDONADO
"	13:00 - 14:00	COMIDA	
"	14:00 - 15:10	EQUIPO DE COMPACTACION	ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO
"	15:10 - 15:20	DESCANSO	
"	15:20 - 16:30	EQUIPO DE COMPACTACION	ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO
"	16:30 - 16:40	DESCANSO	
"	16:40 - 18:00	OTROS EQUIPOS	ING. CARLOS MANUEL CHAVARRI MALDONADO
MIERCOLES 30 DE JUNIO	9:00 - 10:10	TALLER	ING. EMILIO GIL VALDIVIA
"	10:10 - 10:20	DESCANSO	
"	10:20 - 11:30	TALLER	ING. EMILIO GIL VALDIVIA
"	11:30 - 11:40	DESCANSO	

FECHA	HORA	TEMA	PROFESORES
MIERCOLES 30 DE JUNIO	11:40 - 13:00	EXPLOTACION DE ROCAS	ING. FEDERICO ALCARAZ -- LOZANO
"	13:00 - 14:00	COMIDA	
"	14:00 - 15:10	EXPLOTACION DE ROCAS	ING. FEDERICO ALCARAZ -- LOZANO
"	15:10 - 15:20	DESCANSO	
"	15:20 - 16:30	TECNICAS DE PRODUCCION - DE AGREGADOS	ING. PEDRO LUIS BENITEZ ESPARZA
"	16:30 - 16:40	DESCANSO	
"	16:40 - 18:00	TECNICAS DE PRODUCCION -- DE AGREGADOS	ING. PEDRO LUIS BENITEZ ESPARZA
JUEVES 1o. DE JULIO	9:00 - 10:10	TECNICAS DE PRODUCCION - DE AGREGADOS	ING. PEDRO LUIS BENITEZ ESPARZA
"	10:10 - 10:20	DESCANSO	
"	10:20 - 11:30	TALLER	ING. PEDRO LUIS BENITEZ ESPARZA
"	11:30 - 11:40	DESCANSO	
"	11:40 - 13:00	CUIDADO DEL EQUIPO DE -- TERRACERIAS	ING. SALVADOR ARRIETA MILAN
"	13:00 - 14:00	COMIDA	
"	14:00 - 15:10	CUIDADO DEL EQUIPO DE -- TERRACERIAS	ING. SALVADOR ARRIETA MILAN
"	15:10 - 15:20	DESCANSO	

FECHA	HORA	TEMA	PROFESORES
JUEVES 1o.DE JULIO	15-20 - 16:30	REEMPLAZO DE EQUIPO	ING. CARLOS DE LA MORA NAVARRETE
"	16:30 - 16:40	DESCANSO	
"	16:40 - 18:00	REEMPLAZO DE EQUIPO	ING. CARLOS DE LA MORA NAVARRETE
VIERNES 2 DE JULIO	9:00 - 10:10	TALLER	ING. JORGE H. DE ALBA C.
"	10:10 - 10:30	DESCANSO	
"	10:30 - 11:30	METODOS DE SELECCION -- DE EQUIPO	ING. FERNANDO FAVELA L.
"	11:30 - 11:40	DESCANSO	
"	11:40 - 13:00	METODOS DE SELECCION DE EQUIPO	ING. FERNANDO FAVELA L.
"	13:00 - 14:00	COMIDA	
"	14:00 - 15:10	METODOS DE SELECCION DE EQUIPO	ING. FERNANDO FAVELA L.
"	15:10 - 15:20	DESCANSO	
"	15:20 - 16:30	METODOS DE SELECCION DE EQUIPO	ING. JOSE PIÑA GARZA
"	16:30 - 16:40	DESCANSO	
"	16:40 - 18:00	TALLER	ING. JORGE H. DE ALBA C.

FECHA	HORA	TEMA	PROFESORES
SABADO 3 DE JULIO	9:00 - 10:10	CONTROL	ING. JOSE CARREÑO ROMANI
"	10:10 - 10:20	DESCANSO	
"	10:20 - 11:30	CONTROL	ING. JOSE CARREÑO ROMANI
"	11:30 - 11:40	DESCANSO	
"	11:40 - 13:00	CONTROL	ING. VICTOR M. HARDY MONDRAGON
"	13:00 - 13:10	DESCANSO	
"	13:10 - 14:00	TALLER	ING. JOSE CARREÑO ROMANI

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

FACULTAD DE INGENIERIA

U N A M

ING. FERNANDO FAVELA L.

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

FACULTAD DE INGENIERIA

U N A M

CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS :

EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

TEMA: PLANEACION

PROFESOR: ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA

INTRODUCCION

CONSTRUCCION

Dentro de los campos en la profesión del Ingeniero Civil ocupa un lugar preponderante la construcción. En la realización de una obra, este campo sigue inmediatamente al diseño y precede a los de operación y mantenimiento de obras. Consiste la construcción en la realización de una obra combinando materiales, obra de mano y maquinaria con objeto de producir dicha obra de tal manera que satisfaga una necesidad normalmente colectiva, y que cumpla con las condiciones planteadas por el diseñador, entre las que se cuenta con primordial importancia la seguridad.

La construcción puede definirse como uno o varios procesos de producción en el o los que se combinan en alguna forma recursos (materiales, obra de mano y maquinaria) para lograr el producto terminado. Se trata pues de un típico proceso industrial, que solo difiere del clásico en que las obras normalmente son diferentes y se requiere estudiar un proceso que será diferente para cada obra; en cambio el proceso típico industrial es repetitivo.

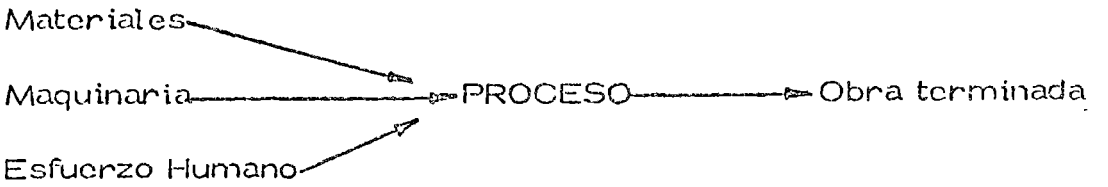
MOVIMIENTO DE TIERRAS

Entre estos procesos es muy común encontrar el movimiento de tierras, que puede ser parte del proceso total o todo el proceso. Consiste el Movimiento de Tierras en combinar maquinaria, materiales y obra de mano, a fin de obtener la obra o parte de la obra de acuerdo con lo planteado en el diseño.

El problema de selección de equipo trata de determinar que tipo, modelo y tamaño de máquinas deberá usar el ingeniero para realizar su proceso dentro de las restricciones impuestas por el proyecto. Al definir esto el ingeniero estará planeando el proceso constructivo, o dicho en otra forma definirá en todos sus puntos el procedimiento de construcción a usarse.

PROCESOS

Podemos pues presentar la construcción (válido para el movimiento de tierras) como uno o varios procesos de transformación con una entrada, los recursos y una salida, la obra terminada.

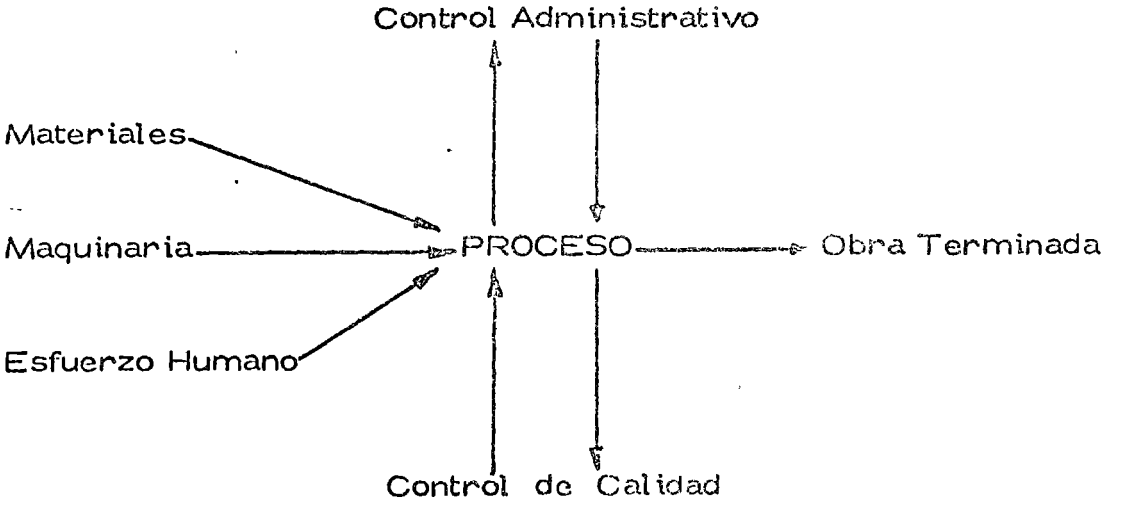


Como habíamos dicho antes el proceso puede ser uno o varios, pero también podremos dividirlo en subprocesos, cada uno de los cuales producirán una parte de la obra, estos pueden ser simultáneos o en cadena, y es usual que estos subprocesos se analicen por separado para definir los procedimientos de construcción que producirán la obra que deseamos.

CONTROLES

A lo largo de la ejecución deberemos revisar que nuestro esfuerzo nos vaya llevando a la obra terminada tal y como lo concebimos. Es fácil comprender que no conviene esperar al fin de la obra para revisar si ésta coincide con la diseñada, y si nuestra planeación se cumplió; esto es, si las cantidades y calidades que calculamos usar de nuestros recursos realmente fueron las utilizadas. Si algo falla; lo planeado no coincidirá con lo ejecutado. A la revisión del uso de los recursos a lo largo de la ejecución se le llama Control Administrativo. A la revisión de la calidad de la obra en todas sus partes a fin de que realmente ésta sea la diseñada se le denomina Control de Calidad. Estos controles consisten en tomar muestras a lo largo del proceso y compararlas con los estándares tomados de la planeación; en realidad constituyen en sí un proceso capaz también de ser planeado. Este tipo de procesos se denominan de Control o Retroalimentación. Si en estos procesos se encuentran desviaciones significativas con el estandar actúan sobre los procedimientos de construcción para corregir las desviaciones y acercar el producto al estandar.

Puede pues representarse la construcción y sus controles con el siguiente esquema.



1. CONCEPTO DE LA PLANEACION

LA PLANEACION

Visto como una función, el proceso de planeación incluye la identificación de los objetivos organizacionales y la selección de políticas, procedimientos y métodos diseñados para lograr estos objetivos. En términos de la habilidad que está implicada, la toma de decisiones, incluyendo la creatividad, juega un papel importante para determinar el éxito de la planeación.

Discutiremos la función de la planeación y el papel que el proceso de la toma de decisiones tiene en ésta función.

LA PLANEACION

La función de la planeación se compone de la selección y definición de las políticas, procedimientos y métodos necesarios para lograr los objetivos generales de la organización. Ya sea en el nivel en que se determinan las políticas, procedimientos o métodos, el proceso de la toma de decisiones es un componente esencial de la función de planeación. Por lo tanto, los factores de un diagnóstico efectivo, descubrimiento de alternativas y análisis de las situaciones de la toma de decisiones, se estudian en la última parte de esta presentación en forma programada.

Puesto que las políticas, procedimientos y métodos deben formularse para que estén de acuerdo con los objetivos de la organización, se sigue que el primer paso en la función administrativa de la planeación es la identificación de estos objetivos.

A) POLITICAS

Aunque son necesarios los objetivos para dirigir los esfuerzos individuales y los de grupo, en la organización, las políticas sirven para indicar la estrategia general por medio de la cual se lograrán estos objetivos. Las políticas se han clasificado con base en el nivel organizacional que afectan, la manera como se forman en la administración y el área de trabajo a la cual se aplican.

1. Una empresa, puede tener el objetivo específico de lograr una penetración mayor en el mercado; atenerse a una competencia en los precios para lograr este objetivo, sería una _____ política _____ empresarial.

2 Las políticas se han definido como declaraciones generales o conocimientos que guían la toma de decisiones de los subordinados en los diversos departamentos de una empresa. ¿Es necesario que estas declaraciones se pongan por escrito a fin de que se consideren como políticas (sí/no).

decisiones

3 Sea que estén o no escritas, las políticas sirven como una guía amplia y general para la toma de _____ en una organización.

nivel

4 Las políticas pueden clasificarse de diferentes maneras. Una clasificación útil está basada en el nivel organizacional de los administradores afectados. De esta manera, políticas básicas, generales y departamentales identifican el _____ organizacional de la aplicación de la política.

superior

5 Las políticas básicas que son de finalidades muy generales y que afectan a toda la organización las usan principalmente los administradores de nivel (superior/medio/de primera línea) _____

básica

6 Una política de mercado para un producto por cada uno de los productos ofrecidos por un competidor e importancia es un ejemplo de una política _____.

medio

7 La política general, la cual es más específica, típicamente se aplica a grandes secciones de la organización pero ordinariamente no a toda ella. La usan generalmente los administradores de nivel _____ (superior/medio/de primera línea)

general

8 Una política acerca de que los agentes de compras deben trabajar con contratistas locales, donde sea posible, es un ejemplo de una política _____.

de primera línea

9 La política departamental es más específica por naturaleza y se aplica a las actividades diarias en el nivel departamental. La usan principalmente los administradores de nivel _____ _____ (superior/medio/de primera línea)

departamental

10 La política de que los empleados deben avisar si van a faltar por enfermedad es una política _____.

básicas
generales
departamentales

11 En resumen, existen tres tipos de políticas basados en el fin y en el nivel administrativo afectado. Estas son las políticas _____, _____, y _____ _____.

medios de primera línea superior

12 Las políticas generales se relacionan, primariamente, con las actividades de los administradores _____, y las políticas departamentales conciernen más a los administradores _____ y las políticas básicas afectan más directamente a los administradores de nivel _____.

manera

13 Otra clasificación de políticas se basa en la manera en que se forman en la organización. La política creada, la política solicitada y la política impuesta, son tres tipos de políticas basados en la _____ como se han formado.

están

14 La política creada es la iniciada por los administradores de una compañía con el fin de que les sirva de guía a ellos y a sus subordinados. Típicamente la relación entre la política creada y los objetivos organizacionales _____ (están/no están) íntimamente ligados.

creada

15 La decisión para promover la venta de contratos de servicio con venta de equipo, para asegurar que los clientes mantengan, de manera adecuada, el equipo, es un ejemplo de política _____.

solicitada

16 En comparación con una política creada, una política solicitada la formula el administrador de una compañía. La diferencia está en que ésta última se origina por la solicitud de un administrador a su superior, para resolver un caso excepcional; ésta es la base para que se le llame política _____

si

17 Puesto que la política solicitada está basada en el manejo de casos individuales, el cual puede implicar circunstancias especiales, ¿existe algún peligro de que tal política sea incompleta, sin coordinación y quizás inconsistente? _____ (sí/no).

solicitada

18 Cuando no existe una política previamente especificada, un administrador pregunta a su jefe qué hacer con una cuenta por cobrar ya vencida. La decisión del superior constituye la formulación de una política _____.

creada

19 Cuando los administradores se ocupan contínuamente de la formulación de políticas solicitadas, es un indicio de que no se ha dado suficiente atención a la formulación del tipo de política que previamente discutimos, esto es la política _____.

impuesta

20 Las políticas impuestas son el resultado de una fuerza externa que presiona a la organización, tales como la acción gubernamental de la asociación comercial o del sindicato. En general, la importancia de la política _____ ha ido aumentando en los últimos años.

21 ¿Creé usted que las políticas impuestas en la General Motors, son similares a las de la Ford Motors Co.?_____(sí/no).

si (puesto que están sujetas a las mismas presiones gubernamentales, de la asociación comercial y del sindicato.

22 Una política de depreciación de equipo formulada debido a las exigencias de un contrato con la Fuerza Aérea, es un ejemplo de política_____.

impuesta

23 Con base en la manera como se forman, hemos discutido tres tipos de políticas: _____, _____, _____.

creada, solicitada impuesta

24 El tipo de política que sería similar en diversas empresas de una misma rama es la política_____.

impuesta

25 La política específicamente formulada para establecer guías necesarias para lograr los objetivos de la organización antes de que se presente cualquier problema se llama política _____.

creada

26 El tipo de política cuya abundancia indica una flata de atención administrativa apropiada para dar por anticipado las guías necesarias para tomar decisiones se llama política_____.

solicitada

27 Finalmente, otra clasificación de políticas tiene como base el área de trabajo a la que se aplican. Aunque se podría discutir un gran número de categorías, abarcaremos: ventas, producción, finanzas y personal como las principales áreas de _____en la empresa.

trabajo

28 Las políticas de ventas tienen que ver con decisiones tales como la selección del producto que va a fabricarse, su precio, su promoción de ventas y la selección de los canales de distribución puesto que éstas son áreas interdependientes de toma de decisiones, la coordinación de estos esfuerzos_____(es/no es) esencial.

es

29 La decisión para restringir la distribución de una cierta marca de cerveza a una área geográfica constituye una política de_____.

ventas

30 Las políticas de producción incluyen decisiones tales como la de fabricar o comprar un componente, la elección del sitio de producción, la compra del equipo de producción y los inventarios que deben mantenerse. Pueden formularse las políticas de producción sin tener en cuenta las políticas de ventas? ——— _____(sí/no).

no

31 La decisión para ubicar nuevas plantas a una cierta distancia de un mercado importante constituye una política de ——— _____.

producción

32 Las políticas financieras tienen que ver con la obtención de capital, métodos de depreciación y el uso de los fondos disponibles. Como tales, estas políticas (podrían/no podrían) ——— _____afectar directamente todas las otras áreas de formulación de políticas.

podrían

33 La decisión de alquilar en vez de comprar todo el espacio necesario para almacenes, es un ejemplo de política_____ _____.

financiera

34 Las políticas de personal tienen que ver con la selección del personal, desarrollo, compensación, desarrollo de una moral y con las relaciones sindicales. Es importante que estas políticas sean uniformes en toda la compañía?_____(sí/no)

sí

35 La decisión de que los solicitantes de empleo se inicien como aprendices, con base en las pruebas de habilidad, es un ejemplo de una política de_____.

persónal

36 Los cuatro tipos de política basados en el área de trabajo que se han discutido son:_____, _____, _____ y _____.

ventas
producción
finanzas
personal

37 Obviamente, cualquier política dada puede descibirse en términos de cualquiera de los tres sistemas principales de clasificación que se han discutido: El nivel_____, la _____como se formó la política, y el área de ——— _____afectada.

administrativo
manera
trabajo

38 El jefe de personal de una empresa ha informado a su superior que es incapaz de contratar cierto personal técnico en la comunidad local, y como resultado de esto el jefe de relaciones industriales decide que éste personal debe ser reclutado en una comunidad distante. Desde el punto de vista del nivel administrativo ésta es una política_____, desde el punto de vista de la manera como se formó es una política_____ _____y desde el punto de vista del área de trabajo es una política de_____.

general
solicitada
personal

básica
creada
ventas

39 Los administradores de nivel superior en una empresa deciden concentrar sus esfuerzos comerciales en el campo del equipo electrónico. Esto puede describirse como una política _____, _____ y de _____.

departamental
impuesta
producción

40 Debido a las exigencias el contrato sindical con la empresa, los supervisores deben usar solamente ciertos métodos de estudio de tiempos para determinar los estándars de producción. Esto puede describirse como una política _____, _____ y de _____.

B) PROCEDIMIENTOS Y METODOS

Una declaración de procedimiento es más específica que una declaración de política en que enumera la secuencia cronológica de pasos que deben tomarse para lograr un objetivo. Por otra parte, un método especifica cómo va a realizarse un paso del procedimiento.

procedimiento

41 Una descripción de cómo debe realizarse una serie de tareas, cuándo y por quién, normalmente se considera un _____ _____.

procedimiento

42 Las instrucciones específicas para atender órdenes de elaboración, que pueden incluír actividades en los departamentos de ventas, contabilidad y producción, son un ejemplo de un _____ especificado.

contratación

43 Haga referencia a la figura 3.1 para un ejemplo de un procedimiento. En este caso está implicado un proceso de _____ _____

Figura 3.1 ESQUEMA DE UN PROCEDIMIENTO TIPICO DE CONTRATACION.

1 Entrevista preliminar (discriminación de datos)

2 Solicitud

3 Verificación de referencias

4 Prueba de aptitud

5 Entrevista de trabajo

6 Aprobación del supervisor

7 Examen médico

8 Orientación

menos

44 Comparados con las políticas, los procedimientos permiten _____(más/menos) amplitud en la toma de decisiones administrativas.

método

45 En contraste con un procedimiento, una descripción de cómo debe realizarse un paso de un procedimiento se denomina _____.

si

46 ¿Es posible que un método implique a solo un departamento y a solo una persona en ese departamento? (sí/no)_____.

método
procedimiento

47 La técnica especificada para usarse en la realización de una prueba de aptitud es un _____, mientras que la secuencia de pasos en la función del empleo constituye un _____.

mejoramiento de métodos

48 El método se refiere a la manera de realizar tareas específicas. Históricamente el reemplazo de métodos manuales por medios mecánicos ha sido un ejemplo popular del _____ _____.

procedimientos

49 Desde un punto de vista más amplio, el término simplificación del trabajo se aplica a los esfuerzos por realizar una tarea particular, o toda una serie de tareas, de manera que sea más eficiente y económica. Por lo tanto, la simplificación del trabajo puede aplicarse tanto a métodos como a _____.

simplificación del trabajo

50 En años recientes, el equipo electrónico se ha visto relacionado, de manera muy importante, con la _____.

b

51 ¿Cuál piensa usted que es más probable, (a) que un cambio en un método particular originará un cambio en el procedimiento total, o (b) en un cambio en el procedimiento total afectará la necesidad de un método?_____(a/b).

procedimientos

52 Puesto que un cambio en un procedimiento puede hacer que ciertos pasos, y de aquí que ciertos métodos, sean innecesarios en ese procedimiento, se sigue que la simplificación de trabajo deberá comenzar con un estudio de los (métodos/procedimiento) _____existentes.

métodos
procedimientos

53 A menos que la simplificación del trabajo sea en sí misma un procedimiento planeado, es más fácil lograr un mejoramiento y simplificación en los _____ que en los _____ _____.

más fácil

54 Por ejemplo, si comparamos con la simplificación del procedimiento de selección de personal, la cual tiene que ver con varios departamentos, un mejoramiento en el método de realizar una prueba de aptitud es (más fácil/más difícil).

políticas
procedimientos
métodos

55 En resumen, en las secciones anteriores hemos descrito tres niveles de planeación que están relacionados con el logro de los objetivos organizacionales. Estos son la determinación de _____, _____ y _____.

procedimiento

método

56 Una descripción cronológica de los pasos que hay que dar para lograr un objetivo, es un _____, mientras que la especificación de cómo debe darse un paso particular, es _____.

simplificación del trabajo

57 Los mejoramientos y la simplificación, tanto en los procedimientos como en los métodos se denominan _____, _____ _____.

C) TOMA DE DECISIONES

La habilidad para tomar decisiones es la clave de una planeación exitosa en todos los niveles. Esto implica más que la selección de un plan de acción, porque al menos deben realizarse tres fases: Diagnóstico, descubrimiento de las alternativas y análisis, antes de que se haga una elección.

alternativas

diagnóstico

58 La secuencia de las actividades de la toma de decisiones es de una importancia considerable. El análisis exitoso depende del descubrimiento previo de _____, apropiadas mientras que esta fase, a su vez depende de un cuidadoso _____.

diagnóstico

59 La función de la primera fase en la toma de decisiones, esto es el _____, es identificar y esclarecer un problema.

planeación

60 Un diagnóstico cuidadoso depende de la definición de los objetivos organizacionales con los cuales se compara la situación presente. Esto está de acuerdo con nuestra observación previa de que los objetivos son el punto focal para la función de ------

objetivos

61 Después de identificar los _____ organizacionales, el diagnóstico implica la identificación de los principales obstáculos que impiden que se logren. Según esto, debe observarse que el describir un problema _____ (sí/no) necesariamente identifica los obstáculos.

no

62 Por ejemplo, el identificar un problema que implique la función del mercadeo está al nivel de la descripción, mientras que el localizar las fallas específicas en el sistema interno de comunicación de la empresa constituye una identificación de los _____.

obstáculos

63 Además de definir los _____ organizacionales e identificar los principales _____, la fase de diagnóstico de la toma de decisiones ordinariamente implica el señalar los factores en la situación que no pueden cambiarse. ¿Esta acción tiende a aumentar o disminuír el número de posibles soluciones al problema? _____ (aumentar/disminuír)

objetivos
obstáculos

disminuír

64 En la fase del diagnóstico de la toma de decisiones hay que tener cuidado para evitar "bloquear" las alternativas que de hecho son posibles. Por ejemplo, el ejecutivo de mercado que acepta el método actual para distribuír el producto, con un factor fijo, es _____ (probable/improbable) que considere un método alternativo obvio.

improbable

65 La primera fase del proceso de la toma de decisiones, que ya discutimos, es la del _____. Esta fase es seguida por el descubrimiento de cursos alternativos de acción.

diagnóstico

66 Es en esta segunda fase descubrir cursos _____ de acción donde el elemento de la creatividad es especialmente importante.

alternativos

67 ¿Existen diferencias individuales marcadas, entre las personas en lo relativo a pensamiento creativo? _____ (sí/no)

sí

68 Dada la importancia de las diferencias individuales en la creatividad existen diversas variables organizacionales que afectan la posibilidad de la creatividad. Un factor obvio pero a menudo olvidado es que la recompensa al comportamiento creativo (lo hace/no lo hace) _____ que surja.

lo hace

69 De esta manera, el administrador que hace a un lado las nuevas sugerencias considerándolas poco, no alienta el desarrollo de la _____ en sus subordinados.

creatividad

70 Otro factor íntimamente relacionado con la creatividad es el nivel de presión en el ambiente. Aunque cierta presión es estimulante, las investigaciones que se han realizado en este campo indican que la alta presión da como resultado un desorden en el comportamiento o a una manera rígida de actuar, ninguna de las cuales favorece la creatividad. De acuerdo con esto las personas que dentro de una organización trabajan a "alta presión son _____(más/menos) creativas, aunque pueden ser productivas.

menos

71 Comparando las organizaciones de investigación exitosas con las organizaciones de producción que han alcanzado el éxito, uno podría esperar encontrar menos énfasis en los programas diarios en las _____(primeras/últimas)

primeras

72 Finalmente el pensamiento creativo y las soluciones perspicaces no puede surgir sin dedicar tiempo para adquirir y considerar el material de hechos. Esto sugiere el "tiempo para pensar", durante el cual no es obvio ningún progreso patente, _____(es/no es) tiempo gastado productivamente.

es

73 De esta manera, al menos tres factores afectan el clima la creatividad. La creatividad mejora cuando tal comportamiento es _____, cuando el nivel de _____ es apropiado, y cuando está disponible el _____ adecuado para considerar el problema.

recompensado
presión(etc)
tiempo

74 Después del diagnóstico y del descubrimiento de alternativas, la parte final del proceso de la _____ _____ es la del análisis el cual consiste en comparar los posibles cursos de acción y en escoger una de las alternativas.

toma de decisiones

75 En el grado en que un administrador basa sus decisiones en corazonadas o sentimientos internos, el proceso de la elección se basa en la intuición. En un enfoque totalmente intuitivo, la tercera fase de la toma de decisiones, la del _____ podría virtualmente estar ausente.

análisis

76 El hecho de que la base para la elección de una alternativa no esté claro, ni aún para la misma persona que va a tomar la decisión, es una debilidad o desventaja confiar en la _____ _____ al tomar decisiones.

intuición

77 El enfoque típico para la fase de análisis de la toma de decisiones es el análisis de hechos. En este enfoque, las corazonadas asociadas con el enfoque _____ deberán ser específicamente identificadas o rechazadas en el proceso de la toma de decisiones.

intuitivo

78 El identificar y posiblemente enumerar las ventajas y desventajas relacionadas con cada una de las alternativas es un ejemplo del método del _____ _____ _____.

análisis de hechos.

79 ¿Crée usted que sería útil cuantificar a menudo los diversos factores implicados en el análisis de hechos? _____ (sí/no)

sí

80 Un método que confía en la cuantificación de todos los factores y que se ha encontrado que es útil en la toma de decisiones es el de la investigación de operaciones. Algunas veces se hace referencia a éste usando las primeras letras de las dos palabras, esto es _____ _____.

I O

81 Una de las características de la investigación de operaciones para analizar las situaciones de toma de decisiones es la construcción de un modelo para la situación. De acuerdo con su interés en cuantificar todas las variables implicadas, el modelo usado en el enfoque de la I O es típicamente un modelo _____ (físico/matemático)

matemático

82 De esta manera, el enfoque de la investigación de operaciones pone énfasis de la importancia de identificar y cuantificar todas las variables implicadas en una situación de toma de decisión y construír un modelo _____ para representar la situación.

matemático

REPASO

83 Antes de comenzar una actividad efectiva de planeación a cualquier nivel, deben identificarse los _____ organizacionales.

objetivos (o metas)

(Introducción a la Unidad, Cuadro 1)

84 La planeación se define como la selección y definición de _____, _____ y _____ para lograr los objetivos organizacionales.

políticas
procedimientos
métodos

(Introducción a la Unidad)

85 Las políticas, que sirven como guías generales para la toma de decisiones de los administradores, pueden clasificarse de diferentes maneras. Con base en el nivel organizacional de los administradores afectados, las políticas se describen como _____, _____ o _____

básicas
generales
departamentales

(Cuadros del 2 al 12)

86 Por ejemplo, el tipo de política que se aplica a grandes secciones de una organización, pero no a la totalidad de ella, y que es de gran interés para los administradores medianos, es la política _____.

general

(Cuadros del 7 al 8)

87 Existen también tres tipos de políticas basadas en la manera como se forman en la organización. Estas son políticas _____, _____ e _____.

creadas
solicitadas
impuestas

(Cuadros del 13 al 23)

88 ¿Qué tipo de formulación de política indica que los administradores superiores no han anticipado con éxito las necesidades de política de la organización?. Política _____.

solicitada

(Cuadros 16 al 26)

89 La tercera clasificación de las políticas que discutimos se basa en el área de trabajo a la cual se aplican. Sobre esta base, existen políticas de _____, _____, _____ y _____.

ventas
producción
finanzas de
personal

(Cuadros 27 al 36)

90 La decisión de rentar más que comprar mercados de ventas al menudeo es un ejemplo de la formulación de la política de _____.

finanzas

(Cuadros del 32 al 33)

91 Cualquier política puede describirse desde el punto de vista de los tres sistemas de clasificación que hemos discutido. La decisión de que todos los supervisores en la empresa deben ser responsables del desarrollo de sus subordinados puede clasificarse como política _____, _____ y _____.

departamental
creada
de personal

(Cuadros del 37 al 40)

92 Una descripción de cómo va a realizarse cada una de las series de tareas, cuándo se realizará y por quién debe ser realizada normalmente está incluída en una declaración de un _____.

procedimiento

(Cuadros del 41 al 44)

93 Por contraste, la especificación detallada de cómo se realiza un paso de un procedimiento es el establecimiento de un ____ _____.

método

(Cuadros del 45 al 57)

94 La selección de un plan de acción representa la culminación del proceso de toma de decisiones. El proceso mismo está constituído por tres partes, al menos: _____, _____ y _____.

diagnóstico
descubrimiento de alternativas
análisis

(Cuadros del 58 al 78)

95 Es en el descubrimiento de alternativas en el que adquiere gran importancia la creatividad en la toma de decisiones. El comportamiento creativo surge con más facilidad cuando es ____ _____, cuando el nivel de _____ es apropiado y está disponible el _____ adecuado para considerar el problema.

recompensado
presión
tiempo

(Cuadros del 76 al 78)

96 El análisis de hechos, el cual se basa en la construcción de un modelo matemático y que se ha encontrado que es útil en la toma de decisiones denomínase _____ _____ _____.

investigación de operaciones (10)

(Cuadros del 79 al 82)

PREGUNTAS PARA DISCUSION.

1 Al contestar a una pregunta, el presidente de una compañía dice "Mi único objetivo es obtener utilidades".
Comente la respuesta.

2 ¿De qué manera la planeación efectiva en el nivel departamental en una organización depende de acontecimientos en los niveles superiores de la organización?

3 Las políticas se han clasificado de varias maneras. Por qué no se utiliza un sistema de clasificación más simple?.

4 Considere la diferencia que existe entre el mejoramiento en los métodos y la simplificación del trabajo. ¿Por qué debe preferirse en la mayoría de los casos el segundo?.

DECISIONES

TOMA DE DECISIONES

El ingeniero que se ocupa del movimiento de tierras tiene que planear anticipadamente el equipo a utilizarse en el proceso. Esto lo hace seleccionando varios tipos de máquinas en ciertas combinaciones que él sabe le producirán la obra de acuerdo con el diseño. Se le presentan, pues, varias alternativas, una de las cuales escogerá para realizar las obras. Esto constituye la toma de una decisión. Una decisión es simplemente una selección entre dos o más cursos de acción. Podemos decir pues que la selección del equipo en movimiento de tierras es un caso de la toma de decisiones.

La toma de decisiones puede realizarse intuitiva o analíticamente. Si se aplica la intuición normalmente se usa lo que ha sucedido en el pasado y aplicado este conocimiento se estima lo que puede suceder en el futuro, con cada una de las vías de acción, y en función de esta apreciación se toma la decisión. La decisión tomada analíticamente consiste en un estudio sistemático y evaluación cuantitativa de el pasado y el futuro, y en función de este estudio se selecciona la vía de acción más adecuada. Ambos métodos se usan comunmente en el problema de selección de equipo.

OBJETIVOS

Si queremos hacer la selección de un camino entre varios que se presentan y que solucionarán el problema, tendremos en alguna forma que comparar las posibles soluciones. Se presenta el problema de cómo compararlas, en función de qué, cómo valuarlas. El ingeniero deberá, consecuentemente, determinar un objetivo u objetivos que le servirán para valuar dichas vías de acción o caminos alternativos.

La labor del ingeniero está orientada por la economía, es decir, tiene como objetivo fundamental adecuar el costo con la satisfacción de una necesidad. Aún cuando no es raro que en su labor el ingeniero se enfrente a problemas con objetivos contradictorios, en el caso de la selección de equipo sus decisiones están orientadas por el criterio económico.

La valuación de las alternativas será entonces una valuación de tipo económico, habrá que determinar el costo de las entradas a lo largo del tiempo y el beneficio que proporcionará la salida, también a lo largo del tiempo, para cada alternativa. De la comparación de estos costos-beneficios saldrá una manera de comparar las alternativas en que se basará el ingeniero para tomar su decisión. El ingeniero deberá, por lo tanto, tener un conocimiento profundo de los costos, y deberá poder definir los costos físicamente generados por el uso de su alternativa, así como los

derivados al usar la solución propuesta por él.

La selección dependerá, pues, del criterio económico. La evaluación de las alternativas podría tomar la forma de :

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Salida}}{\text{Entrada}} = \frac{\text{Ingreso}}{\text{Costo}}$$

También puede decirse que lo que busca el ingeniero es hacer máximas las utilidades.

PROCEDIMIENTO PARA TOMAR DECISIONES

Definido el problema deberá hacerse un análisis del mismo, en esta fase se recaba toda la información que nos de un conocimiento profundo y completo del problema, con el objeto de poder definir y valuar el mismo, lo que traerá como consecuencia una selección más depurada de las distintas alternativas-solución que se formulará en la siguiente etapa de la toma de decisión. Esta definición y valuación del problema se hará tomando en cuenta el objetivo.

En la siguiente fase se toman todas las alternativas posibles o cursos alternativos de acción. En este caso es muy importante para escoger las alternativas posibles la preparación técnica del ingeniero.

La tercera fase consiste en comparar estos posibles cursos de acción en función del objetivo y al final de esta fase prodremos tomar ya una decisión que vaya guiada al objetivo propuesto.

Por último se considera una última fase de especificación e implementación, en la cual se hace una descripción completa de la solución elegida y su funcionamiento.

CERTEZA - RIESGO - INCERTIDUMBRE

Se dice que una decisión se toma bajo certeza cuando el ingeniero conoce y considera todas las alternativas posibles y conoce todos los estados futuros de la situación consecuencia de tomar dichas alternativas, y a cada alternativa corresponde un solo estado futuro.

Se dice que una decisión se toma bajo riesgo si a cada una de las alternativas corresponden diversos estados futuros, pero el ingeniero conoce la probabilidad de que se presente cada uno de ellos.

Se dice que la decisión se toma bajo incertidumbre si el ingeniero no conoce las características probabilistas de las variables.

PROCESO - SISTEMAS

Al analizar el proceso constructivo y planearlo nos encontramos que en realidad estamos encontrando el grupo de decisiones que permitirán el logro de nuestros objetivos.

Para estudiar este proceso será indispensable analizar todas las variables o las más importantes que intervienen en él, las relaciones entre ellas y como una variación en cada una de elllas influye en que el resultado final se acerque más o menos a nuestro objetivo. Esto en realidad equivale a considerar la totalidad de cursos alternativos de acción en función del objetivo.

Normalmente las variables tienen limitaciones. Podremos tener limitaciones en tiempo, en recursos, en sumas mensuales a gastar, etc.

Muchas veces los cursos alternativos de acción son muy grandes en número, y por esto es conveniente para compararlos con facilidad, encontrar como cada valor de la variable influye en la salida del proceso.

RESTRICCIONES

En la fase de análisis se fijan normalmente las restricciones o limitaciones. Estas pueden provenir de las especificaciones del diseñador, de limitaciones propias de la empresa, o restricciones externas.

Es muy conveniente que el ingeniero no se cree restricciones ficticias, que le limitarán el encontrar soluciones alternas posibles. Esto limitaría la aplicación de la técnica del ingeniero.

SELECCION DE VARIABLES

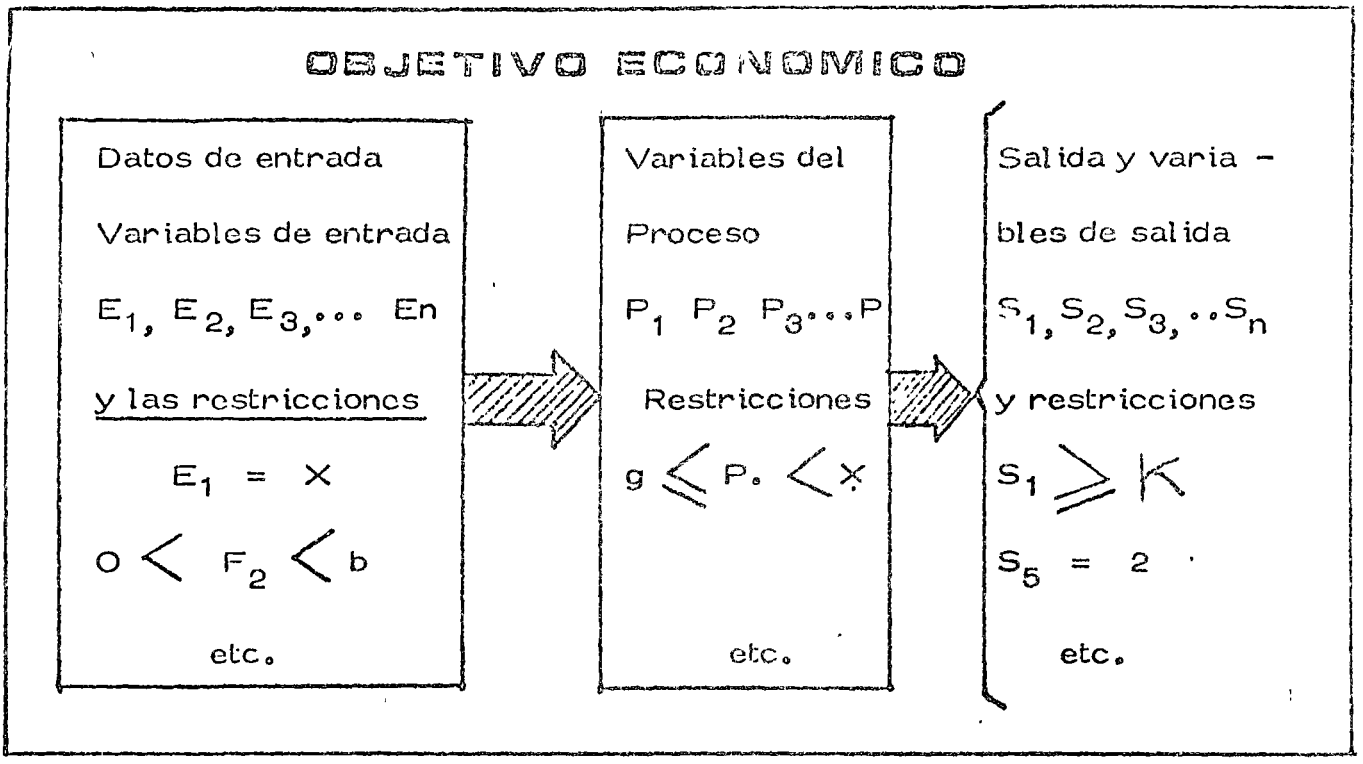
No es fácil encontrar todas las variables; por otro lado no todas influirán importantemente en el proceso, es pues conveniente definir las variables significativas, esto es las que modifiquen importantemente la salida valuada en función del objetivo. Las variables pueden ser:

a) Controlables, aquellas que podremos variar a nuestro antojo.

b) Las que no pueden ser controladas o manipuladas en el proceso, pero que influyen en la salida.

Podemos pues definir nuestro método de decisión usando la siguiente notación:

DADOS



ENCONTRAR

El conjunto de valores de las variables controlables que hagan óptimo el criterio económico y que satisfagan las limitaciones y restricciones.

DECISION MINIMIZANDO COSTO DIRECTO

Este es un método comunmente usado en la obra para definir el equipo adecuado y en general tomar la decisión de qué procedimiento debe usarse en una obra determinada. Tiene la ventaja de su simplicidad, pero considera como sistema la actividad específica a analizar y no considera la relación de las diferentes actividades o subsistemas de la obra entre si.

Es costumbre relacionar a posteriori las actividades similares para buscar una optimización posterior. Por ejemplo todas las actividades que se refieren a compactación.

DECISION CONSIDERANDO GASTOS INDIRECTOS

Puede considerarse el sistema obra competo, lo cual es complicado, pero más comunmente se consideran algunas variables significativas que tienen que ver con gastos generales y se controlan como tales. Por ejemplo considerar el Costo del Almacén, Costo del Financiamiento, etc.

FLUJO DE INFORMACION

Se adjunta flujo de actividades para evaluar una alternativa, este flujo es de carácter general y tendrá las modificaciones que el tipo especial de obra indique. La decisión del tipo de equipo puede hacerse repitiendo la evaluación alternativa por alternativa seleccionando la más conveniente desde el punto de vista económico. Es común este sistema.

DECISIONES A NIVEL GERENCIA

Las decisiones a nivel gerencia se tomarán considerando el sistema-empresa. En este sistema las obras son subsistemas.

Es común que una decisión a nivel gerencia modifique una decisión aparentemente óptima considerando el sistema obra. Esto si no es explicado adecuadamente puede ocasionar problemas serios entre las relaciones ejecutor-gerente; pues aparece como contradictorio el hecho de que se proponga una solución a nivel de obra, que ha sido convenientemente analizada y la decisión sea diferente y en apariencias menos convenientes.

Es difícil aplicar un método cuantitativo que tome en cuenta todas las variables significativas. Sin embargo, se consideran algunas que son de especial relevancia, por ejemplo, los aspectos financieros.

PROCEDIMIENTO PRACTICO

PROGRAMA GENERAL

Por ser muy difícil planear de conjunto todo el proceso, es común que el ingeniero divida este proceso en subprocesos y optimice estos subprocesos por separado. Posteriormente podrá analizar estos subprocesos integrados en el proceso total para una segunda etapa de optimización.

Es muy frecuente que esta división en subprocesos o "actividades" lo haga a través del programa general.

Esto le permite, al mismo tiempo que subdivide, tener un esquema en el que todas las actividades están ligadas por su relación de tiempos de ejecución, cosa muy conveniente para no perder de vista el proceso total.

Para realizar el Programa General se presentan las siguientes etapas que se enlistan a continuación :

a) Estudiar la Obra
b) Desglosar Actividades
c) Definir Procedimientos
d) Determinar Tiempos
e) Ordenar Actividades

Estudiar la obra y el desglose del proceso en subprocesos o actividades ya se habían comentado, y solo es conveniente decir que las actividades erán tanto más importantes cuanto menor sea el detalle del programa.

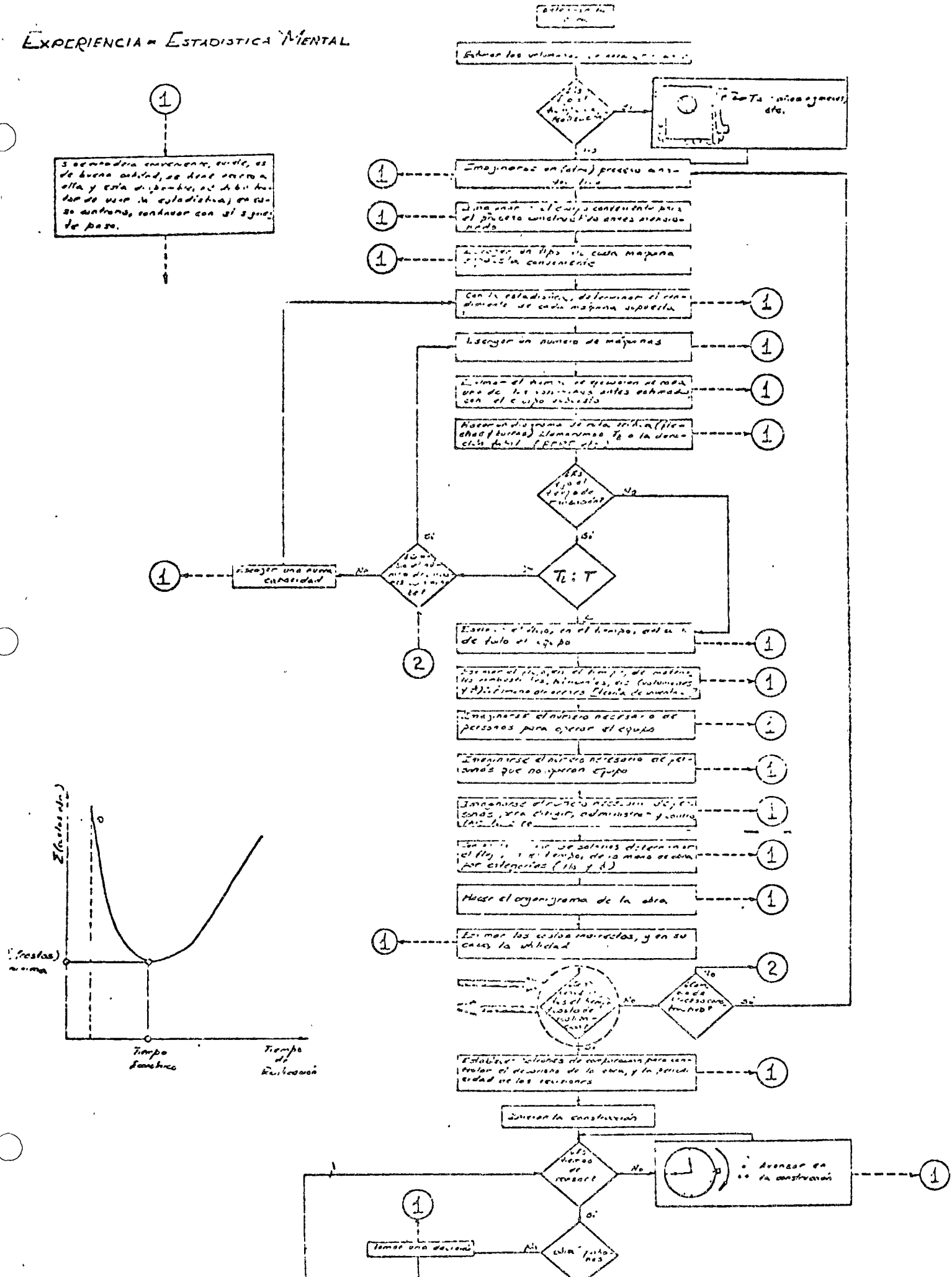
Al definir los procedimientos constructivos lo haremos en esta primera etapa de una manera general, sin un estudio muy profundo.

En seguida determinamos tiempos de duración de las actividades y ordenamos las mismas de acuerdo con su posición temporal, es decir colocándolas de tal manera que qu3den ordenadas respecto al tiempo de su realización.

Esto puede hacerse fácilmente mediante redes de actividades.

El orden puede modificarse, y hacer nuestra red de actividades previa a la fijación de tiempo.

EXPERIENCIA = ESTADISTICA MENTAL



Una vez revisado el tiempo total de realización del proyecto y después de varios intentos quedará fijo el programa general tentativo.

EJEMPLO DE PROGRAMACION DE EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

Es usual para la planeación de Excavaciones y Terracerías separar éstos del programa general y planearlos de conjunto.

Por esto es usual seguir las siguientes fases:

a) Marcar Actividades
b) Plantear Programas
c) Programas Zonales
d) Programas Totales
e) Retroalimentación
f) Estudio Económico
g) Definir Procedimientos

Se marcan primero aquellas actividades del programa general que tengan que ver con las excavaciones especificamente (fig. # 2).

En seguida y con los datos del programa total se colocan en un programa generalmente de barras, teniendo cuidado de marcar holguras (fig. # 3).

Estos programas se hacen en las diferentes zonas geográficas de la obra, definiendo volúmenes totales a ejecutar por zona, y pasando estos programas de volúmenes por ejecutar a gráficas (fig. # 4).

En seguida se agrupan si se ve conveniente estos programas zonales en un programa total.

Después se procura una retroalimentación de estos datos al programa parcial y al general de manera que se modifique el programa de producción a fin de uniformizarlo buscando ahorros en insumos.

Esta uniformización se busca primero usando las holguras. En la fig. # 5 se ve el resultado de una uniformización utilizando este procedimiento. La fig. # 6 muestra la fráfica de producción correspondiente al programa modificado. Se ve que el máximo de producción se ha disminuido con respecto al de la gráfica 4, a que se hizo referencia previa.

Si es necesario para uniformizar la producción se puede revisar el programa general haciendo las correcciones necesarias.

En seguida con las producciones de la zona uniforme hasta donde sea posible se pasa a realizar un estudio económico donde se define -- comparando las diferentes alternativas para realizar el trabajo desde - el punto de vista económico.

De las alternativas elegidas se derivan los procedimientos de - - construcción detallados que se pasan a especificar y luego a implementar.

IMPLEMENTACION

Al implementar la planración hay que estar concientes de dos factores muy importantes.

El primero es que es indispensable planear también los mecanismos de control que permitan revisar continuamente si lo ejecutado es - igual o sensiblemente igual a lo planeado.

Como consecuencia de variaciones detectadas por el control, se- tiene que modificar la planeación, y de aquí resulta el siguiente factor que consiste en que la planeación es una actividad contínua a lo largo — de la obra.

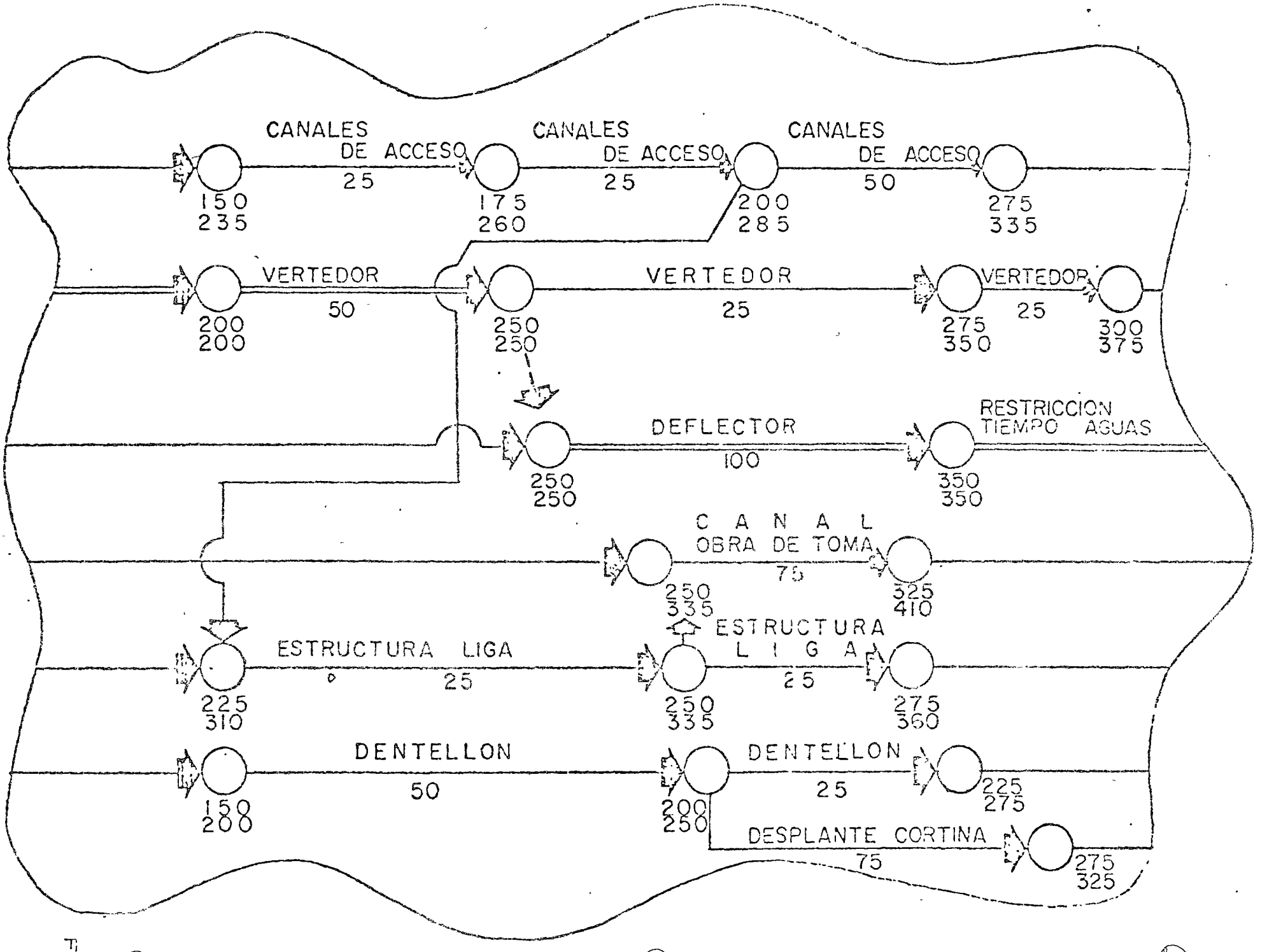
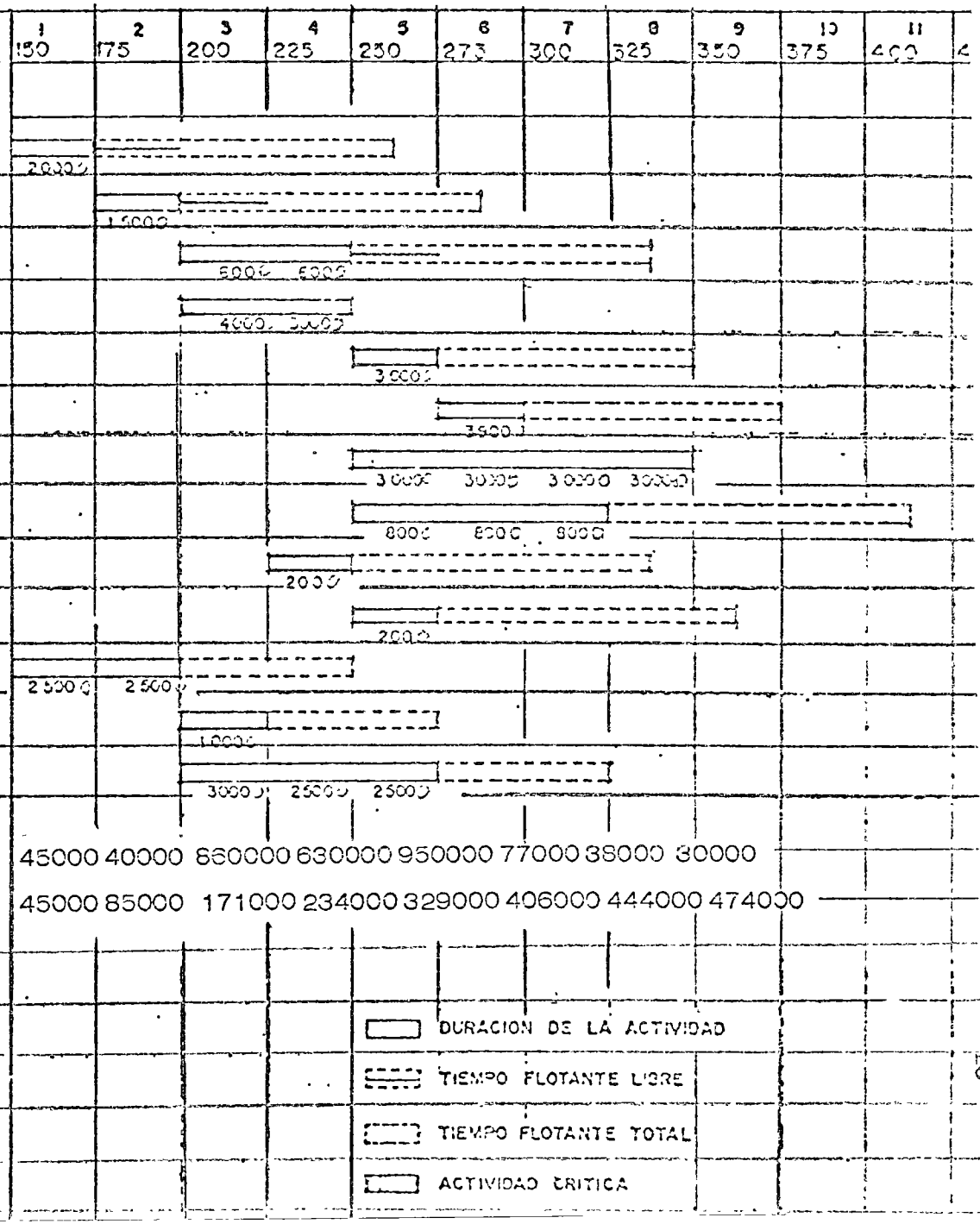

CANALES DE ACCESO
25
150
235
CANALES DE ACCESO
25
175
260
CANALES DE ACCESO
50
200
285
275
335
VERTEDOR
50
200
200
VERTEDOR
25
250
250
VERTEDOR
25
275
350
300
375
DEFLECTOR
100
250
250
RESTRICCION TIEMPO AGUAS
350
350
CANAL OBRA DE TOMA
75
250
335
325
410
ESTRUCTURA LIGA
25
225
310
ESTRUCTURA LIGA
25
250
335
275
360
DENTELLON
50
150
200
DENTELLON
25
200
250
225
275
DESPLANTE CORTINA
75
275
325

Fig.

OGRAMA DE EXCAVACIONES (MATERIAL COMU

Fig. # 3

O N C E P T O	m3
ANALES DE ACCESO	20000
ANALES DE ACCESO	15000
ANALES DE ACCESO	12000
VERTEDOR	70000
VERTEDOR	30000
VERTEDOR	39000
DEFLECTOR	120000
CANAL OBRA TOMA	24000
ESTRUCTURA LIGA	2000
ESTRUCTURA LIGA	2000
DENTELLON	50000
DENTELLON	10000
DESPLANTE CORTINA	80000



SUMA PARCIAL	45000	40000	860000	630000	950000	77000	38000	30000
SUMA ACUMULADA	45000	85000	171000	234000	329000	406000	444000	474000

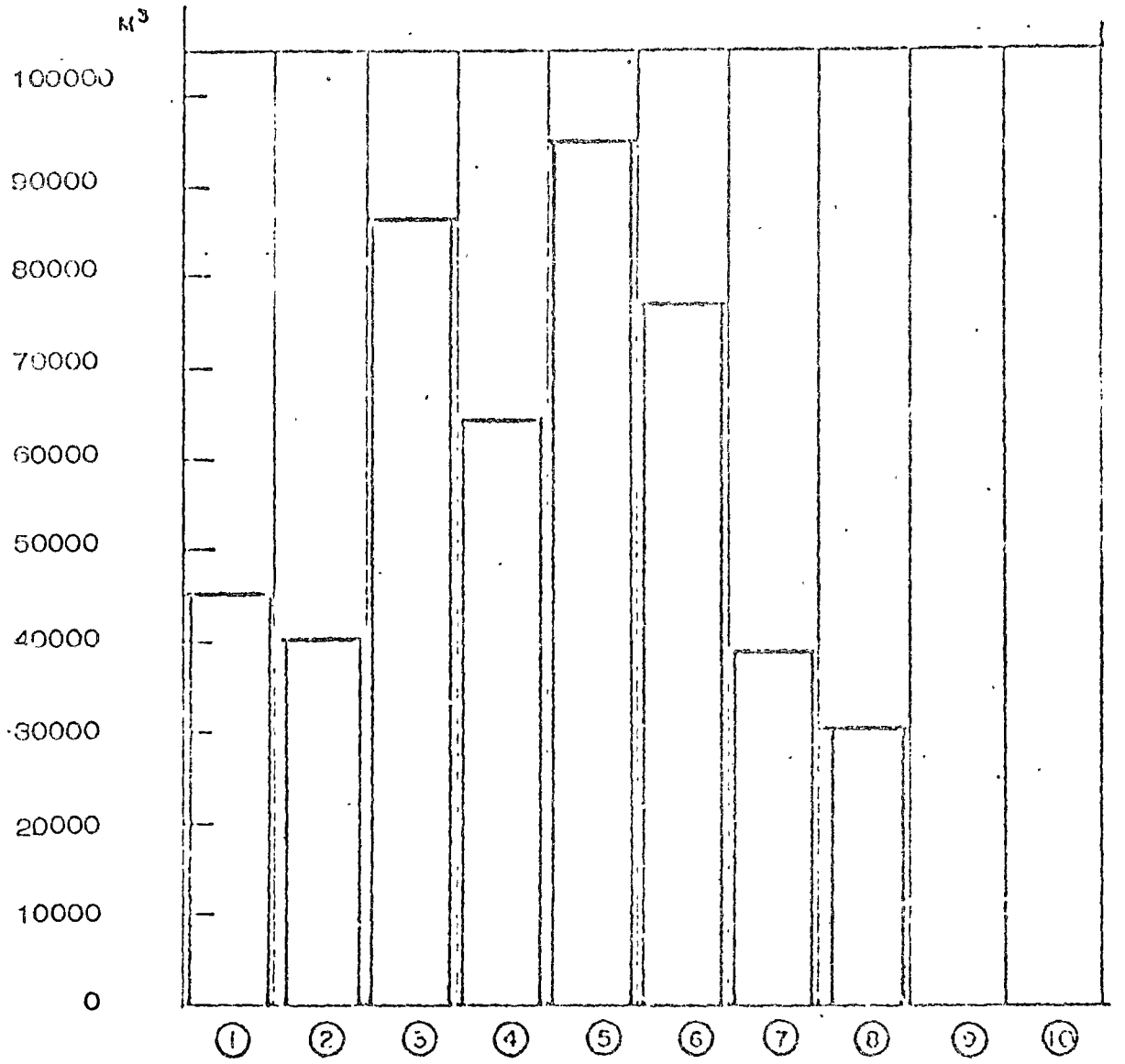

M³
100000
90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

Fig. # 4

ROGRAMA DE EXCAVACIONES (MATERIAL COMU

Fig. # 5

C O N C E P T O		150 1	175 2	200 3	225 4	250 5	275 6	300 7	325 8	350 9	375 10	400 11
CANALES DE ACCESO	20000		2000									
CANALES DE ACCESO	15000			7500	7500							
CANALES DE ACCESO	12000					6000	6000					
VERTEDOR	70000			40000	30000							
VERTEDOR	30000								30000			
VERTEDOR	39000									39000		
DEFLECTOR	120000					30000	30000	30000	30000			
CANAL OBRA TOMA	24000						8000	6000	4000	4000		
ESTRUCTURA LIGA	2000					2000						
ESTRUCTURA LIGA	2000						1000	1000				
DENTELLON	50000	25000	25000									
DENTELLON	10000				10000							
DESPLANTE CORTINA	80000					30000	25000	25000				
SUMA PARCIAL		25000	45000	47500	47500	68000	70000	64000	64000	43000		
SUMA ACUMULADA		25000	70000	1175000	233000	303000	367000	431000	474000			

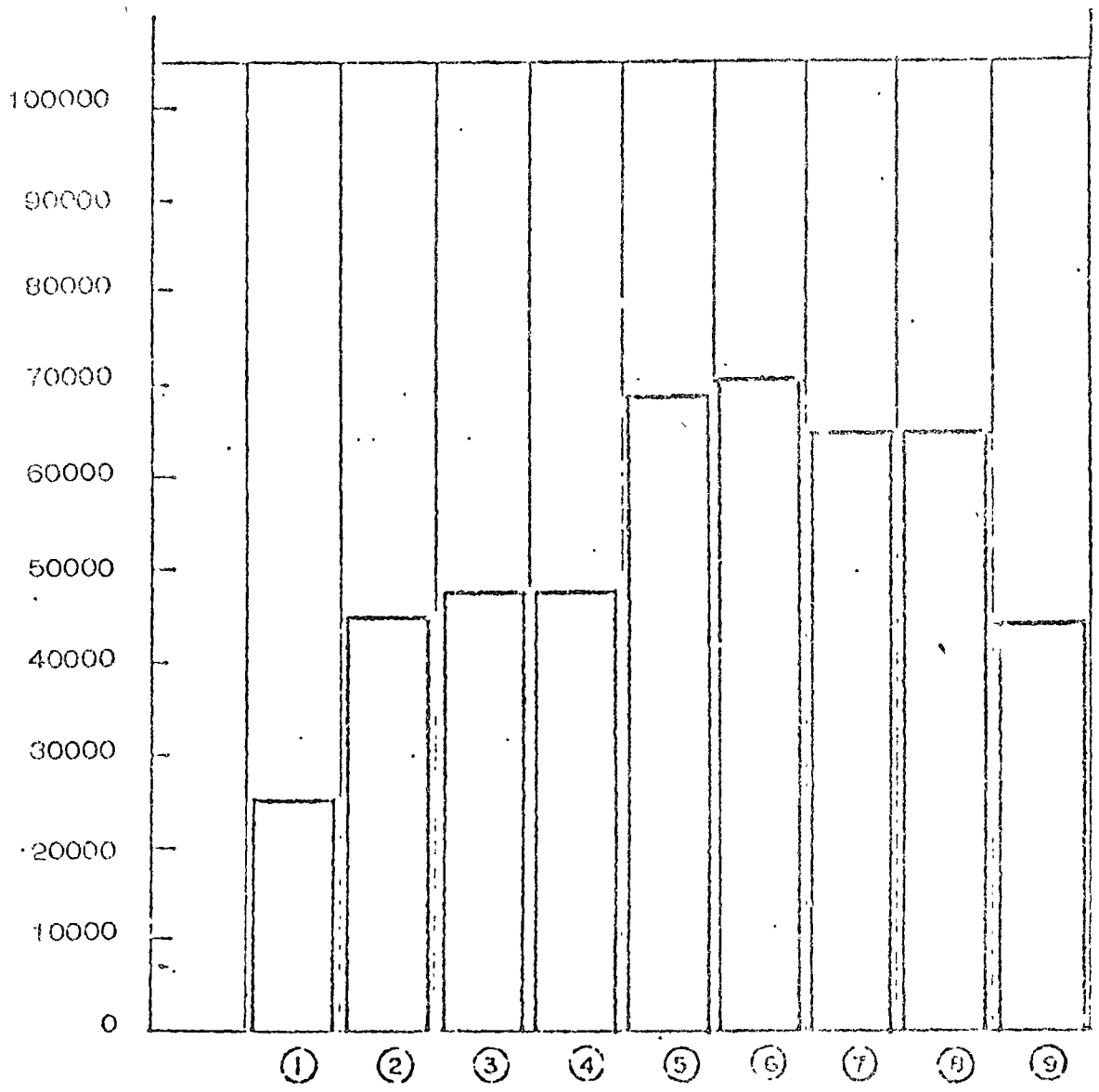

100000
90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9

Fig. # 6

SOLUCION

ESPECIFICACION DE UNA SOLUCION

Una vez elegida la solución en la toma de decisiones inmediatamente se deberá proceder a especificar los atributos físicos y las características de funcionamiento de la misma con tanto detalle como se requiera para que las personas que van a participar en su implementación conozcan hasta el detalle necesario. Principalmente cuando el que planea es una persona diferente del que ejecuta, es preciso elaborar cuidadosamente documentación de tal manera completa, que pueda comunicar a otros la solución.

Normalmente se hace mensión de la necesidad de la solución propuesta, se especifica la solución, mediante dibujos y especificaciones y se justifican sus características y funcionamiento.

Muchas veces se hace necesario acompañar todo esto con un resumen del proceso decisorio, y de los argumentos empleados para seleccionar la vía de acción, de tal manera que si se hace necesario en algún momento revisar la solución esto pueda hacerse fácil y rápidamente.

ACEPTACION DE LA SOLUCION

Se ha demostrado con experimentos que una solución derivada de un análisis cuantitativo normalmente tiene poca aceptación. Es frecuente que las personas a las que se propone se inclinen por aceptar más fácilmente una solución derivada de la experiencia que una que tenga bases cuantitativas, pero que sea deducida.

Para tener mayores probabilidades de éxito en la aceptación de la solución a la persona o personas que se van a dedicar posteriormente a la implementación.

Esto es común hacerlo formando un equipo con la persona que planea y la o las que posteriormente van a encargarse de la implantación del plan. Desafortunadamente esto no es posible a veces o la planeación en Movimiento de Tierras muchas veces se hace antes de iniciar los trabajos; por ejemplo si se concursa para definir el valor probable de los trabajos. Esto hace difícil lograr que se facilite al planeador el que se acepte su plan a priori.

Por otra parte es común que se tenga que cambiar al encargado de los trabajos y que el nuevo encargado no acepte las soluciones contenidas en el plan que se estaba siguiendo.

Es pues muy conveniente que se presente gran atención a la forma en que se va a presentar el plan que contiene las decisiones deducidas analíticamente, pues si el ejecutor no piensa que las decisiones son correctas es bastante probable que la solución sea un fracaso.

Un sistema que se ha seguido con éxito es reunir a todos los encargados de las obras para prepararlos en las técnicas de la decisión. Aprovechar para que entre todos planeen el sistema de información-decisión que servirá para planear las obras, de modo que tengan confianza en el método y crean en él. Sin embargo cualquier sistema tiene sus fallas que tendremos que estar prontos a corregir cualquier problema que se presente en la implementación proveniente de que el encargado "duda" de la solución propuesta.

IMPLANTACION.

Es muy frecuente que al implantar la solución se presenten condiciones no previstas que obliguen a modificar en poco o en mucho la solución especificada. Por otro lado puede también suceder que la realidad no conteste completamente a lo previsto en el análisis. En ambos casos es muy conveniente que en estas modificaciones necesarias intervenga la persona que se encargó de seleccionar la vía de acción más conveniente desde el punto de vista del objetivo.

Esto se obvia organizando reuniones entre los encargados de planeación y los de la implantación del plan, que muchas veces conduce a modificaciones que mejoran inclusive la solución.

CONTROL

Cuando se trata de una cadena de decisiones o el proceso se realiza en tiempos largos es indispensable al planear la solución, planear también las herramientas de control, con objeto de poder supervisar fácilmente si la realidad se comporta de acuerdo con lo previsto.

Posteriormente se ampliará el concepto de control, pero conviene recordar que el control es una herramienta indispensable para lograr resultados satisfactorios.

OPORTUNIDAD DE LAS DECISIONES

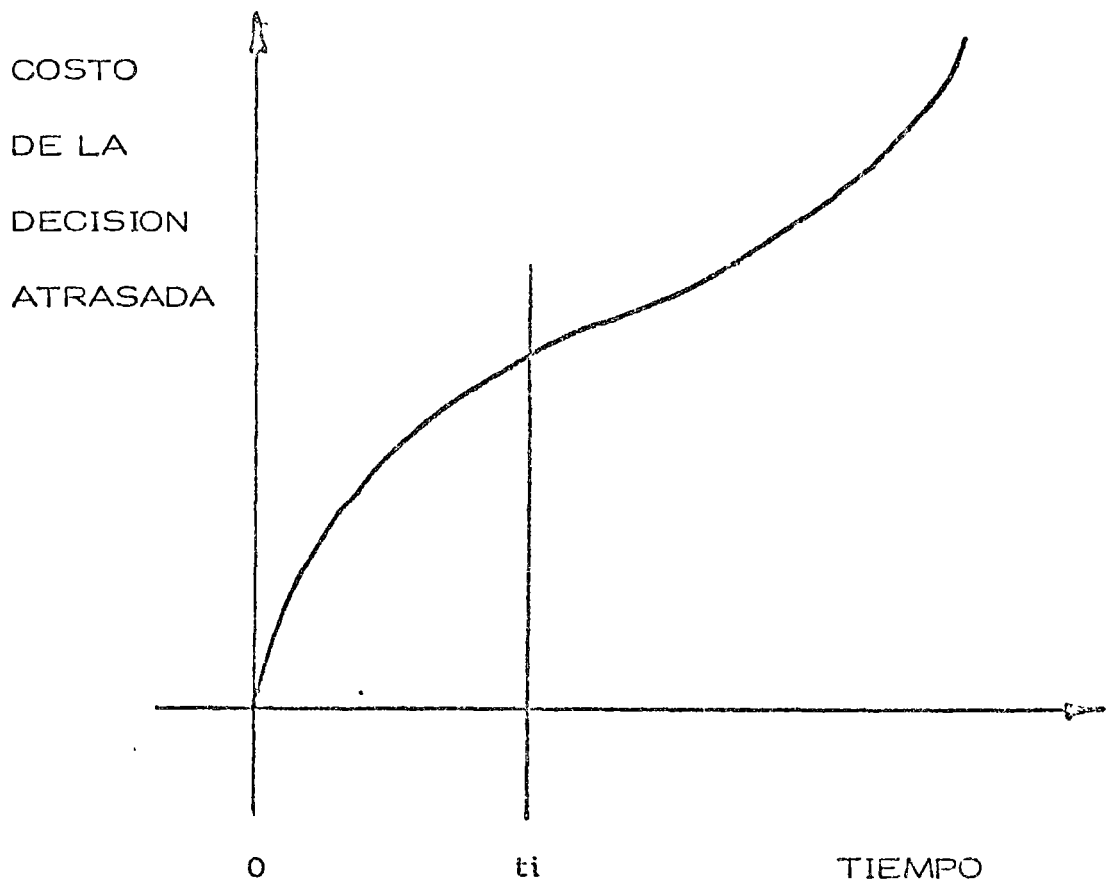
Toda decisión tomada por el ingeniero debe cumplir entre otras

condiciones la de ser adecuada y oportuna.

La segunda de las características mencionadas, 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 apetecidos.

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 aquel en que se debe tomar la decisión, se puede describir la forma teórica general que el costo de la decisión atrasada tiene, independientemente del tipo de decisión de que se trate, a través de la gráfica siguiente :



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 una cierta rapidez de crecimiento hasta llegar a un tiempo ti después del cual ésta rapidez se incrementa notablemente. Así, para toda decisión se pueden distinguir

dos regiones: la primera de 0 a ti, donde el costo de la decisión atrasada no es muy importante, y de ti en adelante, donde el costo de la decisión atrasada puede resultar tan alto, que puede afectar seriamente la actividad de que se trate, o tal vez el proyecto completo desde el punto de vista económico. Sin embargo, aunque se conoce la forma de la curva, es muy difícil definirla cuantitativamente para una decisión cualquiera. Las escalas, como 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 atraso en una decisión no suele afectar exclusivamente a una actividad, sino a un conjunto de actividades directa o indirectamente conectadas a ella.

DECISIONES CORRECTIVAS

A lo largo del tiempo de ejecución del proyecto y mediante los mecanismos de control podemos detectar desviaciones significativas entre lo planeado y lo real. Estas desviaciones deberán corregirse tomando una serie de decisiones que tiendan a colocar el proyecto en su ejecución correcta. Esta serie de decisiones correctivas pueden originar una modificación completa de la planeación o sea una replaneación del proceso. En el caso de estas decisiones es particularmente importante que sean oportunas, pues en caso de dilaciones el costo de la decisión atrasada se eleva muy rápidamente con el tiempo, puesto que el proyecto está en marcha.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

EQUIPO DE COMPACTACION

ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO

JUNIO DE 1976.

C A P I T U L O

I N T R O D U C C I O N

La palabra "Compactación" resulta de sustantivar el Adjetivo "compacto" que deriva del latín "compactus", participio pasivo de "compingere" que quiere decir unir, juntar.

Desde tiempos antiguos se ha reconocido la conveniencia de compactar los terraplenes de los caminos. Los métodos primitivos incluían llevar borregos de un lado para otro del terraplén y arrastrar con caballos aplanadoras pesadas de madera.

Hasta hace pocos años se podía contar con la compactación hecha por las unidades de transporte y por aplanadoras casuales, junto con los asentamientos naturales, para estabilizar los terraplenes, de modo que retuvieran su forma y soportaran las cargas que se colocaran sobre ellos.

En los últimos quince años a habido un gran progreso en la ciencia de la compactación de los suelos. Los estudios de laboratorio han resuelto muchos problemas del comportamiento del suelo, y los fabricantes han diseñado una amplia variedad de equipo para producir el máximo de compactación con el máximo de economía.

La compactación de los suelos debe ejecutarse de la forma mas adecuada, ya que a excepción de unas correctas características de drenaje, es el factor que tiene mayor influencia en las condiciones funcionales de cualquier obra civil, como pueden ser terraplenes, Sub-bases, bases y superficies de rodamiento.

Se desprende de la anterior, que la vida útil de una obra, en la interviene la compactación, dependerá en gran parte del grado de compactación especificado, el cual deberá ser estrictamente controlado.

La realización de proyectos cada vez más ambiciosos y de programas mas agresivos ha originado una intensa y constante evolución del equipo de compactación.

Se han introducido mejoras como: Poderosos sistemas hidráulicos, sensores electrónicos confiables, diseños mas funcionales, mayor versatilidad en su uso, transmisiones rápidas, potentes motores, etc., las cuales se han traducido en una mayor producción de los equipos.

Con objeto de poder cumplir con plazos cada vez menores en la ejecución de obras cada vez mayores, se ha llegado a la necesidad de utilizar equipos de gran producción.

Los grandes equipos de carga, acarreo y tiro de material, han obligado a los fabricantes de equipo de compactación a diseñar máquinas compactadoras capaces de balancear al tiro con la compactación, para evitar interferencia de actividades y pérdida de tiempo, lo que da por resultado un proyecto antieconómico.

C A P I T U L O II

CLASIFICACION DE LOS SUELOS

Para poder clasificar los suelos nos basaremos en el "Sistema Unificado de Clasificación de Suelos" S.U.C.S.

Este sistema cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla 200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas menores. Un suelo se considera grueso si mas del 50% de sus partículas son gruesas, y fino; si más la mitad de sus partículas, en peso son finas.

I) SUELOS GRUESOS.

El símbolo de cada grupo está formado por dos letras mayúsculas, que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos más típicos de ese grupo.

G (Gravel) Gravas y suelos en que predominen estas.

S (Sand) Arenas y suelos arenosos.

Las gravas y las arenas se separan con la malla No. 4, de manera que un suelo pertenece al grupo genérico G, si más del 50 % de su frac--

ción gruesa (retenida en la malla 200) no pasa la malla No. 4, y es del - grupo genérico S, en caso contrario.

a) Material practicamente limpio de finos, bien graduado. Símbolo W (well graded). En combinación con los símbolos genéricos, se obtienen los grupos GW y SW.

b) Material practicamente limpio de finos, mal graduado. Símbolo P (poorly gradea). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GP y SP.

c) Material con cantidad apreciable de finos no plásticos. Símbolo M (del Sueco Mo y Mjala). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GM y SM.

d) Material con cantidad apreciable de finos plásticos. Símbolo C (Clay). En combinación con los símbolos genéricos, da - lugar a los grupos GC y SC.

2) SUELOS FINOS.

También en este caso el Sistema considera a los suelos agrupados,- formándose el símbolo de cada grupo por dos letras mayúsculas, elegidas - con un criterio similar al usado para los suelos gruesos, y dando lugar - a las siguientes divisiones:

M (Del Sueco Mo y Mjala) Limos inorgánicos.

C (Clay) Arcillas Inorgánicas.

O (Organic) Limos y Arcillas Orgánicas.

Cada uno de estos tres tipos de suelos se subdividen, según su límite líquido, en dos grupos. Si este es menor del 50%, es decir, si son- suelos de compresibilidad baja o media, se añade al símbolo genérico la - letra L (Low Compressibility), obteniéndose por esta combinación los grupos ML, CL y OL. Los suelos finos con límite líquido mayor del 50%, o - sea de alta compresibilidad, llevan tras el símbolo genérico la letra ---

n (High Compressibility), teniéndose así los grupos MH, CH y OH.

Al final de este capítulo aparece una tabla general del "Sistema - Unificado de Clasificación de Suelos".

Los materiales friccionantes son principalmente gravas y arenas; - entendiéndose por fricción interna a la resistencia al desplazamiento entre las partículas internas del material.

Los materiales cohesivos son arcillas y limos arcillosos; cohesión podemos definirla como la atracción mutua de las partículas de un suelo - debido a fuerzas moleculares y a la presencia de humedad.

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS

INCLUYENDO IDENTIFICACION Y DESCRIPCION

PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO (Excluyendo las partículas mayores de 7.6 cm (3") y basando las fracciones en pesos estimados)				SIMBOLOS DEL GRUPO (*)	NOMBRES TIPICOS	INFORMACION NECESARIA PARA LA DESCRIPCION DE LOS SUELOS
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS Más de la mitad de la materia es retenida en la malla Nº 200 (◊) son aptos para identificar a simple vista	GRAVAS Más de la mitad de la fracción grueso es retenida en la malla Nº 4 (Para clasificación visual puede usarse 1/2 cm como equivalente a la abertura de la malla Nº 4)	GRAVAS LIMPIAS (Poco o nada de partículas finas)	Amplia gama en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos	Dese el nombre típico, indíquense los porcentajes aproximados de grava y arena, tamaño máximo, angulosidad, características de la superficie y dureza de las partículas gruesas, nombre local y geológico, cualquier otra información descriptiva pertinente y el símbolo entre paréntesis
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios	GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos	
		GRAVAS CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Fracción fina poco o nada plástica (Para identificación véase grupo ML abajo)	GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	
			Fracción fina plástica (Para identificación véase grupo CL abajo)	GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla	Para los suelos inalterados agréguese información sobre estratificación, compacidad, cementación, condiciones de humedad y características de drenaje
	ARENAS Más de la mitad de la fracción grueso pasa la malla Nº 4 (Para clasificación visual puede usarse la malla Nº 4)	ARENAS LIMPIAS (Poco o nada de partículas finas)	Amplia gama en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos	
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos	EJEMPLO Arena limosa con grava como un 20 % de grava de partículas duras, angulosas y de 1.5 cm de tamaño máximo, arena gruesa a fina de partículas redondeadas o subangulosas, alrededor de 15% de finos no plásticos de baja resistencia en estado seco, compacta y húmeda en el lugar, arena aluvial, (SM)
		ARENAS CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Fracción fina poco o nada plástica (Para identificación véase grupo ML abajo)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	
			Fracción fina plástica (Para identificación véase grupo CL abajo)	SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla	
PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN LA FRACCION QUE PASA LA MALLA Nº 40						
SUELOS DE PARTICULAS FINAS Más de la mitad de material es menor de la malla Nº 200 (las partículas de 0.074 mm de diámetro (malla Nº 200) son apenas visibles a simple vista)	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido menor de 50	RESISTENCIA EN ESTADO SECO (Características al rompimiento)	DILATANCIA (Reacción al agitado)	TENACIDAD (Consistencia cerca del límite plástico)		
		Nula a ligera	Rápida a lenta	Nula	ML	Dese el nombre típico, indíquense el grado y carácter de la plasticidad, cantidad y tamaño máximo de las partículas gruesas, color del suelo húmedo, nombre local y geológico, cualquier otra información descriptiva pertinente y el símbolo entre paréntesis
		Media a alta	Nula a muy lenta	Media	CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres
		Ligera a media	Lenta	Ligera	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido mayor de 50	Ligera a media	Lenta a nula	Ligera a media	MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, limos elásticos
		Alta a muy alta	Nula	Alta	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas
		Media a alta	Nula a muy lenta	Ligera a media	OH	Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS		Fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa			Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos

(*) Clasificaciones de frontera – Los suelos que posean las características de dos grupos se designan con la combinación de los dos símbolos

(◊) Todos los tamaños de las mallas en esta carta son los U S Standard

C A P I T U L O III

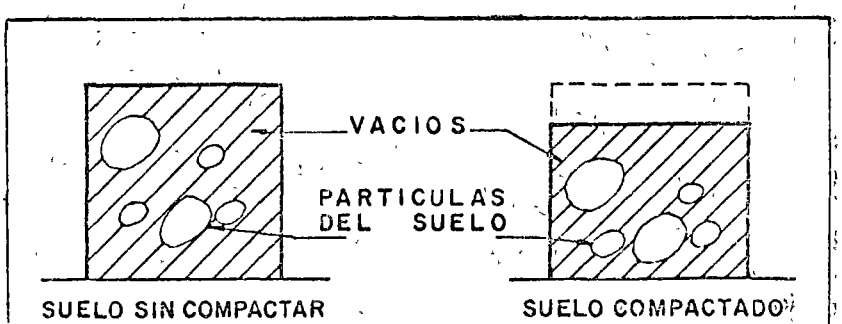
COMPACTACION

1.- D E F I N I C I O N.

En la terminología de Mecánica de Suelos, la reducción de los vacíos de un suelo recibe varios nombres: Consolidación, Compactación, Densificación, etc., existen ligeras diferencias en el significado de los dos primeros.

Consolidación, se usa para la reducción de vacíos, relativamente lenta, debida a la aplicación de una carga estática, usualmente acompañada de expulsión de agua del suelo, por ejemplo la reducción de vacíos en el suelo bajo un edificio.

El término Compactación se usa para la reducción de vacíos, más ó menos rápida, producida por medios mecánicos durante el proceso de construcción. (Fig. 3.1)



C A P I T U L O III

COMPACTACION

1.- D E F I N I C I O N.

En la terminología de Mecánica de Suelos, la reducción de los vacíos de un suelo recibe varios nombres: Consolidación, Compactación, Densificación, etc., existen ligeras diferencias en el significado de los dos primeros.

Consolidación, se usa para la reducción de vacíos, relativamente lenta, debida a la aplicación de una carga estática, usualmente acompañada de expulsión de agua del suelo, por ejemplo la reducción de vacíos en el suelo bajo un edificio.

El término Compactación se usa para la reducción de vacíos, más ó menos rápida, producida por medios mecánicos durante el proceso de construcción. (Fig. 3.1)

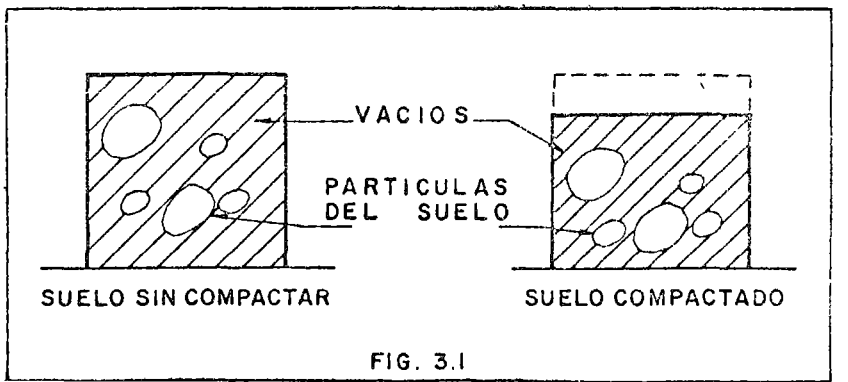


FIG. 3.1

Al reducirse los vacíos del suelo hay un incremento del peso volumétrico del material, de donde se puede dar la siguiente definición.

Compactación: Es el aumento artificial, por medios mecánicos, del peso volumétrico de un suelo, esto se logra a costa de la reducción de los vacíos del mismo al conseguir un mejor acomodo de las partículas que los forman mediante la expulsión de aire y/ó agua del material.

2.- PROPOSITO E IMPORTANCIA.

La compactación mejora las características de un suelo en lo que se refiere a:

a) Resistencia mecánica.

b) Resistencia a los asentamientos bajo cargas futuras.

c) Impermeabilidad.

Entre las obras que requieren compactación se pueden señalar como más importantes las carreteras, las aeropistas y las presas de tierra.

Estas estructuras deberán ser capaces de soportar su propio peso y el peso de las cargas super-impuestas, si falla, el costo de la reparación puede ser muy elevado.

Desde el punto de vista del constructor el problema es obtener la densidad especificada por el diseñador. Obtenida esta densidad se asegura que la resistencia a futuros asentamientos y la impermeabilidad sean las supuestas por el diseñador, sin embargo la obtención de la densidad de diseño no necesariamente asegura la resistencia mecánica supuesta, ya que ésta depende. en muchos suelos, de la humedad a la cual fué compactado. Es necesario entonces que la compactación sea efectuada a la humedad especificada, especialmente para suelos cohesivos.

Se hace notar que compactar a mayores grados del especificado no es conveniente, es decir, compactar de más, puede resultar perjudicial al proyecto.

La falla de algunas obras han obligado a que las especificaciones de compactación sean cada vez más estrictas; las tolerancias en más ó en menos, del grado de compactación especificado, son generalmente fijadas desde el inicio de la obra.

3.- PRUEBAS DE COMPACTACION .

En la construcción de terraplenes sería ideal poder medir la resistencia del suelo para determinar cuando se ha alcanzado la resistencia necesaria, pero el equipo para medir esta resistencia (especialmente a esfuerzos de compresión y cortante) es difícil de manejar, es caro y no es aplicable a todos los suelos, por lo tanto se han preparado las siguientes pruebas de laboratorio.

A) P r o c t o r

B) Proctor Modificada

C) P o r t e r.

A).- Proctor: R.R. Proctor estableció que hay una correspondencia entre el peso volumétrico seco de un suelo compactado y su resistencia. El equipo para hacer pruebas de compactación en la obra es un equipo económico y sencillo. Proctor desarrolló una prueba que consiste en:

a) Se toma una muestra representativa del suelo a compactar, de humedad conocida.

b) Se toma un cilindro de 4" de diámetro x 4½" de altura, se llena en tres capas aproximadamente iguales con material de prueba.

c) Cada capa se compacta con 25 golpes de un martillo de 2.5 Kg. con un área de contacto de 20 cm^2., el que se deja caer de 35 cm. de altura. (Fig. 3.2) Todo esto con el objeto de siempre dar al material la misma energía de compactación.

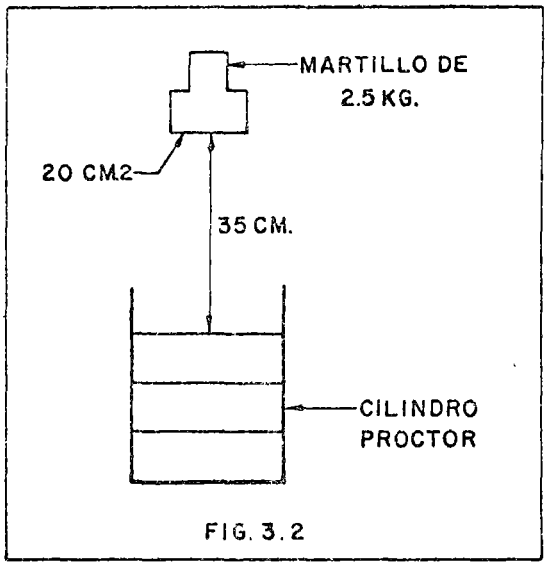
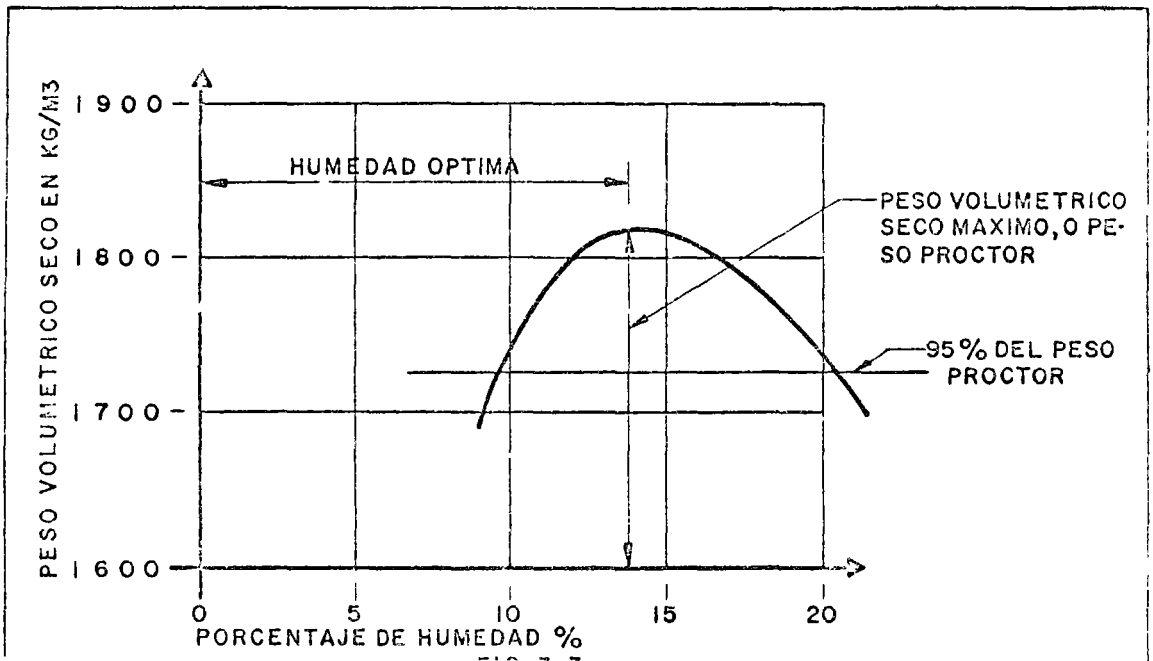


FIG. 3.2

d) Se pesa el material y como el volumen es conocido se calcula el peso volumétrico húmedo, simplemente dividiendo el peso del material entre su volumen. Como la humedad es conocida, se resta el peso del agua y se obtiene el peso volumétrico seco para esa humedad.

e) Se repite la prueba varias veces, variando cada vez el grado de humedad, con lo que se obtienen pares de valores Humedad-Peso - Volumétrico seco.

Con estos pares de valores se dibuja la siguiente gráfica. (Fig.3.3)



Puede observarse que hay un cierto contenido de humedad para el -- cual el peso volumétrico es máximo, este peso se conoce como: "Peso volumétrico Seco Máximo" (P.V.S.M.), ó peso proctor, y el contenido de humedad como humedad óptima.

El diseñador entonces especifica el porcentaje del peso proctor que debe obtenerse en la construcción del terraplén y la humedad óptima.

Por ejemplo: Si el proyectista especifica 95% Proctor en el caso de la gráfica, tenemos: P.V.S.M. = 1820 Kg/M^3.

$$95\ \%\ \text{de P.V.S.M.} = 0.95 \times 1820 = 1729\ \text{Kg/M}^3.$$

es decir el constructor debe obtener un peso volumétrico seco mínimo de -- 1729 Kg/M^3 en ese material.

La razón de la existencia de un peso volumétrico máximo es que en-- todos los suelos, al incrementarse su humedad, se les proporciona un medio lubricante entre sus partículas, que permite un cierto acomodo de estas -- cuando se sujetan a un cierto trabajo de compactación. Si se sigue aumentando la humedad, con el mismo trabajo de compactación, se llega a obtener un mejor acomodo de sus partículas y en consecuencia un mayor peso volumétrico, si se aumenta más la humedad todavía, el agua empieza a ocupar el-- espacio que deberían ocupar las partículas del suelo y por lo tanto comienza a bajar el peso volumétrico del material, para el mismo trabajo de compactación.

Por lo tanto, si se aumenta ó disminuye la humedad será necesario-- aumentar el trabajo del equipo de compactación, lo que, en general, no es- económico.

B).- Proctor Modificada: Conforme fueron aumentando las cargas so-- bre las terracerías por el uso de camiones y aeroplanos cada vez más pesados, se vió la necesidad de desarrollar mayores densidades y resistencias- en muchos materiales usando mayor trabajo de compactación. Por esta razón

se desarrolló la prueba Proctor modificada.

Para esta prueba se usa el mismo cilindro proctor, pero el material de compacta en 5 capas con un martillo de 4.5 Kg. y cayendo de una altura de 46 cm., dando 25 golpes por capa. (Fig. 3.4)

En todos los aspectos las dos pruebas son semejantes, únicamente el trabajo de compactación se ha incrementado aproximadamente 4.5 veces.

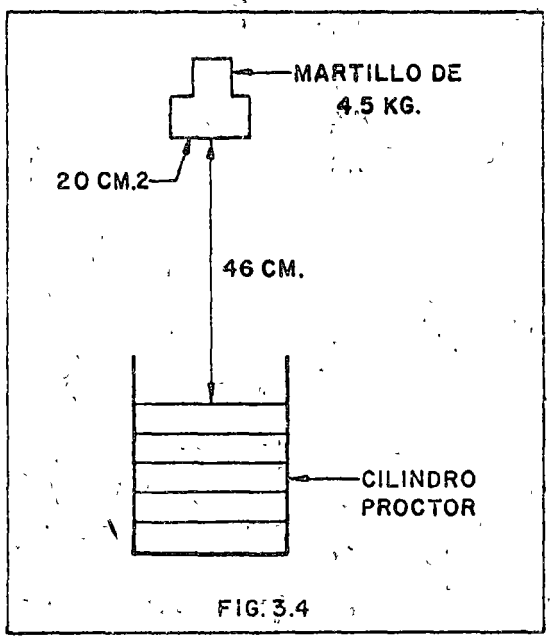


FIG. 3.4

La gráfica siguiente es un ejemplo de la prueba proctor y la prueba proctor modificada efectuadas en el mismo material. (Fig. 3.5)

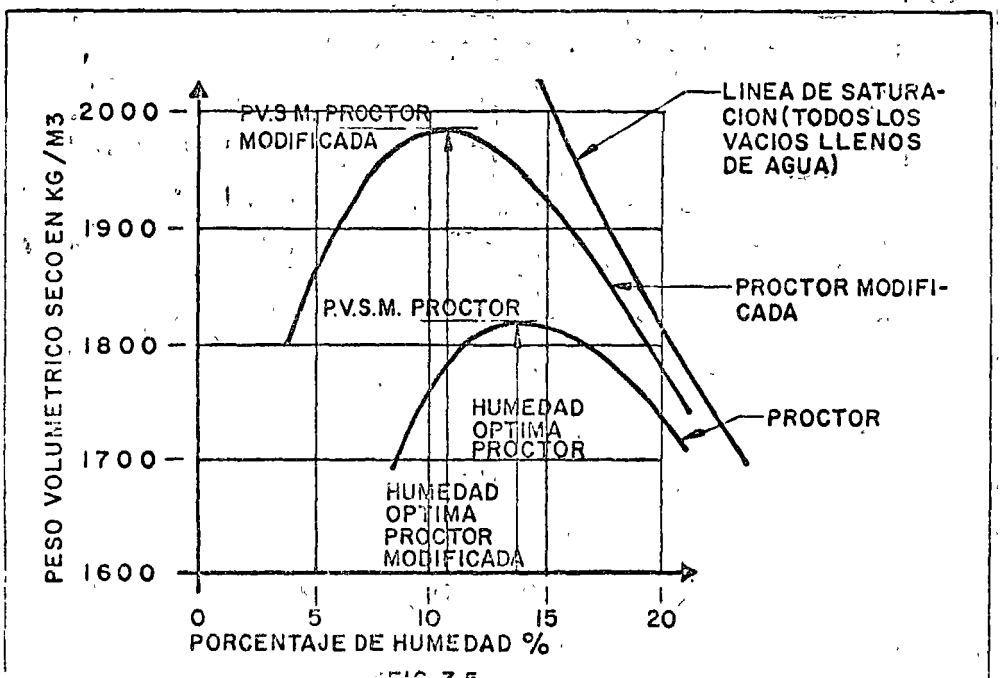


FIG. 3.5

Obsérvese en esta gráfica que aunque el trabajo de compactación se ha incrementado 4.5 veces, la densidad solamente se incrementó 9%, y que la humedad óptima disminuyó 3%. Esto último es invariablemente cierto.

C).- Porter: Tanto la prueba Proctor como la Proctor modificada han dado muy buen resultado en suelos cuyos tamaños máximos son de 10 mm. (3/8"), en suelos con partículas mayores el golpe del martillo no resulta uniforme y por lo tanto la prueba puede variar de resultados en un mismo material.

Para obviar esta dificultad se ideó la prueba Porter, que consiste en lo siguiente:

a) Se toma una muestra del material a probar y se seca.
b) Se pasa por la malla de 25 mm. (1") y se determina el porcentaje, en peso, retenido en la malla, si el porcentaje es menor del 15%, se usará para la prueba el material que pasó la malla. Si el porcentaje retenido es mayor del 15% se prepara, del material original, una muestra que pase la malla de 1" y que sea retenida en la malla No. 4, de esta muestra se pesa un tanto igual al peso del retenido, el que se agrega al material que pasó la malla de 1", con este nuevo material se procede a la prueba.
c) A 4 Kg. de la muestra así preparada se le incorpora una cantidad de agua conocida; y se homogeniza con el material.
d) Con este material se llena, en tres capas, un molde metálico de 6" de diámetro por 8" de altura con el fondo perforado. Cada capa se pica 25 veces con una varilla de 5/8" (1.9 cm.) de diámetro por 30 cm. de longitud con punta de bala.
e) Sobre la última capa se coloca una placa circular ligeramente menor que el diámetro interior del cilindro, y se mete el molde en una prensa de 30 tons.
f) Se aplica la carga gradualmente de tal manera que en cinco minutos se alcance una presión de 140.6 Kg/cm^2., la cual debe mantenerse durante un minuto, e inmediatamente se descarga en forma gradual durante un minuto.

Si al llegar a la carga máxima no se humedece la base del molde, la humedad ensayada es inferior a la óptima.

g) Se prosigue por tanteos hasta que la base del molde se humedezca al alcanzar la carga máxima. La humedad de esta prueba es la humedad óptima. Se determina entonces el peso volumétrico seco de la muestra dentro del cilindro, a este peso se le conoce como el "Peso Volumétrico seco Máximo Porter", y que será el peso comparativo para el trabajo de campo.

Por ejemplo: si en la prueba Porter obtuvimos un "Peso Volumétrico-seco Máximo" de 2,000 Kg/m³, y el diseñador ha pedido el 95% Porter, en la obra tendremos que alcanzar un peso volumétrico seco de: 0.95 x 2,000 = 1,900 Kg/m³.

4.- METODOS DE CONTROL.

Para medir en la obra si se ha alcanzado el peso volumétrico especificado hay varios métodos:

A) Medida física de peso y volumen.

B) Mediciones nucleares.

C) O t r o s.

A).- Medida Fisica de Peso y Volumen: En cualquiera de los métodos-existentes el principal problema radica en la determinación de la humedad-para poder calcular el peso volumétrico seco en función del peso volumétrico húmedo que es el que se obtiene en las pruebas de campo. Normalmente - se calienta una parte del material hasta secarlo y por diferencia se obtiene la humedad, pero este método es lento y peligroso porque en algunos suelos se altera el peso volumétrico con el calentamiento, debido a la evaporación de partes orgánicas principalmente. Nunca debe llegarse a la calcinación que también puede alterar el peso volumétrico, este método consiste en:

a) Se excava un agujero de 10 a 15 cm. de diámetro, ó un cuadrado - de 15 cm por lado, a la misma profundidad de la capa por probar.

b) El material excavado es cuidadosamente recogido y pesado. Se seca para determinar la humedad y el peso volumétrico seco.

c) El volumen del agujero es medido. El método usado generalmente- es llenándolo con una arena de peso volumétrico constante que se tiene en un recipiente graduado.

d) Conocidos el peso seco de la muestra y el volumen del agujero, - se calcula el peso volumétrico seco de la muestra, que debe ser- igual ó mayor que el peso volumétrico seco especificado.

B).- Prueba de Medición Nuclear: Para evitar el tiempo y costo que -- significa la prueba anterior se han ideado varios métodos, uno de ellos es el Método nuclear, que consiste en un bloque de plomo que contiene un isótopo radioactivo y un tubo geiger. (Fig. 3.6)

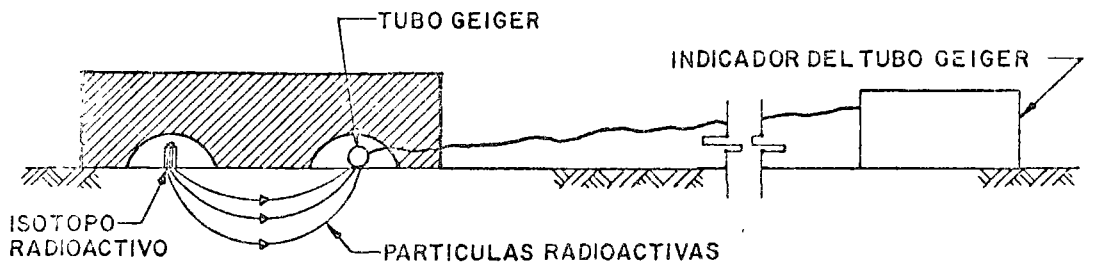


FIG. 3.6

El bloque de plomo se coloca sobre la capa a probar, el número de-- partículas que llegan al tubo Geiger está en función de la masa del mate-- rial que tienen que atravesar, es decir, es función del peso volumétrico,- entonces la medida del indicador debe compararse con otra medida hecha en- una capa que tenga el peso volumétrico especificado.

Estos aparatos necesitan frecuente calibración, no siempre hay una- indicación clara cuando el aparato no funciona bien y su exactitud varía - con el tipo de suelo.

Estas desventajas, sin embargo son despreciadas por los constructores en grandes trabajos de terracerías, pues el aparato le permite asegurar que una cierta capa ha sido compactada, con un alto grado de confiabilidad, prosiguiendo el trabajo de inmediato con la siguiente capa.

C).- Otros: Como el problema principal es la determinación de la humedad se han desarrollado últimamente algunos métodos entre los que destaca principalmente el denominado "Speedy" (Fig. 3.7), que consiste en colocar un peso conocido de suelo mezclado con carburo de calcio dentro de un recipiente hermético provisto de un manómetro. El carburo reacciona con la humedad del suelo, produciendo gas acetileno y por lo tanto una presión que es registrada en el manómetro el que se puede inclusive graduar en gramos de agua, determinándose rapidamente de esta manera el porcentaje de humedad, y así poder calcular su peso volumétrico seco.

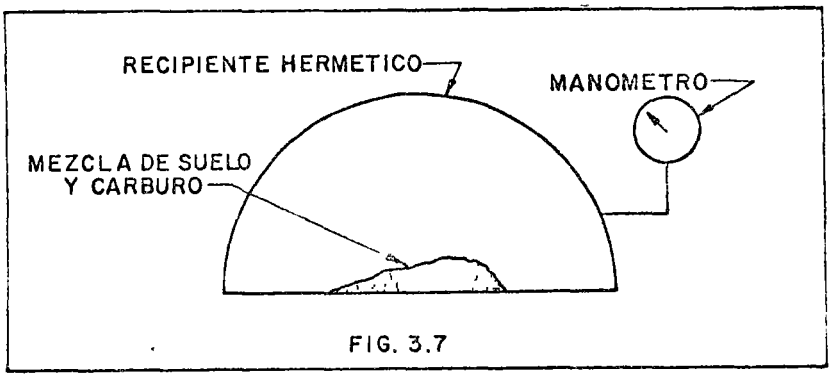


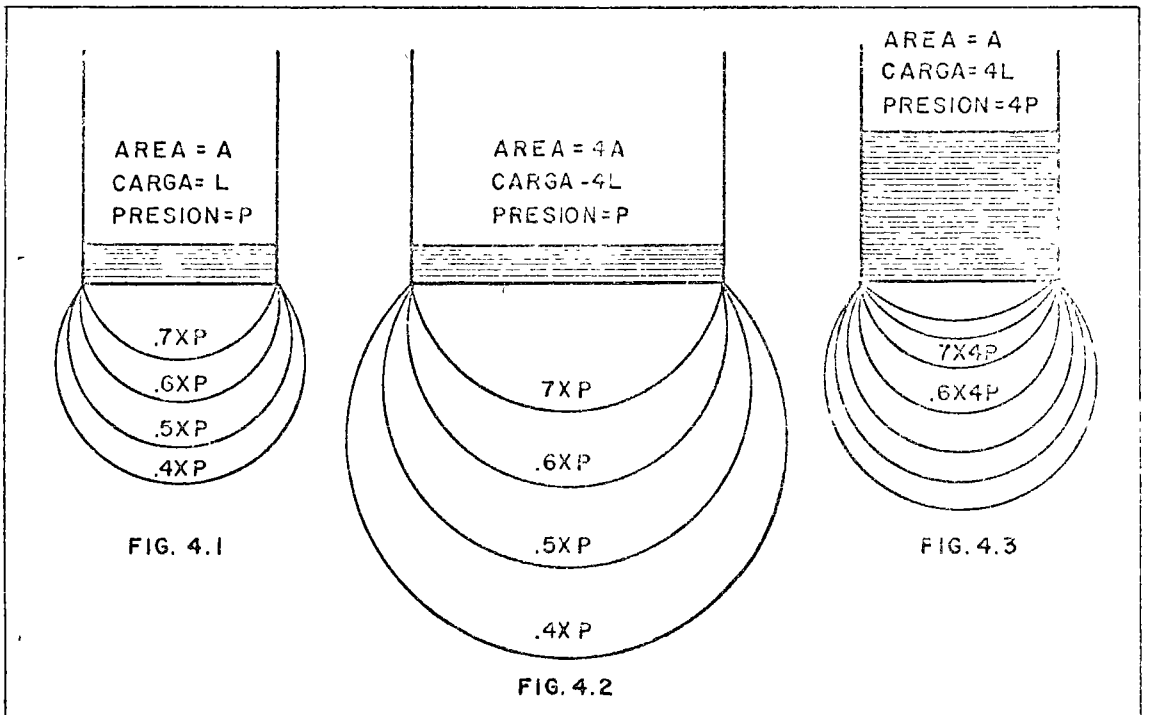
FIG. 3.7

C A P I T U L O IV

TRABAJO DEL EQUIPO DE COMPACTACION

Para comprender mejor la transmisión de los esfuerzos de compre--- sión en un suelo, consideremos una placa rígida, circular, de área "A", - colocada sobre un suelo, a la que se aplica una carga"L",dando una presión de contacto "p". (Fig. 4.1)

En el suelo se desarrollan presiones, si unimos los puntos de igual presión, obtendremos superficies llamadas, bulbos de presión.



Obsérvese lo siguiente:

a) Si aumenta el tamaño de la placa pero la presión permanece constante, incrementando la carga: la profundidad del bulbo de presión aumenta. (Fig. 4.2)

b) Si aumenta la presión, y el área permanece constante. (Fig. 4.3) la profundidad del bulbo no aumenta significativamente, pero la presión, y por lo tanto la energía de compactación, si aumenta.

Si consideramos un cierto equipo de compactación, trabajando capas de un determinado espesor:

De (a) y (b) se deduce que es necesario controlar el espesor de las capas para tener suficiente presión en el suelo para obtener la compactación deseada.

De (b) se deduce que no podemos aumentar significativamente el espesor de la capa de compactación simplemente lastrando excesivamente el equipo.

De (a) se deduce que para aumentar el espesor de la capa, debemos cambiar el equipo por otro que tenga mayor superficie de contacto, aunque la presión permanezca constante.

La Teoría de los bulbos de presión fué desarrollada por Boussinesq para un medio elástico. Para fines prácticos todos los suelos son elásticos y la teoría es razonablemente cierta aún para suelos granulares.

Los esfuerzos mecánicos empleados en la compactación, son una combinación de uno ó más de los siguientes efectos:

1).- PRESION ESTATICA: La aplicación de una fuerza por unidad de área.

2).- IMPACTO: Golpeo con una carga de corta duración, alta amplitud y baja frecuencia.

3).- VIBRACION: Golpeo con una carga de corta duración, alta frecuencia, baja amplitud.

4).- AMASAMIENTO: Acción de amasado, reorientación de partículas-- próximas, causando una reducción de vacíos.

5).- CON AYUDA DE ENZIMAS.

1.- COMPACTACION POR PRESION ESTATICA.

Este principio se basa en la aplicación de pesos más o menos grandes sobre la superficie del suelo.

La acción de este principio de compactación es de arriba hacia abajo, es decir, las capas superiores alcanzan primero mayores densidades que las de abajo.

Este principio de compactación tiene dos inconvenientes en la obtención de una rápida densificación:

A).- Su Acción de Arriba hacia Abajo: El inconveniente de que la parte superior se compacte primero que la de abajo, es que el esfuerzo compactivo debe atravesar la parte ya compactada, para poder compactar la inferior. Se consume por lo tanto mayor energía de compactación.

También suele suceder que las características granulómetricas del material varíen, debido a la sobrecompactación de la porción superior de la capa; dicha sobrecompactación ó exceso de energía compactiva produce -- una fragmentación de partículas.

B).- Fomentar la resistencia de la fricción interna del material, durante la compactación: Definiendo como fricción interna a la resistencia de las partículas de un suelo para deslizarse dentro de la masa del mismo, se puede juzgar este segundo inconveniente.

Si llamamos (F) a la fuerza aplicada por el compactador y (n) al coeficiente de fricción interna del material, se puede deducir la reacción (R) de las partículas para deslizarse dentro de la masa de suelo.

$$R = nF$$

A mayor fuerza aplicada mayor la reacción de la fricción interna del material, aquí es donde el papel que juega el agua resulta muy importante, ya que, tendrá efectos lubricantes entre las partículas reduciendo (n) y por consecuencia a (R).

Para este tipo de compactación es necesario hacer riegos intensivos de agua cuando el material así lo soporte.

2.- COMPACTACION POR IMPACTO .

La compactación por medio de impacto se logra haciendo caer repetidamente un peso desde una cierta altura.

Cuando una unidad compactadora tiene una frecuencia baja y una amplitud grande, la unidad cae dentro de este tipo de compactación.

El principio en que se basa este tipo de compactación es que, cuando un cuerpo se levanta una cierta distancia sobre una superficie y se deja caer, la presión que ejerce sobre ésta, es varias veces mayor que la presión que ejerce el mismo cuerpo estando apoyado estáticamente sobre dicha superficie.

3.- COMPACTACION POR VIBRACION .

Este principio de compactación es el que últimamente ha tenido mayor desarrollo y prácticamente ha invadido todos los materiales por compactar.

En la mayoría de los tipos de material, la compactación dinámica ó vibratoria, supera en eficiencia a los compactadores estáticos.

Como en la compactación por presión estática, en este tipo de compactación también se aplica una cierta presión, pero al mismo tiempo se somete al material a rápidos y fuertes impactos ó vibraciones, entre 700 y 4,000 dependiendo del compactador.

Debido a las vibraciones producidas por el equipo sobre el material, la fricción interna de éste, desaparece momentáneamente, propiciando el

acomodo de las partículas.

Esto se puede demostrar mediante el experimento de girar una perforadora de álabes dentro de un recipiente que contenga arena ó grava, primero en estado estático y luego colocando el recipiente sobre una placa vibratoria.

La vibración multiplica la movilidad interna del material en forma contundente; en suelos de granulometría gruesa la movilidad dinámica es de 10 a 30 veces mayor que la movilidad estática.

La experiencia sueca nos proporciona la siguiente tabla:

Material	Contenido de agua %	Momento Resistivo (Kg-cm) En Reposo	Con Vibraciones
Grava	0	1700	40
Arena	10	600	45
Limo	12	150	25

La compactación por vibración tiene un efecto de penetración como el sonido, el cual también es dinámico, pero tiene una frecuencia mayor y audible; este tipo de compactación evita los efectos de arco y disminuye la fricción interna del material permitiendo que las fuerzas compactivas trabajen a mayor profundidad y a mayor anchura.

Con este principio de compactación las partículas de material se ven sujetas a presión estática y a impulsos dinámicos de las fuerzas vibratorias, con lo cual se logra una compactación con menor esfuerzo.

La densificación de un material por medio de compactadores vibratorios es de abajo hacia arriba.

VENTAJAS DE LA COMPACTACION POR VIBRACION.

a) Es posible compactar a más altas densidades; facilita la obtención de los últimos porcientos del grado de compactación que son tan difíciles de obtener, y a veces imposibles de obtener, con

compactadores estáticos.

b) Permite el uso de compactadores más pequeños.

c) Se puede trabajar sobre capas de material de mayor espesor.

d) Permite hacer trabajos más rápidos por menor número de pasadas.

e) Por las razones anteriores los costos de compactación resultan más económicos.

4.- COMPACTACION POR AMASAMIENTO .

Amasar en este caso puede confundirse con exprimir, es decir el efecto de una pata de cabra al penetrar en un material ejerce presión hacia todos lados, obligando al agua y/o al aire a salir por la superficie.

La compactación por este principio se lleva a cabo de abajo hacia arriba; es decir las capas inferiores se densifican primero y las superiores posteriormente. Por esto se dice que un rodillo pata de cabra emerge o sale cuando el material se encuentra compactado debidamente.

Los rodillos pata de cabra se emplean fundamentalmente en materiales cohesivos; en cambio su efectividad es casi nula en materiales granulares.

5.- COMPACTACION CON LA AYUDA DE ENZIMAS .

Mediante la adición de productos enzimáticos en el agua de compactación, se ha pretendido obtener, en combinación con algún otro esfuerzo compactador mecánico, la densificación más rápida de los materiales.

Según la definición de Sumner o Somers una enzima es: "cierta substancia química-orgánica que está formada por plantas, animales y microrganismos, capáz de incrementar la velocidad de transformación química del medio donde se encuentra, sin que sea consumida por ello en este proceso, llegando a formar parte del conjunto".

Según los fabricantes de enzimas para compactación, esta se logra mediante una reacción química de ionización de los componentes orgánicos e inorgánicos del terreno, permitiendo que esta reacción origine una fusión-

molecular progresiva, lo que trae por consecuencia que las partículas del suelo se agrupen y se transformen en una masa compacta y firme.

Se hace hincapié en que el agregar productos enzimáticos al agua de compactación no densificará al material tratado, sino que es necesario --- aplicar esfuerzo compactivo adicional; es decir, se usará algún equipo compactador y agua con enzimas, con lo cual puede reducirse el tiempo de compactación.

C A P I T U L O V

EQUIPO DE COMPACTACION

TIPOS DE COMPACTADORES.

Hay una gran variedad de equipos de compactación, se describirán--- sus características básicas:

1. RODILLOS METALICOS.

Un rodillo metálico utiliza solamente presión estática con un mínimo de manipulación en materiales plásticos.

Cuando estos rodillos inician la compactación de una capa el área - de contacto es más ó menos ancha y se forma un bulbo de presión de una --- cierta profundidad, conforme avanza la compactación, el ancho del área de- contacto se reduce, y por lo tanto también se reduce la profundidad del -- bulbo de presión y aumentan los esfuerzos de compresión en la cercanía de- la superficie. (Fig. 5.1). Estos esfuerzos son con frecuencia suficientes- para triturar los agregados en materiales granulares, e invariablemente -- causan la formación de una costra en la superficie de la capa (encarpeta-- miento).

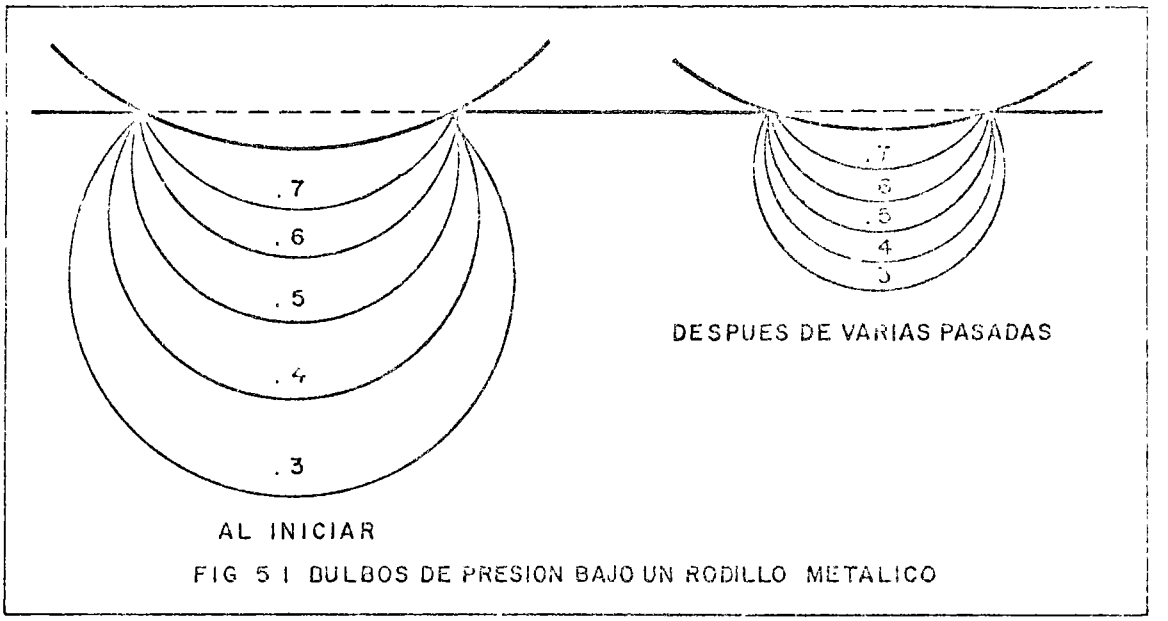


FIG 5 1 BULBOS DE PRESION BAJO UN RODILLO METALICO

Si a esto se agrega la costumbre de hacer riegos adicionales durante la compactación, para compensar la evaporación, en una capa en donde la penetración del agua es difícil por la misma compacidad del material llegaremos a un estado de estratificación de la humedad, en este momento la formación de la costra es inevitable.

También es costumbre más ó menos generalizada, el sobre lastrar estos equipos cuando no se está obteniendo la compactación, para aumentar la penetración y la profundidad del bulbo de presión, esto generalmente tiene como consecuencia el sobre esforzar la superficie.

Un rodillo metálico, no compacta pequeñas áreas suaves, debido a que la rigidez de la rueda las puentea, estas áreas suaves se presentan con frecuencia en terracerías debido a la irregularidad de la capa.

Dentro de este grupo se puede hacer la división siguiente:

A) Planchas Tandem.- Son aquellas que tienen dos o tres rodillos metálicos paralelos. Los rodillos son generalmente huecos para ser lastrados con agua y/o arena. Tienen generalmente dos números por nomenclatura. El primero es el peso de la máquina sin lastre y el segundo es el peso de la máquina lastrada totalmente. (Fig. 5.2)

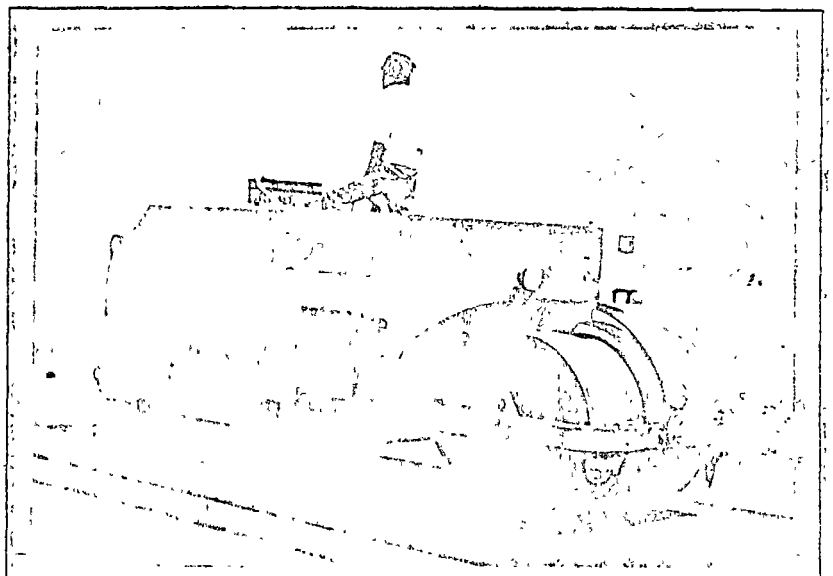


FIG. 5.2 PLANCHA EN TANDEM

B) Planchas de Tres Ruedas.- Son quizás las de más antiguo diseño; - estas planchas tienen dos ruedas traseras paralelas y una rueda delantera; las ruedas pueden ser huecas para ser lastradas ó formadas por placas de - acero roladas con atiesadores. (Fig. 5.3)

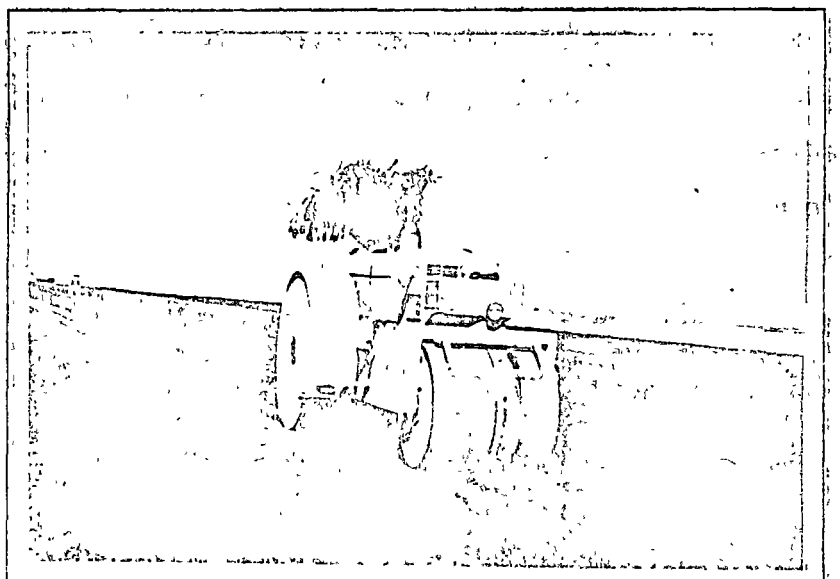


FIG. 5.3 PLANCHA DE TRES RUEDAS

Las planchas tandem, a pesar de que son generalmente de menor peso que las de tres rodillos, suelen tener mayor compresión por centímetro ---

lineal de generatriz que las de tres rodillos, por tener menor superficie de contacto con el material.

Tanto las planchas tandem como las de tres rodillos, tienen bajas velocidades de operación y poca seguridad al compactar las orillas de terraplenes altos.

Son efectivas en suelos de naturaleza granular donde su efecto triturador puede ser necesario; su efectividad se ve mermada en materiales granulo plásticos, donde se tiende a un encarpetamiento; en materiales plásticos o cohesivos no tienen gran aplicación.

Resumiendo, puede decirse que estas máquinas por su lentitud y poca profundidad de acción, han perdido terreno en la compactación de grandes movimientos de tierra; también en algunas aplicaciones específicas que tienen estos equipos como la compactación de carpetas asfálticas, van siendo desplazadas por otras máquinas compactadoras.

2.- RODILLOS NEUMATICOS.

Los rodillos neumáticos son muy eficientes y a menudo esenciales para la compactación de sub-bases, bases y carpetas, sus bulbos de presión son semejantes a los de los rodillos metálicos, pero el área de contacto permanece constante por lo que no se produce el efecto de reducción del bulbo. Por otra parte, el efecto de puenteo del rodillo metálico, sobre zonas suaves, se elimina con llantas de suspensión independiente.

Estos compactadores pueden ser jalados ó autopropulsados.

Se pueden dividir conforme al tamaño de sus llantas en:

A) De llantas pequeñas

B) De llantas grandes.

A) DE LLANTAS PEQUEÑAS.- Generalmente tienen dos ejes en tandem y el número de llantas puede variar entre 7 y 13. El arreglo de las llantas

es tal que las traseras traslapan con las delanteras. (Fig. 5.4)

Algunos de estos compactadores tienen montadas sus ruedas en forma tal que oscilan o "bailan" al rodar, lo que aumenta su efecto de amasamiento.

Estos compactadores proporcionan una presión de contacto semejante a la proporcionada por equipos de mayor peso y llantas grandes, tienen mayor maniobrabilidad, no empujan mucho material adelante de ellos, tienen poca profundidad de acción y poca flotación en materiales sueltos.

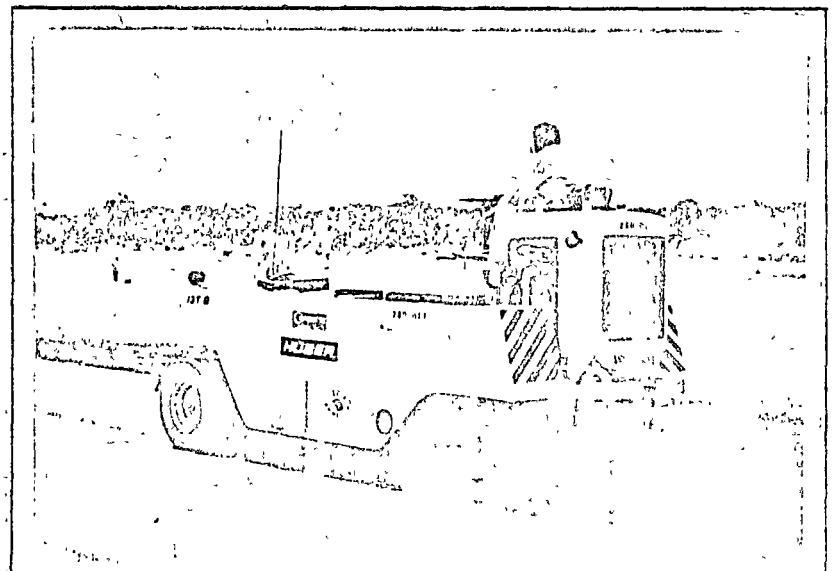


FIG.5.4 RODILLO NEUMATICO

B) DE LLANTAS GRANDES.- Son generalmente arrastrados por tractor y pesan de 15 a 50 tons. Tienen 4 ó 6 llantas en un mismo eje. Su costo horario es generalmente caro por el tipo de tractor que se utiliza para arrastrarlos.

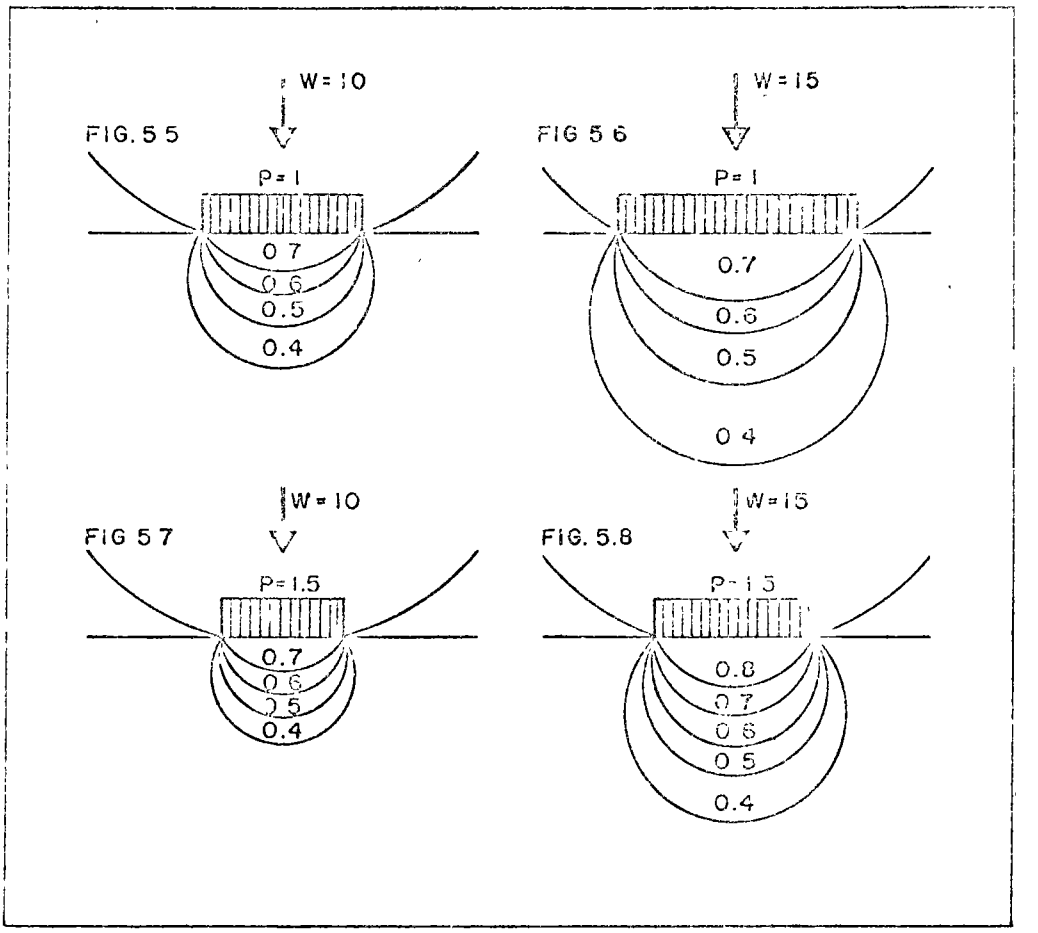
Su mejor aplicación es usarlos como compactadores de prueba.

Los dos factores más importantes que intervienen en este tipo de compactadores son:

a) Peso total.- Dependiendo del número total de llantas y del sistema de suspensión del compactador se puede conocer el peso o fuerza aplica

da por llanta. A mayor peso total, mayor carga por llanta, en caso de tratarse de una suspensión isostática.

b) La presión de inflado es importante, pero está ligada íntimamente a la carga de la llanta. Si "W" es el peso del compactador, y "p" es la presión de contacto: (Fig. 5.5)



Podemos observar que si aumentamos el peso sin aumentar la presión (Fig. 5.6), aumentamos la profundidad del bulbo, pero no aumentamos la presión, ésto nos permitiría trabajar capas relativamente mayores, pero el aumento de eficiencia es casi nulo, y las llantas durarán menos pues estamos aumentando el trabajo de deformación de la llanta.

Si aumentamos la presión sin aumentar la carga (Fig. 5.7) disminuimos la profundidad del bulbo de presión, y podemos llegar a encarpetar la capa. Esto puede ser eficiente si la capa es delgada como suele serlo en -

bases y sub-bases.

Si aumentamos el peso y la presión, (Fig. 5.8) estamos aumentando la presión efectiva sobre la capa y por lo tanto el trabajo de compactación sobre la capa, sin embargo esto nos puede disminuir la vida útil de las llantas y del equipo.

En el concepto moderno de un compactador neumático la carga sobre la llanta y la presión de inflado, deben ser las adecuadas para dar la presión de contacto suficiente para ejercer el esfuerzo requerido de compactación (es aconsejable no alejarse mucho de las recomendaciones del fabricante).

Por la razón anterior los fabricantes de equipo progresistas han provisto, a sus máquinas con implementos para variar rápidamente la presión de inflado de sus equipos.

Las presiones de inflado usuales son del orden de 50 psi, para compactadores pequeños (hasta 10 tons) y puedan llegar hasta 80 psi en compactadores grandes. (de 10 a 60 tons.)

La presión de inflado no es igual a la de contacto ya que interviene (en mucho) la rigidez de la llanta inflada.

Tienen aplicaciones especializadas como la compactación del terreno natural en aeropuertos (grandes extensiones, terreno plano, alto grado de compactación, fácil acceso, etc.), tienen gran utilidad para sellar las capas superiores, con lo que se logra una buena impermeabilidad.

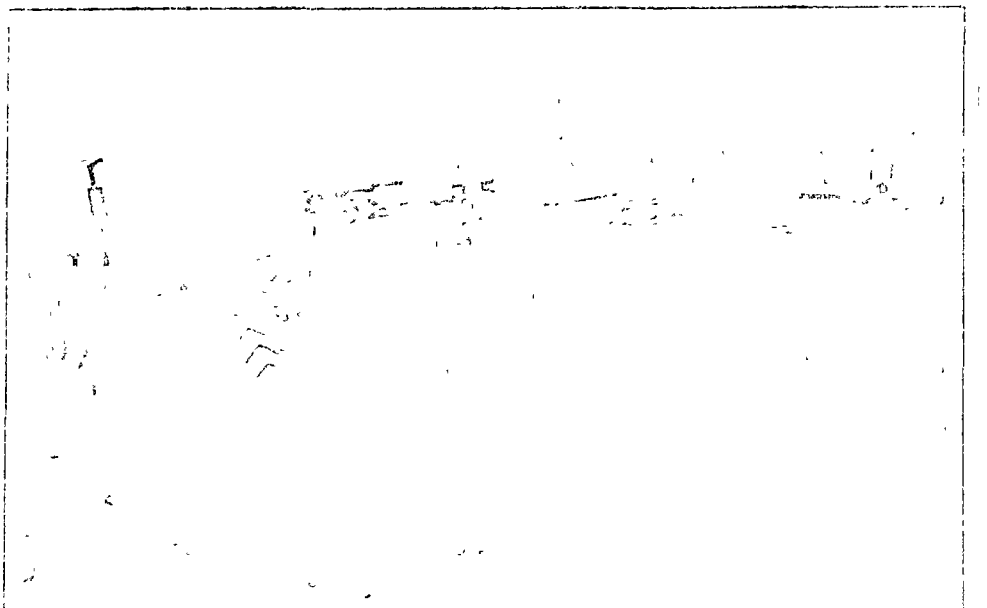


FIG 5 9 COMBINACION DE RODILLOS METALICO Y NEUMATICO (DUO-PACTOR)

3.- RODILLOS PATA DE CABRA .

Son ahora raramente usados, excepto para amasamiento y compactación de arcillas donde las estratificación debe ser eliminada como en el corazón impermeable de una presa. Debido a la pequeña área de contacto de una pata y al alto peso de éstos equipos el bulbo de presión es intenso y poco profundo. La compactación se consigue por penetración y amasamiento más que por efecto del bulbo de presión. (Fig. 5.10)

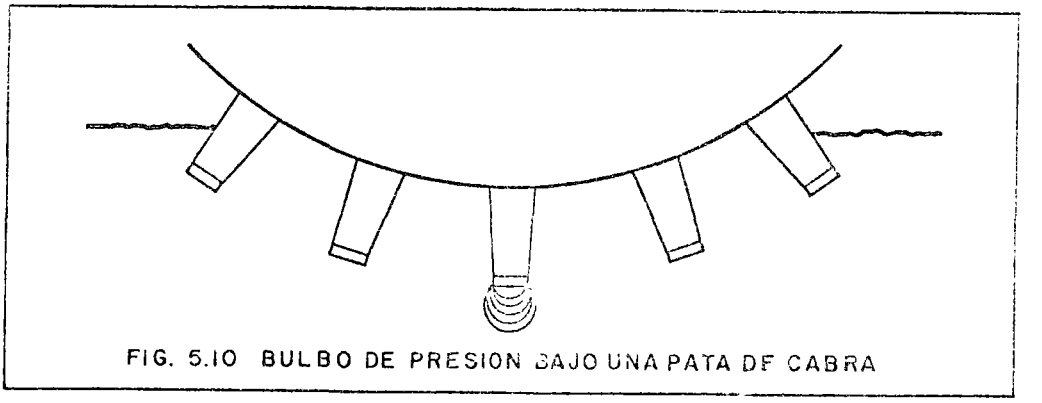


FIG. 5.10 BULBO DE PRESION BAJO UNA PATA DE CABRA

Los rodillos pata de cabra son lentos, tienen una gran resistencia al rodamiento, por lo que consumen mucha potencia. Este equipo es todavía

pedido en especificaciones algunas veces pero su uso está declinando debido a los altos costos que tienen, usualmente por unidad de volumen compactado. (Fig. 5.II)

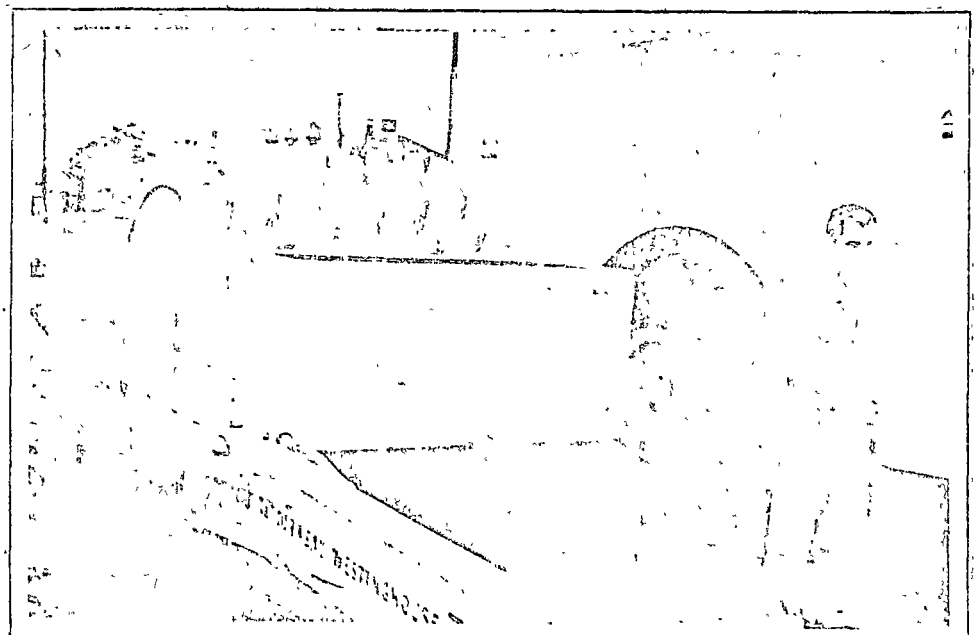


FIG.5.II RODILLO PATA DE CABRA

4.- RODILLO DE REJA.

Este compactador fué desarrollado originalmente para disgregar y compactar rocas poco resistentes a la compresión, como rocas sedimentarias y algunas metamórficas, para hacer caminos de penetración transitables todo el año.

El rodillo transita sobre la roca suelta sobre el camino, rompiéndola y produciendo finos que llenan los vacíos formando una superficie suelta y estable. Como una guía la roca que se puede escarificar también se puede disgregar.

Al ser usado este equipo se encontró que era capaz de compactar a alta velocidad una gran variedad de suelos. Los puntos altos de la reja producen efecto de impacto, y cuando es remolcado a alta velocidad, produce efecto de vibración, efectivo en materiales granulares. El perfil alternado alto y bajo de la rejilla produce efecto de amasamiento por lo que

este rodillo también es eficiente en materiales plásticos. Desafortunadamente, como los materiales plásticos suelen ser pegajosos, se atascan de material los huecos de la reja y se reduce la eficiencia. (Fig. 5.12)

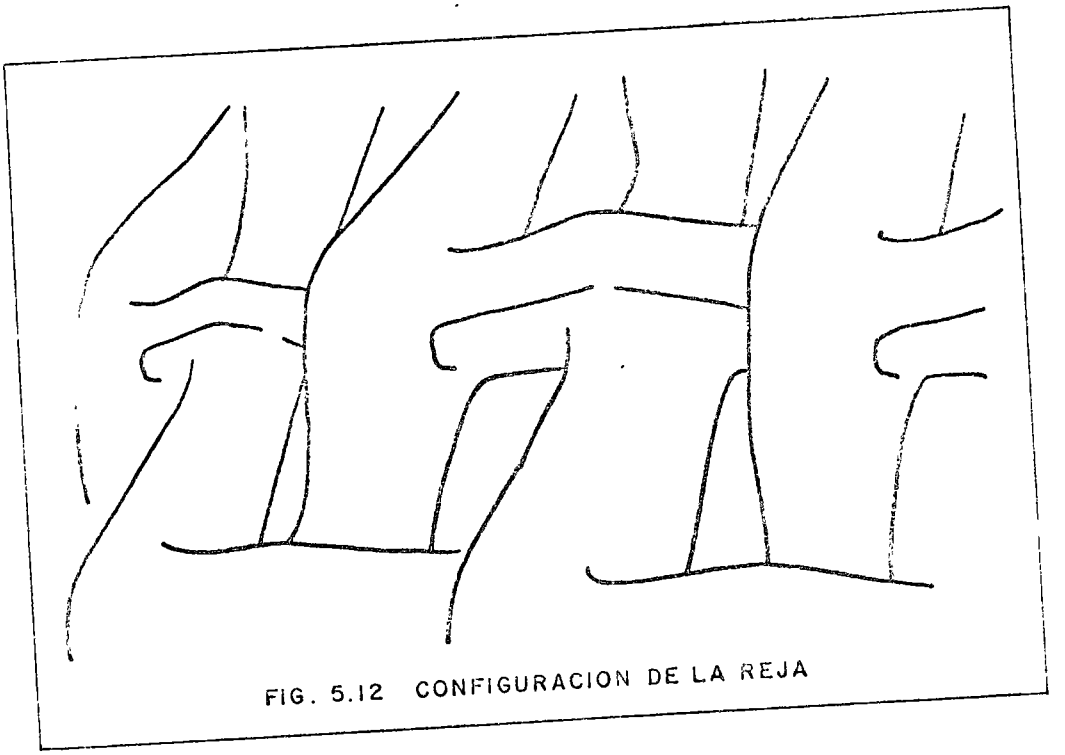


FIG. 5.12 CONFIGURACION DE LA REJA

Estos rodillos, debido a su misma configuración no pueden dejar una superficie tersa como puede ser una base de una carretera.

5.- RODILLO DE IMPACTO. (TAMPING ROLLER).

A causa de los problemas de limpieza del rodillo de reja, se diseñó un nuevo rodillo usando los mismos principios: el rodillo de impacto, este es un rodillo metálico, en el que se han fijado unas salientes en forma aproximada de una pirámide rectangular truncada. (Fig. 5.13)

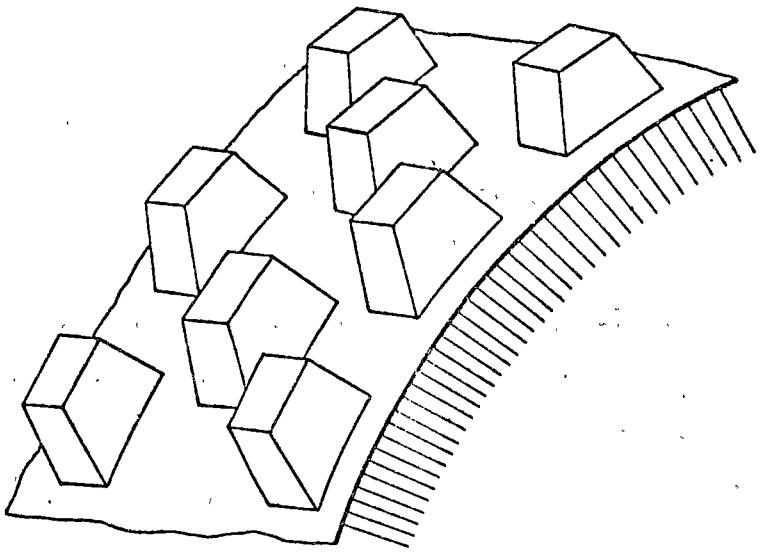


FIG. 5.13 SECCION DE UN RODILLO DE IMPACTO, MOSTRANDO LA DISTRIBUCION Y FORMA DE LAS PIRAMIDES

Estas pirámides no son de la misma altura pues hay unas más altas que otras, siguiendo el modelo de puntos altos y bajos del rodillo de reja, esto le dá las mismas ventajas, pudiéndose limpiar fácilmente por medio de dientes sujetos al marco.

Estas salientes han sido diseñadas de tal manera que el área de contacto se incrementa con la penetración, ajustándose automáticamente la presión a la resistencia del suelo compactado. (Fig. 5.14)

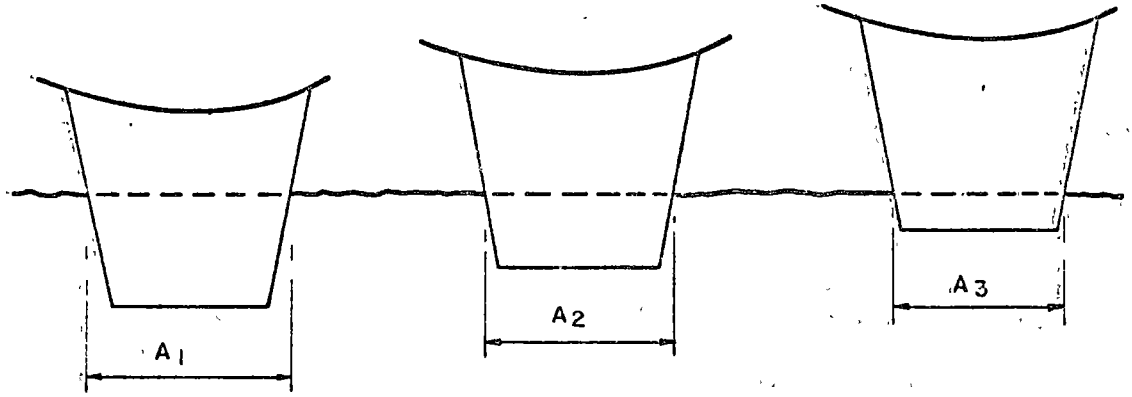


FIG. 5.14 AJUSTE DEL AREA DE APOYO

El diseño contempla también una fácil entrada y salida a la capa, - lo que disminuye la resistencia al rodamiento.

Estos rodillos han probado ser muy eficientes y eliminan estratificación en los terraplenes, esto es importante en corazones impermeables de presas.

Cuando un rodillo de impacto empieza una nueva capa, que no sea mayor de 30 cm. los bulbos de presión y las ondas de impacto proveen suficiente amasamiento con la capa inferior para eliminar la estratificación que - ocurre con cualquier otro compactador excepto la pata de cabra.

El rodillo de impacto ha probado ser uno de los más versátiles y -- económicos compactadores en terracerías, capaz de compactar eficientemente la mayor parte de los suelos. (Fig. 5.15)

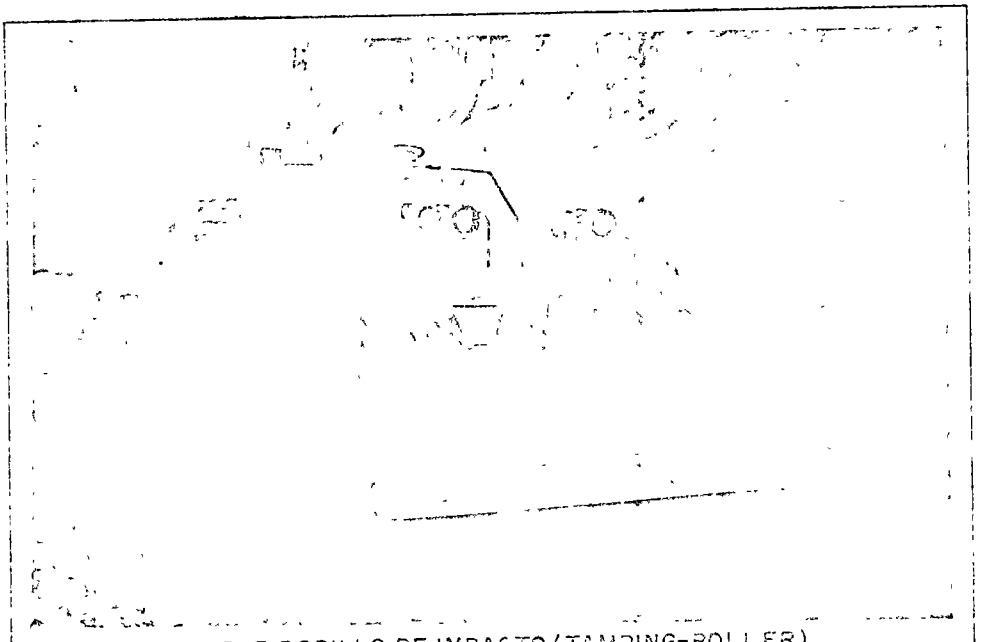


FIG 5.15 RODILLO DE IMPACTO (TAMPING-ROLLER)

6.- RODILLOS VIBRATORIOS.

Estos rodillos funcionan disminuyendo temporalmente la fricción interna del suelo. Como en los suelos granulares (gravas y arenas) su resistencia depende principalmente de la fricción interna (en los suelos plásticos depende de la cohesión), la eficiencia de estos rodillos está casi li-

mitada a suelos granulares.

La vibración provoca un reacomodo de las partículas del suelo que-- resulta en un incremento del peso volumétrico, pudiendo alcanzar espesores grandes de la capa (0.80 m).

Estos rodillos pueden producir un gran trabajo de compactación en - relación a su peso estático ya que la principal fuente de trabajo es la -- fuerza dinámica de compactación. (Fig. 5.16)

Buscando extender ventajas a suelos cohesivos se han desarrollado - rodillos pata de cabra vibratorios, en los que la fuerza y la amplitud de- la vibración se han aumentado, y se ha disminuido la frecuencia. Con el - mismo objeto se han acoplado dos rodillos vibratorios, "fuera de fase", a un marco rígido para obtener efecto de amasamiento.

Estos rodillos se clasifican por su tamaño, pequeños hasta 9,000 kg. de fuerza dinámica y grandes de más de 9,000, pudiendo llegar hasta 20,000 Kg. ó más. Los grandes pueden llegar a sobreesforzar suelos débiles por - lo que hay que manejarlos con cuidado.

Todos los vibradores deben de manejarse a velocidades de 2.5 a 5 -- Km/h. Velocidades mayores no incrementan la producción, y con frecuencia - no se obtiene la compactación.

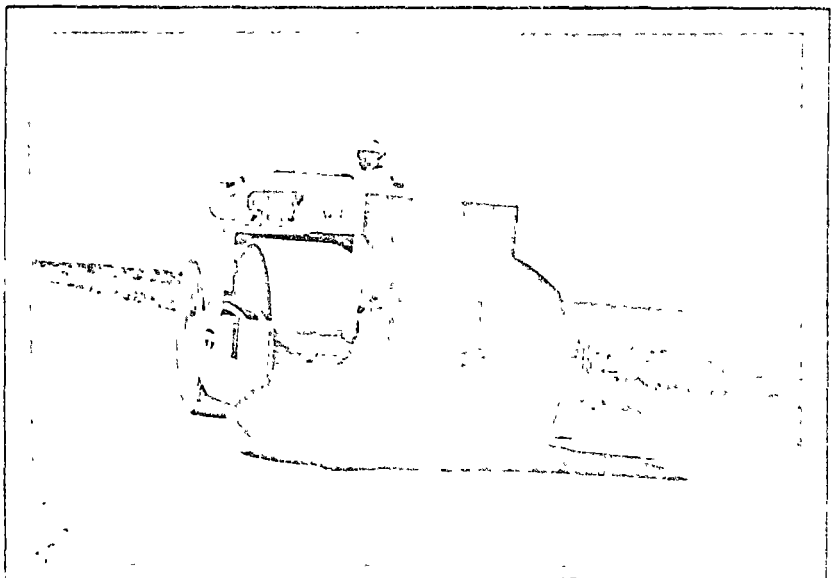


FIG. 5.16 RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO

C A P I T U L O VI

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COMPACTACION

Los factores que primordialmente influyen en la obtención de una -- compactación económica son:

1) CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL
2) GRANULOMETRIA DEL MATERIAL
3) NUMERO DE PASADAS DEL EQUIPO
4) PESO DEL COMPACTADOR
5) PRESION DE CONTACTO
6) VELOCIDAD DEL EQUIPO COMPACTADOR
7) ESPESOR DE CAPA.

1) CONTENIDO DE HUMEDAD. El agua tiene en el proceso de compacta--- ción, el papel de lubricante entre las partículas del material. Una falta de humedad exigirá mayor esfuerzo compactivo, así como también lo exigirá- un exceso de la misma.

Debe recordarse que todo material tiene un contenido óptimo de humedad, para el cual se obtiene, bajo una cierta energía de compactación, una densidad máxima.

El agua, entonces, facilita el trabajo de compactación.

2) GRANULOMETRIA DEL MATERIAL. Para la obtención de una eficiente compactación es necesario, que haya partículas de varios tamaños en el material por compactar, ya que las partículas de menor tamaño ocuparán los espacios formados entre partículas de mayor tamaño.

Un material que contenga partículas de un solo tamaño será dificilmente compactado; sólo a través de un enérgico esfuerzo de compactación, el que provocará la fragmentación de las partículas, podrá ser densificado.

Es oportuno hacer notar aquí, que la forma de las partículas también tiene importancia en la compactación. Materiales con partículas de forma angulosa son generalmente más fácilmente compactados por sus acuñamiento, que materiales con partículas redondeadas.

3) NUMERO DE PASADAS. El número de pasadas que un equipo deba dar sobre un material dependerá de: (Fig. 6.1)

A) Tipo de compactador

B) Tipo de material

C) Contenido de humedad

D) Forma en que se aplique la presión al material.

E) Maniobrabilidad del equipo.

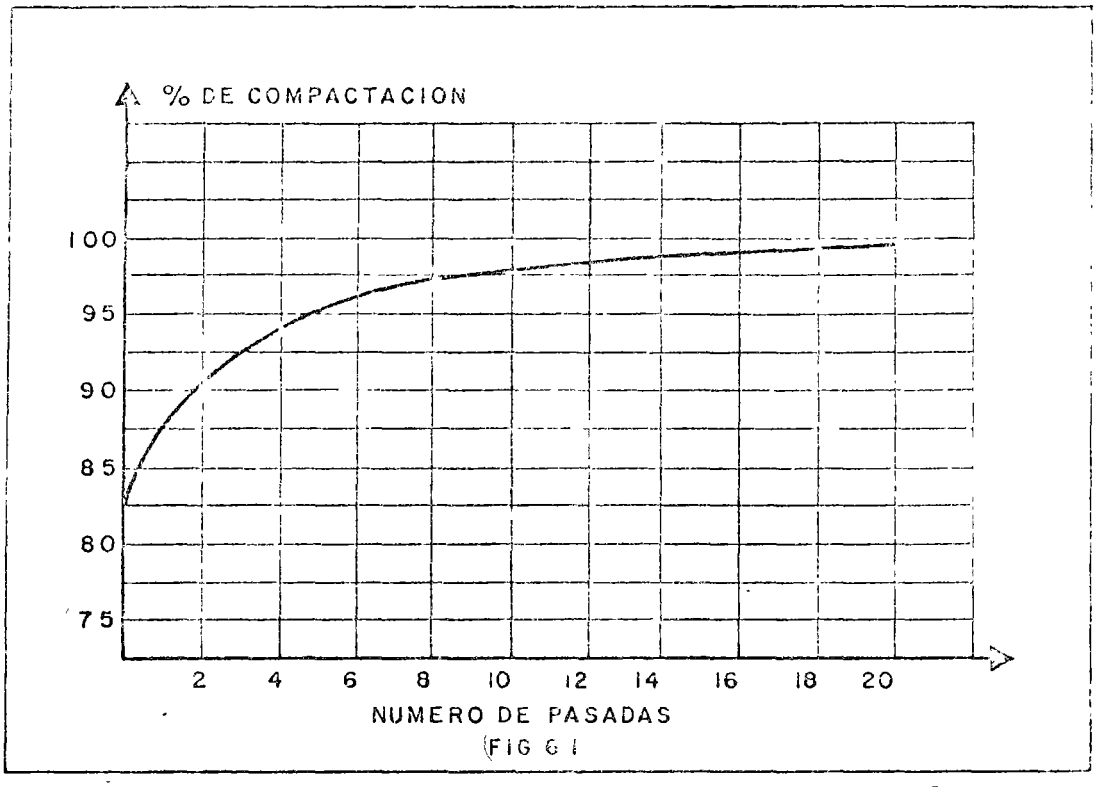


FIG 6 I

4) PESO DEL COMPACTADOR. La presión ejercida sobre el material dependerá, en parte, del peso del equipo de compactación.

5) PRESION DE CONTACTO. Más que el peso del compactador importa la presión de contacto; ésta depende de:

A) Tipo de material

B) Estado del material (Suelto ó Semicompacto).

C) Area expuesta por el compactador

D) Presión de inflado en el caso de un equipo sobre neumáticos.

E) Peso del compactador.

F) Temperatura del material tratándose de mezclas asfálticas.

Los fabricantes de equipo de compactación se han preocupado por que sus máquinas ejerzan presiones de contacto uniformes, lo cual han logrado mediante suspensiones isostáticas.

Es necesario hacer hincapié, que resulta de mayor importancia la -- presión de contacto de un compactador, que el peso del mismo.

Por ejemplo un compactador muy pesado necesita de un mayor número de llantas ó de llantas más grandes, con lo cual, el área de contacto entre el compactador y el material se incrementa, resultando la presión de contacto, similar a la de un compactador normal con menos llantas o llantas menores.

6) VELOCIDAD DEL EQUIPO. De la velocidad de traslación del compactador y del número de pasadas, dependerá la habilidad de producción de un determinado equipo.

El equipo de compactación debe ser de una eficiencia tal, que no interfiera con el veloz equipo de depósito de material.

En virtud de que el equipo para movimiento de tierras se ha mejorado en tamaño, rapidez y eficiencia, así también los equipos de compactación se han modificado para poder mantenerse a un nivel de producción semejante.

La maniobrabilidad de un equipo compactador influye definitivamente en la velocidad del equipo.

7) ESPESOR DE CAPA. El espesor de capa por compactar dependerá esencialmente de:

A) Tipo de material
B) Humedad en el material
C) Tipo de compactador
D) Grado de compactación especificado.

Para determinar cual es el espesor de capa, de un cierto material, que puede compactar un equipo determinado, se puede uno referir al método del bulbo de presión.

Suponiendo que se quiere compactar, con un determinado equipo, un material que con una presión de 2.7 Kg/cm^2. se densifica correctamente, tratemos de encontrar el espesor de capa.

$$\text{presión} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Area}}$$

Se supone una área circular de contacto = 3.14 e^2.

La fuerza es el peso por llanta del compactador = F.

La presión de contacto es:

$$p_o = \frac{F}{3.14\ e^2}.$$

De donde:

$$e = \sqrt{\frac{F}{3.14\ p_o}}$$

Suponiendo F = 1800 Kg. y p_o = 9 Kg/cm².

$$e = \sqrt{\frac{1800\ \text{Kg.}}{3.14 \times 9}} \doteq 8\ \text{cm.}$$

Recurriendo a los factores de influencia para diferentes profundidades de la teoría de Boussinesq obtenemos:

Profundidad	Factor de Influencia	Presión
e = 8 cm.	$p_1 = 0.6\ p_o$	P_1 = 5.4 Kg/cm²
2e = 16 cm.	$p_2 = 0.3\ p_o$	p_2 = 2.7 Kg/cm²
3e = 24 cm.	$p_3 = 0.15\ p_o$	p_3 = 1.35 Kg/cm²
4e = 32 cm.	$p_4 = 0.09\ p_o$	p_4 = 0.81 Kg/cm²

De lo anterior se concluye que para un material que requiere 2.7 Kg/cm². de presión para ser compactado eficientemente con un compactor de 1800 Kg. de carga por rueda y una presión de contacto de 9 Kg/cm². se puede usar un espesor de capa de 16 cm.

C A P I T U L O VII

SELECCION DE COMPACTADORES

La selección del compactador más adecuado no siempre es sencilla, ya que depende de muchos factores: tipo de suelo, tipo de trabajo, método de movimiento de tierras, compatibilidad con equipo de otras actividades, compactadores disponibles, continuidad de trabajo, al final de este capítulo se da una tabla de selección que se intenta como guía únicamente, pero en la selección final deben hacerse intervenir, cuando menos, los factores mencionados. Es frecuente la combinación de varios equipos que combinen los diferentes efectos de compactación.

Los factores mas importantes que deben tomarse en cuenta para esta selección son:

1) Tipo de Material
2) Tamaño de la Obra
3) Requerimiento especiales.

1) TIPO DE MATERIAL.

Los materiales de granulometría gruesa son los más apropiados para-

compactar por el método dinámico.

Arenas, gravas y piedra triturada son eficientemente compactadas -- con este método.

Para estos tipos de material se usan con éxito los compactadores vibratorios lisos arrastrados ó autopropulsados.

Bases y sub-bases que pueden compactar al 95%, en espesores de 20 a 25 cm. en 3 ó 4 pasadas de un rodillo vibratorio de 4600 Kg. de peso y con una frecuencia de 1500-1800 vibraciones por minuto.

Para la compactación de limos se puede usar el rodillo liso vibratorio en caso de contener un 35 % de arena. El rodillo pata de cabra vibratorio resulta adecuado para la compactación de limos que contengan arcilla.

Para materiales arcillosos o arcilla se usa el rodillo pata de cabra vibratorio ó un rodillo de impacto. Habrá que vigilar la humedad del material, como en cualquiera otro de los métodos, cuando se trate de arcillas.

2) TAMAÑO DE LA OBRA.

Dependiendo del tamaño de la obra y habiendo ya seleccionada el tipo de compactador adecuado para el material por compactar, se puede determinar, el número de compactadores necesarios para cumplir con el plazo estipulado.

3) REQUERIMIENTOS ESPECIALES.

Existen casos en que por requerimientos especiales es necesario decidir por un determinado tipo de compactador. Cuando se exige una superficie determinada ó altos grados de compactación será necesario escoger al compactador adecuado.

Debemos tener en mente que, en la construcción pesada, la inversión en equipo es cuantiosa y que éste se adquiere usualmente fuera del país, -

por lo que es muy importante pesar cuidadosamente todas las posibilidades para poder escoger la máquina más eficiente; esto es, el menor número posible de unidades para un trabajo determinado.

SELECCION DE COMPACTADORES

TIPO DE MATERIAL			RODILLO DE REJA	RODILLO DE IMPACTO	PATA DE CABRA	RODILLO VIBRATORIO	PATA DE CABRA VIBRADOR	RODILLO METALICO	RODILLO NEUMATICO
ACABADOS DE CAMINOS Y BASES Y SUB-BASES		ACABADO DE SUPERFICIES ASFALTICAS						○	○
		BASES ASFALTICAS				○		○	●
		BASES GRANULARES				○		X	○
		SUB-BASES GRANULARES				●		X	○
ROCAS		ROCA CON FINOS	●	○		X			
GRAVAS LIMPIAS	GW	GRAVAS BIEN GRADUADAS, MEZCLAS DE GRAVA Y ARENA CON POCO O NADA DE FINOS	●	○		●			
	GP	GRAVAS MAL GRADUADAS, MEZCLAS DE GRAVA Y ARENA CON POCO O NADA DE FINOS	●	○		●			
GRAVAS CON FINOS	GM	GRAVAS LIMOSAS, MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y LIMO	●	●		●	●		
	GC	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA	○	●		●	○		
ARENAS LIMPIAS	SW	ARENAS BIEN GRADUADAS, ARENA CON GRAVA, CON POCO O NADA DE FINOS	●	○		●			
	SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA CON POCO O NADA DE FINOS	●			●			
ARENAS CON FINOS	SM	ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMOS	○	●		○	○	X	○
	SC	ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y ARCILLA	X	●		○	X	X	○
ARCILLAS Y LIMOS	ML	LIMOS INORGANICOS, POLVO DE ROCA, LIMOS ARENOSOS O ARCILLOSOS LIGERAMENTE PLASTICOS	X	○		○	●	X	○
	CL	ARCILLAS INORGANICAS DE BAJA O MEDIA PLASTICIDAD, ARCILLAS CON GRAVA, ARCILLAS ARENOSAS, ARCILLAS LIMOSAS, ARCILLAS POSPES	X	●	○	X	●	X	●
	OL	LIMOS ORGANICOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD	X	○	○	X	●	X	○
	MH	LIMOS INORGANICOS, LIMOS MICACEOS O DIAFOMACEOS, LIMOS ELASTICOS		●	○	X	●	X	●
	CH	ARCILLAS INORGANICAS DE ALTA PLASTICIDAD, ARCILLAS FRANCAS		○	○	X	●		○
	OH	ARCILLAS ORGANICAS DE MEDIA O ALTA PLASTICIDAD, LIMOS ORGANICOS DE MEDIA PLASTICIDAD		●	○	X	●		○
	Pt	TURBAS Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS							

PRIMERA SELECCION ● SEGUNDA SELECCION O COMBINACION ○ POSIBLE REQUIEREN ESTRICTO CONTROL X

C A P I T U L O VIII

REGLAS A SEGUIR EN CASO DE TENER PROBLEMAS CON LA COMPACTACION

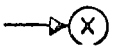
¿ Qué hacer cuando el control nos indica una falla ?

Esta pregunta la vamos a contestar por medio de diagramas lógicos, que siguen a continuación, en los que intenta, en forma general, mostrar un camino lógico para un análisis formal.

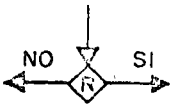
En estos diagramas se usan los siguientes símbolos:

 = Un hecho ó una acción.

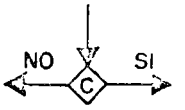
 = Una alternativa.

 = Pasa al punto X

 = El punto X



= ¿ Se resolvió el problema ?



= ¿ Se alcanzó la compactación ?

C A P I T U L O IX

RENDIMIENTO DEL EQUIPO DE COMPACTACION Y COSTO DE LA COMPACTACION

I) RENDIMIENTO DE UN EQUIPO DE COMPACTACION

Para determinar la producción horaria de un equipo de compactación se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

A) Ancho compactado por la máquina = A

B) Velocidad de operación = V

C) Espesor de Capa = E

D) Número de pasadas para obtener la compactación especificada = N

Para calcular la producción se determina primero el área cubierta en una hora con una pasada; dividiendo la cifra así obtenida entre el número de pasadas requeridas para obtener la compactación estipulada, resulta el área compactada de suelo por hora. Multiplicando esta última área por el espesor compactado de capa se obtiene el volumen compactado por hora.

La fórmula puede escribirse:

$$P = \frac{A \times V \times E \times 10 \times C}{N}$$

P = Producción horaria (m^3/h).

A = Ancho compactado por la máquina (m)

V = Velocidad (Km/h)

E = Espesor de capa (cm)

N = Número de pasadas

10 = Factor de conversión

C = Eficiencia (0.6 a 0.8)

La eficiencia (C) afecta la capacidad teórica, reduciéndola por --- traslapes de pasadas paralelas, por tiempo perdido para dar vuelta y otros factores.

Conociendo los factores anteriores para cada equipo compactador, se pueden graficar, para espesor constante, las capacidades de producción como se indica en la gráfica. (Fig. 9.1)

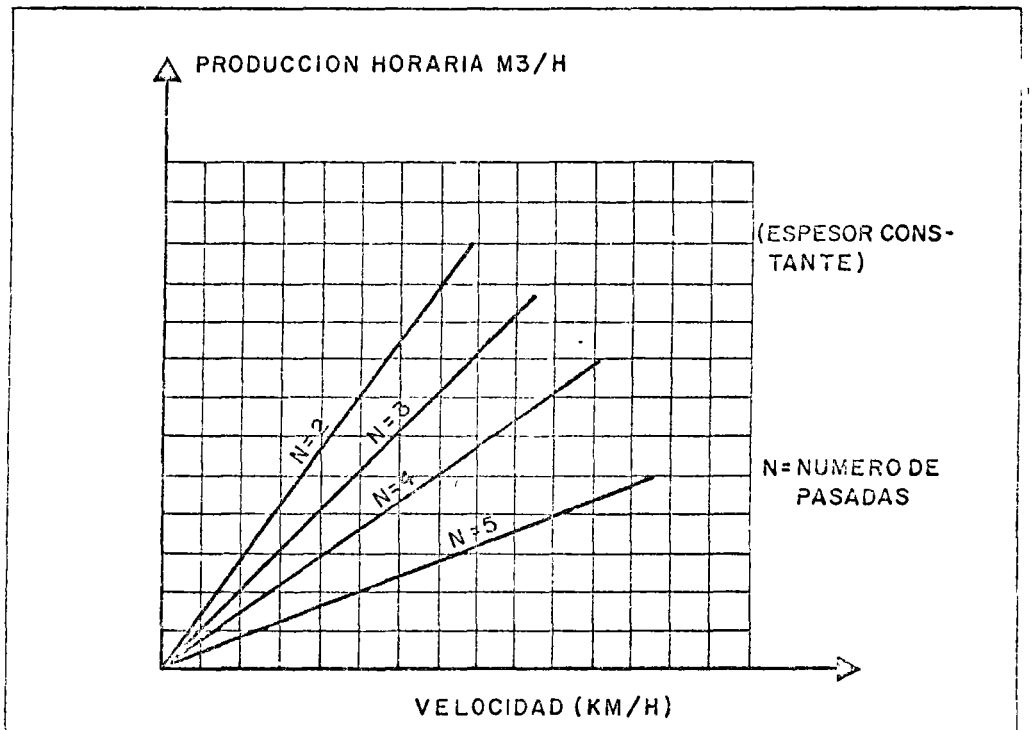


FIG 9.1

2) COSTO DE LA COMPACTACION.

Conociendo la capacidad de producción de un compactador y para conocer el costo del (m^3) compactado es necesario determinar el costo horario del equipo.

Para la determinación del costo horario del equipo de compactacion se siguen los mismos pasos que se siguen para la determinación de cualquier otro costo horario de equipo de construcción.

Es decir se deben obtener:

A) Cargos fijos.

Depreciación

Intereses

Seguros

Almacenaje

Mantenimiento

B) C o n s u m o s

Combustibles

Lubricantes

Llantas

C) O p e r a c i ó n

D) T r a n s p o r t e

Sumando.

A) Cargos fijos

B) Consumos

C) Operación

D) Transporte

COSTO HORARIO

Determinado el costo horario del equipo y conociendo la producción-

del mismo, para un cierto grado de compactación, se puede obtener el costo por (m^3) compactado:

$$\text{Costo por } m^3 = \frac{\text{Costo horario Equipo.}}{\text{Producción Horaria Equipo.}}$$

E J E M P L O: (1)

Se tiene por compactar un material compuesto por 30 % limo y 70 % - arena.

Consideramos que se trata de un material granular y por lo tanto un compactador vibratorio es el indicado.

Se analizarán las siguientes alternativas:

1.- Rodillo liso vibratorio arrastrado por tractor agrícola.
2.- Rodillo sencillo liso vibratorio autopropulsado.
3.- Rodillo doble (tandem) vibratorio autopropulsado.

1.- DETERMINACION DE COSTOS HORARIO .

1.- Rodillo liso arrastrado por tractor agrícola.

PRECIO DE ADQUISICION RODILLO	$	180,000.00
PRECIO DE ADQUISICION TRACTOR	$	140,000.00
	$	320,000.00

Se considera una vida útil del conjunto de 8000 Horas y un valor de rescate de cero.

Cargos fijos	$	102.00
Consumos	$	6.00
Operación	$	12.00
Transporte	$	3.00
	$	123.00/HORA

2.- Rodillo sencillo vibratorio autopropulsado.

PRECIO DE ADQUISICION $ 390,000.00

Se considera también una vida útil de 8000 Horas y un valor de rescate de cero.

Cargos fijos	$ 112.00
Consumos	$ 6.00
Operación	$ 12.00
Transporte	$ 3.00
	$ 133.00/HORA

3.- Rodillo tandem vibratorio autopropulsado.

PRECIO DE ADQUISICION $ 725,000.00

Haremos la misma consideración por lo que respecta a vida útil y valor de rescate que las alternativas anteriores.

Cargos fijos	$ 205.00
Consumos	$ 12.00
Operación	$ 12.00
Transporte	$ 3.00
	$ 232.00/HORA.

II.- DETERMINACION DE PRODUCCIONES HORARIAS.

1.- Rodillo arrastrado por tractor agrícola.

Ancho = 1.50 m.

Velocidad = 4 Km/h.

Espesor = 20 cm.

Número de pasadas = 4 para 95%

Coeficiente de reducción = 0.7

$$P = \frac{1.50 \times 4 \times 20 \times 10 \times 0.7}{4}$$

$P = 210\ m^3/HORA.$

2.- Rodillo autopropulsado.

Ancho = 2.14 m.

Velocidad = 4 Km/h.

Espesor = 20 cm.

Número de pasadas = 4 para 95 %

Coeficiente de reducción = 0.8

(Es de mayor maniobrabilidad y de mayor energía dinámica).

$$P = \frac{2.14 \times 4 \times 20 \times 10 \times 0.8}{4}$$

$P = 342.4\ m^3/HORA$

3.- Rodillo tandem autopropulsado.

Ancho = 1.50 m.

Velocidad = 4 Km./h.

Espesor = 20 cm.

Número de pasadas = 2 (por ser dos rodillos)

Coeficiente de reducción = 0.8

$$P = \frac{1.50 \times 4 \times 20 \times 10 \times 0.8}{2}$$

$P = 480\ M^3/HORA.$

III.- DETERMINACION DE COSTO DE COMPACTACION .

	COSTO HORARIO	PRODUCCION	COSTO x M^3.
Caso 1	$ 123.00/H.	210 M^3/h.	$ 0.59/M^3.
Caso 2	$ 133.00/H.	342.4 M^3/h	$ 0.39/M^3.
Caso 3	$ 232.00/H.	480 M^3/h.	$ 0.48/M^3.

Se hace notar que a pesar de que la diferencia de valor de adquisición entre los casos (1) y (3) es de 126 % aproximadamente, se obtiene un ahorro en el caso (3), del costo de compactación, cercano al 20 %.

Suponiendo que se contara con un compactador de impacto autopropulsado, con costo horario de $ 240.00 y se tratara de compactar el material granular del ejemplo, se obtiene:

Producción Horaria:

Ancho = 1.94 mts.
Velocidad = 9 Km./Hora
Espesor = 20 cm.
Número de pasadas = 8 pasadas (contando sus cuatro rodillos).
Coeficiente de reducción = 0.8

$$\text{Producción} = \frac{1.94 \times 9 \times 20 \times 10 \times 0.8}{8}$$

Producción = 349.2 M^3/H

$$\text{Costo por compactación} = \frac{\$\ 240.00/H.}{349.2\ M^3/H.}$$

Costo = $ 0.69/M^3.

El costo obtenido demuestra una mala selección del equipo, ya que resultó mayor que los obtenidos para rodillos vibratorios.

El caso contrario puede encontrarse cuando con un rodillo vibratorio liso traten de compactarse materiales altamente cohesivos para los cuales el compactador de impacto resultará más ventajoso.

E J E M P L O (2)

MATERIAL POR COMPACTAR: Arena bién graduada.
VOLUMEN POR COMPACTAR: 800 m^3. sueltos/hora.
FACTOR DE REDUCCION AL 95% = 0.85

A) PLANCHA TANDEM.

Ancho rodillos = 2.00 mts.
Velocidad máxima de desplazamiento 7 Km./h.
Número de pasadas para obtener el 95 % de compactación = 10
Espesor compacto de capa = 12 cm.
Costo horario = $ 68.00/h.

B) RODILLO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO

Ancho rodillo = 1.50 mts.
Velocidad máxima de desplazamiento = 4 Km./h.
Número de pasadas para obtener el 95 % de compactación = 3
Espesor compacto de capa = 25 cm.
Costo horario = $ 180.00/hora.

P R E G U N T A S.

1.- ¿ Cuantas planchas tandem son necesarias para compactar 800 m^3. sueltos por hora?.

2.- ¿ Cuantos rodillos vibratorios son necesarios para compactar -- 800 m^3. sueltos por hora ?.

3.- ¿ Cual equipo proporcionará una compactación más económica ?.

Se determinan primero las producciones horarias de los equipos.

A) PLANCHA TANDEM.

$$P = \frac{2.00 \times 7 \times 12 \times 10 \times 0.8}{10}$$

$$P = 134.4 \ M^3/h. \ (\text{compactos})$$

B) RODILLO VIBRATORIO.

$$P = \frac{1.50 \times 4 \times 25 \times 10 \times 0.8}{3}$$

$$P = 400 \ m^3/h. \ (\text{Compactos})$$

Como las producciones se han determinado en forma compacta y el volumen por hora por compactar esta dado en m^3. sueltos, se debe convertir este último también a forma compacta.

Volumen suelto x factor de reducción = Vol compacto.

$$\text{Vol compacto} = 800 \ m^3/h \times 0.85$$
$$= 680 \ m^3/h$$

R E S P U E S T A S:

1.- Se necesitan tantas planchas como:

$$\frac{680 \ m^3/h.}{134.4 \ m^3/h.} = \text{No. de planchas}$$

No. de planchas = 5.06

Se pueden utilizar 5 unidades, pero con utilización óptima que frecuentemente resulta difícil de obtener.

Se recomienda usar 6 unidades.

2.- Los rodillos vibratorios necesarios son:

$$\frac{680 \ m^3/h.}{400 \ m^3/h.} = \text{No. de rodillos}$$

No. de rodillos = 1.7

No. de rodillos = 2

Usando dos rodillos tendremos como factor de seguridad 0.3 de rodillo.

3.- Determinación del costo de compactación:

A) Planchas Tandem.

$$\text{Costo} = \frac{\text{Costo horario}}{\text{Producción}}$$

$$\text{Costo} = \frac{\$\ 68.00/\text{h.}}{134.4\ \text{M}^3/\text{h.}}$$

$$\text{Costo} = \$\ 0.51/\text{m}^3.$$

B) Rodillos Vibratorios.

$$\text{Costo} = \frac{\$\ 180.00/\text{h.}}{400\ \text{m}^3/\text{h.}}$$

$$\text{Costo} = \$\ 0.45/\text{m}^3.$$

E J E M P L O (3)

Una compañía dispone para un trabajo de terracerías, de un rodillo liso vibratorio autopropulsado con las siguientes características:

Ancho del rodillo = 1.50 mts.

Velocidad máxima de desplazamiento = 5 Km./h.

Número de pasadas para obtener el 100 % de compactación = 9.

Espesor compacto de capa = 18 cm.

Costo horario = $ 180.00/h.

El material por compactar es una arcilla limosa y el volumen total es de 900,000 M^3. compactos.

P R E G U N T A.

¿ Se justifica la adquisición de un compactador de impacto con las siguientes características?.

Costo de adquisición $ 850,000.00

Costo horario = $ 230.00/h.

Producción horaria al 100 % de compactación = 230 m^3/h.

Se debe determinar para cada equipo el costo de compactación.

A) Para rodillo vibratorio.

$$\text{Producción} = \frac{1.50 \times 4 \times 18 \times 10 \times 0.8}{9}$$

Producción = 96 m^3/h.

$$\text{Costo compactación} = \frac{\$\ 180.00/h}{96\ m^3/h}$$

Costo compactación = $ 1.88/m^3.

B) Para compactador de impacto.

$$\text{Costo compactación} = \frac{\$\ 230.00/\text{h.}}{230\ \text{m}^3/\text{h.}}$$

$$\text{Costo compactación} = \$\ 1.00/\text{m}^3.$$

Comparando un costo contra el otro, se observa que existe una diferencia de $ 0.88/m³. a favor del compactador de impacto.

Como el volumen por compactar es de 900,000 m³. el ahorro total por compactación es de $ 792,000.00 el cual justifica ampliamente la adqusición del compactador de impacto, que en este caso específico, resultaría el adecuado para el material por tratar.

B I B L I O G R A F I A

1.- CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS.
"COMPACTACION"
Ing. Federico Alcaraz Lozano
Centro de Educación continua Facultad de Ingeniería U.N.A.M. -- 1974.

2.- CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS.
"CONTROL"
Ing. Federico Alcaraz Lozano
Centro de Educación Continua Facultad de Ingeniería U.N.A.M. -- 1974.

3.- CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS.
"EQUIPO DE COMPACTACION"
Ing. Conrado Luer Dorantes
Centro de Educación Continua Facultad de Ingeniería U.N.A.M. -- 1974.

4.- CURSO DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS.
"ELECCION DE EQUIPO"
Ing. Roberto Pasquel Lujan
Centro de Educación Continua Facultad de Ingeniería U.N.A.M. -- 1974.

5.- CURSO DE ESTABILIZACION DE SUELOS.
"RODILLOS VIBRATORIOS"
Industria del Hierro
Museo Tecnológico C.F.E. 1973.

6.- MOVIMIENTO DE TIERRAS.
H.L. Nichols Jr.

7.- BREVE DESCRIPCION DEL EQUIPO USUAL EN CONSTRUCCION.
Sección de Construcción.
Facultad de Ingeniería.

8.- MECANICA DE SUELOS. TOMO I
E. Juárez Badillo
A. Rico R. 1970

9.- MECANICA DE SUELOS EN LA INGENIERIA PRACTICA.
Karl Terzaghi
Ralph B. Peck
1968.

10.- APUNTES DE MECANICA DE SUELOS.
Leonardo Zeevaert
1968.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

Palacio de Minería Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F. Tels: 521-40-23 521-73-35 5123-123

EXPLOTACION DE ROCA:

En la explotación de roca podremos encontrar los siguientes casos importantes:

- *Roca graduada (en la que se piden requerimientos de tamaño).*
  - *Para trituración*
  - *Para enrocamientos etc.*
- *Roca sin graduar (cortes) (en la que no se piden requerimientos de tamaño)*

PROCESOS PRINCIPALES.

- *Extracción*
  - *con arado*
  - *con explosivos*
- *Carga*
  - *En distancias cortas para alimentar otra máquina (Quebradora).*
  - *En distancias largas para pedraplen.*
- *Acarreo*
  - *a corta distancia*
    - *Para alimentar otra máquina (Quebradora).*
    - *Para formar un pedraplén.*
  - *a distancia.*

###

EXTRACCION.

La extracción consiste en separar un fragmento de roca de un banco ó corte, reducido al tamaño adecuado para el uso a que se destine.

Para trituración →	El tamaño limitado por la abertura de la quebradora primaria.
Para enrocamientos. →	El tamaño limitado por proyecto, especificaciones y por el equipo de cargas y acarreo.
Para corte y pedraplén. →	El tamaño limitado por el equipo de carga y acarreo, ó por la capacidad de los tractores.

El proceso de extracción con arado ya fué visto anteriormente en este curso, nos limitaremos a la extracción con explosivos.

EXPLOSIVOS.

DEFINICION.

Por explosivos se entienden aquellas substancias de poca estabilidad química, que son capaces al incendiarse ó detonar de producir una gran cantidad de energía, la que producirá una explosión. Si esta está confinada se aprovecha para separar la roca del banco (tronada)

RESEÑA HISTORICA.

Desde la aparición del hombre en la tierra, hasta el siglo XIV, éste no conocía otra detonación que no fuera la del rayo y otros fenóme--

###

nos telúricos. Nunca pensaron nuestros antepasados que una subs-- tancia aparentemente inofensiva llegara a ocasionar explosiones tan destructoras como las que en la actualidad son capaces de destruír a la humanidad.

En Europa, entre los años 1200 y 1300, se conoció la pólvora negra, la más antigua de las substancias explosivas, que consistía en una - mezcla de salitre, carbón de leña y azufre. Probablemente su in-- ventor fué el monje Bertoldo Schwarz a quien también se le debe su aplicación en las armas de fuego.

La pólvora negra sólo se utilizó para fines bélicos en un principio, y no fué sino hasta el siglo XVII cuando se probó en Alemania e Inglaterra para demoler piedras. Cuando los resultados que se obtuvieron fueron satisfactorios, se abandonaron los viejos métodos mineros, - generalizándose el trabajo con barrenos en la construcción de túneles y caminos. La operación de dar fuego a los barrenos se consideró - siempre peligrosa, ya que hasta el año de 1831 se conoció la mecha lenta.

Cinco siglos después de descubierta la pólvora negra, el químico francés Berthollet (1788) la modificó, sustituyendo el salitre por clorato - potásico, transformándola, así, en un explosivo más potente. En ese mismo año Berthollet presentó la plata negra como una de las subs-- tancias más peligrosas. El alquimista inglés Howard (1799) obtuvó el fulminato de mercurio, el cual hace explosión por medio de llama ó de percusión, constituyendo un verdadero detonante.

###

Aunque los descubrimientos de la nitroglicerina y el algodón pólvora por los químicos Sobrero y Schonbein influyeron notablemente en el campo de los explosivos, el que abrió nuevos horizontes en esta Industria, fué el sabio sueco ALFREDO NOBEL (1833-1896) que logró hacer manejable la peligrosa nitroglicerina, transformándola en un - explosivo de trabajo, al que llamó DINAMITA, la cual no es otra cosa que el 75% de nitroglicerina absorvida en 25% de tierra de infusorios (una tierra de diatomeas muy porosa). A Nobel se le debe, también, la gelativa explosiva, así como la introducción del ya olvidado fulminato de mercurio, que fabricó a manera de cebo para provocar con - seguridad la explosión de la dinamita, del algodón pólvora y de otros explosivos.

Los suecos Ahlsson y Norrbin obtuvieron los explosivos de nitrato de amónico, precursores de los explosivos de seguridad. Turpin dió a conocer el ácido pícrico. Esto, así como la salida al mercado de la pólvora sin humo, la laminar, etc., inició la erección de fábricas de pólvoras y explosivos en todo el mundo, dando así principio a una nueva era en la que se ha tratado de sacer el mayor provecho a estas substancias. Empresas muy poderosas se han dedicado al estudio y los resultados obtenidos son los máximos adelantos en esta materia. Queda al constructor sacar el mayor partido de los explosivos industriales y así cooperar al constante adelanto de los procedimientos de construc-- ción, ya que estos son una expresión objetiva de la evolución constante de la humanidad.

###

PROPIEDADES.

a) Fuerza.

Por fuerza se entiende la energía ó potencia del explosivo; energía que a su vez determina el empuje ó fuerza que desarrolla y, por consiguiente, el trabajo que es capaz de hacer. Las dinamitas nitroglicerinas se clasifican según la proporción de nitroglicerina por peso que contienen. La dinamita nitroglicerina de 40% de fuerza, por ejemplo, contiene realmente 40% de nitroglicerina. La fuerza de acción de este tipo de explosivo se toma como base para la clasificación de todas las demás dinamitas. Así pues, la fuerza de cualquier otra dinamita, expresada en tanto por ciento, indica que esta revienta con tanta potencia como otra alaca equivalente de dinamita nitroglicerina en igualdad de peso.

Pocas son las personas entre las que usan dinamitas que entienden bien la energía relativa de las dinamitas de diferentes porcentajes de fuerza. Suele creerse que la energía verdadera desarrollada por estas distintas fuerzas guarda proporción directa con los porcentajes marcados. Se cree, por ejemplo, que la dinamita de 40% es dos veces más fuerte que la de 20%.

La inexactitud de esta creencia ha sido demostrada por cuidadosas pruebas de laboratorio, cuyos resultados se indican en la tabla siguiente que muestra el número de cartuchos de determinada fuerza necesaria para igualar un cartucho de diferente fuerza y de la misma densidad.

###

TABLA I

Un cartucho	60%	50%	45%	40%	35%	30%	25%	20%	15%
60%	1.00	1.12	1.20	1.28	1.38	1.50	1.63	1.80	2.08
50%	0.89	1.00	1.07	1.14	1.23	1.34	1.45	1.60	1.85
45%	0.83	0.93	1.00	1.07	1.15	1.25	1.36	1.50	1.73
40%	0.78	0.87	0.94	1.00	1.08	1.17	1.27	1.40	1.53
35%	0.72	0.81	0.87	0.93	1.00	1.09	1.18	1.30	1.50
30%	0.67	0.75	0.80	0.85	0.92	1.00	1.09	1.20	1.38
25%	0.61	0.69	0.74	0.78	0.85	0.92	1.00	1.10	1.27
20%	0.55	0.62	0.67	0.71	0.77	0.83	0.90	1.00	1.15
15%	0.48	0.54	0.58	0.61	0.76	0.72	0.78	0.86	1.00

Tabla que muestra el número de cartuchos de determinada fuerza necesaria para igualar un cartucho de diferentes fuerzas.

b) Velocidad.

Es la rapidez expresada en metros por segundo con que se propaga la onda de detonación a lo largo de una columna de explosivos.

Algunos explosivos violentos detonan mucho más rapidamente que otros. Cuando mayor es la rapidez de explosión mayor suele ser el efecto de quebramiento. Como este efecto depende también hasta cierto punto de la fuerza y de la densidad, deben tomarse en cuenta estas tres propiedades al escoger el explosivo adecuado para un fin determinado.

c) Resistencia al agua.

Los explosivos violentos difieren mucho entre sí por lo que toca a la resistencia al agua. En zonas secas esto no tiene mucho importancia, pero cuando existe mucha agua es preciso emplear un explosivo resistente al agua.

###

d) Densidad.

La densidad de una dinamita se expresa en forma del número de cartuchos de 1 ¼" x 8" (3.175 x 20.32cm.) que contiene una caja de 25Kg. la diferencia de densidad tiene por objeto facilitar la tarea de con-- centrar ó distribuir las cargas de la manera deseada.

e) Inflamabilidad.

Se refiere a la facilidad con que arde un materia. En el caso de las dinamitas, varia desde alguna que se incendian con facilidad y se -- queman violentamente, a otras que no sufren combustión a no ser - que se les aplique directa y continuamente alguna flama exterior.

f) Emanaciones.

Los gases que se originan con la explosión de dinamita son principalmente bióxido de carbono, nitrógeno y vapor de agua, los cuales no son tóxicos en el sentido general de la palabra. Además de éstos, se forman ó pueden formarse emanaciones venenosas como el monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno. En la industria de explosivos estas emanaciones se conocen con el nombre de "gases". Tanto la naturaleza como la cantidad de gases venenosos varían en los diferentes tipos y clases de dinamitas.

g) Selección.

Para seleccionar el explosivo adecuado se anexa la siguiente table - con propiedades y uso de los explosivos.

###

TABLA II

TIPO	*ACENTE EXPLOSIVO*	*FUERZA*	*VELOCIDAD*	*RESISTENCIA AL AGUA*	*EMANACION*	*U S O*
Dinamita Nitrogliceri na.	*Nitroglicerina*	-	*Alta*	*Buena*	*Exceso de gases.*	*Trabajos a cielo abier*
Extra	*Nitroglicerina y amoniaco*	*20 a 60%*	*Alta*	*Regular*	*Exceso de gases.*	*Trabajos a cielo abier*
Granulada	*Amoniaco*	*25 a 65%*	*Baja*	*Muy mala*	*Exceso de gases.*	*Trabajos a cielo abier (canteras)*
Gelatina	*Amoniaco*	*30 a 75%*	*Muy alta*	*Buena a exce lente.*	*Muy pocos gases a nulos*	*Sismologia. Trabajos su marinos y terráneos.*
Permitidos	?	-	*Alta*	*Regular*	*Muy pocos gases.*	*Trabajos neros (carb*
Baja densidad	*Amoniaco*	*25%*	*Regular*	*Ninguna*	*Pocos gases*	*Trabajos m neros.*
Nitrato de Amonio	*Amoniaco*	-	*Regular*	*Ninguna*	*Exceso de gases*	*Trabajos a lo abierto.*

Selección y Propiedades de los Explosivos más comunes en construcción.

ACCESORIOS PARA VOLADURAS.

Los accesorios para voladuras son los productos ó dispositivos empleados para ceber cargas explosivas, suministrar ó transmitir una llama que inicie una explosión, ó llevar una onda detonadora de un punto a otro ó de una carga explosiva a otra.

INICIADORES.

a) Mecha para minas.

La mecha para minas consiste en un núcleo de pólvora negra especial, envuelto con varias cubiertas de hilazas ó cintas y sustancias impermeabilizantes. Su objeto de hacer estallar al fulminante, por lo tanto debe arder en una forma contínua y uniforme. La velocidad de ignición oscila entre 125 y 131 segundos por metro.

b) Ignitacord.

Es un artefacto para encender mecha. Tiene la apariencia de un cable de diámetro muy pequeño y arde progresivamente con una flama exterior corta y muy caliente que permite encender una serie de mechas en "rotación", con la ventaja de que el tiempo necesario para que una persona inicie el encendido de la serie, es el mismo que se necesitará para encender una sola mecha.

Se surte en tres velocidades de combustión: De 26 a 33 segundos por metro; de 52 a 65 segundos por metro y de 13 a 16 segundos por metro.

###

DETONADORES.

a) Fulminantes.

Los fulminantes son tubos ó casquillos cerrados en un extremo y que contienen una carga de explosivos de gran sensibilidad. Están hechos para detonar con las chispas del tren de fuego de la mecha para mi-- nas.

b) Estopines eléctricos.

Los estopines eléctricos, son fulminantes elaborados de tal manera que pueden hacerse detonar con corriente eléctrica. Con ellos pueden inciarse simultáneamente varias cargas de explosivos de gran potencia. Los estopines eléctricos tienen una carga básica de un explosivo de alta velocidad, una carga como cebo y una carga de ignición suelta ó de tipo píldora.

El dispositivo para la detonación con electricidad consiste en dos --- alambres con aislamiento de plástico, con un tapón de hule que mantiene los alambres en su lugar y un puente de alambre anticorrosivo de diámetro pequeño, que une las terminales de los alambres debajo del tapón. Cuando se aplica la corriente eléctrica el puente se pone incandescente y detona el estopín.

c) Estopines eléctricos tipo instantáneo.

Los estopines eléctricos instantáneos tienen casquillos de aluminio de 1 1/8" de largo; estos son los detonadores para usos comunes. Un alambre lleva aislamiento color rojo y el otro amarillo, estos dos colores distintos son de gran ayuda al hacer las conexiones.

###

d) Estopines eléctricos de tiempo.

Los estopines eléctricos de tiempo son semejantes a los estopines - eléctricos instantáneos, con la diferencia que llevan un elemento de retardo colocado entre el puente de alambre y las cargas de detonación.

Existen dos tipos diferentes de estopines eléctricos de tiempo, los - regulares Mark V y los estopines eléctricos de tiempo "MS". La diferencia estriba, particularmente en la duración del intervalo de retardo entre períodos consecutivos de la serie.

e) Estopines eléctricos de tiempo regulares Mark V.

La nueva serie de estopines eléctricos de tiempo regulares, ha sido fabricada para disparar con un intervalo definido entre el estopín -- más lento de cualquier período y el más rápido del siguiente período. Estas nuevas series aseguran un intervalo positivo de tiempo - entre períodos y a través de toda la serie de tiempos. Comprenden 10 períodos de retardo, los tiempos de detonación de los estopines - Mark V después de aplicar la corriente, para el primer período es de 25 MS y para el décimo período 9.6 segundos.

f) Estopines eléctricos de tiempo "MS".

Los estopines eléctricos de tiempo con retardo de milésimos de segundo difieren de los estopines de tiempo ordinario en que los intervalos de retardo son muy cortos. Su elemento de retardo es diferente al de los estopines de tiempo ordinarios. Se surten en 10 períodos

###

cuyos números indican el tiempo que tarda el disparo en producirse, en milésimos de segundo a saber: MS - 25, MS - 50, MS - 100, -- MS - 150, MS - 200, MS - 300, MS - 400, MS - 600, MS - 800, MS - 1000.

MECHAS DETONANTES.

a) Primacord.

Este producto es un cordón detonante que contiene un núcleo de te-- tranitrato de pentaeritritol (Niperita) dentro de una envoltura imper- meable reforzada con cubiertas que la protegen. Tiene una velocidad de detonación muy alta de 6,400 metros por segundo. La fuerza con que estalla es suficiente para hacer detonar los explosivos violentos continuos dentro de un barreno, de modo que si se conecta al primer cartucho que se coloque en el barreno, actúa como un agente inicia-- dor a todo lo largo de la carga explosiva.

El "primacord" se usa principalmente para disparos múltiples de ba- rrenos grandes en la superficie ya sean verticales y horizontales. Es ilimitado el número de barrenos que pueden dispararse en esta forma.

PINZAS CORRUGADORAS DE FULMINANTES.

Hay dos tipos de pinzas: Las de mano y las máquinas corrugadoras. Las pinzas de mano dan un servicios satisfactorio en las operaciones donde el número de fulminantes que va a fijarse a los tramos de me- cha es relativamente pequeño. En cambio la máquina se recomienda para operaciones donde diariamente se fija una gran cantidad de ful- minantes y donde hay puestos centrales para hacer ese trabajo de fi-

###

jación.

MAQUINAS EXPLOSORAS.

Estas máquinas suministran la corriente necesaria para disparos -- eléctricos. Hay dos tipos de Máquinas Explosoras. El tipo "Descarga de Condensador" y el tipo "Generador".

DESCARGA DE CONDENSADOR.

Utiliza pilas secas para la carga de un banco de condensadores que - ya así pueden proporcionar una corriente directa y de corta duración a los dispositivos de disparo eléctrico. Están provistas de cajas metálicas resistentes al agua. Se caracterizan por:

1. *- Una capacidad extremadamente alta, en comparación con su peso y tamaño.*
2. *- La ausencia de partes dotadas de movimiento.*
3. *- La eliminación del factor humano que interviene en las máquinas de tipo mecánico.*
4. *- Una luz piloto, y*
5. *- Un sistema de alambres e interruptores que reúne importantes características de seguridad.*

GENERADOR.

Su principio se basa en un generador modificado que proporciona una corriente directa pulsativa. Estás máquinas son de tipo llamado "de vuelta" ó también "Cremallera". Están diseñadas de tal manera que no fluye de ellas corriente alguna hasta que se dé todo el movimiento

###

necesario a la manivela de Vuelta ó de Cremallera; es entonces cuando la corriente va a dar a las líneas de disparo en casi todo su amperaje y voltaje.

INSTRUMENTOS DE PRUEBA.

a) Galvanómetro para voladuras.

Este instrumento tiene una pila especial de cloruro de plata que proporciona la corriente necesaria para mover una manecilla en una escala graduada. La pila y las partes mecánicas están encerradas en una caja de pasta la cual está provista de dos bornes de contacto. Sirve para probar los estopines eléctricos individuales y también para determinar si un circuito de voladura está cerrado ó no y si está en condiciones para el disparo; además sirve para localizar los alambres rotos, las conexiones defectuosas y los cortos circuitos, así como para medir la resistencia aproximada de un circuito.

b) Volliohmetro para voladuras.

Este instrumento es una combinación del voltímetro y del óhmetro, que sirve para descubrir la presencia de corrientes extrañas, para la lectura de voltaje de las líneas y para medir la resistencia de los circuitos de voladura.

c) Reostato.

Este instrumento se usa para probar la eficiencia de las máquinas explosoras de cremallera.

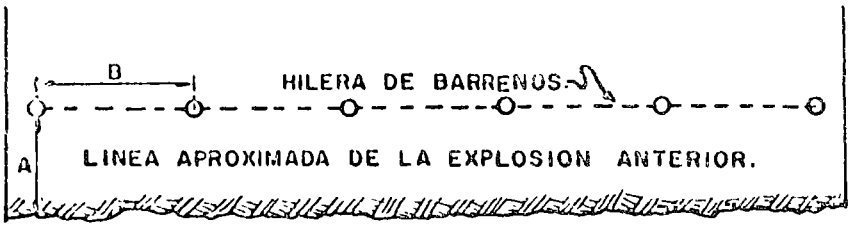
###

VOLADURAS.

Para una buena voladura no basta seleccionar correctamente el explosivo, ya que es necesario conocer también el método de aplicación más indicado para cada clase de trabajo, obteniéndose con ello una máxima eficiencia, la cual se traduce en menor costo de la obra. Usualmente los resultados óptimos en voladuras se adquieren a través de la experiencia.

Un corte puede atacarse tronando parte de él, como si se tratara de una cantera de frente angosto, disparando varias hileras de barrenos al mismo tiempo (Fig. 1). Para este caso la profundidad P debe exceder, aproximadamente, 30 centímetros, y tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

$$\begin{array}{rrcl} \textit{Si} & P & < & 3.00 \text{ metros} \\ \textit{Entonces} & A & < & P \\ & B & > & P \\ & B & > & 3.00 \text{ metros.} \end{array}$$



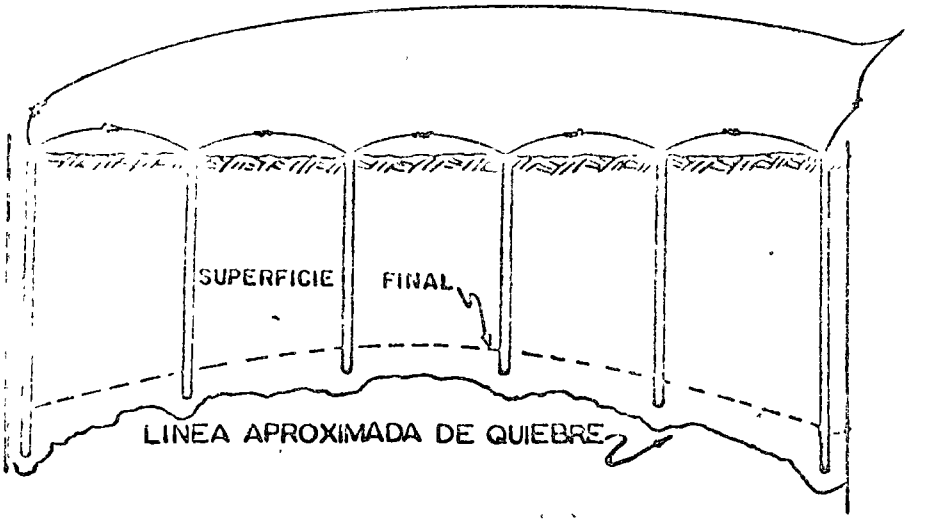


Figura 1

Para barrenación corta es recomendable los barrenos de $1\frac{1}{2}''$ (3.81 - cm) de diámetro en donde el pueble no debe pasar de la mitad del barreno. El consumo de dinamita gelatina 40% en este tipo de barrenación es de 0.5 a 0.6 Kg/m3 de roca.

En la construcción de terracerías en laderas deberá utilizarse los - escombros ó rezagas del corte para completar la cama deseada, como se indica en la Fig. 2. Tanto en este caso como en los otros es recomendable efectuar una sola tronada del corte utilizando el sistema Mark V ó de los milisegundos, pues con él se obtiene una mejor fragmentación.

###

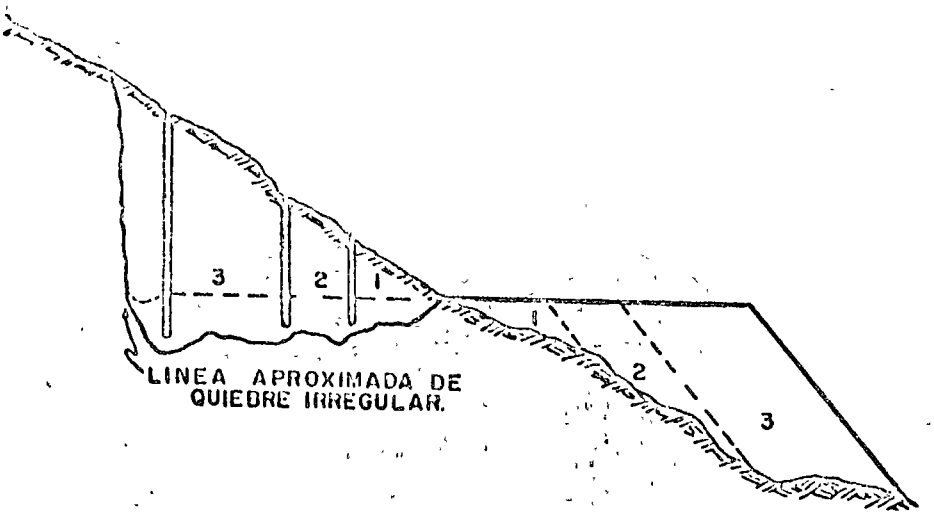


Figura 2.

control de proyección, menor vibración y, con ello, mayor seguridad. Los resultados con el sistema Mark V son sorprendentes; con la práctica puede dominarse una voladura. Los siguientes ejemplos ilustrân lo anterior.

Método para reducir la vibración:

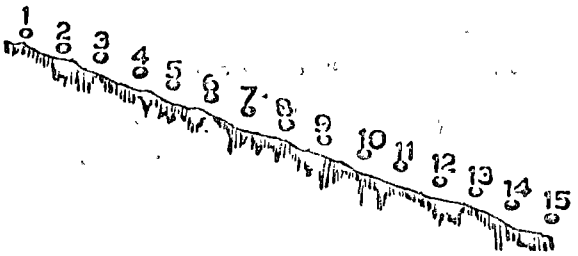


Figura 3.

###

Método para evitar la proyección excesiva:

Figura 4.

Método para dar mayor fragmentación, pero con máxima proyección.

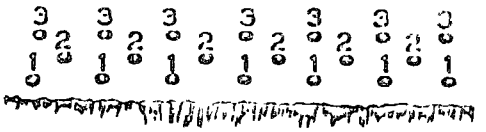


Figura 5.

Para disminuir la proyección es recomendable el siguiente método:

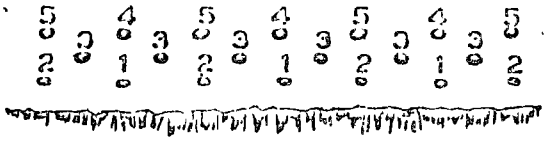


Figura 6.

En la explotación de canteras, cuando los frentes no son muy altos (menores de 10 metros), se utilizan los métodos de las figuras 3, 4, 5 y 6 antes expuesto.

Para bancos comprendidos entre 8 y 15 metros de altura es reco--

###

mendable disparar de 2 a 5 hileras de pozos simultáneamente con el objeto de desprender suficiente material y aumentar la fragmentación.

> *Es importante hacer notar que todas las cifras anotadas son aproximadas y se intentan solamente como una guía general, y como una base para comenzar a hacer pruebas en cada caso especial.*

CONSUMO DE EXPLOSIVOS.

Este debe determinarse en cada caso por medio de pruebas.

Para facilitar las pruebas se parte de las siguientes reglas:

1) La carga por metro cúbico de roca fragmentada, será la misma, independientemente del tamaño de la prueba.

2) La carga específica necesaria para una voladura es alrededor de 0.4 kgm3.

3) La carga del fondo del barreno debe ser 2.7 veces mayor que la carga de la columna

###

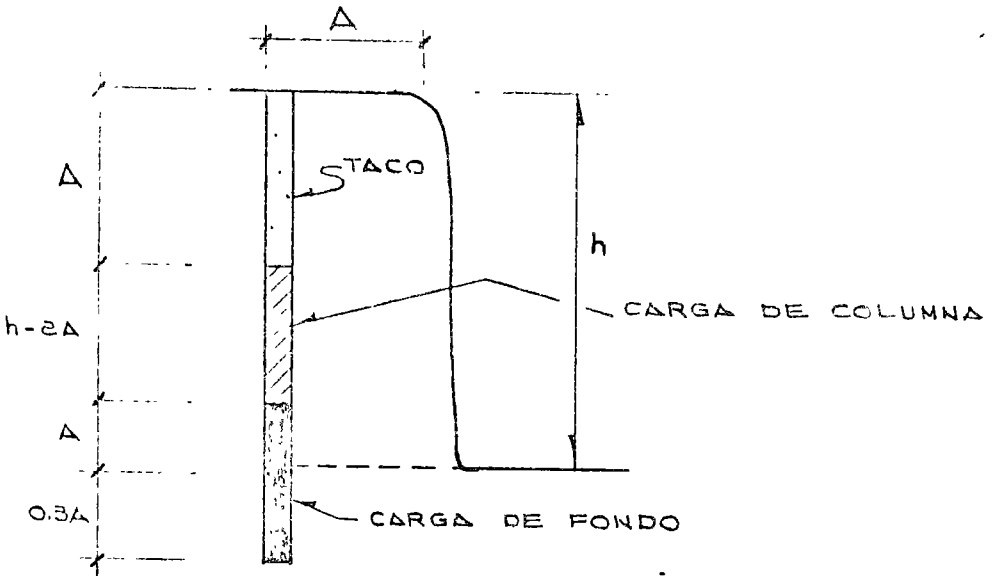


Figura 7.

y se distribuirá de acuerdo con la figura 7.

4) Un buen procedimiento para hacer pruebas consistente en volar -- barrenos de 0.50 m. de profundidad y 0.50 m. de pata. Se repite varias veces el procedimiento, aumentando la carga hasta que sea suficientemente grande para fracturar la pata.

Si el centro de gravedad de la roca es lanzado hacia el frente de - 0 a 1m. se dice que la carga es la correcta. Lanzamientos mayores de la roca, a 2, 4, 6 y 8ms, indican excesos de carga de 10, - 20, 30 y 40% respectivamente.

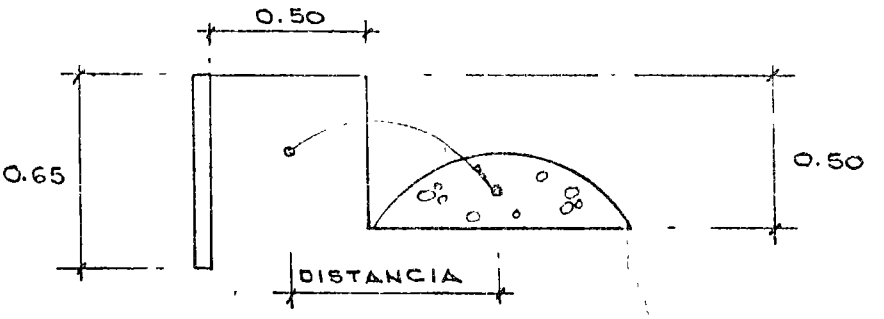


Figura 8.

Con esta carga se hacen pruebas un poco más grandes (5m. de profundidad),

5) *La separación entre barrenos es aproximadamente 1.3 A.*

6) *La pata depende de la carga por metro que se pueda concentrar en el fondo y de la altura de la carga.*

La altura de la carga, a su vez, depende del diámetro del barreno.

7) *La relación entre el tamaño de la pata y el diámetro del barreno (d), está dada por:*

$$A = 40\,d.$$

8) *La relación del diámetro a la altura del banco es de 0.005 a 0.0125.*

9) *Para voladuras de filas múltiples, conviene reducir la distancia entre barrenos, después del frontal según:*

$$A_1 = A - 0.05\,h.$$

10) *El consumo específico para barrenos múltiples es 20% menos que el de un solo barreno.*

11) *El peso volumétrico de la dinamita extra 40% ó gelatina 60% es de 1.0 a 1.4 kg/dm3.*

VOLADURAS CONTROLADAS.

Los consumidores de explosivos han buscado y ensayado muchas maneras para reducir el exceso de rompimiento ó sobreexcavación de las voladuras. Por razones de seguridad, el rompimiento excesivo es inconveniente tratándose de taludes, bancos, frentes ó pendientes inestables y es también económicamente inconveniente cuando la ex-

cavación excede la "línea de pago" (implica concreto extra y los taludes fracturados requieren un mantenimiento costoso)

En voladuras controladas se utilizan varios métodos para reducir el exceso de rompimiento; sin embargo, todas tienen un objetivo común; Disminuir y distribuir mejor las cargas explosivas para reducir al mínimo los esfuerzos y la fractura de la roca más allá de la línea misma de excavación.

Por muchos años la barrenación en Línea fué el único procedimiento utilizado para controlar el rompimiento excesivo. La Barrenación en Línea ó de límite simplemente consiste de una serie de barrenos en línea, vacíos, a corta distancia unos de otros y a lo largo de la línea misma de excavación, proporcionando así un plano de debilidad que la voladura puede romper con facilidad.

Estos procedimientos difieren del principio de la Barrenación en Línea, asencialmente, en que algunos ó todos los barrenos se disparan con cargas explosivas relativamente pequeñas y debidamente distribuidas. La detonación de estas pequeñas cargas tiende a fracturar la roca entre los barrenos y permite mayores espaciamientos que en el caso de la Barrenación en Línea. Por lo tanto, los costos de barrenación se reducen y en muchos casos se logra un mejor control del exceso de rompimiento.

BARRENACION EN LINEA, DE LIMITE O DE COSTURA.

Principio.

La Voladura con Barrenación en Línea involucra una sola hilera de

###

barrenos de diámetro pequeño, poco espaciados, sin cargar y a lo largo de la línea misma de excavación. Esto proporciona un plano de menor resistencia, que la voladura primaria pueda romper con mayor facilidad. También origina que parte de las ondas de choque creadas por la voladura sean reflejadas, lo que reduce la trituración y las tensiones en la pared terminada.

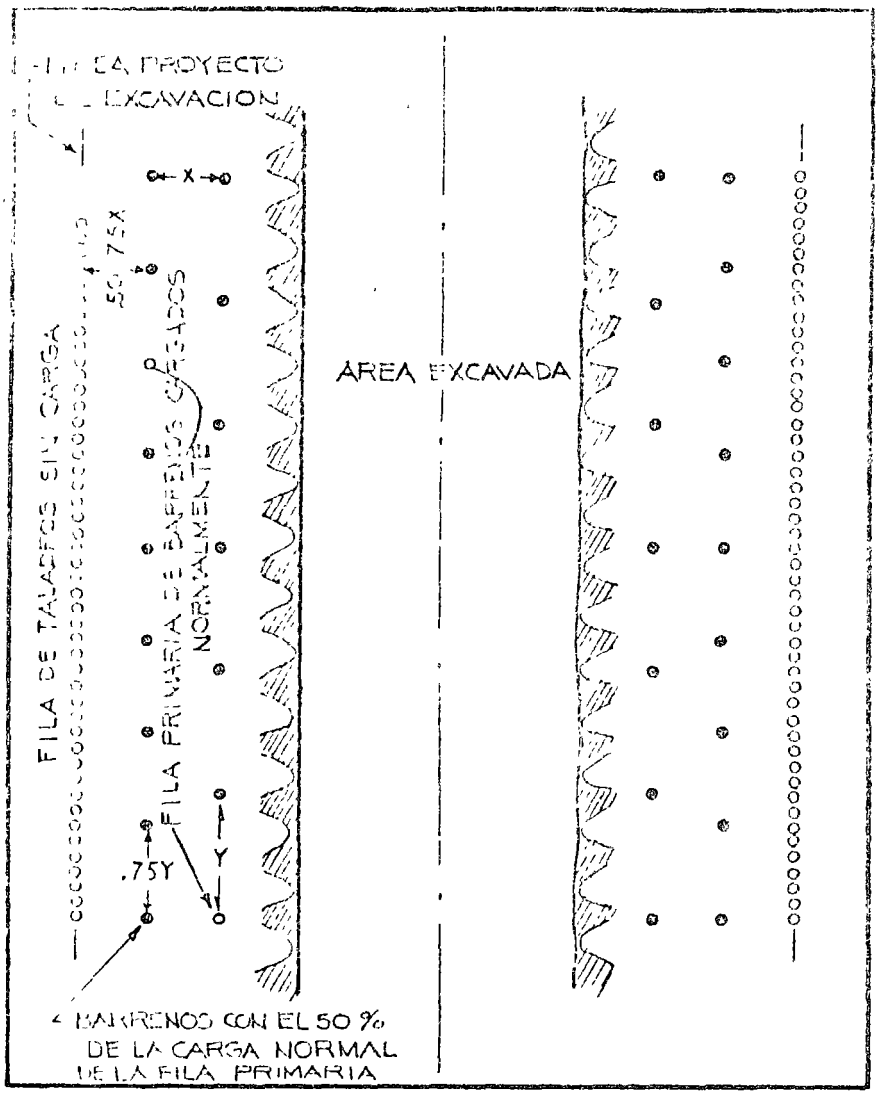
Aplicación.

Las perforaciones de la Barrenación en Línea generalmente son de 2" a 3" de diámetro y se separan de 2 ó 4 veces de su diámetro a lo largo de la línea de excavación. Los barrenos mayores de 3" se usan poco con este sistema pues los altos costos de barrenación no pueden compensarse suficientemente con mayores espaciamientos.

La profundidad de los barrenos depende de su buena alineación. Para obtener buenos resultados, los barrenos deben quedar en el mismo plano. Cualquier desviación en ellos, al tratar de barrenar más profundamente, tendrá un efecto desfavorable en los resultados. Para barrenos de 2" a 3" de diámetro las profundidades mayores a 9 metros son raramente satisfactorias.

a continuación la figura No. 8A

###



Plantilla Típica del Procedimiento de Barrenación en línea.

Figura 8 A

Los barrenos de la voladura directamente adyacentes a los de la -- Barrenación en Línea, se cargan generalmente con menos explosivos y también a menor espaciamiento que los otros barrenos. La - distancia entre las perforaciones de la Barrenación en Línea y los más próximos, cargados, es usualmente del 50 al 75% de la pata -- usual.

Los mejores resultados con la Barrenación en Línea se obtienen en formaciones homogéneas en donde los planos de estratificación, jun

###

tas y hendeduras son mínimas.

Trabajos subterráneos. - La aplicación de la teoría básica del sistema de Barrenado en Línea, esto es, utilizando solamente barrenos vacíos, es muy limitada en trabajos subterráneos. Generalmente se usan barrenaciones cerradas, pero siempre cargadas aunque ligeramente. A este procedimiento hemos preferido llamarle Voladura Perfilada y será descrita posteriormente.

VOLADURAS AMORTIGUADAS.

PRINCIPIO

La Voladura Amortiguada a veces denominada como voladura para recortar, lajear ó desbastar, se introdujo en el Canadá hace varios años. Al igual que la Barrenación en Línea, la Voladura Amortiguada implica una sola fila de barrenos a lo largo de la línea proyecto de excavación.

Las cargas para las voladuras amortiguadas deben ser pequeñas, bien distribuidas, perfectamente retacadas y se harán explotar después de que la excavación principal ha sido despejada. Al ser volada la pala, el taco amortigua la vibración dirigida hacia la pared terminada, reduciendo así al mínimo la fractura y las tensiones en esta pared. Disparando los barrenos de amortiguamiento a pequeños intervalos, la detonación tiende a cortar la roca entre ellos dejando una superficie uniforme y con un mínimo de sobreexcavación.

Obviamente, a mayor diámetro de barreno, se obtiene mayor amortiguamiento.

TABLA III

CARGAS Y PLANTILLAS PROPUESTAS PARA VOLADURAS AMORTIGUADAS.

DIAMETRO DEL BARRENO EN PULGADAS	ESPACIAMIENTO EN (1) PIES	BERMA EN PIES (1)	CARGA EXPLOSIVA EN LIBRAS/PIE (1)
2 - 2 $\frac{1}{2}$	3	4	0.08 - 0.25
3 - 3 $\frac{1}{2}$	4	5	0.13 - 0.50
4 - 4 $\frac{1}{2}$	5	6	0.75 - 0.75
5 - 5 $\frac{1}{2}$	6	7	0.75 - 1.00
6 - 6 $\frac{1}{2}$	7	9	1.00 - 1.59

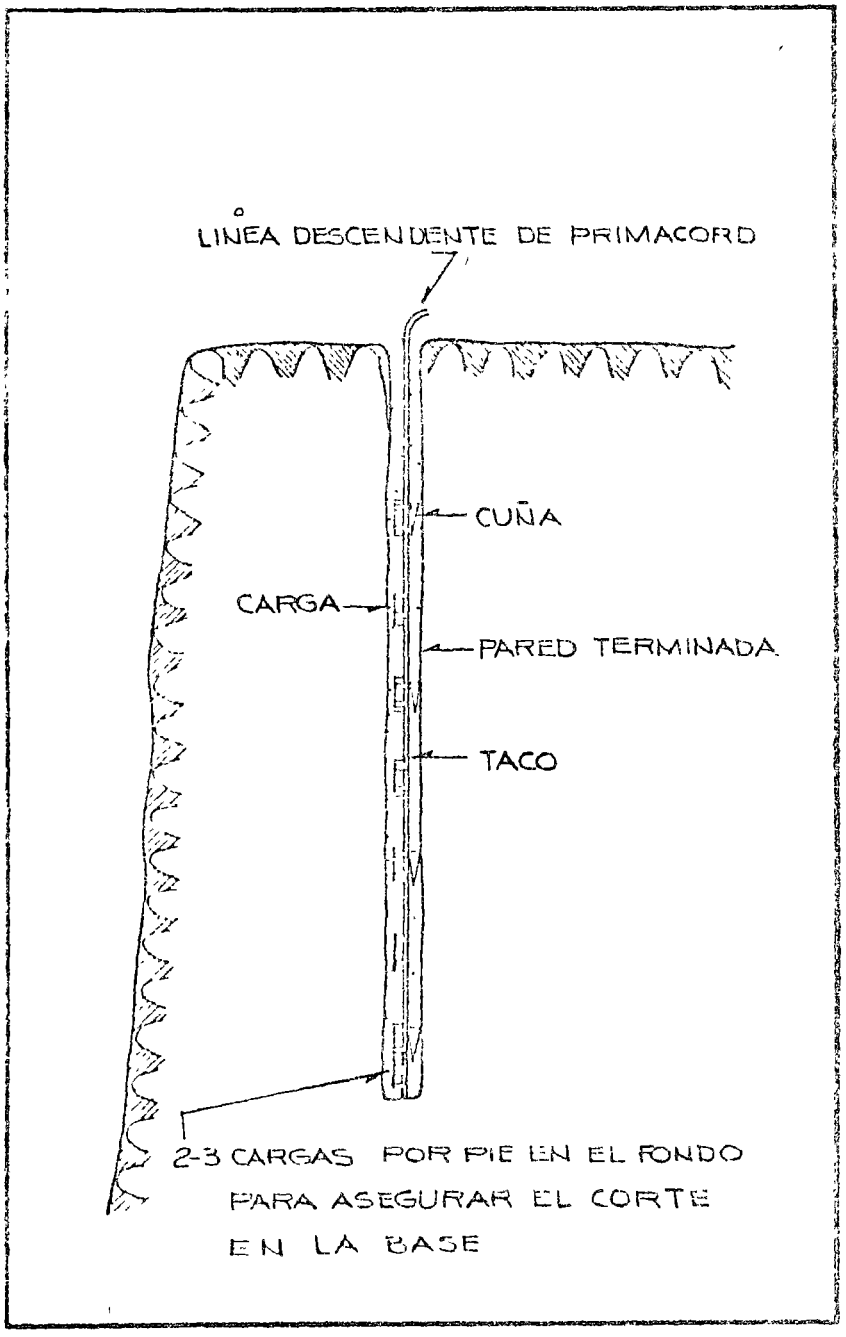
(1). - Dependen de la naturaleza de la roca. Las cifras anotadas son promedios.

(2). - El diámetro del cartucho deberá ser igual ó menor que la mitad del diámetro del barreno.

Trabajos a cielo abierto. - *El banco ó perma y el espaciamiento -- variarán de acuerdo con el diámetro de los barrenos que se hagan. - La Tabla III muestra una guía de patrones y cargas para diferentes diámetros de barrenos. Nótese que los números mostrados cubren un campo promedio debido a las variaciones que resultan del tipo - de formación por volarse. Con este procedimiento los barrenos se cargan con cartuchos enteros ó fraccionados atados a líneas de Primacord a manera de rosario, usándose generalmente cartuchos de - 1 $\frac{1}{2}$" de diámetro por 8" de largo y colocándose a 1 ó 2 pies de separación.*

Para efectos de un amortiguamiento máximo las cargas deben colo-- carse dentro del barreno tan próximas como sea posible a la pared correspondiente al lado de la excavación. (Ver figura 9).

Figura 9



COLOCACION DE LAS CARGAS DE EXPLOSIVO PARA VOLADURAS AMORTIGUADAS.

El retardo mínimo entre la explosión de los barrenos amortiguadores proporciona la mejor acción de corte entre barreno y barreno; por lo tanto, normalmente se emplean líneas troncales de Primacord. En donde el ruido y la vibración resulten críticos, se pueden obtener buenos resultados con estopines de retardo MS.

La profundidad máxima que puede volarse con éxito por este método, depende de la precisión del alineamiento de los barrenos. Con barrenos de diámetros mayores puede mantenerse un mejor alineamiento a mayor profundidad. Las desviaciones de más de 6" del plano de los barrenos dan generalmente malos resultados. Se han hecho voladuras con éxito usando barrenos de amortiguamiento hasta de 90 pies de profundidad.

Cuando se realizan voladuras por amortiguamiento en áreas curvas ó en esquinas, se requiere menores espaciamientos que cuando vuela una sección recta. Pueden también utilizarse ventajosamente taladros-guía cuando se vuelan caras no lineales. En esquinas a 90°, una combinación de varios procedimientos para voladuras controladas, dará mejores resultados que la voladura amortiguada simple-(Veáse la Figura 10)

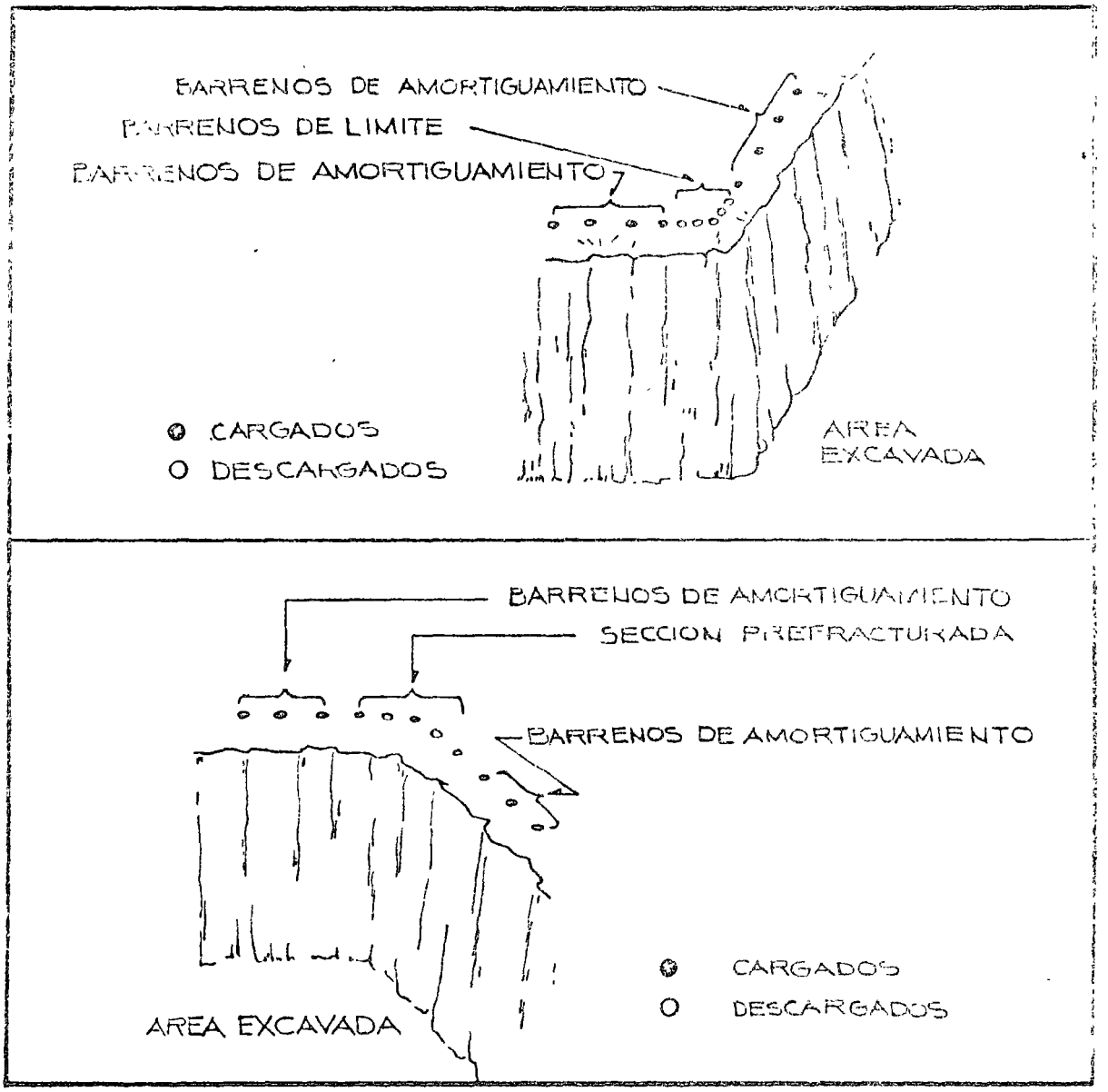
VENTAJAS.

La voladura Amortiguada ofrece ciertas ventajas, tales como:

Mayores espaciamientos entre barrenos para reducir los costos de perforación.

Mejores resultados en formaciones no consolidadas.

Figura 10.



VOLADURAS AMORTIGUADAS EN FRENTES, EN ESQUINA O EN RINCON.

El mejor alineamiento obtenido con barrenos de gran diámetro permite perforar barrenos más profundos.

VOLADURAS PERFILADAS O DE AFINE.

PRINCIPIO.

Puesto que el uso de este método en trabajos a descubierto es prácticamente idéntico a los de la Voladura Amortiguada, se tratará sobre su aplicación solamente en trabajos subterráneos.

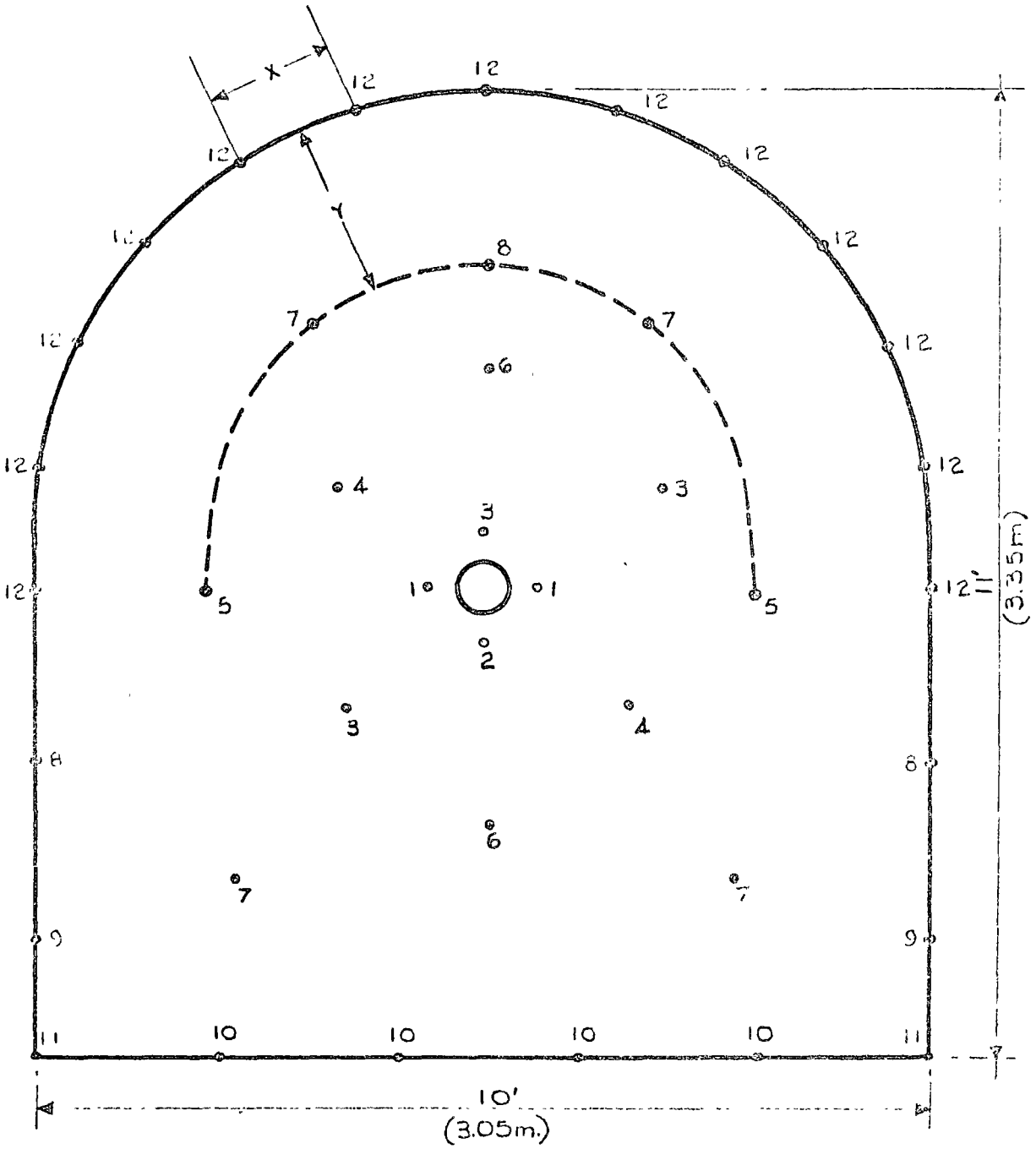
El principio básico de la Voladura de Afine es el mismo que el de la Voladura Amortiguada: Se hacen barrenos a lo largo de los límites de la excavación y se cargan con poco explosivo para eliminar el banco final. Disparando con un mínimo de retardo entre los barrenos, obtiene un efecto cortante que proporciona paredes lisas con un mínimo de sobreexcavación.

APLICACION.

Trabajos subterráneos.- En frentes subterráneos, en donde la roca del techo y de los contrafuertes se derrumba y desmorona por la falta de consolidación del material, el exceso de rompimiento es común debido a la acción triturante de las voladuras.

Empleando el método de la Voladura Perfilada ó de Afine con cargas ligeras y bien distribuidas en los barrenos perimetrales, se requieren menos soportes y resulta una menor sobre-excavación. Aún en formaciones homogéneas más duras, este método proporciona techos y paredes más lisos y más firmes.

Figura 11.



PLANTILLA TIPICA PARA EXPLOSIONES

RETARDADAS EN GALERIAS DE AVANCE

La voladura perfilada en trabajos subterráneos utiliza barrenos perimetrales en una relación de aproximadamente $1\frac{1}{2}$ a 1, entre el ancho de la berma y el espaciamiento usando cargas ligeras, bien distribuidas y disparadas en el último período de retardo de la voladura. (Ver Fig. 11). Estos barrenos se disparan después de los barrenos de pala ó pié para asegurar que la roca fragmentada se desplace lo suficiente para ofrecer el máximo desahogo a los barrenos de la Voladura Perfilada. Este franqueo permite la libre remoción del banco final y produce menos fractura más allá del límite de la excavación.

Las cargas pequeñas bien distribuídas en los barrenos perimetrales usando plantillas y retardos convencionales, han producido regularmente resultados satisfactorios. La Tabla IV proporciona las plantillas recomendadas y las cargas en libras por pié, para la Voladura Perfilada.

Puesto que no es conveniente ni práctico atar cargas a las líneas de Primacord en barrenos horizontales, la Voladura Perfilada se realiza cargando a carril cartuchos de dinamita de baja densidad de pequeños diámetros para obtener, tanto cargas pequeñas, como su buena distribución a lo largo del barreno.

VENTAJAS.

La voladura Perfilada ó de Afine ofrece dos ventajas principales:

Reduce el rompimiento excesivo que produce los métodos convencionales.

Requiere menos ademe.

TABLA IV.

VOLADURA PERFILADA.

DIAMETRO DEL BARRENO EN PULGADAS.	*ESPACIAMIENTO EN (1) PIES*	*BERMA EN PIES (1)*	*CARGA EXPLOSIVA LIBRAS/PIE (1)*
1 $\frac{1}{2}$ - 1 3/4	*2*	*3*	*0.12 - 0.25*
2	*2 $\frac{1}{2}$*	*3 $\frac{1}{2}$*	*0.12 - 0.25*

(1). - Dependen de la naturaleza de la roca.

Las cifras anotadas son - promedios.

###

PREFRACTURADO

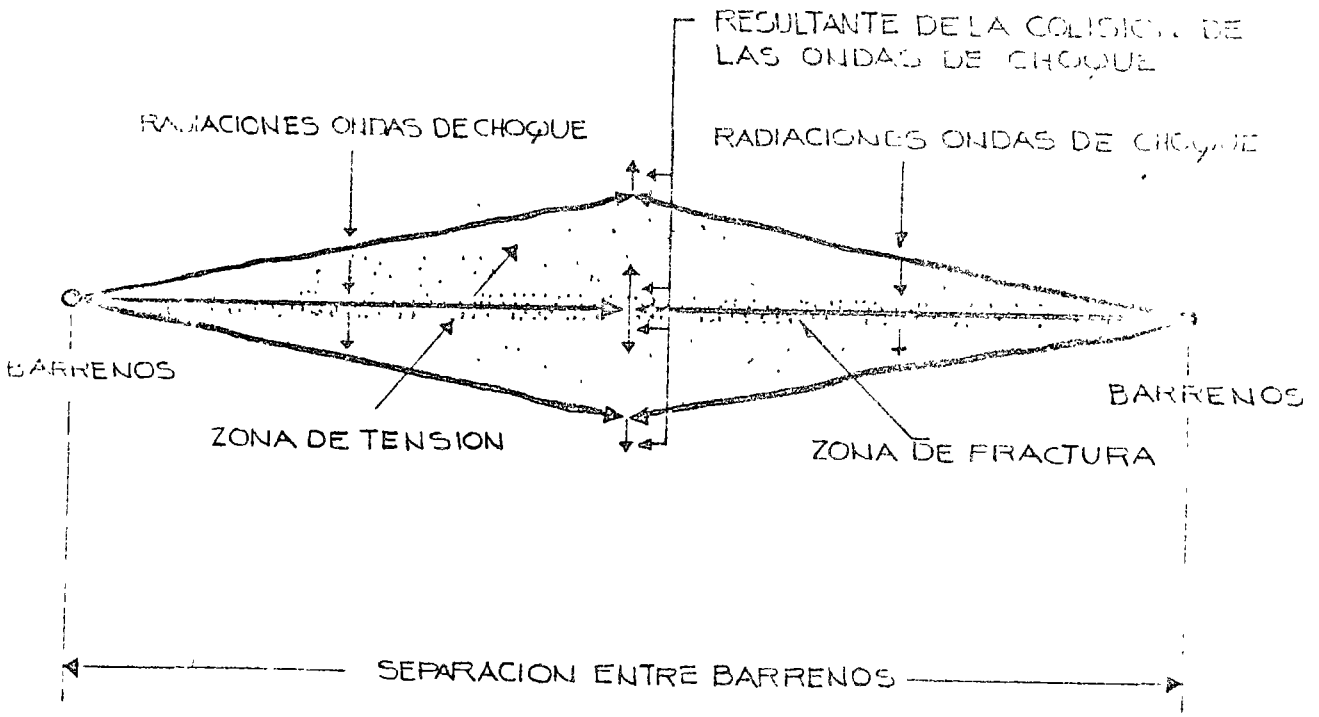
PRINCIPIO.

El Prefracturado, también llamado Precortado ó Pre-ranurado comprende una fila de barrenos a lo largo de la línea de excavación. Los barrenos son generalmente del mismo diámetro (2" - 4") y en la mayoría de los casos, todos cargados. El Prefracturado difiere de la Barrenación en Línea, de la Voladura Amortiguada y de la Voladura -- Perfilada, en que sus barrenos se disparan antes que cualquier ba-- rreno de los de alguna sección de la excavación principal inmediata.

La teoría del prefracturado consisten en que cuando dos cargas se -- disparan simultáneamente en barrenos adyacentes, la colisión de los ondas de choque procedentes de los barrenos rompe la pared de roca intermedia y origina grietas entre los barrenos. (Ver Fig. 12.). Con cargas y espaciamientos adecuados, la zona fracturada entre los barrenos se constituirá en una agosta franja que la voladura principal puede romper con facilidad. El resultado es una pared lisa casi no produce sobreexcavación.

El plano prefacturado refleja parte de las ondas de choque procedentes de las voladuras principales inmediatamente posteriores impi-- diendo que sean transmitidas a la pared terminadas, reduciendo al mínimo la fracturación y la sobreexcavación. Esta reflexión de las ondas de choque de las voladuras principales también tiende a reducir la vibración.

Figura 12.



PRINCIPIO DE PREFACTURADO.

N O T A . *- Si los barrenos están sobrecargados la zona de fractura se extenderá hacia los lados y aún más allá de la zona de tensión.*

###

APLICACION.

Trabajos a cielo abierto. - *Los barrenos para prefracturar se car-- gan de manera similar a los barrenos para voladuras amortiguadas, esto es, se forman cargas "en rosario" de cartuchos enteros ó partes de cartucho, de 1" ó 1 ½" de diámetro, por 8" de largo, espaciados a 1 a 2 piés centro a centro.*

Como en las Voladuras Amortiguadas, los barrenos se disparan generalmente en forma simultánea, usando una línea troncal de Primacord. Si se disparan líneas demasiado largas se pueden retardar - algunos tramos con estopines MS a Conectores Primacord MS.

En roca sin consolidación alguna, los resultados se mejorarán utilizando barrenos-guía ó de alivio (sin carga), entre los barrenos -- cargados, provocando así el corte a lo largo del plano deseado. Aún en formaciones más consistentes, los barrenos-guía colocados entre los cargados, dan mejor resultado que aumentando la carga explosiva por barreno.

Los espaciamientos promedio y las cargas por pié de barreno se dán en la Tabla V. Estas cargas anotadas son para las condiciones de rocas normales y pueden obtenerse utilizando cartuchos de dinamita -- convencionales, fraccionados ó enteros, espaciados y ligados a líneas de Primacord, ("rosario").

La profundidad que puede prefracturarse de una sola vez, nuevamente depende de la habilidad para mantener un buen alineamiento de los barrenos. Las desviaciones mayores a 6" del plano de corte ----

###

TABLA V

CARGAS Y ESPACIAMIENTOS PROPUESTOS PARA EL PREFRACTURADO.

DIAMETRO DEL BARRENO EN PULGADAS.	*CARGA EXPLOSIVA EN LBS./PIE (1)(2)*	*ESPACIAMIENTO EN PIES (1)*
$1\frac{1}{2}$ - 1 3/4	0.08 - 0.25	1 - $\frac{1}{2}$
2 - $2\frac{1}{2}$	0.08 - 0.25	$1\frac{1}{2}$ - 2
3 - $3\frac{1}{2}$	0.13 - 0.50	$1\frac{1}{2}$ - 3
4	0.25 - 0.75	2 - 4

(1) .- Dependen de la naturaleza de la roca.

(2). - El diámetro del cartucho debe ser igual ó menor que la mitad del diámetro del barreno.

deseado, darán resultados negativos. Generalmente la máxima -- profundidad que puede utilizarse para berrenos de 2" a $3\frac{1}{2}$" de diámetro sin una desviación considerable en el alineamiento es de 50 piés.

Teóricamente, la longitud de una voladura para Prefracturar es - ilimitada. En la práctica, sin embargo, el disparar muy adelante de la excavación primaria puede traer problemas pues las carac-- terísticas de la roca pueden cambiar y la carga ser causa de un -- exceso de fractura en las zonas más débiles. Llevando el Prefrac- turadó adelante únicamente a la mitad de la voladura principal si-- guiente (Ver Fig. 13) los conocimientos que se van obteniendo con las voladuras principales respecto a la roca, pueden aplicarse a los disparos de prefracturado subsecuentes. En otras palabras, las cargas pueden modificarse si es necesario y corre un menor - riesgo que si se dispara el total de la línea de excavación antes de avanzar con las voladuras principales.

El Prefracturado puede realizarse simultáneamente a la voladura principal retrasando sus barrenos con retardadores MS, de manera que los barrenos de Prefracturado estallen primero que los de la - voladura principal. (Ver Fig. 14).

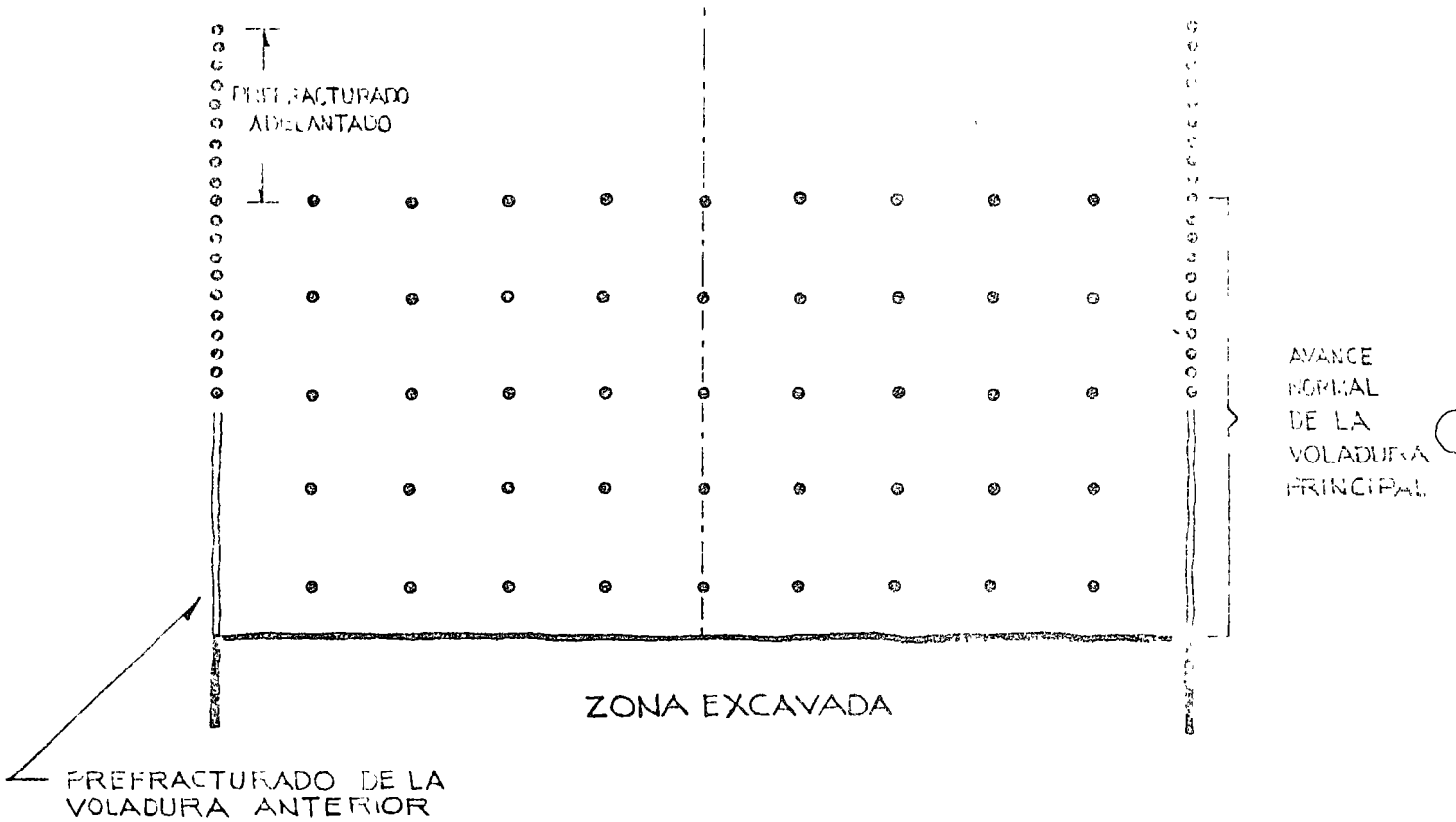
VENTAJAS.

El Prefracturado ofrece las siguientes ventajas:

Aumento en el espaciamiento de los barrenos-reducción de costos de barrenación.

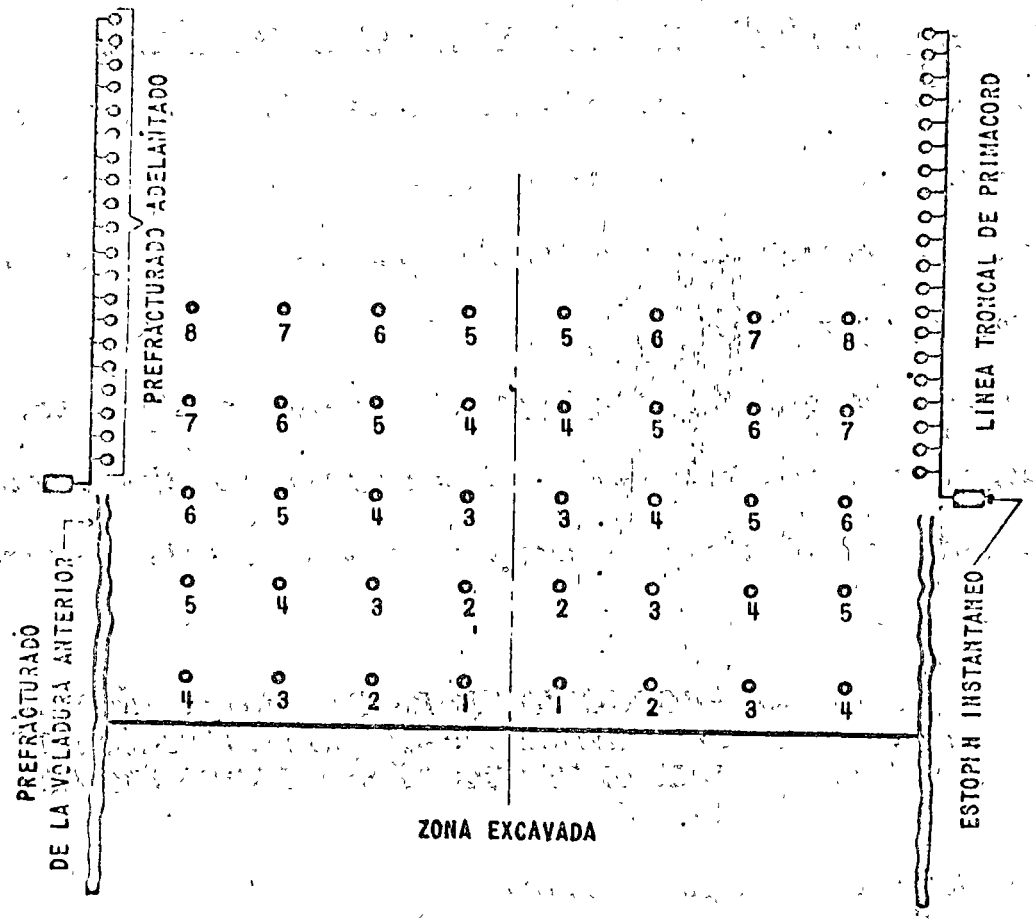
No es necesario regresar a volar taludes ó paredes después de la ex-

Figura 13.



PROCEDIMIENTO RECOMENDADO
PARA
EL PREFRACTURADO

FIGURA 14



PROCEDIMIENTO
DE EXPLOSIONES RETRASADAS DURANTE
LA VOLADURA PRINCIPAL EN EL PREFRACTURADO

cavación principal.

CARGA Y ACARREO.

A distancia corta para pedraplenes. Normalmente se usan tractores, pues sirven también para acomodar la roca. Esto ya se vió también en este curso.

A distancia corta para alimentar otra máquina (quebradora).

Se usó durante mucho tiempo pala y camiones. Con el perfeccionamiento de los cargadores frontales, especialmente los de neumáticos, estos han ido desplazando a las palas y camiones, haciendo ellos mismos las dos operaciones.

Los cargadores frontales también ya fueron vistos en este curso, sin embargo haremos un análisis de producción y veremos algunos puntos importantes relativos a un cargador frontal en una planta de trituración.

ESTUDIO DE PRODUCCION PARA CARGADOR FRONTAL Marca MICHIGAN, modelo 175-III, CON CUCHARON DE 5.5 Yds.3 A UNA DISTANCIA DE 550' CARGANDO ROCA CALIZA.

Cálculo del ciclo de carga y acarreo.

Carga y descarga (constante)	*.500'*
Acarreo.	
Cargado a 550' - a 9.95 MPH (velocidad 2a. y 3a.)	
$\frac{550}{9.95 \times 88}$	*.628'*
Vacio a 550' - a 17.85MPH (velocidad 3a. y 4a.)	*.350'*
Total del ciclo	*1.394'*

1.394' por ciclo entre 50' = 35.87 ciclos.

2.671 peso del material por Y3.

5.50 yardas el cucharón = 14690 lbs.

$$\frac{50'}{1.394} \times \frac{2.671 \times 5.50}{2000} = 263 \text{ tons.}$$

263 tons hora x 8 hrs. = 2104 tons.

2104 tons. x .9078 tons. met. = 1910 tons.métricos.

INDICACIONES UTILES PARA CARGA Y ACARREO CON CARGADOR FRONTAL DE NEUMATICOS EN UNA PLANTA DE -- TRITURACION.

1) Localización de la planta:

Lo más cerca posible, generalmente a unos 45 m. del banco.

2) Los caminos deben estar bien conservados, tener pocas curvas. Sus pendientes máximas deben ser 10% y en rampas cortas 20%. de más de 5% reduzca la producción en 2%/1%

3) Llantas.

Estas representan el mayor renglón de costos, es necesario vigilarlas.

4) Cucharones y dientes.

El cucharón debe ser considerado como artículo de desgaste. Salvo que el material sea poco común en peso, en contenido de finos, ó en características de carga el cucharón sugerido por el fabricante será la solución más adecuada.

###

Si no son necesarios los dientes en el cucharón para excavar, no los use puesto que el material tiende a escaparse entre los dientes estropeando el camino de acarreo.

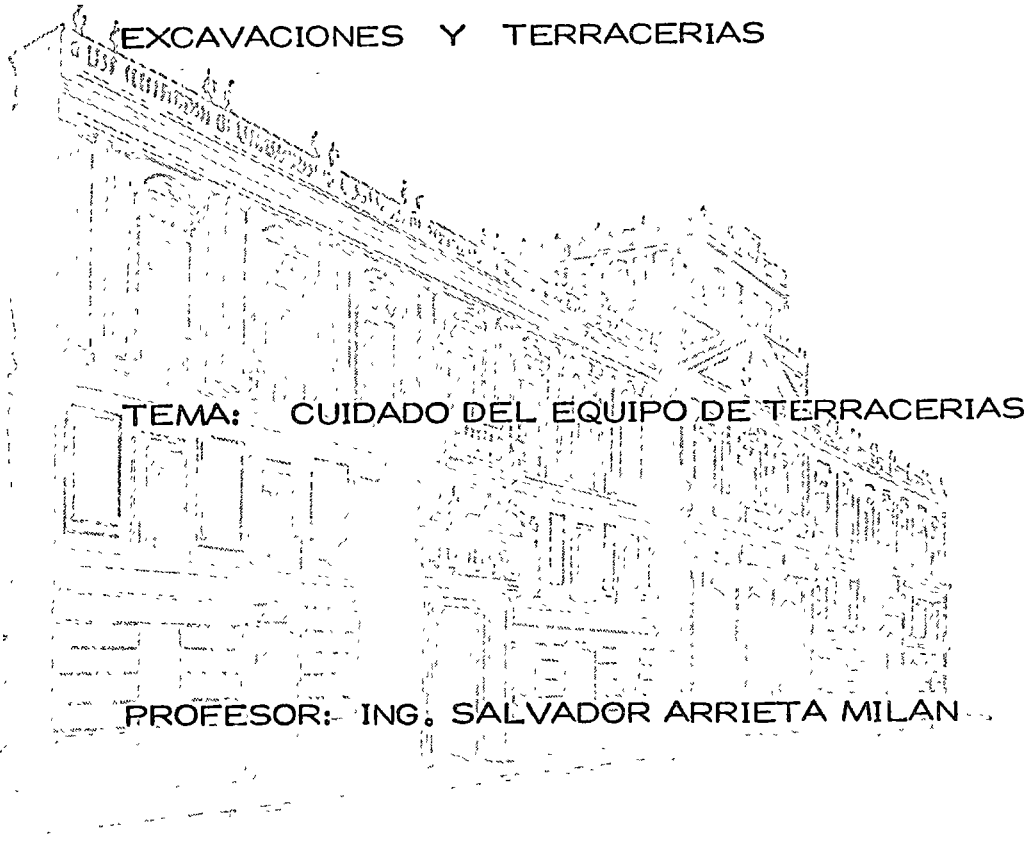
CARGA Y ACARREO A DISTANCIAS LARGAS.

La carga de roca representa el mismo problema que en el caso anterior, y ya se vieron las ventajas del cargador frontal, el acarreo de roca solamente es económico en camiones especiales para ello, como son tipo Euclid.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS :

EXCAVACIONES Y TERRACERIAS



TEMA: CUIDADO DEL EQUIPO DE TERRACERIAS

PROFESOR: ING. SALVADOR ARRIETA MILAN

Palacio de Minería Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F. Tels: 521-40-23 521-73-35 5123-123

MANTENIMIENTO DE EQUIPO

PRIMERA SESION DE TRABAJO

I.- INTRODUCCION.

A) DESARROLLO,
B) IMPORTANCIA.
C) JUSTIFICACION ECONOMICA.
D) CLASIFICACION DEL MANTENIMIENTO.

II.- PLANEACION

A) OBJETIVOS.
B) ANALISIS DE INFORMACION.
C) PROGRAMACION Y ASIGNACION DE RECURSOS.

III.- ORGANIZACION.

A) ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.
B) SISTEMA ADMINISTRATIVO.
C) SISTEMAS DE MANTENIMIENTO.
D) SISTEMAS DE INFORMACION.
E) SISTEMAS DE CONTROL.

SEGUNDA SESION DE TRABAJO.

IV.- TEMAS ESPECIFICOS.

A) ANALISIS DE PARAMETROS DE INFORMACION.
B) LIMPIEZA Y LUBRICACION.
C) MANTENIMIENTO DE EQUIPO DISPONIBLE.
D) PRINCIPALES PROBLEMAS PRACTICOS.
E) DIAGRAMAS.

*sss

I.- INTRODUCCION

A) DESARROLLO

- HISTORICAMENTE EL MANTENIMIENTO SE INICIA COMO UN SISTEMA ADMINISTRATIVO. MANEJADO POR PERSONAL CON FORMACION ADMINISTRATIVA.

- APARECEN LOS PRIMEROS SISTEMAS DE MANTENIMIENTO EN INSTALACIONES INDUSTRIALES. (INDUSTRIA DE LA TRANSFORMACION).

- SUFREN UN CAMBIO PAULATINO DE SU CARACTER ADMINISTRATIVO- A UN CARACTER TECNICO.

- SU DESARROLLO EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION HA SIDO - SEMEJANTE AL DE LA INDUSTRIA EN GENERAL.

PRESENTA CARACTERISTICAS ESPECIALES QUE LO HACEN MAS DIFICIL DE REALIZAR CON EXITO, COMO POR EJEMPLO:

A) EL EQUIPO DE CONSTRUCCION ES TOTALMENTE MOVIL.

B) LAS INSTALACIONES NO SON DEFINITIVAS.

C) LA VARIEDAD DEL EQUIPO UTILIZADO ES MUY GRANDE.

D) LAS OBRAS EN GENERAL ESTAN UBICADAS LEJOS DE CENTROS IM - PORTANTES DE POBLACION, ETC..

------ O -----

*sss.

I.- INTRODUCCION

B) IMPORTANCIA.

LA IMPORTANCIA DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO SE PUEDE MEDIR A TRAVES DE SU IMPACTO EN LOS SIGUIENTES FACTORES.

- INVERSION DE EQUIPO - DISMINUYE

A) INCREMENTO EN LA VIDA UTIL.

B) INCREMENTO EN LA VIDA ECONOMICA.

- PRODUCTIVIDAD DEL EQUIPO = PRODUCCION - AUMENTA

A) INCREMENTO EN EL VALOR DE RESCATE.

B) DISMINUCION DEL COSTO DE REPARACIONES.

C) DISMINUCION DEL COSTO POR MAQUINA PARADA.

D) INCREMENTO DEL NUMERO DE HORAS DISPONIBLES.

E) EQUIPO EN OPTIMAS CONDICIONES DURANTE HORAS DE TRABAJO.

----- 0 -------

SSS.

I.- INTRODUCCION.

C) JUSTIFICACION ECONOMICA.

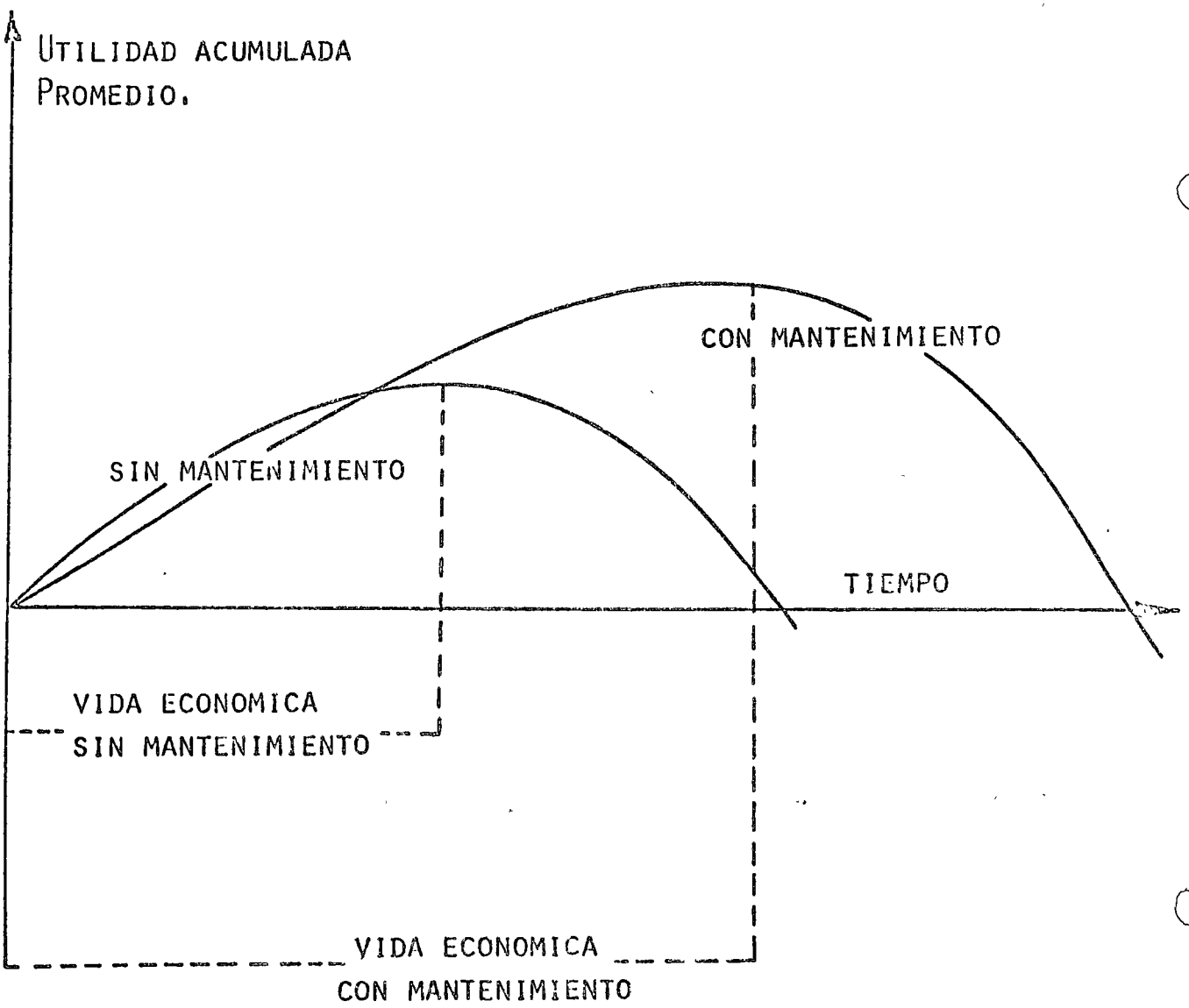
SE DERIVA DE LA CUANTIFICACION DE:

A) DISMINUCION DE LA INVERSION.

B) AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD.

C) DISMINUCION DE COSTOS DE PRODUCCION.

EL EFECTO ECONOMICO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO SE ILUSTRA EN LA GRAFICA SIGUIENTE:



I.- INTRODUCCION

D) CLASIFICACION DEL MANTENIMIENTO.

MANTENIMIENTO PLANEADO.

ES EL MANTENIMIENTO ORGANIZADO ORIENTADO A MANTENER EN CONDICIONES DE MAXIMA PRODUCCION EL EQUIPO MEDIANTE LA PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO DE ACUERDO CON LAS NECESIDADES DE LA PRODUCCION Y LAS CONDICIONES DE LA OBRA.

SE COMPONE DE:

A) MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

B) MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

C) MANTENIMIENTO DE RUTINA.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

ES EL DIAGNOSTICO DEL COMPORTAMIENTO INTERNO Y EXTERNO DE LOS DIVERSOS CONJUNTOS Y SUBCONJUNTOS DEL EQUIPO.

SE BASA EN:

- ANALISIS DE LABORATORIO (ANALISIS DE DESGASTE INTERNO DE METALES).
- EQUIPO DE DIAGNOSTICO Y PRUEBAS.
- ANALISIS ESTADISTICO DE VIDA UTIL DE CONJUNTOS Y SUBCONJUNTOS.

PROPORCIONA.

- ACTUALIZACION DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.
- LOCALIZA E INFORMA PARA QUE SE CORRIJAN FALLAS CUANDO ESTAN EN SU FORMA MAS INCIPIENTE.

- PRONOSTICO DE CAMBIOS Y REPOSICIONES.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

- ES LA APLICACION PRACTICA DEL MANTENIMIENTO PLANEADO.
- ES EL MANTENIMIENTO REALIZADO ANTES DE LA FALLA.
- INCLUYE DESDE AJUSTE DE MECANISMOS HASTA CAMBIO DE CONJUNTOS.
- ES MENOS COSTOSO Y CONSUME MENOS TIEMPO QUE EL MANTENIMIENTO OBLIGADO.

MANTENIMIENTO DE RUTINA.

ES EL MANTENIMIENTO QUE DEBE EJECUTARSE A CIERTOS PERIODOS DE TIEMPO PREESTABLECIDOS DE ANTEMANO Y QUE NO ES NECESARIO QUE SE EJECUTEN POR PERSONAL ALTAMENTE CALIFICADO - - (EJEMPLO: ENGRASE DE LOS EQUIPOS).

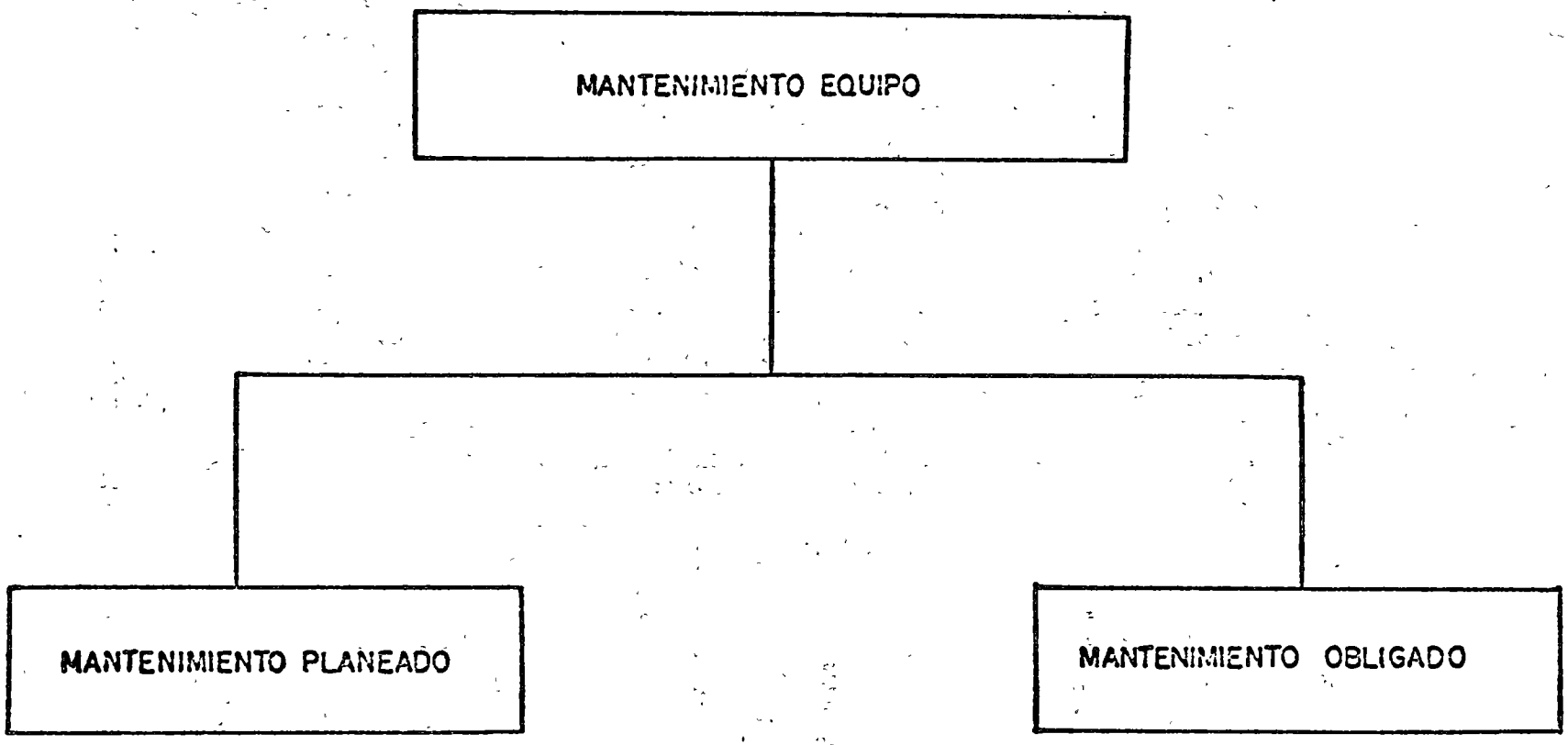
MANTENIMIENTO OBLIGADO.

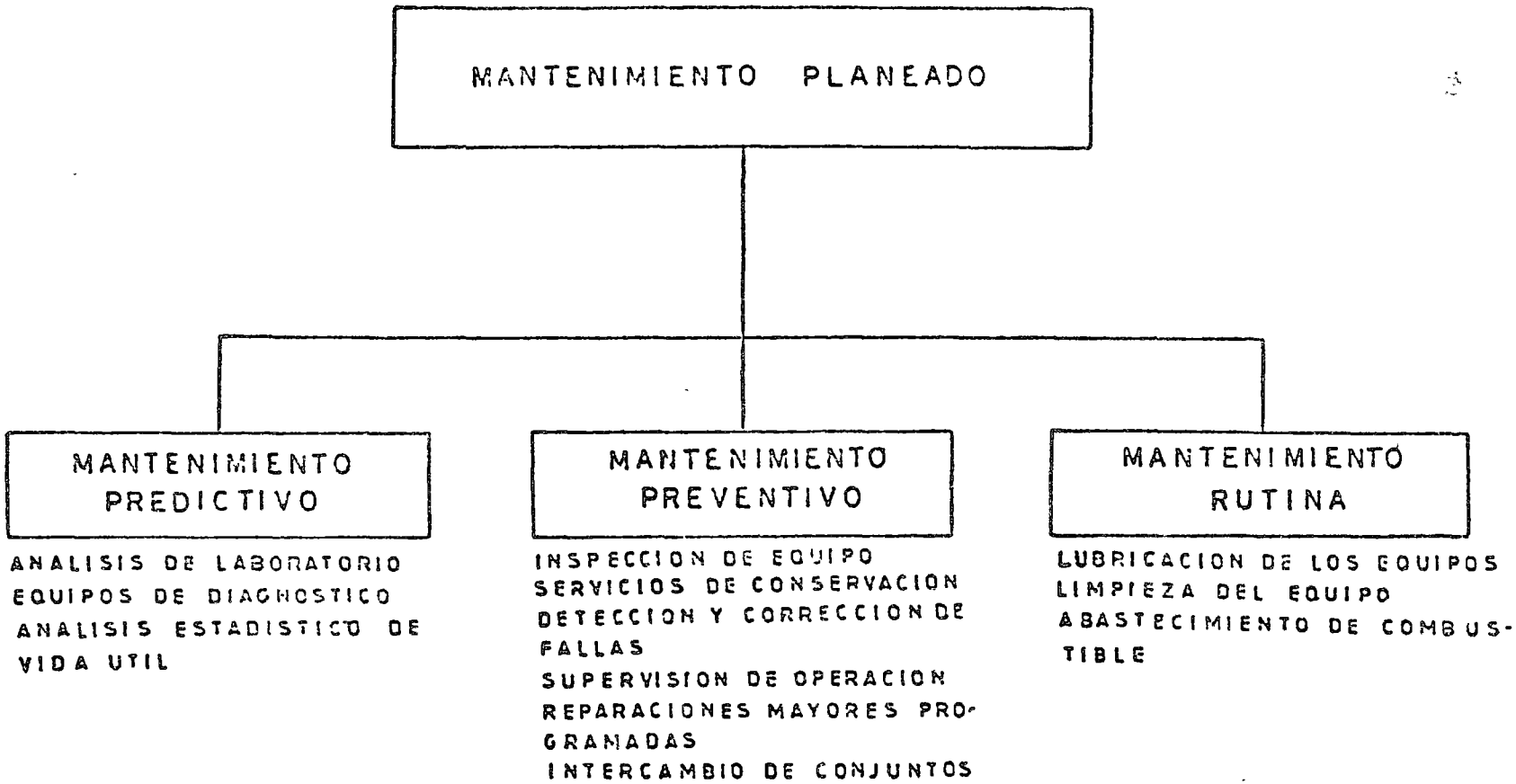
- ES EL MANTENIMIENTO REALIZADO DESPUES DE LA FALLA.
- ES EL MANTENIMIENTO FUERA DE PROGRAMA.
- SU EJECUCION INMEDIATA ES IMPERATIVA.
- LOS TIEMPOS DE PARO DEL EQUIPO SON PROLONGADOS.
- SU COSTO DE EJECUCION ES SUMAMENTE ELEVADO.

------ O --------

*sss

ESTRUCTURAS DEL MANTENIMIENTO




MANTENIMIENTO PLANEADO
MANTENIMIENTO PREDICTIVO
ANALISIS DE LABORATORIO
EQUIPOS DE DIAGNOSTICO
ANALISIS ESTADISTICO DE VIDA UTIL
MANTENIMIENTO PREVENTIVO
INSPECCION DE EQUIPO
SERVICIOS DE CONSERVACION
DETECCION Y CORRECCION DE FALLAS
SUPERVISION DE OPERACION
REPARACIONES MAYORES PROGRAMADAS
INTERCAMBIO DE CONJUNTOS
MANTENIMIENTO RUTINA
LUBRICACION DE LOS EQUIPOS
LIMPIEZA DEL EQUIPO
ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE

II.- PLANEACION

A) OBJETIVOS.

OBJETIVO BASICO: MAXIMIZAR LA PRODUCTIVIDAD (EN SU SENTIDO MAS AMPLIO) DEL EQUIPO EN OBRA.

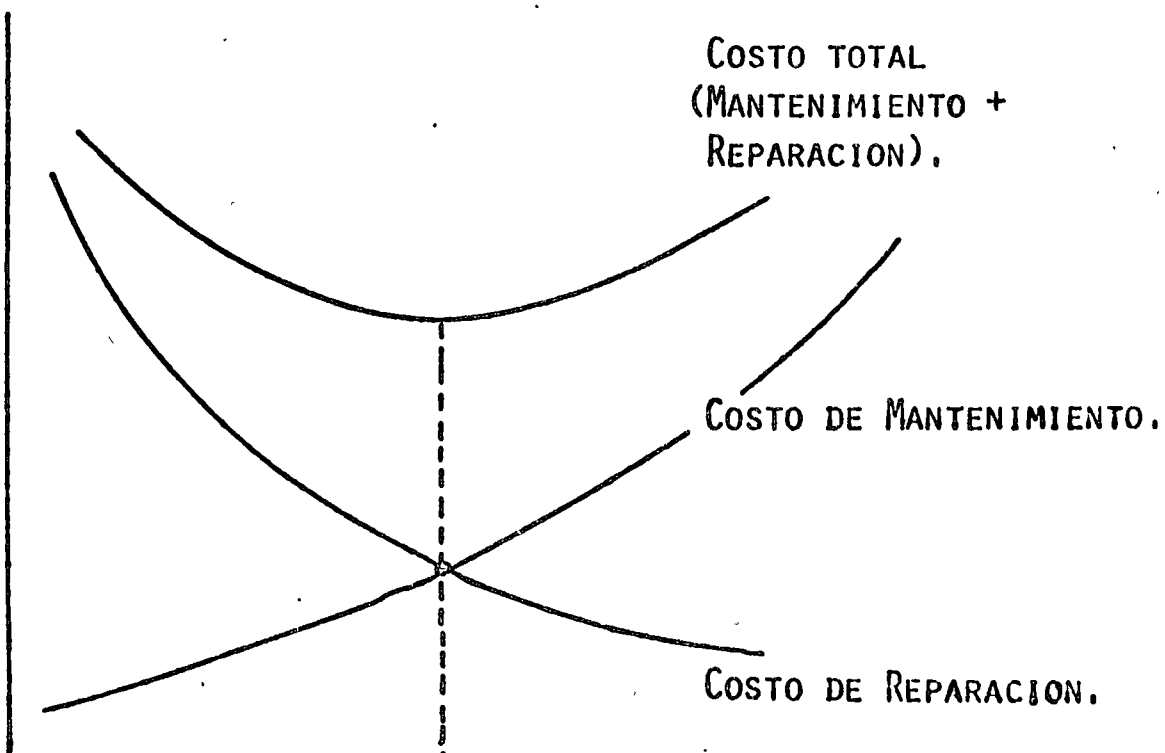
EN TERMINOS SIMPLIFICADOS.

$$\text{PRODUCTIVIDAD} = \frac{\text{PRODUCCION}}{\text{COSTO}}$$

UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO ORIENTADO HACIA ESTE OBJETIVO-TRATARA DE MAXIMIZAR PRODUCCION Y MINIMIZAR COSTO.

- MAXIMIZARA PRODUCCION.
  ALCANZANDO EN FORMA OPTIMA LOS FACTORES MENCIONADOS EN 1-B.

- MINIMIZARA COSTO :
  PROPORCIONANDO EL MANTENIMIENTO AL NIVEL OPTIMO.



B) ANALISIS DE LA INFORMACION.

POR LAS CARACTERISTICAS ESPECIALES QUE SE PRESENTAN DE LA CONSTRUCCION, ES NECESARIO HACER UNA PLANEACION DE MANTENIMIENTO ESPECIFICO PARA CADA OBRA.

POR LO QUE SE NECESITA CONSIDERAR:

MAGNITUD Y CLASE DE OBRA.
LOCALIZACION.
PROGRAMA GENERAL DE EJECUCION.
PROGRAMA DE UTILIZACION DEL EQUIPO.

MAGNITUD Y CLASE DE OBRA.

- OBRAS DONDE SE TIENE AREAS DE GRAN CONCENTRACION DE EQUIPO (PRESAS).

- OBRAS DONDE SE TIENE EL EQUIPO DISTRIBUIDO A LO LARGO DE GRANDES DISTANCIAS (CARRETERAS)

- OBRAS DONDE EL EQUIPO SE ENCUENTRA DISTRIBUIDO EN AREAS EXTENSAS Y A GRANDES DISTANCIAS (ZONAS DE RIEGO).

LOCALIZACION DE LA OBRA.

- VIAS DE ACCESO O COMUNICACION.
- DISTANCIA A CENTROS DE ABASTECIMIENTO.
- CONDICIONES CLIMATOLOGICAS DE LA ZONA.
- CLASE DE TRABAJO A DESARROLLAR Y MATERIAL PREDOMINANTE.

*SSS.

PROGRAMA GENERAL DE EJECUCION

- CALENDARIO Y SECUENCIA DEL TRABAJO.
- NUMERO DE TURNOS DE TRABAJO DE PRODUCCION Y HORARIO DE LOS MISMOS.
- NUMERO DE FRENTES DE PRODUCCION ATACANDOSE SIMULTANEAMENTE.
- DISTRIBUCION DEL EQUIPO EN LOS DIVERSOS FRENTES DE TRABAJO.
- DISTANCIA APROXIMADA ENTRE LOS DIVERSOS FRENTES DE PRODUC - CION.
- COSTOS Y RENDIMIENTOS CON LOS QUE FUE PLANEADA LA OBRA.

PROGRAMA DE UTILIZACION DEL EQUIPO.

- RITMO DE TRABAJO A QUE TIENE QUE SOMETER LAS MAQUINAS PARA- CUMPLIR CON EL PROGRAMA.
- CANTIDAD, CLASE Y ANTIGUEDAD DEL EQUIPO QUE SE TENDRA EN -- OBRA.
- FECHA DE RECEPCION Y DESOCUPACION.
- CANTIDAD Y CLASE DE EQUIPO QUE REQUIERE DE INSTALACION.

PROGRAMACION Y ASIGNACION DE RECURSOS.

- HUMANOS.
- EQUIPO AUXILIAR.
- HERRAMIENTA.
- INSTALACIONES.

RECURSOS HUMANOS.

- SELECCION.
- CAPACITACION.
- DISTRIBUCION.

- SUPERVISION.
- PERSONAL DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO , PREVENTIVO Y DE RUTINA.
- PERSONAL DE ADMINISTRACION Y CONTROL.
- OPERADORES DEL EQUIPO.

SE DEBE CONSIDERAR:

- CANTIDAD DE PERSONAL Y VARIACION DEL MISMO DE ACUERDO CON EL PROGRAMA DE LA OBRA.
- CAPACIDAD, PREPARACION Y EXPERIENCIA DEL TRABAJADOR.
- DIFERENTES ESPECIALIDADES.
- SALARIOS POR ESPECIALIDAD.
- ESTABLECIMIENTO DE TURNOS Y HORARIOS DE TRABAJO.

DISTRIBUCION DE PERSONAL.

SE DISTRIBUYE DE ACUERDO CON:

- DISTANCIA ENTRE LOS DIFERENTES FRENTES DE TRABAJO, NUMERO Y TIPO DE EQUIPO POR FRENTE.
- IMPORTANCIA DEL FRENTE DENTRO DE LA OBRA.

CAPACITACION.

PROMOVER CONTINUOS CURSOS DE ACTUALIZACION.

CAPACITAR PERSONAL SIN EXPERIENCIA.

CALIFICAR AL PERSONAL PERIODICAMENTE.

EQUIPO AUXILIAR

A.- EQUIPO ESPECIALIZADO.

DE LABORATORIO

ESPECTOFOTOMETRO DE ABSORCION ATOMICA.

DE CAMPO.

*S3

- EQUIPO DE DIAGNOSTICO Y PRUEBAS.

EQUIPO DE MANTENIMIENTO

FIJO.

INSTALACIONES DE TALLER.

AIRE COMPRIMIDO	-	COMPRESOR, LINEAS
LIMPIEZA.	-	LAVADORAS DE VAPOR Y BOMBAS DE ALTA PRESION.
LUBRICACION.	-	EQUIPO DE LUBRICACION.
		BOMBAS, CARRETES TAMBORES.
SOLDADURA.	-	SOLDADORAS.
		EQUIPO DE CORTE.
		EQUIPO DE TRAZO.
FUNDICION Y FORJA (HERRERIA)	-	FRAGUA, AFILADORAS.
ELECTRICIDAD	-	PROBADOR DE ARMADURAS.
	-	CARGADOR DE BATERIAS.
MAQUINAS HERRAMIENTAS.	-	TORNO, TALADRO.
		FRESADORA, ROSCADORA.
MOVIL	-	EQUIPO DE LIEMPIEZA.
	-	EQUIPO DE LUBRICACION Y ENGRASE.
	-	TALLER MOVIL.
	-	SOLDADORAS.
	-	EQUIPO DE TRANSPORTE (VEHICULOS).

HERRAMIENTA.

FIJA:

HERRAMIENTA PARA TALLER.

ESMERIL - TORNILLO DE BANCO, PRENSA HIDRAULICA.

PULIDORA.

CAJA DE HERRAMIENTA PARA TALLER.

HERRAMIENTA PNEUMATICA Y ELECTRICA.

HERRAMIENTAS DE MEDICION.

MOVIL.:

HERRAMIENTA PARA CAMPO.

HERRAMIENTA PARA MANIOBRAS.

HERRAMIENTA PARA LLANTAS.

HERRAMIENTA DE MEDICION.

HERRAMIENTAS PARA CALIBRACIONES.

INSTALACIONES.

LAS INSTALACIONES EN OBRAS DE CONSTRUCCION SON:

A) INSTALACIONES DE SERVICIO.

- TALLER MECANICO.
- ALMACEN.
- ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE.

B) INSTALACIONES DE GENERACION Y DISTRIBUCION DE ENERGIA.

- ELECTRICAS.
- AIRE COMPRIMIDO.
- VENTILACION.
- HIDRAULICAS.

C) INSTALACIONES DE PRODUCCION.

- CONCRETO ASFALTICO.
- CONCRETO HIDRAULICO.
- PRODUCCION DE AGREGADOS.

INSTALACIONES DE SERVICIO.

TALLER MECANICO Y ALMACEN.

A) AREA DE INSTALACION.

- DE FACIL ACCESO.
- EQUIDISTANTE A LOS DIVERSOS FRENTES DE TRABAJO.
- ORIENTACION ADECUADA.
- FUERA DE ZONAS DE TRABAJO PARA EVITAR CONTAMINACION.

B) DIMENSIONES.

- ADECUADA A LA DEMANDA DE TRABAJO SEGUN PROGRAMA.
- INSTALACION SENCILLA Y DE SER POSIBLE MODULAR.
- AREA NECESARIA PARA MANIOBRAS Y ALMACENAJE.
- DIVISION POR DEPARTAMENTOS.

ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE.

SE CONSIDERA BASICO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE INYECCION DE LOS MOTORES.

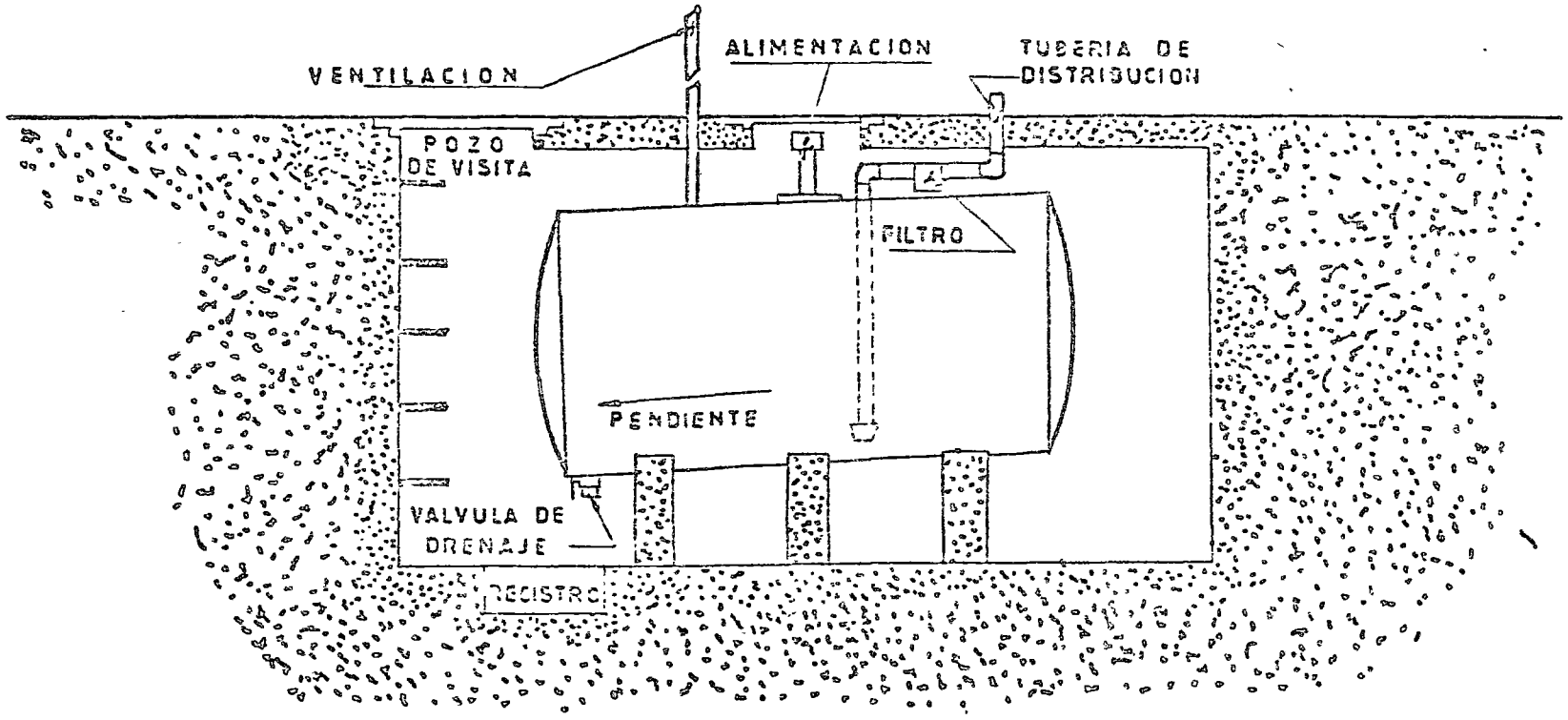
SE REQUIERE:

- TANQUE PARA RECEPCION Y ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE.
- TANQUE PARA ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE CENTRIFUGADO O FILTRADO.
- CENTRIFUGADORA O FILTROS.

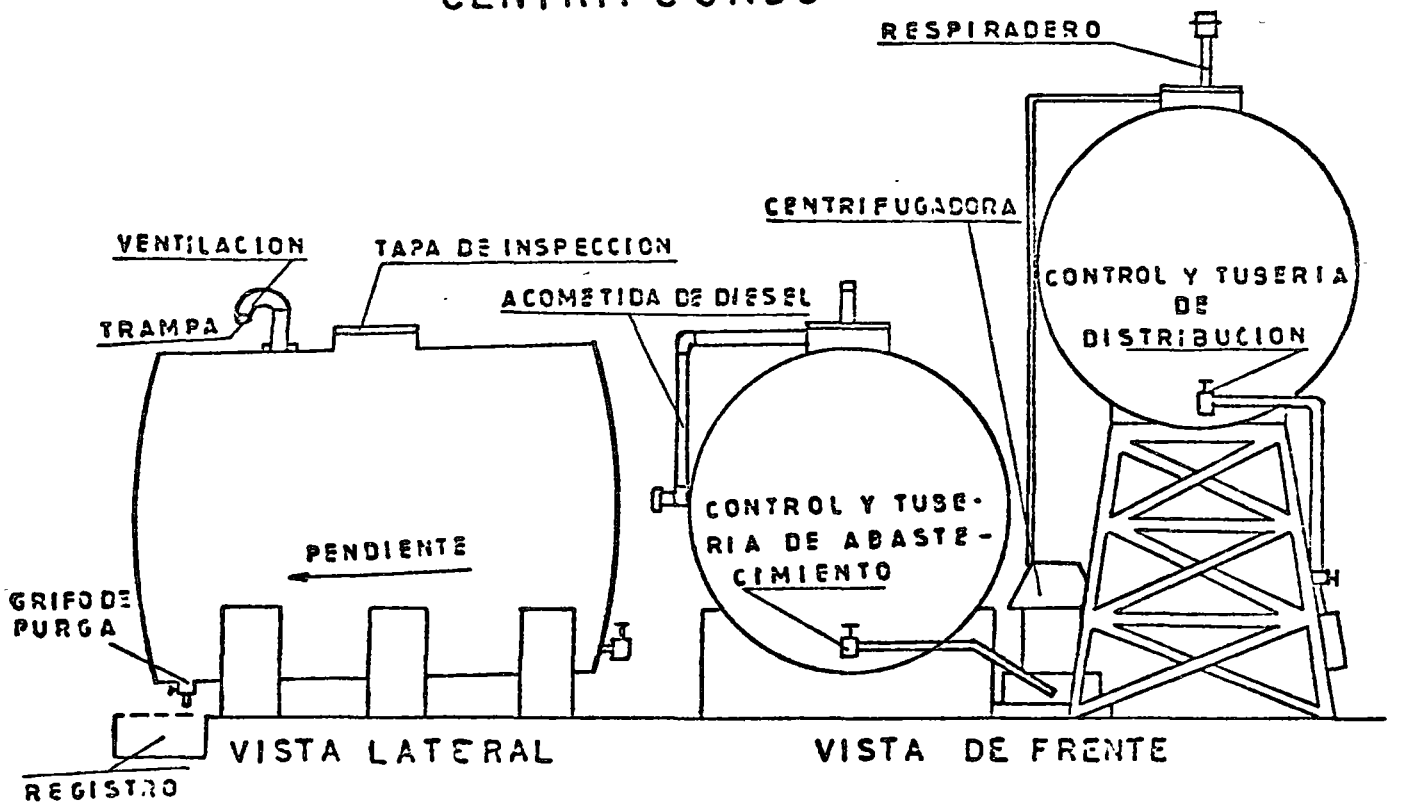
LOS TANQUES DEBEN TENER INCLINACION PARA ASENTAMIENTOS Y LIMPIEZA PERIODICA.

-

INSTALACION SUBTERRANEA



INSTALACION DE COMBUSTIBLE DIESEL CENTRIFUGADO



ORGANIZACION

A) ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.

- ORGANIGRAMA.
- DISTRIBUCION DE AREAS DE RESPONSABILIDAD.
- DESCRIPCION DE FUNCIONES.

B) SISTEMA DE ADMINISTRACION.

- ARCHIVO GENERAL.
- MANEJO DE REGISTROS.
- EXISTENCIAS DE ALMACEN.
- ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS DE COSTOS.
- MANEJO DE CUENTAS.

C) SISTEMAS DE MANTENIMIENTO.

- ELABORACION DE HOJAS DE SERVICIOS DE CONSERVACION PERIODICOS.
- HOJAS DE RENTA DE LUBRICACION.
- CARTAS DE LUBRICACION.
- REPORTES DE OPERACION.

D) SISTEMAS DE INFORMACION.

- DIAGRAMAS DE FLUJO.
- REPORTES DEL PERSONAL DE CAMPO.
- REPORTES DE INSPECCION DEL EQUIPO.
- INFORMES DE LABORATORIO Y DIAGNOSTICO.

E) SISTEMAS DE CONTROL.

- HISTORIA DE LA MAQUINA.
- TARJETAS DE COSTOS.
- INVENTARIO FISICO DE EQUIPO.

- INVENTARIO DE ALMACEN.
- ORDENES DE TRABAJO.

RECURSOS COMPLEMENTARIOS.

AQUI CONSIDERAMOS LOS RECURSOS EXTERNOS QUE SE ENCUENTRAN-A DISPOSICION DE USUARIOS DE EQUIPO O CONSUMIDORES DE CIERTOS ARTICULOS PROPORCIONADOS GENERALMENTE POR PROVEEDORES.

- CATALOGOS DE PARTES.
- CATALOGOS DE OPERACION.
- CATALOGOS DE MANTENIMIENTO.
- INSTRUCCION DE OPERADORES.
- INSTRUCCION DE MECANICOS.
- INFORMACION TECNICA.

ANALISIS DE PARAMETROS DE INFORMACION PARA PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

PARAMETROS:	PORQUE ES NECESARIO
1.- INVENTARIO FISICO DE EQUIPO	SE TIENE CONTROL DEL EQUIPO QUE SE ENCUENTRA EN OBRA. PARA FORMAR GRUPOS DE EQUIPOS CON LAS MISMAS CARACTERISTICAS. PARA ESTABLECER LAS DIFERENCIAS DE COMPORTAMIENTO Y COSTOS ENTRE LOS MISMOS TIPOS DE EQUIPO. PARA FACILITAR EL CONTROL DE REQUISICIONES. PARA AGRUPAR LAS DIFERENTES CATEGORIAS DE EQUIPO.
2.- SISTEMA DE COSTOS.	PARA IDENTIFICAR LOS COSTOS POR CADA MAQUINA. PARA LLEVAR UN COMPORTAMIENTO ECONOMICO DE LAS MAQUINAS. PARA TOMAR DECISIONES DE REEMPLAZO. PARA IDENTIFICAR SI EL RENDIMIENTO DEL EQUIPO ESTA DE ACUERDO CON SUS COSTOS.
3.- TIPO DE TRABAJO EN QUE SE ESTA USANDO EL EQUIPO.	PARA EVALUAR SI EL TRABAJO DESARROLLADO ESTA DE ACUERDO CON LAS E PECIFICACIONES DEL EQUIPO. PARA DETERMINAR POLITICAS ESPECIALES DE MANTENIMIENTO. PARA SELECCIONAR LA OPERACION ADECUADA. PARA EVALUAR EL EFECTO DEL TRABAJO EN LA VIDA UTIL DE LA MAQUINA, DE ALGUNO DE SUS CONJUNTOS.
4.- HORAS TRABAJADAS EN LAS MAQUINAS.	SIRVE PARA DETERMINAR EL PROGRAMA DE UTILIZACION DE EQUIPO. PARA OBTIMIZAR LOS COSTOS DE MAQUINARIA. PARA EVALUAR LA PRODUCTIVIDAD DEL EQUIPO. PARA EVALUAR SI EL CRITERIO DE DEPRECIACION ES CORRECTO.

*sss.

.- CONTROLES DE RECEPCION DE ENVIO.	PARA IDENTIFICAR LOS MEDIOS EN QUE SE ENVIA O SE RECIBE. PARA IDENTIFICAR SI SE RECIBE EN LAS CONDICIONES EN QUE SE - ENVIO. PARA EVALUAR LOS TIEMPOS DE TRANSPORTE.
.- CONTROLES DE CALIDAD.	PARA DETERMINACION SI SE RECIBE EN CONDICIONES DE TRABAJO. PARA PROGRAMAR LOS DETALLES DE MANTENIMIENTO O REPARACION QUE SE ENCUENTREN. PARA DETERMINAR EL TIEMPO EN QUE PODEMOS TRABAJAR EL EQUIPO. PARA PROGRAMAR SUS REPARACIONES MAYORES.
.- PROGRAMA DE REPARACIONES MAYORES.	PARA DETERMINAR EL TIEMPO QUE EL EQUIPO VA HA ESTAR PARADO. PARA PROGRAMAR LOS RECURSOS. PARA DETERMINAR POLITICAS DE SUSTITUCION EN OBRA. PARA DETERMINAR SI LA REPARACION CORRESPONDE A DESGASTE NORMAL, O POR FALLAS DE MANTENIMIENTO, OPERACION.
.- PLANTILLAS DE PERSONAL.	VARIACIONES SEGUN PROGRAMA DE OBRA. DISTRIBUCION ADECUADA EN LOS FRENTES DE TRABAJO. CAPACIDAD, CONOCIMIENTOS, EXPERIENCIA Y HABILIDAD. CURSOS DE CAPACITACION.
.- PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO.	ESTABLECIMIENTO DE MANTENIMIENTO DE RUTINA. PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SEMANAL O MENSUAL. INSPECCIONES FISICAS DEL EQUIPO. PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

10.- EXISTENCIA DE ALMACEN.	EN CANTIDAD ADECUADA QUE PERMITEN UN TRABAJO CONTINUO Y SUFICIEN MENTE BAJAS PARA NO TENER UNA GRAN INVERSION SIN MOVIMIENTO. PIEZAS DE MOVIMIENTO CONTINUO QUE PERMITAN TENER UNA REVOLVENCIA ADECUADA DE ALMACEN.
11.- HISTORIA DE LA MAQUINA.	PARA TENER UN COMPORTAMIENTO MECANICO Y ECONOMICO DE LA VIDA UTI DEL EQUIPO. PARA ANALIZAR LA CONVENIENCIA DE LA UTILIZACION Y PRODUCTIVIDAD LOS EQUIPOS.
12.- ORDENES DE TRABAJO.	PARA CONTROLAR TIEMPOS, COSTOS Y ACTIVIDADES EN LAS REPARACIONES O EN EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO.
13.- REQUISICIONES.	PARA CONTROLAR PIEZAS QUE SE REPONEN AL EQUIPO. PARA CONTROLAR TIEMPOS DE ABASTECIMIENTO. PARA CONTROLAR COSTOS DE MANTENIMIENTO.
14.- RAZON DE FALLAS.	PARA DETERMINAR QUE SINTOMAS PROVOCAN LAS FALLAS. PARA DETERMINAR QUE FALLA SE PRESENTA CON MAS FRECUENCIA Y ESTABL CER SU CAUSA (MOTOR, TRANSMISION, SISTEMA ELECTRICO). PARA IDENTIFICAR QUE FALLA ES ANORMAL Y CUAL SE DEBE A DESGASTE ANORMAL.
15.- NUMERO DE FALLAS.	PARA EVALUAR LA VIDA DE LA MAQUINA Y SUS CONJUNTOS. PARA INVESTIGAR LA CAUSA. PARA LLEVAR ESTADISTICAS DEL COMPORTAMIENTO Y ESTABLECER PROGRAMA
16.- TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS.	ES UN INDICADOR DEL PROMEDIO DE UTILIZACION DEL EQUIPO. ESTABLECER PROGRAMAS DE ACUERDO A LA DISPONIBILIDAD.

*SSS.

V.- TEMAS ESPECIFICOS.

B) LIMPIEZA, LUBRICACION, CONTROL DE ACEITES.

LIMPIEZA COMO FACTOR DE MANTENIMIENTO.

A) PROGRAMAS DE LIMPIEZA, FRECUENCIA, TIPO DE LIMPIEZA, LUGAR - DONDE SE REALIZA.

B) EQUIPOS DE LIMPIEZA, CARACTERISTICAS, COSTO.
COMO EQUIPO INDEPENDIENTE Y COMO EQUIPO COMPLEMENTARIO.

C) OPERACION,- SE MENOSPRECIA LA ACTIVIDAD, CONTRATACION Y ENTRENAMIENTO.

- LUBRICACION ELEMENTO BASICO DE MANTENIMIENTO.

A) PROGRAMACION DE LA LUBRICACION.

- SU IMPORTANCIA.
- SU RELACION CON LA PRODUCCION.

B) EFECTOS PRODUCIDOS POR FALTA O INADECUADA LUBRICACION.

C) EQUIPOS DE LUBRICACION.

D) PERSONAL DE LUBRICACION.

- CONTROL DE ACEITES Y LUBRICACION .

A) ESTANDARIZACION.

B) IDENTIFICACION DEL ACEITE ADECUADO, PROPIEDADES.

C) TABLAS DE LUBRICACION.

D) EXISTENCIAS EN ALMACEN.

E) NOMENCLATURA.

F) ALMACENAJE. Y MANEJO.

G) EXISTENCIAS.

C) MANTENIMIENTO DE EQUIPO DISPONIBLE.

EL EQUIPO QUE NO SE ENCUENTRA TRABAJANDO EN OBRA Y QUE SE ALMACENA (POR POLITICA DE LA EMPRESA), HASTA SER REQUERIDA NECESITA MANTENIMIENTO QUE PRESENTA CARACTERISTICAS PARTICULARES.

A) PROTECCION (CONTRA-INTEMPERIE).

B) LIMPIEZA Y LUBRICACION (ACEITES PRESERVADORES).

C) FUNCIONAMIENTO PROGRAMADO.

------ O ------

*SSS.

V.- TEMAS ESPECIFICOS

C) MANTENIMIENTO DE EQUIPO DISPONIBLE.

EL EQUIPO QUE NO SE ENCUENTRA TRABAJANDO EN OBRA Y QUE SE ALMACENA (POR POLITICA DE LA EMPRESA) HASTA SER REQUERIDA, NECESITA MANTENIMIENTO QUE PRESENTA CARACTERISTICAS PARTICULARES.

A) PROTECCION (CONTRA INTEMPERIE).

B) LIMPIEZA Y LUBRICACION (ACEITES PRESERVADORES).

C) FUNCIONAMIENTO PROGRAMADO.

------- O -------

*SSS.

V.- TEMAS ESPECIFICOS

D) PRINCIPALES PROBLEMAS PRACTICOS.

1º HUMANOS.

- PREPARACION.
- COMUNICACION.

2º LOCALIZACION.

- TRABAJO A LA INTEMPERIE.
- LEJANIA DE CENTROS IMPORTANTES DE POBLACION.

3º TIPO DE TRABAJO.

- RITMO MUY ACELERADO (A PRESION).
- FECHAS DE TERMINACION AGRESIVAS.
- NECESIDAD DE ALTOS PROCENTAJES DE UTILIZACION.

4º INSTALACIONES.

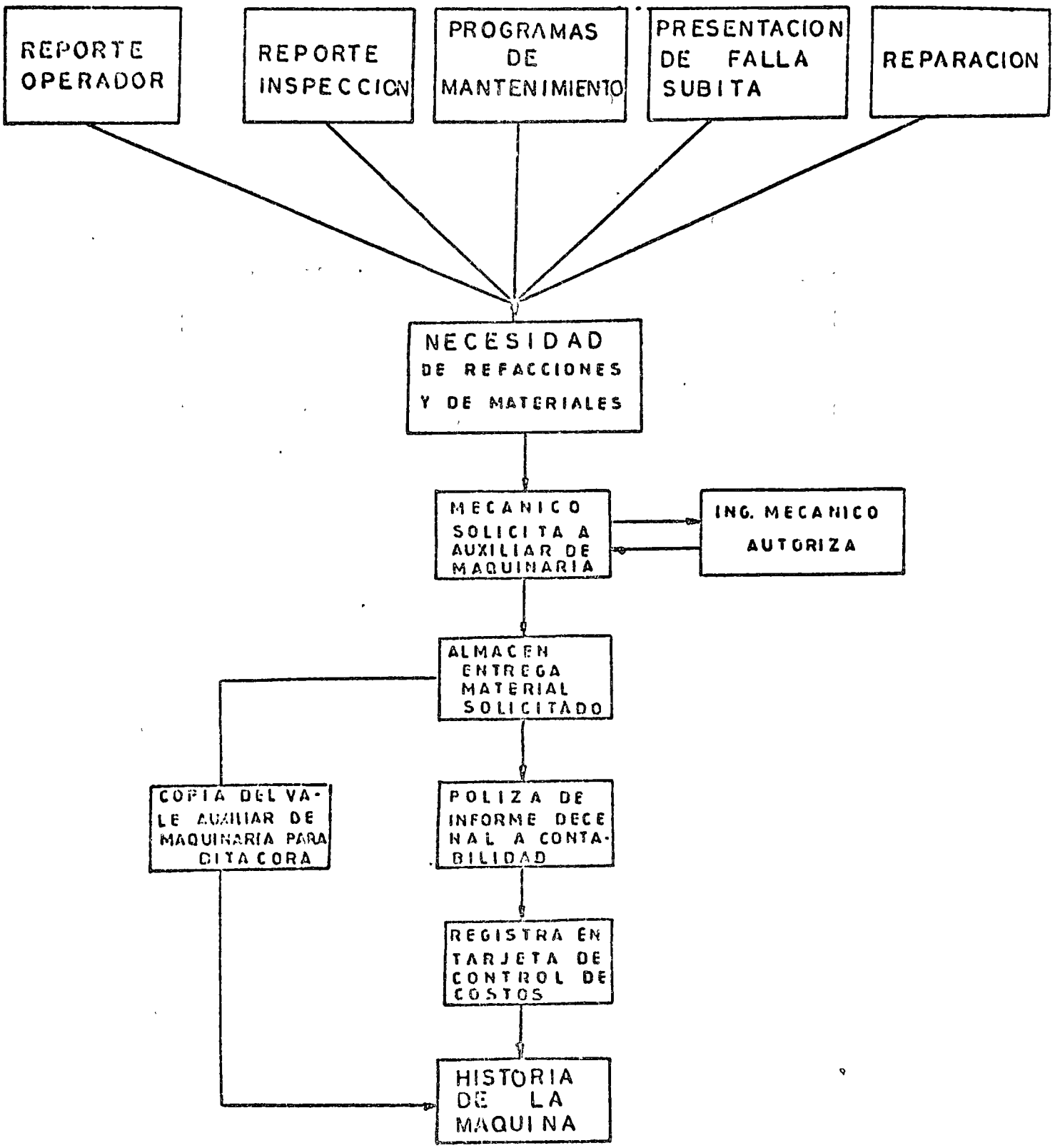
- MOVILES.
- RUDIMENTARIAS.
- DE BAJO COSTO.

------ 0 ------

*SSS.

DIAGRAMA DE FLUJO

VALES DE SALIDA DE ALMACEN



PROGRAMA DE REPARACIONES MAYORES

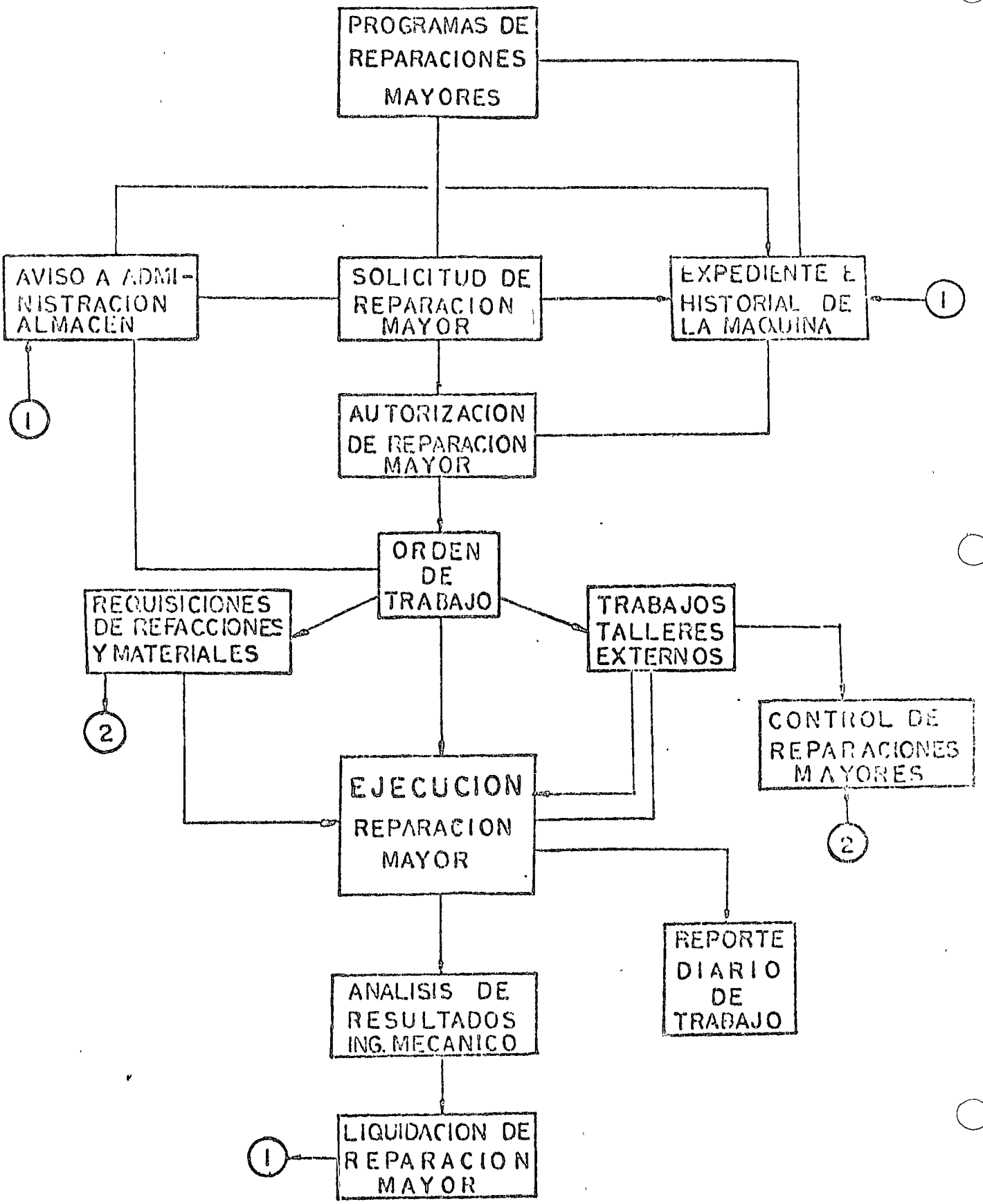


DIAGRAMA DE FLUJO
REPORTE DE OPERADORES

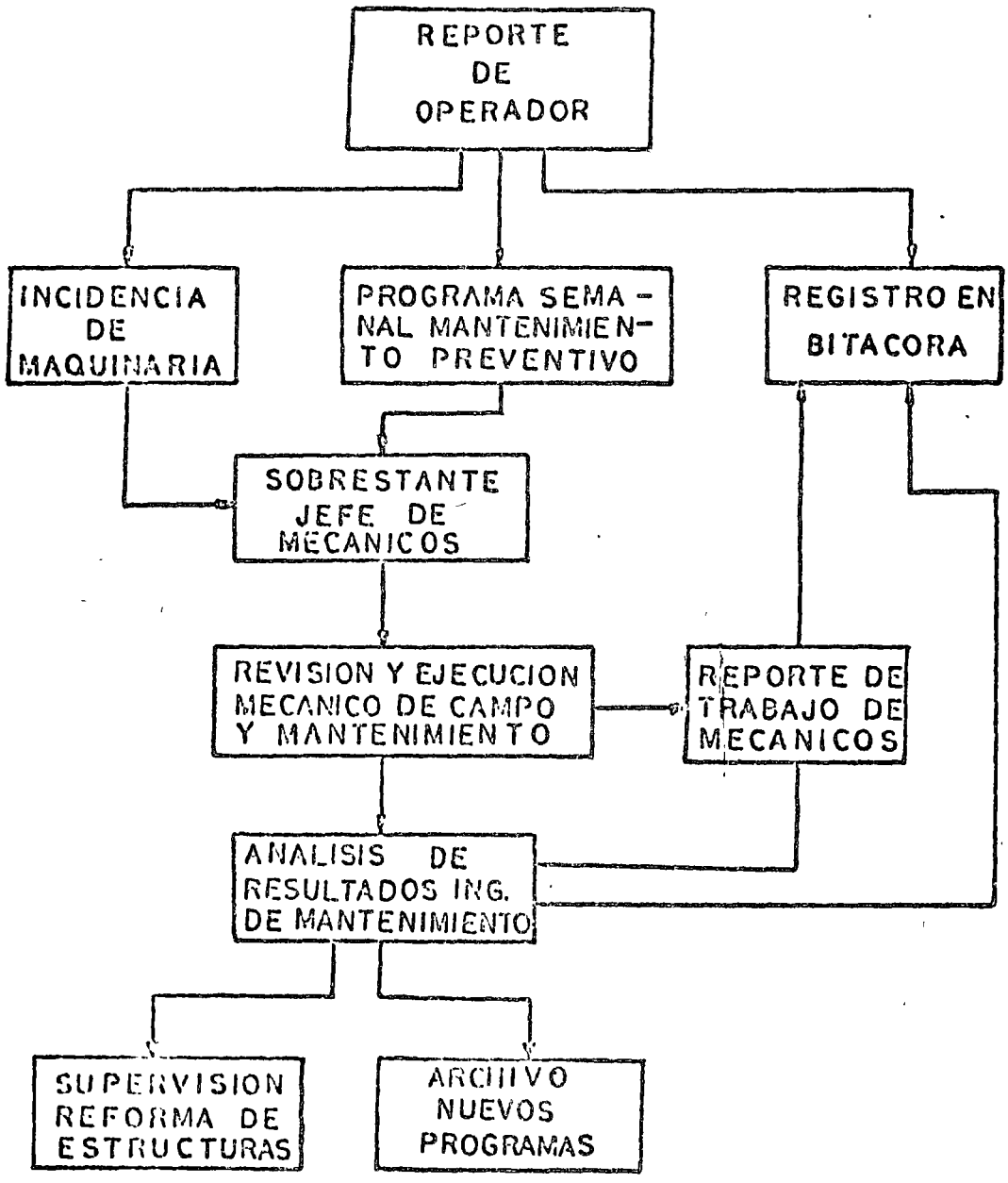
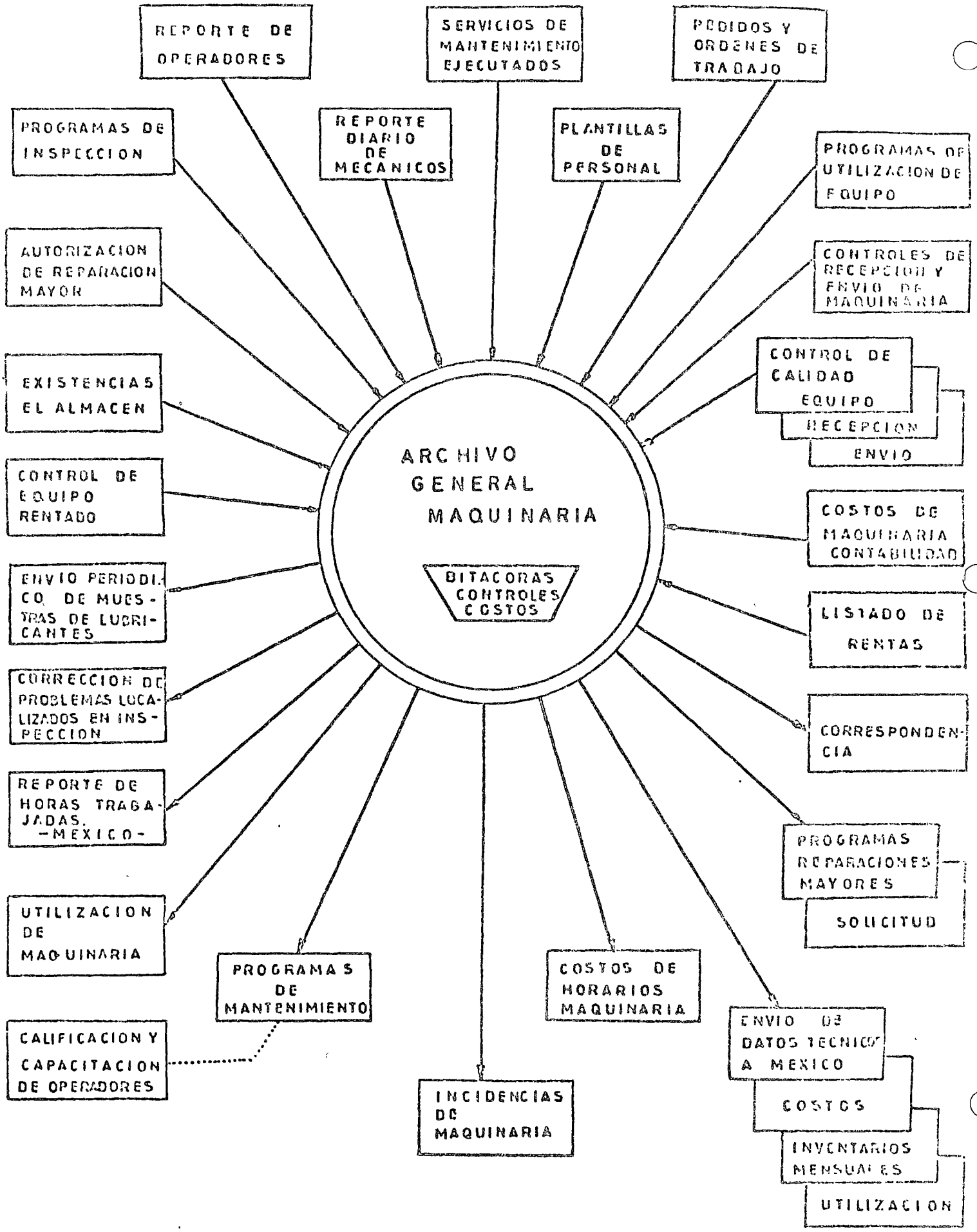
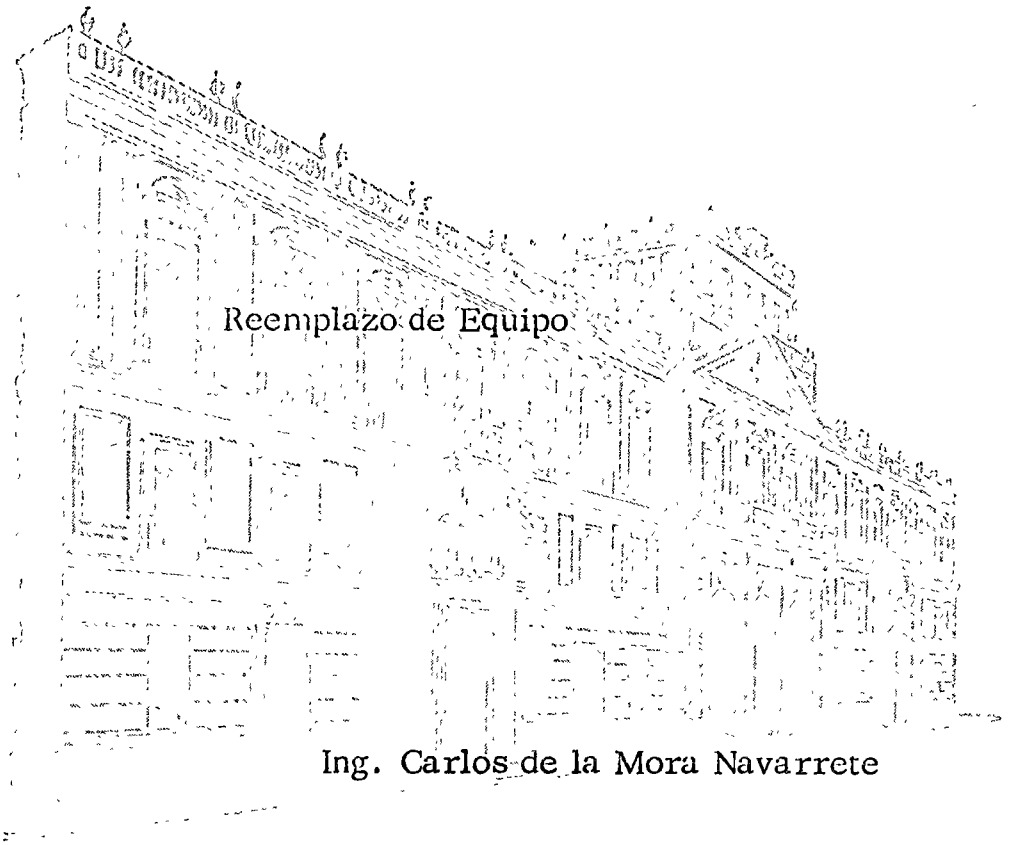


DIAGRAMA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS



Reemplazo de Equipo

Ing. Carlos de la Mora Navarrete

Palacio de Minería Tacuba 5, primer piso. México 1, D F. Tels: 521-40-23 521-73-35 5123-123

REEMPLAZO ECONOMICO DE EQUIPO

I INTRODUCCION

INFORMACION

A) PROBLEMAS DE ESTANDARIZACION.

B) REPORTES DE OBRA

C) ELEMENTOS BASICOS PARA OPERAR UN SISTEMA DE INFORMACION DE COSTOS.

II COSTOS DE EQUIPO

CONCEPTOS Y DETERMINACION.

III FACTORES PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPO

A) OBJETIVO DEL REEMPLAZO

B) INTEGRACION DE LOS COSTOS PARA EL ANALISIS DE REEMPLAZO.

IV METODOLOGIA Y EJEMPLOS

A) METODO DE LA COMPARACION SIMPLE. EJEMPLO

B) METODO DE LOS COSTOS PROMEDIOS ACUMULADOS. EJEMPLO.

C) METODO DE LOS COSTOS DE LOS VALORES ACTUALIZADOS. EJEMPLO.

INFORMACION.

I. INTRODUCCION

A) PROBLEMAS DE ESTANDARIZACION.

PARA HACER ANALISIS DE REEMPLAZO SE DEBE CONTAR CON QUE LA INFORMACION PROVENIENTE DE CADA UNA DE LAS MAQUINAS SEA HOMOGENEA.

DATOS OBTENIDOS CON CRITERIOS DIFERENTES DISTORSIONAN LOS RESULTADOS Y LLEVAN A DECISIONES INCORRECTAS.

BASICAMENTE LO QUE HAY QUE CUIDAR ES DEFINIR CADA COSTO (O ELEMENTO PARA EL ANALISIS) LO MAS CLARAMENTE POSIBLE, Y VIGILAR SU CORRECTA DETERMINACION.

ANALISIS MUY PROVECHOSOS PUEDEN HACERSE DEL COSTO DE CONCEPTOS E INDEPENDIENTES DEL ANALISIS DE REEMPLAZO, QUE POR SI SOLOS JUSTIFICAN EL ESFUERZO DE ESTANDARIZAR CRITERIOS.

A) PROBLEMAS DE ESTANDARIZACION.

POR MUCHO TIEMPO SE HA SUPUESTO, QUE ES ECONOMICAMENTE - CONVENIENTE LA ESTANDARIZACION DEL EQUIPO DE CONSTRUCCION PESADA.

LA ESTANDARIZACION DE LA INFORMACION SE FACILITA CON LA - ESTANDARIZACION DEL EQUIPO.

LA UTILIZACION DE DIFERENTES CLASES DE EQUIPO TIENDE A - - INCREMENTAR TIEMPOS PERDIDOS Y A DISMINUIR PRODUCCION.

ADICIONALMENTE A LA ESTANDARIZACION DE LA INFORMACION SE - TIENEN CIERTAS VENTAJAS COMO SON:

CONOCIMIENTO DEL EQUIPO POR OPERADORES
CONOCIMIENTO DEL EQUIPO POR PERSONAL MECANICO
REFACCIONES DISPONIBLES Y CONJUNTOS.
MEJORAMIENTO EN LAS TECNICAS DE MANTENIMIENTO, - PREDICTIVO Y PREVENTIVO.

POR ESTANDARIZACION NO SE DEBE ENTENDER NECESARIAMENTE TRABAJAR CON UNA SOLA MARCA, SINO ESTANDARIZAR MOTORES, TRANSMISIONES, COMPONENTES Y CONJUNTOS DE UN MISMO TIPO O LINEA.

A) PROBLEMAS DE ESTANDARIZACION.

ECONOMICAMENTE SE PUEDE CUANTIFICAR EL AHORRO:

A) EN INVENTARIO DE REFACCIONES.
B) EN MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO.
C) EN MENOR COSTO PARA ESTANDARIZAR MOTORES DE LA MISMA LINEA.
D) EN MEJOR VALOR DE RESCATE DE EQUIPO.

Y TAMBIEN SE PUEDEN PRESENTAR CIERTAS DESVENTAJAS QUE HAY QUE MEDIR POR LOS EFECTOS QUE CAUSEN EN CIERTOS TRABAJOS.

INFLEXIBILIDAD.- UTILIZACION DE CAPACIDAD NO NECESARIAMENTE ADECUADA:
RENDIMIENTO DUDOSO EN TRABAJOS DE GRAN VOLUMEN, QUE PUEDE SER MEJORADO VENTAJOSAMENTE CON OTRO EQUIPO.

AL CONTRARIO CAPACIDAD SOBRADA QUE IMPLICA UNA GRAN INVERSION PUDIENDO UTILIZAR UN EQUIPO MAS SENCILLO Y MAS ECONOMICO.

A) PROBLEMAS DE ESTANDARIZACION.

DEPENDENCIA.- AL ESTANDARIZAR SE CORRE EL RIESGO DE - DEPENDER DE UNA SOLA MARCA, FABRICANTES O PROVEEDOR Y PUEDE OCASIONAR CONSECUENCIAS NEGATIVAS EN FALLAS POR FALTA DE - REFACCIONES.

TAMBIEN PUEDE SUCEDER QUE EL PROVEEDOR- ABUSE CON EL TIEMPO IMPONIENDO PRECIOS- Y CONDICIONES DE PAGO; ASI COMO UN - - DESCUIDO EN LA ASISTENCIA TECNICA POR - LA CONFIABILIDAD DE VENDER EL PRODUCTO.

TODO ESTO SUCEDE POR LA AUSENCIA DE - "COMPETENCIA" ENTRE LOS DISTRIBUIDORES- AL ESTABLECER EN FORMA INADECUADA CIER- TOS TIPOS DE ESTANDARIZACION.

B) REPORTES DE OBRA.

PARA LA ESTANDARIZACION DE CRITERIOS ES CONVENIENTE ESTANDARIZAR LOS REPORTES.

EL REPORTE DIRECTO DE LA MAQUINA ES SU BITACORA, DONDE SE ANOTAN HORAS TRABAJADAS, HORAS OCIOSAS Y EN MANTENIMIENTO DIA CON DIA.

LA BITACORA SIRVE TAMBIEN PARA IR ANOTANDO EL COSTO DE CADA UNO DE LOS CONCEPTOS RELACIONADOS CON LA MAQUINA.

SE RECOMIENDAN:

1) OPERACION.
2) CONSUMOS (COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES).
3) MANTENIMIENTO (PREVENTIVO Y CORRECTIVO)
4) RENTAS.
5) LLANTAS.
6) TALLER MECANICO.

EL ALMACEN DE LA OBRA PUEDE REPORTAR INFORMACION DE REFACCIONES UTILIZADAS Y FRECUENCIA.

EL SUPERINTENDENTE PUEDE INFORMAR PRODUCCION ALCANZADA, PUES EN SENTIDO ESTRICTO EL ANALISIS DE REEMPLAZO DEBERIA GUIARSE POR EL "COSTO MINIMO POR M3."

B) REPORTES DE OBRA.

REPORTE DE OPERADOR (DIARIO).

HORAS TRABAJADAS.
TIEMPOS PERDIDOS (CAUSAS).
FALLAS PRESENTADAS.
TRABAJO REALIZADO.
FRENTE DE TRABAJO.

REPORTE DE PERSONAL DE MANTENIMIENTO Y PROGRAMACION DE - SERVICIOS (COSTO DE MANTENIMIENTO).

PROGRAMA DE SERVICIO SEMANAL.
REPORTE DIARIO DE TRABAJO PERSONAL MECANICO.
REPORTE DE CONSUMO PERSONAL DE MANTENIMIENTO. (CONTROL DE COSTOS),COMBUSTIBLES, ETC.(COSTO POR CONSUMOS).

BITACORAS.

CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA.
CONTROL DE SERVICIO (CUBRE UN AÑO COMPLETO).
CONTROL GENERAL DE HORAS (POR MES).
HORAS DE SERVICIO 100,500,1000 HORAS,(REVISIONES PERIODICAS).
CONTROL MENSUAL (HORAS TRABAJADAS, TIEMPOS - PERDIDOS -,OBSERVACIONES).

C) ELEMENTOS BASICOS PARA OPERAR UN SISTEMA DE INFORMACION DE COSTOS.

1) UNIFICACION DE CRITERIOS.
DEFINICION CLARA DE LOS CONCEPTOS DE COSTOS.

2) DISEÑO DEL SISTEMA CONTABLE ADECUADO AL TIPO DE LA OBRA.
DISEÑO DE LOS REPORTES PARA LA INTEGRACION DEL DEL COSTO.

3) DISEÑO DE LA ORGANIZACION Y UTILIZACION DE LOS COSTOS OBTENIDOS.

4) REPORTES DE COSTOS A DIFERENTES NIVELES:

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.
DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA.
DEPARTAMENTO DE PLANEACION.
DEPARTAMENTO DE COMPRAS.
GERENCIA.

II COSTOS DE EQUIPO.

CONCEPTOS Y DETERMINACION DEL COSTO

LOS COSTOS DE EQUIPO MAYOR, MENOR Y VEHICULOS SE DIVIDEN EN LOS SIGUIENTES CONCEPTOS:

1) OPERACION
2) CONSUMOS
3) MANTENIMIENTO
4) RENTAS
5) LLANTAS
6) TALLER MECANICO

EL COSTO DEL TALLER MECANICO SE DIVIDE A SU VEZ EN:

6A) MANO DE OBRA.
6B) EQUIPO AUXILIAR Y HERRAMIENTA.
6C) MANTENIMIENTO.

LOS [illegible] DE LOS COSTOS DE EQUIPO MAYOR, MENOR Y VARIOS, SE DEFINEN Y SE DETERMINAN COMO SIGUE:

1) [illegible]

COSTO TOTAL [illegible] DE LAS EROGACIONES QUE SE HACEN POR CONCEPTO DE PAGO DE SALARIOS AL PERSONAL ENCARGADO DE LA OPERACION DE LAS MAQUINAS.

$

[illegible]

IDENTIFICACIONES

SALARIO BASE OPERADORES

Y AYUDANTES.

SE DETERMINA EN BASE A LA LISTA DE RAYA IDENTIFICANDO A LOS OPERADORES Y AYUDANTES, DIRECTAMENTE ENCARGADOS DE LA MAQUINA O GRUPO DE MAQUINAS, CUANTIFICANDOSE A PARTIR DEL COSTO TOTAL QUE PARA LA EMPRESA REPRESENTA LA LABOR DE ESE TRABAJADOR

2. [illegible]DS

CARGOS ORIGINADOS POR:

2.1 COMBUSTIBLE O CUALQUIER OTRA FUENTE DE ENERGIA.

2.2 ELEMENTOS FILTROS Y LUBRICANTES EN GENERAL.

2.3 ELEMENTOS DE DESGASTE DE SUBSTITUCION FRECUENTE, COMO: CUCHILLAS, GAVILANES, TORNILLOS Y TUERCAS PARA LOS MISMOS, DIENTES PARA BOTES Y PARA ESCARIFICADORES, CABLE DE ACERO, POLEAS, CINTAS, CONCAVOS, ETC.

COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, FILTROS,
ELEMENTOS DE DESGASTE DE SUBSTITUCION FRECUENTE, ETC.
(NO INCLUYE LA POLEA DE LOS VALES DE SALIDA).

COSTOS DE EQUIPO.

SE DETERMINAN EN BASE AL REPORTE DE CARGOS QUE EL ALMACEN MENSUALMENTE ACUMULA DE LOS VALES DE SALIDA, QUE NOS INDICAN BASICAMENTE LA DESCRIPCION DE LA PIEZA, NO. DE PARTE, NO.ECO. DE LA MAQUINA EN QUE SE VA A USAR Y EL CARGO DE ACUERDO CON LOS CONCEPTOS DE COSTOS Y EL CATALOGO DE CUENTAS DE LA OBRA.

D) [illegible]

COSTOS OCASIONADOS POR MATERIALES, REFACCIONES, M
DE OBRA Y EQUIPO AUXILIAR, NECESARIOS PARA LLEVAR
CABO TODAS LAS OPERACIONES DE RUTINA, SERVICIOS Y
MANTENIMIENTO QUE SE REQUIEREN PARA CONSERVAR EN C
DICIONES DE TRABAJO A LAS MAQUINAS DURANTE SU VI
UTIL Y QUE NO ESTAN CONSIDERADOS EN EL PUNTO ANTE

MATERIALES, REFACCIONES, MANO DE OBRA, EQUIPO AUXIL
NECESARIOS PARA EFECTUAR REPARACIONES MENORES DE
VACION Y MANTENIMIENTO MENOR (PREVENTIVO.) (NO MAY
MAYOR O CORRECTIVO)

SE DETERMINA EN LA MISMA FORMA QUE LOS CONSUMOS. DE
TENERSE ESPECIAL CUIDADO EN LA FORMULACION DE LOS V
DE SALIDA DE ALMACEN PARA EVITAR ERRORES EN LOS CA

0) [illegible]NTAS

[illegible] POR LOS CONCEPTOS DE:

[illegible] DEPRECIACION.
[illegible] MANTENIMIENTO MAYOR. (CORRECTIVO).

(% DEPRECIACION)=MANTENIMIENTO CORRECTIVO

DEPRECIACION (INCLUYE-INVERSION Y OBSOLESCENCIA Y [illegible]

SE DETERMINAN CON EL CARGO DE RENTAS QUE OFICINA MATRIZ, ENVIA MENSUALMENTE A TODAS LAS OBRAS, EN BASE A LAS HORAS TRABAJADAS REPORTADAS PARA CADA EQUIPO MAYOR Y [illegible] GUN INVENTARIO FISICO.

5) LLANTAS.

COSTO INTEGRADO POR DOS CONCEPTOS: (AMORTIZACION Y - OPERACION).

5.1 AMORTIZACION (LLANTAS).

CARGO POR LA DISMINUCION DEL VALOR ORIGINAL DE LAS LLANTAS, COMO CONSECUENCIA DEL USO :

$$\text{AMORTIZACION HORARIA} = \frac{\text{VALOR DE ADQUISICION}}{\text{VIDA ECONOMICA DE LA LLANTA EN HORAS.}}$$

5.2 COSTO DE OPERACION (LLANTAS).

CARGO POR EL VALOR DE CAMARAS, VALVULAS, CORBATAS, TAPONES, SELLOS, BIRLOS PARA MASAS DE RUEDAS Y - TODAS LAS REFACCIONES, MATERIALES Y EQUIPO - - AUXILIAR NECESARIO PARA HACER LAS REPARACIONES DE LAS LLANTAS.

COSTOS DE EQUIPO.

EL VALOR DE LAS LLANTAS DE EQUIPO MAYOR SE CARGA - - INTEGRAMENTE A LA PRIMERA OBRA DONDE SE ENVIA EL - - EQUIPO.

ES IMPORTANTE AL RECIBIR LAS MAQUINAS, FORMULAR DE - INMEDIATO EL AVALUO DE LLANTAS Y COMPARARLO CON EL - AVALUO DE LLANTAS DE LA OBRA REMITENTE. LA OBRA DEBE- COMENZAR A CREAR UN PASIVO DE ACUERDO CON EL VALOR DEL AVALUO DE LLANTAS Y DE ACUERDO A LAS HORAS QUE - TRABAJE.

PARA LA ELABORACION DEL AVALUO DE LLANTAS SE ANEXA - LA TABLA DE CONVERSION DE MEDIDAS DE LLANTAS

SE DETERMINA ESTE COSTO TOTAL POR LLANTAS DE ACUERDO- CON EL REPORTE DE LAS HORAS TRABAJADAS MENSUALMENTE - POR CADA EQUIPO MAYOR Y AGREGANDOSE LOS COSTOS DE - -

MERACION QUE SE RECIBEN COMO CARGOS EN LAS POLIZAS DEL ALMACEN QUE CONTABILIZA LOS VALES DE SALIDA CORRESPONDIENTES.

5) GRAPAS.

CANARIS, VALVULAS, TAPONES, SELLOS, ETC.
CONTROLA ALMACEN POR MEDIO DE LOS VALES DE SALIDA

AMORTIZACION.

TABLA DE CONVERSION DE [illegible]

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1/32	3.4%	3.3%	3.5%	3.0%	2.7%	[illegible]	2.4%	2.3%	2.6%	2.1%	2.0%	[illegible]	2.0%	2.0%	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.7%
2/32	6.3	6.5	6.4	6.0	5.4	6.4	4.8	5.7	5.2	4.0	5.1	[illegible]	4.0	4.1	3.7	3.5	3.7	2.8	1.5
3/32	10.3	10.0	9.8	9.0	8.1	[illegible]	7.3	8.5	7.8	6.5	7.0	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	6.7	[illegible]	4.2	2.3
4/32	13.7	13.3	12.9	12.1	10.8	[illegible]	9.7	11.4	10.5	[illegible]	10.3	[illegible]	[illegible]	8.8	7.5	[illegible]	7.5	5.6	3.1
5/32	17.2	16.6	16.1	15.1	13.5	16.1	12.1	14.2	13.1	[illegible]	[illegible]	11.6	10.2	10.4	[illegible]	[illegible]	[illegible]	7.0	[illegible]
6/32	20.6	20.0	19.3	18.1	16.2	19.3	[illegible]	17.1	15.7	[illegible]	15.4	[illegible]	12.2	12.5	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	4.5
7/32	24.1	23.3	22.5	21.2	19.0	22.5	17.0	20.0	18.4	15.2	17.9	15.0	14.2	[illegible]	[illegible]	13.4	[illegible]	[illegible]	[illegible]
8/32	27.5	26.6	25.8	24.2	21.6	25.6	19.3	22.8	21.0	17.3	20.5	16.8	16.2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	15.2	11.2	6.2
9/32	31.0	30.0	29.0	27.2	24.3	28.9	21.9	25.7	23.6	19.5	23.1	20.0	18.3	18.7	[illegible]	17.3	16.9	12.6	7.0
10/32	34.4	33.3	32.2	30.3	27.0	32.2	24.3	28.5	26.3	21.0	25.7	22.2	20.4	20.8	19.6	19.2	18.8	14.0	7.8
11/32	37.9	36.6	35.4	33.3	29.7	35.4	26.8	31.4	28.9	23.0	28.2	25.0	22.4	23.0	21.7	21.1	20.7	15.4	8.5
12/32	41.3	40.0	38.7	36.3	32.4	38.7	29.2	34.2	31.6	25.0	30.7	27.0	24.4	25.0	23.6	23.0	[illegible]	16.8	9.3
13/32	44.8	43.3	41.9	39.3	35.1	41.9	31.7	37.1	[illegible]	[illegible]	33.4	29.2	[illegible]	27.0	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	10.1
14/32	48.2	46.6	45.1	42.4	37.8	45.1	34.1	40.0	37.5	30.4	[illegible]	[illegible]	[illegible]	29.1	28.4	[illegible]	27.4	19.6	10.9
15/32	51.7	50.0	48.3	45.4	40.5	48.3	36.4	42.8	39.4	32.5	38.4	34.0	30.6	31.2	31.0	28.5	29.3	21.0	11.7
16/32	55.1	53.3	51.6	48.4	43.2	51.6	39.0	45.7	42.1	34.7	42.1	[illegible]	41.0	34.2	33.6	33.3	30.2	22.4	12.4
17/32	58.6	56.6	54.8	51.5	45.9	54.8	41.4	48.5	44.7	36.9	45.5	39.5	34.6	37.4	35.9	34.6	[illegible]	23.8	13.2
18/32	62.0	60.0	58.0	54.5	48.6	58.0	43.9	51.4	47.3	[illegible]	48.1	41.8	36.7	39.5	38.0	36.9	[illegible]	[illegible]	14.0
19/32	65.5	63.3	61.2	57.5	51.3	61.2	46.3	54.2	49.9	[illegible]	48.7	44.1	[illegible]	37.5	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
20/32	68.9	66.6	64.5	60.5	54.0	64.5	48.7	57.1	52.6	45.4	51.2	[illegible]	40.5	41.0	37.7	38.6	37.7	29.0	[illegible]
21/32	72.4	70.0	67.7	[illegible]	56.7	67.7	51.2	60.0	55.2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	42.8	43.7	[illegible]	40.3	39.0	31.4	16.9
22/32	75.8	73.3	70.9	65.0	59.4	70.9	53.6	62.8	57.8	47.8	[illegible]	51.1	44.8	45.6	41.6	42.3	41.5	30.8	17.1
23/32	79.3	76.6	74.1	68.0	62.1	74.1	56.0	65.7	60.5	50.3	56.9	[illegible]	48.5	47.9	45.4	44.2	[illegible]	32.3	17.9
24/32	82.7	80.0	77.4	71.7	64.8	77.4	58.5	68.5	63.1	52.1	61.5	[illegible]	49.0	50.6	[illegible]	46.1	45.2	33.8	18.7
25/32	86.2	83.3	80.6	75.7	67.5	80.6	60.9	71.4	65.7	54.3	64.1	[illegible]	51.1	52.3	47.1	48.0	47.1	34.9	19.5
26/32	89.6	86.6	83.8	78.7	70.2	83.8	63.4	74.2	68.4	56.5	66.6	60.8	53.0	54.1	49.0	50.0	48.0	36.4	20.2
27/32	93.1	90.0	87.0	81.8	72.9	87.0	65.8	77.1	71.0	58.6	69.2	[illegible]	55.1	55.2	50.9	51.9	50.9	37.8	21.0
28/32	96.5	93.3	90.3	84.6	75.6	90.3	68.2	80.0	73.6	60.9	71.7	[illegible]	57.1	58.3	52.8	[illegible]	[illegible]	39.2	21.8
29/32	100.0	96.8	93.5	87.9	78.3	93.5	70.7	82.8	76.3	63.0	74.3	[illegible]	59.1	60.4	[illegible]	[illegible]	[illegible]	40.6	22.6
30/32		100.0	96.7	90.9	81.0	[illegible]	73.1	85.7	78.9	65.2	76.8	[illegible]	61.2	[illegible]	60.6	57.5	[illegible]	42.0	23.4

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
31/32	100.0	83.8	83.7	100.0	71.6	83.8	81.5	87.6	75.4	74.0	67.2	64.5	83.4	87.0	81.4	83.4	81.1
32/32		89.9	83.4		78.0	81.4	84.2	84.5	82.0	74.4	84.3	84.1	80.3	81.5	80.3	44.3	84.9
33/32		100.0	89.1		80.4	84.2	83.3	71.0	84.6	76.7	67.3	84.7	85.2	83.4	85.2	85.2	78.7
34/32			91.8		82.9	87.1	89.4	79.0	87.1	7[illegible].0	83.5	70.8	84.1	81.3	84.1	42.8	78.5
35/32			91.5		80.3	100.0	83.1	76.0	83.7	81.3	71.4	72.5	80.0	87.3	88.0	45.0	87.3
36/32			87.2		81.2		84.7	75.3	83.8	81.7	75.4	75.0	87.0	85.2	87.9	35.4	47.0
37/32			100.0		80.2		87.8	87.4	84.6	8[illegible].6	7[illegible].5	77.0	87.3	71.1	83.6	81.8	80.8
38/32					87.3		100.0	88.8	97.4	88.3	77.5	7[illegible].1	71.5	71.0	71.8	53.2	83.9
39/32					86.1			84.7	100.0	83.8	73.5	81.2	74.5	81.2	[illegible]	54.6	50.4
40/32					87.5			83.0		83.0	81.6	83.3	75.4	76.3	75.4	50.0	81.2
41/32					100.0			83.1		85.3	82.6	81.4	77.3	78.1	77.3	57.4	81.0
42/32								91.3		87.6	85.7	87.5	79.2	80.7	79.2	58.8	82.7
43/32								93.4		100.0	87.7	83.5	81.1	82.6	81.1	83.2	83.5
44/32								92.6			85.7	81.8	83.0	84.6	83.0	81.6	84.3
45/32								87.8			91.8	83.7	81.9	81.3	84.3	85.0	85.1
46/32								100.0			82.8	85.8	85.7	83.4	85.7	84.4	87.3
47/32											83.3	87.9	84.8	79.8	84.3	85.8	88.8
48/32											97.0	100.0	90.5	92.3	90.5	87.2	87.4
49/32											100.0		92.4	94.2	92.4	88.6	83.2
50/32													94.3	95.1	91.5	70.0	89.0
51/32													96.2	98.0	96.2	71.4	88.7
52/32													94.1	100.0	93.2	72.8	87.5
53/32													100.0		100.0	74.2	41.3
54/32																75.6	42.1
55/32																77.0	42.8
56/32																78.4	43.5
57/32																79.8	43.3
58/32																80.2	44.1
59/32																81.6	44.9
60/32																82.0	45.7
61/32																83.4	46.9
62/32																84.8	47.2
63/32																87.2	48.0
64/32																88.6	48.8
65/32																90.0	49.5

Profundidad del Dibujo			
61/32		91.4	56.3
62/32		92.0	61.1
63/32		94.3	61.9
64/32		95.0	63.7
70/32		93.0	59.5
71/32		97.	5[illegible].2
72/32		[illegible]	[illegible]
73/32		[illegible]	5[illegible].3
74/32		100.0	5[illegible].0
75/32			57.4
76/32			58.1
77/32			59.0
78/32			59.7
79/32			60.5
80/32			61.3
81/32			62.0
82/32			62.7
83/32			63.6
84/32			64.4
85/32			65.2
86/32			65.9
87/32			66.7
88/32			67.5
89/32			68.2
90/32			69.1
91/32			69.9
92/32			70.7
93/32			71.5
94/32			72.3
95/32			73.1
96/32			73.9
97/32			74.7
98/32			75.5
99/32			76.4
100/32			77.3

Nota. Las llantas deben estar limpias para su [illegible] como de las de entre multicapas antes de cada medida, excepto [illegible] técnico tengan que retirarse antes. (Cortadas, arrancamientos, separaciones, roturas, etc.)

1.- Para determinar el valor de una Llanta Nueva se hará en la forma siguiente:

(A).- De el precio de la Llanta Nueva se le asignará un 50.4% al casco y el resto al piso (49.6%).

Ejem. Determinar el valor de una Llanta Nueva 18.00-25 que en relación 18/32 ó sea aprox. el 56% de su vida, precio Llanta 18.00-25 $10,000.00 de la cual el casco [illegible] $5,[illegible] y el piso [illegible].00 por lo tanto como la Llanta ha recorrido la mitad de su vida, el piso tendrá un valor de $3,200.00 que agregándole el Valor del casco nos dará el valor real de la Llanta que será de $8,006.00.

2.- Para determinar el valor de una Llanta Reconstruida se hará en la forma siguiente:

(A).- De el precio de la Llanta Nueva se le asignará un 40% al casco reconstruido (sin importar que reconstrucción tenga la Llanta) y el 60.00 el precio del piso.

Ejem. De [illegible] 25 que en relación 18/32 ó sea aprox. el 56% de su vida, precio Llanta 18.00-25 Nueva $10,000.00 valor del casco [illegible] $1,000.00 valor del piso [illegible] 10,000 y se ha recorrido [illegible] su piso, entonces será el valor $1,675.76 más el valor del casco reconstruido, nos dará el valor real de la Llanta.

Período del Diario	[illegible]
101/92	73.[illegible]
1[illegible]/92	7[illegible]
1[illegible]/92	7[illegible]
1[illegible]/92	[illegible]
105/92	[illegible]
1[illegible]/92	82.6
1[illegible]/92	83.[illegible]
10[illegible]/92	8[illegible]
109/92	[illegible]
110/92	[illegible]
111/92	87.1
11[illegible]/92	87.[illegible]
113/92	[illegible]
114/92	[illegible]
115/92	[illegible]
116/92	91.1
117/92	91.[illegible]
118/92	92.7
119/92	[illegible]
120/92	[illegible]
121/92	[illegible]
122/92	[illegible]
123/92	[illegible]
124/92	97.[illegible]
125/92	[illegible]
126/92	[illegible]
127/92	[illegible]
128/92	100.[illegible]

AVALUO DE LLANTAS

Obra: _____

Fecha: _____

Máquina _____ Llegada de _____

No. Eco. _____ Sale a _____

Formuló _____ Fecha _____

POSICION	MARCA	SERIE	MEDIDA Y No. DE CAPAS	N R	ESTADO	32avos	% VIDA	CASCO	PISO	TOTAL

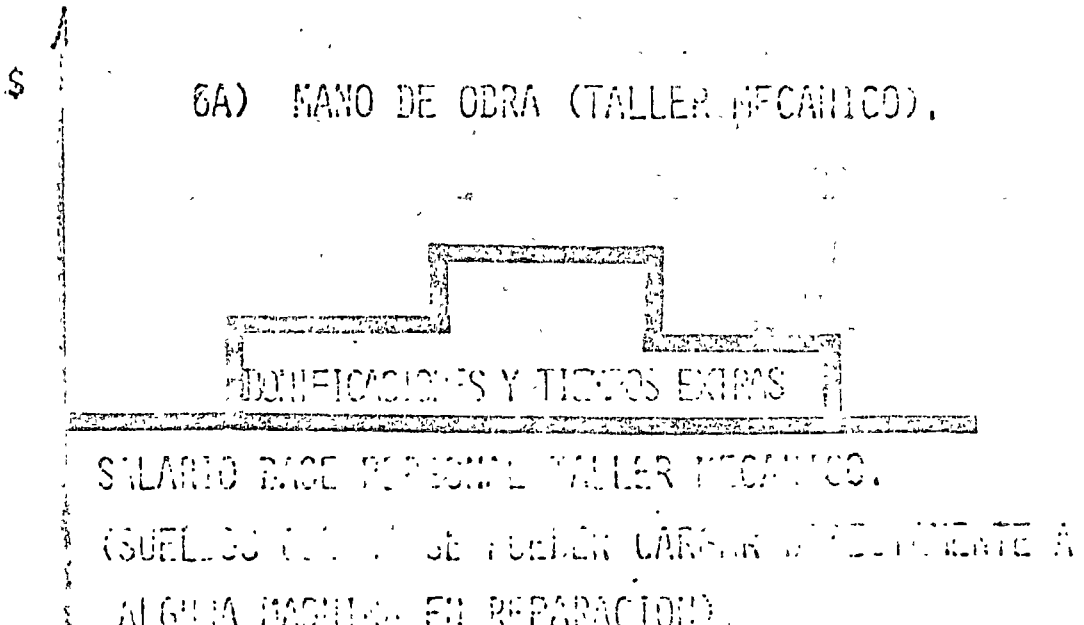
N = Nueva
R = Renovada

6) TALLER MECANICO

EL COSTO DE TALLER MECANICO SE DIVIDE A SU VEZ EN: MANO DE OBRA, EQUIPO AUXILIAR Y HERRAMIENTAS Y MANTENIMIENTO.

6A) MANO DE OBRA. (TALLER MECANICO).

SE DETERMINA EN LA MISMA FORMA QUE EL COSTO DE OPERACION, SE INCLUYE EN ESTE CONCEPTO AL PERSONAL QUE TRABAJA EN EL TALLER DE MAQUINARIA DE LA OBRA Y CUYO SUELDO NO PUEDE CARGARSE DIRECTAMENTE A NINGUNA MAQUINA. SE INCLUYEN EN ESTE COSTO TODOS LOS TIEMPOS EXTRAS Y LAS BONIFICACIONES. SE EXCEPTUAN LOS GASTOS GENERALES, COMO SON SALARIOS DE INGENIEROS MECANICOS Y AUXILIARES DE MAQUINARIA.



[illegible] EQUIPO AUXILIAR Y HERRAMIENTAS (TALLER MECANICO)

CONSTITUYE EL COSTO OCASIONADO POR LAS RENTAS DE EQUIPO AUXILIAR REFACCIONES Y MATERIALES, COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES NECESARIOS PARA MANTENER EN CONDICIONES DE - - TRABAJO EL EQUIPO AUXILIAR Y VEHICULOS AL SERVICIO DEL TALLER MECANICO. SE CONSIDERA TAMBIEN EN ESTE RANGO, EL COSTO OCASIONADO POR LA AMORTIZACION DE LA HERRAMIENTA AL SERVICIO DEL TALLER.

$ (B) EQUIPO AUXILIAR Y HERRAMIENTAS (TALLER MECANICO)

RENTAS EQUIPO AUXILIAR, REFACCIONES Y MATERIALES, AMORTIZ HERRAMIENTAS, COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES, SERVICIO [illegible] ETC. UTILIZADOS PARA EL TALLER MECANICO

T

5C) MANTENIMIENTO (TALLER MECANICO).

COSTO DE MATERIALES QUE NO PUEDEN CARGARSE DIRECTAMENTE A UNA MAQUINA O GRUPO DE MAQUINAS.

5C) MANTENIMIENTO (TALLER MECANICO)

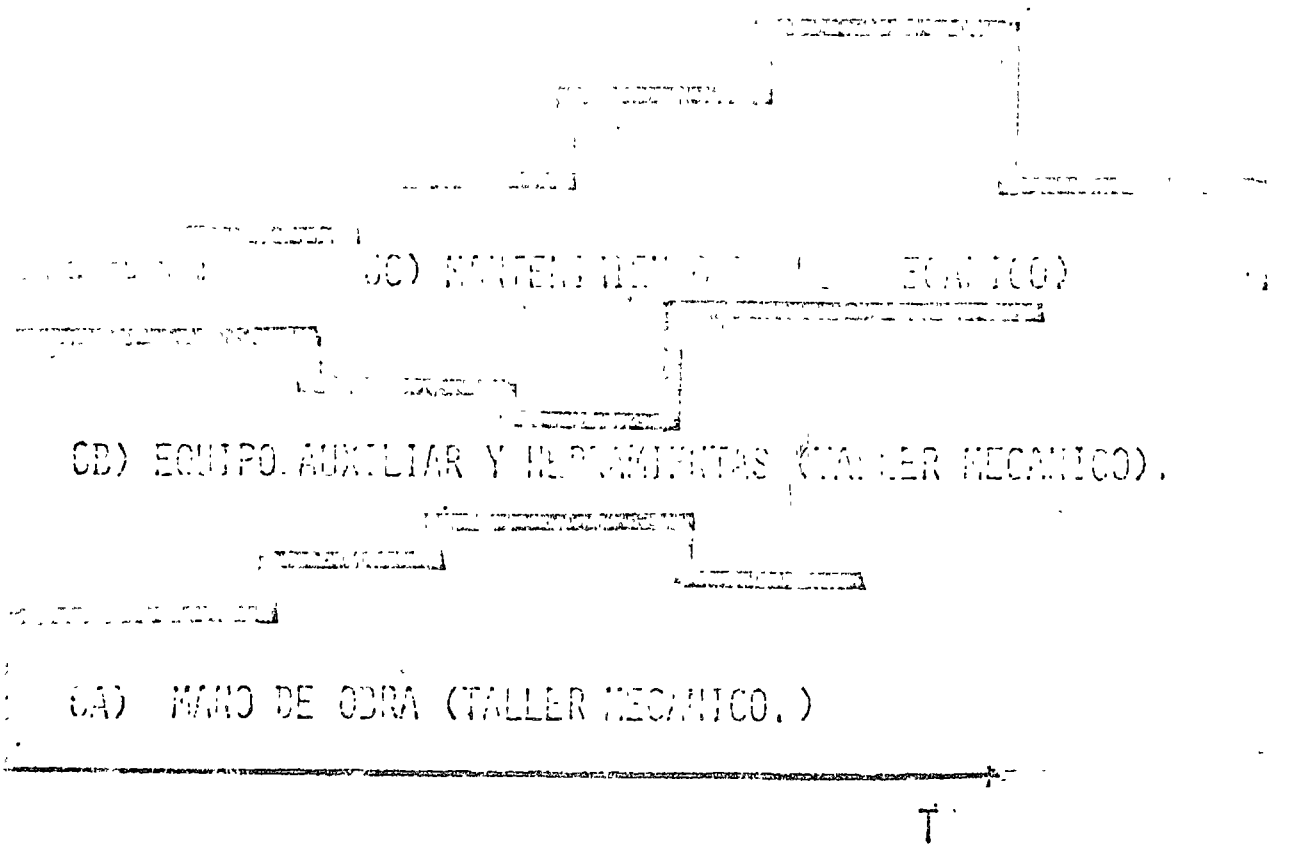
MATERIALES DIVERSOS PARA VARIOS USOS, QUE NO PUEDEN CARGARSE A UNA MAQUINA Y QUE SON PARA SERVICIO DEL TALLER.

T

SE OBTIENE DEL REPORTE DE CONSUMOS DE MATERIALES UTILIZADOS POR EL TALLER DE LA OBRA, QUE NO PUEDEN IDENTIFICARSE DIRECTAMENTE CON NINGUNA MAQUINA.

GRAFICA.

COSTO TOTAL - TALLER MECANICO.



PRORRATEO DEL COSTO DEL TALLER MECANICO.

EL COSTO INDIRECTO DEL TALLER MECANICO, SUMA DE LOS TRES CONCEPTOS ANTERIORES, DEBE PRORRATEARSE UTILIZANDO LA FORMA NO.5 ENTRE EL EQUIPO MAYOR, MENOR Y VEHICULOS EN LA FORMA SIGUIENTES:

A) TOMANDO COMO BASE DE PRORRATEO EL PORCENTAJE DEL PERSONAL DEL TALLER MECANICO QUE SE ENCUENTRA AL SERVICIO DE EQUIPO MENOR Y VEHICULOS, SE DIVIDE EL COSTO TOTAL EN DOS PARTES; UNA CORRESPONDIENTE A TODO EL EQUIPO MENOR Y VEHICULOS Y LA RESTANTE A TODO EL EQUIPO MAYOR.

B) EL COSTO APLICABLE A EQUIPO MENOR Y VEHICULOS SE PRORRATEA ENTRE LOS GRUPOS DE UNIDADES UTILIZADO COMO BASE LA TARIFA MENSUAL DE RENTA DE CADA GRUPO, COMO PORCENTAJE DE LA SUMA DE TARIFAS MENSUALES DEL EQUIPO MENOR Y VEHICULOS.

C) EL COSTO APLICABLE A EQUIPO MAYOR SE PRORRATEA ENTRE CADA MAQUINA, TOMANDO COMO BASE LA TARIFA DE RENTA HORARIA, SE DIVIDE LA TARIFA HORARIA DE CADA MAQUINA,

ENTRE LA SUMA DE LAS TARIFAS HORARIAS DE TODAS LAS - MAQUINAS MAYORES PARA OBTENER EL FACTOR QUE LE - - CORRESPONDE A CADA MAQUINA. ESTE FACTOR SE MULTIPLICA POR EL COSTO APLICABLE DE EQUIPO MAYOR, OBTENIENDO EL COSTO MENSUAL QUE POR CONCEPTO DE TALLER-MECANICO LE CORRESPONDE A CADA MAQUINA.

III.- FACTORES PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPO.

A) OBJETIVOS DEL REEMPLAZO

LA UTILIZACION ECONOMICA DEL EQUIPO DE CONSTRUCCION DEPENDE EN GRAN PARTE DE SU REEMPLAZO EN EL MOMENTO ECONOMICAMENTE-CONVENIENTE.

EXISTEN METODOS QUE PERMITEN DETERMINAR EL MOMENTO OPTIMO - DE REEMPLAZO.

LOS METODOS DE REEMPLAZO ECONOMICO DETERMINAN LA VIDA ECONOMICA PARA LA CUAL SE MAXIMIZA LA UTILIDAD NETA O MINIMIZA EL COSTO TOTAL.

EN LA PRACTICA LOS METODOS UTILIZADOS SON LOS QUE MINIMIZAN EL COSTO.

SU APLICACION PRACTICA SE HACE, AL EQUIPO CONSIDERADO - - MAYOR, EN ANALISIS INDIVIDUALES Y POR EQUIPO.

B) INTEGRACION DE LOS COSTOS PARA EL ANALISIS DE REEMPLAZO.

LOS COSTOS TRATADOS ANTERIORMENTE A NIVEL DE OBRA COMO OPERACION, CONSUMOS, MANTENIMIENTO, RENTAS, LLANTAS Y TALLER MECANICO SE INTEGRAN A LOS COSTOS QUE SE LLEVAN EN LA EMPRESA PARA EFECTOS DE ANALISIS DE REEMPLAZO DE EQUIPO, POLITICAS DE PRECIOS, EFICIENCIA, SELECCION DE EQUIPOS, ETC., DE LA SIGUIENTE FORMA:

COSTOS A NIVEL DE OBRA	COSTOS A NIVEL DE EMPRESA.
OPERACION CONSUMOS MANTENIMIENTO (PREVENTIVO) LLANTAS TALLER MECANICO RENTAS MANTENIMIENTO CORRECTIVO	COSTO DE MANTENIMIENTO TOTAL
DEPRECIACION	DEPRECIACION
COSTO DE CAPITAL	INVERSION
INNOVACIONES TECNOLOGICAS	OBSOLESCENCIA
EQUIPO IMPRODUCTIVO PARADO	MAQUINA PARADA

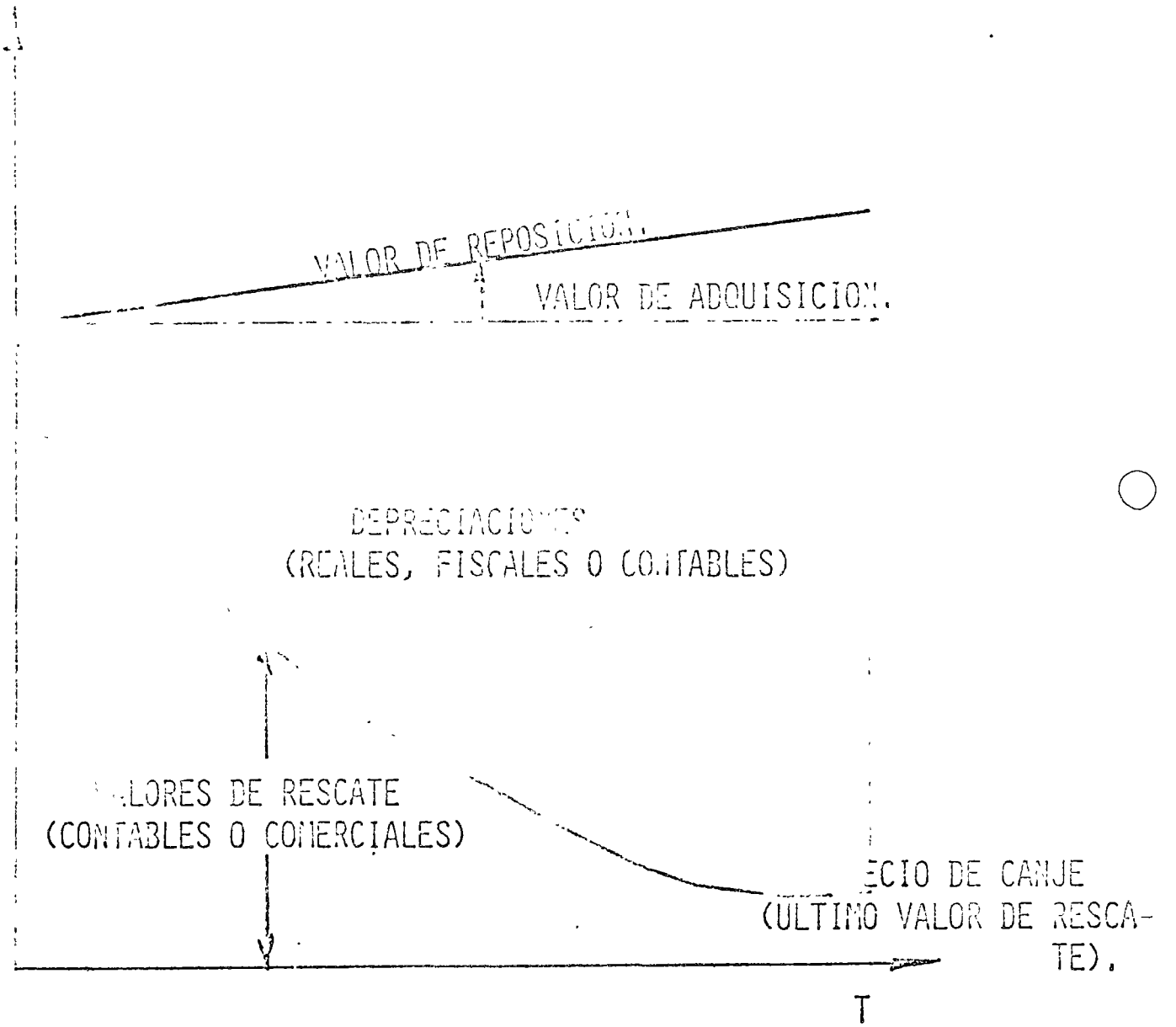
III.- FACTORES PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPO.

ES DECIR QUE LA INFORMACION ANTES DESGLOSADA QUE NOS ENVIA-LA OBRA SE COMPUTA PARA EFECTOS DE ANALISIS DE REEMPLAZO DE EQUIPO EN LOS SIGUIENTES FACTORES QUE INCIDEN EN FORMA - - DIRECTA:

DEPRECIACION REAL.-	VALORES DE RESCATE, COMERCIALES - - REALES.
MAQUINA PARADA.-	VALORES COMERCIALES DE RENTA.
INVERSION.-	COSTO DE CAPITAL, TASA DE INTERES, ETC. ACTUALIZACION DEL DINERO.
MANTENIMIENTO.-	INTEGRADO POR TODOS LOS CONCEPTOS DE - OPERACION, CONSUMOS, LLANTAS, TALLER - MECANICO, MANTENIMIENTO MENOR O PREVENTIVO Y MANTENIMIENTO MAYOR O CORRECTIVO. SE EXPLICA A CONTINUACION Y LO - - DENOMINAREMOS COSTO DE MANTENIMIENTO - TOTAL.
OBSOLESCENCIA.-	INNOVACIONES TECNOLOGICAS

III.- FACTORES PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPO.

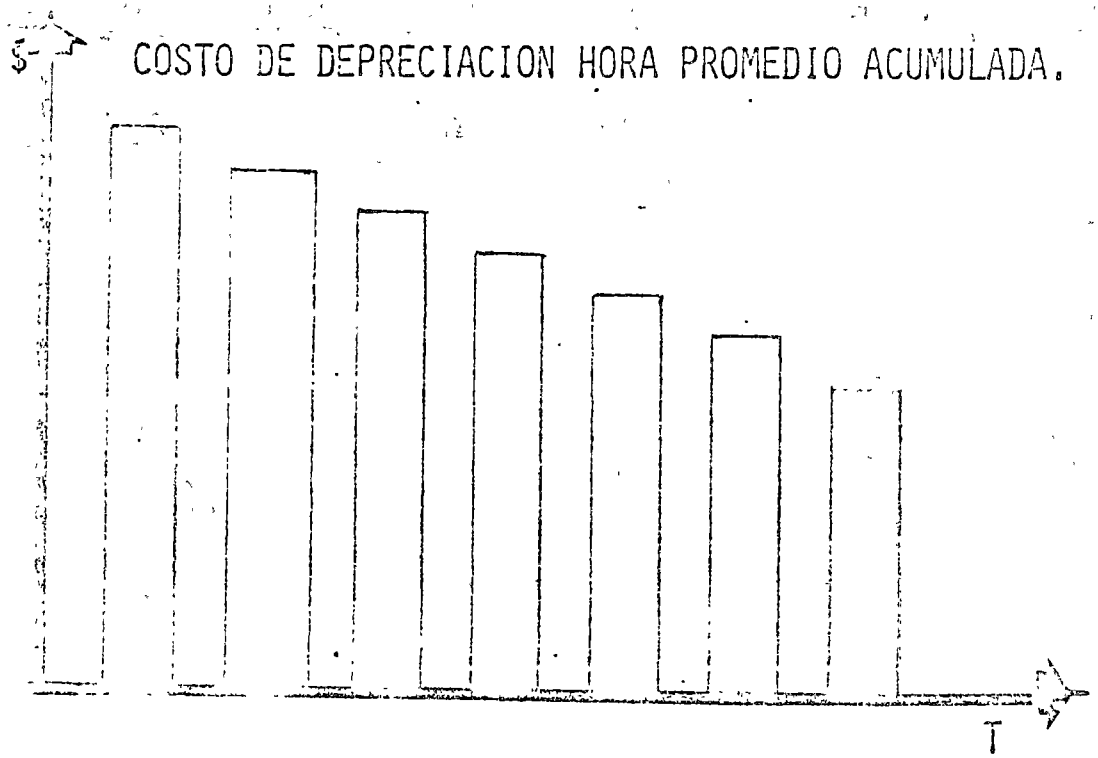
DEPRECIACION



COSTO DE DEPRECIACION

SE DETERMINA EN FUNCION DE LA DEPRECIACION QUE SE OBTIENE DE RESTAR AL VALOR DE REPOSICION (O VALOR DE ADQUISICION), EL VALOR DE RESCATE CORRESPONDIENTE Y DIVIDIENDO ESTE - - RESULTADO ENTRE EL NUMERO DE HORAS ACUMULADAS TRABAJADAS - POR PERIODOS.

EL VALOR DE REPOSICION SE PUEDE CALCULAR INCREMENTANDO EL VALOR DE ADQUISICION ORIGINAL DEL 5% AL 15% POR AÑO O UN - PORCENTAJE MAYOR DEPENDIENDO DE LAS CONDICIONES DE MERCADO EXISTENTES; ACTUALMENTE ES MUY DIFICIL FIJAR UNA CIFRA - - POR LOS PROBLEMAS EXISTENTES EN EL SISTEMA DE PRECIOS.



COSTO DE DEPRECIACION HORA PROMEDIO ACUMULADA.

EL COSTO DE DEPRECIACION ACONSEJA RETENER LA MAQUINA O - EQUIPO EN CUESTION PUES EL COSTO SIEMPRE ES DECRECIENTE.

III.- FACTORES PARA EL REEMPLAZO DE EQU

MAQUINA PARADA

TIEMPOS DE MAQUINA PARADA

(TIEMPOS MUERTOS).

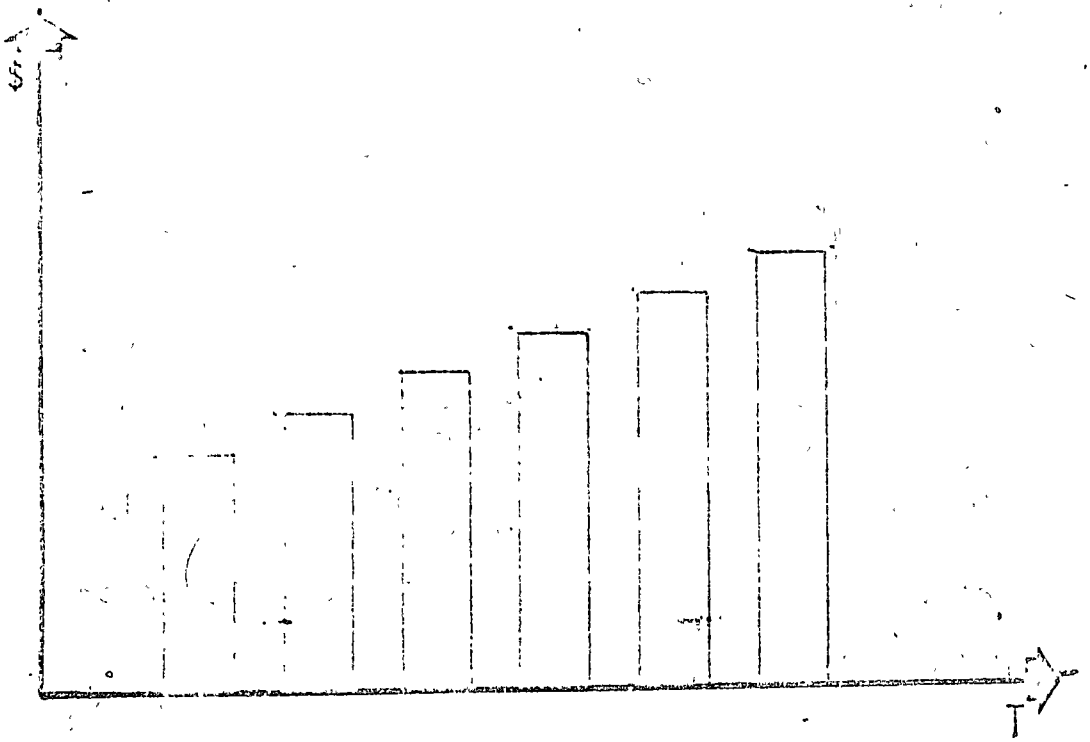
EN TERMINOS GENERALES SE CONSIDERA QUE LA EFICIENCIA DE UN EQUIPO NO ES EL 100% Y EXISTE UNA REGLA EMPIRICA DE CONSIDERAR UN 3% DE DIFERENCIA PARA LOS 3 PRIMEROS AÑOS Y - - DESPUES UN DECREMENTO DE 2% DURANTE 6 AÑOS.

ES DECIR:

	1ER. AÑO	2o. AÑO	3ER. AÑO	4o. AÑO	5o. AÑO	ETC.
EFICIENCIA O DISPONIBILIDAD	97%	94%	92%	90%	88%	ETC.
100% EFICIENCIA	400 Hs.	400	400	400	400	
DISPONIBILIDAD	388	376	368	360	352	

EL COSTO DE MAQUINA PARADA SE CALCULA MULTIPLICANDO LAS - - HORAS NO TRABAJADAS, POR EL COSTO DE RENTAR UNA HORA UN - - EQUIPO SIMILAR EQUIVALENTE.

SE ACUMULAN LOS COSTOS Y SE DIVIDE ENTRE LAS HORAS ACUMULADAS POR PERIODO DE TIEMPO.



COSTO POR HORA ACUMULADA MAQUINA PARADA

EN REALIDAD ES MAS USUAL Y CONVENIENTE INTERPRETAR EL COSTO DE MAQUINA PARADA AL EQUIVALENTE DE UN EQUIPO RENTADO QUE SUSTITUYE EFECTIVAMENTE AL EQUIPO PARADO POR CAUSAS IMPREVISIBLES O SIMPLEMENTE CONSIDERAR ESTE COSTO DE UN EQUIPO RENTADO AUNQUE SEA POR FALTA DE TRAMO O CUALQUIER OTRO MOTIVO.

III.- FACTORES PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPO.

MUCHAS VECES EL TENER EQUIPO PARADO ES MUCHO MAS COSTOSO QUE EL COSTO DE UN EQUIPO RENTADO POR LO QUE SE DEJA DE-PRODUCIR; PERO PARA EFECTOS DE ESTANDARIZAR CRITERIOS - ASI LO CONSIDERAREMOS SIEMPRE.

EL COSTO POR TIEMPO O MAQUINA PARADA ACONSEJA TOMAR - - MEDIDAS CORRECTIVAS DE URGENCIA, PUES ES MUY SIGNIFICATIVO SU INCREMENTO CON EL TIEMPO. SI ES POR DESCOMPOSTURAS ES OBVIO QUE SE TIENE QUE SUSTITUIR EL EQUIPO PRONTO CON UN ADECUADO CRITERIO DE SELECCION Y REEMPLAZO SIMULTANEAMENTE PARA NO CAER POR COSTUMBRE EN UTILIZAR EQUIPOS-OBSOLETOS E INADECUADOS.

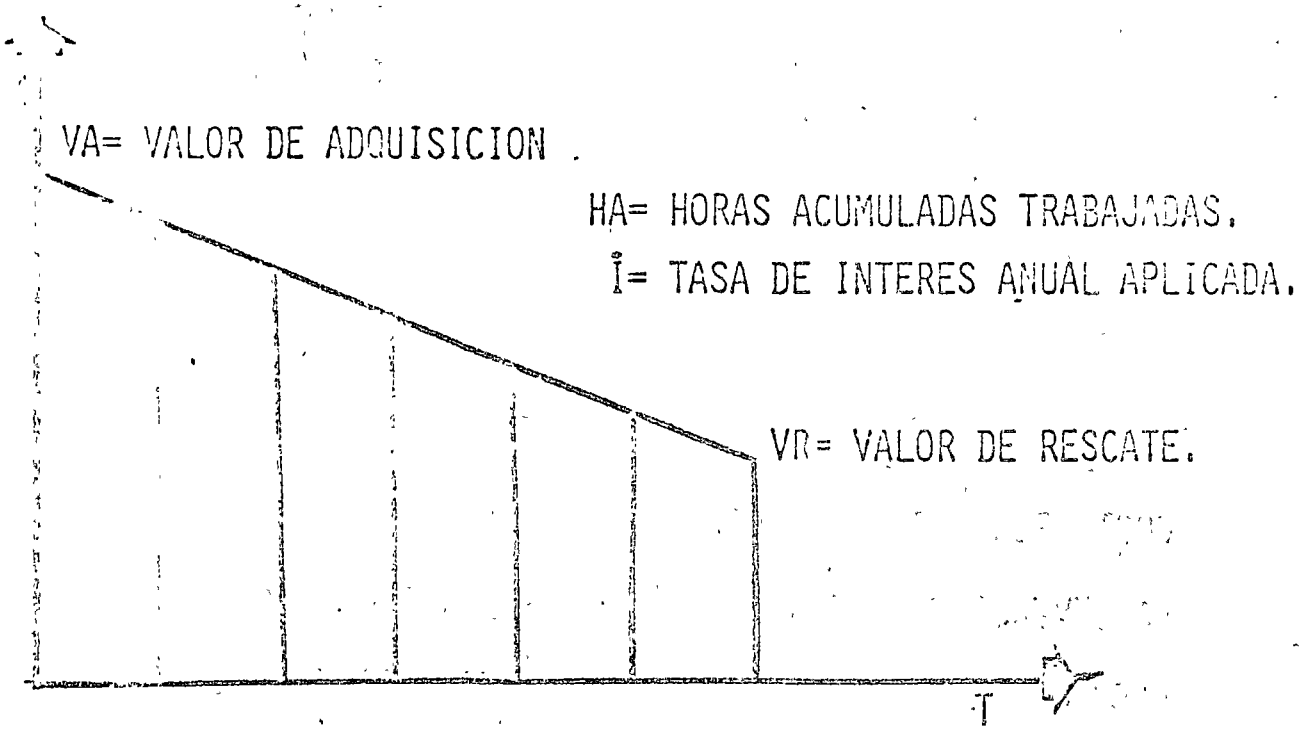
III.- FACTORES PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPO.

INVERSION

COSTO DE INVERSION.

SE INTERPRETA COMO EL COSTO DEL CAPITAL, ES DECIR QUE ES EL CARGO EQUIVALENTE A LOS INTERESES Y A LOS IMPUESTOS QUE - - OCASIONA EL CAPITAL INVERTIDO EN LA COMPRA DEL EQUIPO.

SE CALCULA EN PROMEDIO DE LA SIGUIENTE FORMA.



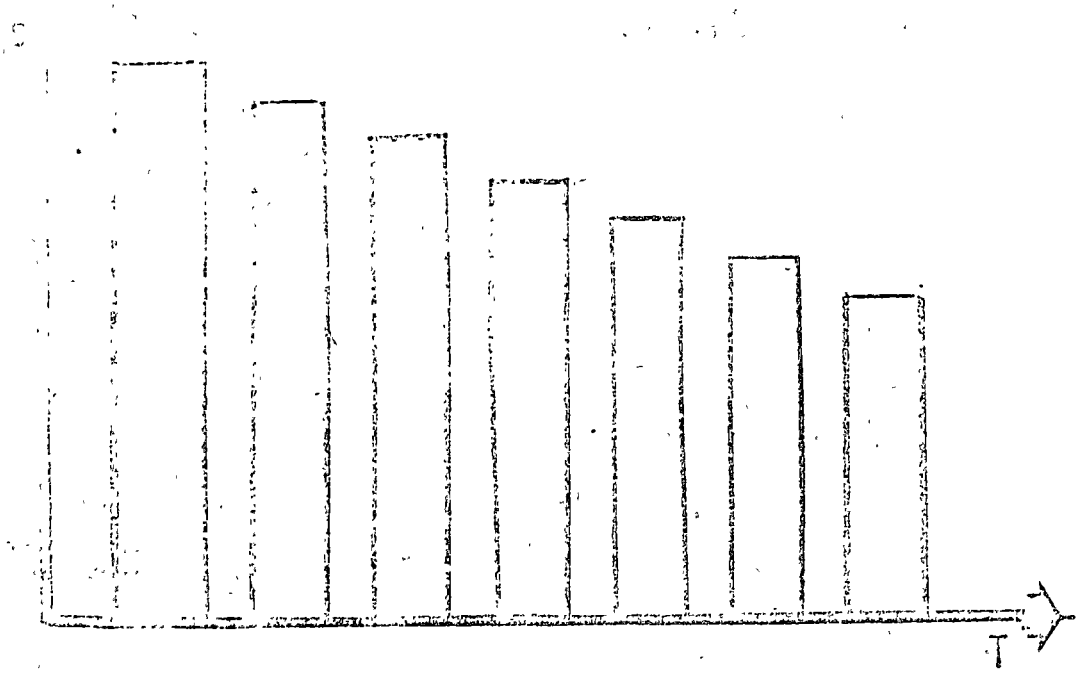
I = COSTO POR INVERSION.

$$I = \frac{VA + VR}{2\,HA}\,\bar{I}$$

III.- FACTORES PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPO.

COSTO POR INVERSION.- ES EL PROMEDIO DEL VALOR DE ADQUISICION MAS EL VALOR DE RESCATE MULTIPLICADO POR LA TASA DE INTERES CONSIDERADA ENTRE EL NUMERO DE HORAS ACUMULADAS PARA OBTENER EL COSTO POR INVERSION POR HORA PROMEDIO ACUMULADA.

COSTO POR INVERSION.



COSTO POR HORA ACUMULADA INVERSION.-

LA INVERSION GENERALMENTE ACONSEJA RETENER LA MAQUINA DADO QUE EL COSTO DE CAPITAL TIENDE A DISMINUIR. ("LA INVERSION ES RENTABLE").

III.- FACTORES PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPO.

LA SUMA DE MINIMIZAR LOS COSTOS NOS DETERMINARA MAS - - ADELANTE EL MOMENTO DE COSTO MINIMO OPTIMO, DESPUES DEL - CUAL SE ACONSEJA ESTUDIAR EL REEMPLAZO DE EQUIPO; ES - - DECIR CUANDO LOS COSTOS EMPIEZAN A INCREMENTARSE EN - - FORMA CONTINUA Y MUESTRAN QUE SEGUIRAN ESA TENDENCIA.

EN FORMA ESTRICTA SE DEBE UTILIZAR EL CONCEPTO DE "VALOR ACTUALIZADO" QUE CALCULA EL VALOR DEL DINERO EN EL - - TIEMPO RELACIONANDO LAS CANTIDADES EROGADAS CON LOS - - PERIODOS, TRASLADANDO LA INVERSION TOTAL A UN PUNTO DE - REFERENCIA (HORIZONTE EN EL TIEMPO) PARA TOMAR LA - - DECISION CON SEGURIDAD DEL VALOR ABSOLUTO.

III.- FACTORES PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPO

MANTENIMIENTO

EL COSTO DE MANTENIMIENTO ES UNO DE LOS COSTOS MAS SIGNIFICATIVOS, ESTE SE DIVIDE EN MANTENIMIENTO PREVENTIVO - - (MENOR), Y MANTENIMIENTO CORRECTIVO (O MAYOR).

EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO CORRESPONDE A LOS GASTOS OCASIONADOS EN REPARACIONES MENORES Y EN MANTENIMIENTO COMO SU NOMBRE LO INDICA PARA CONSERVAR EN CONDICIONES DE - - TRABAJO LA MÁQUINA DURANTE SU VIDA UTIL SIN NECESIDAD DE INTERRUMPIR GRAVOSAMENTE SU RITMO DE TRABAJO. (MATERIALES, REFACCIONES, MANO DE OBRA, EQUIPO AUXILIAR, ETC.)

EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO O MAYOR CORRESPONDE A LAS EROGACIONES POR CONCEPTO DE REPARACIONES GENERALES EN LAS QUE SI ES DETERMINANTE DESARMAR TOTALMENTE Y DEJAR AL EQUIPO - NUEVAMENTE EN CONDICIONES DE TRABAJO. ESTE MANTENIMIENTO - SI OCASIONA PAROS EN LOS FRENTES DE TRABAJO QUE HAY QUE - PREVEER CON EQUIPO ALTERNATIVO.

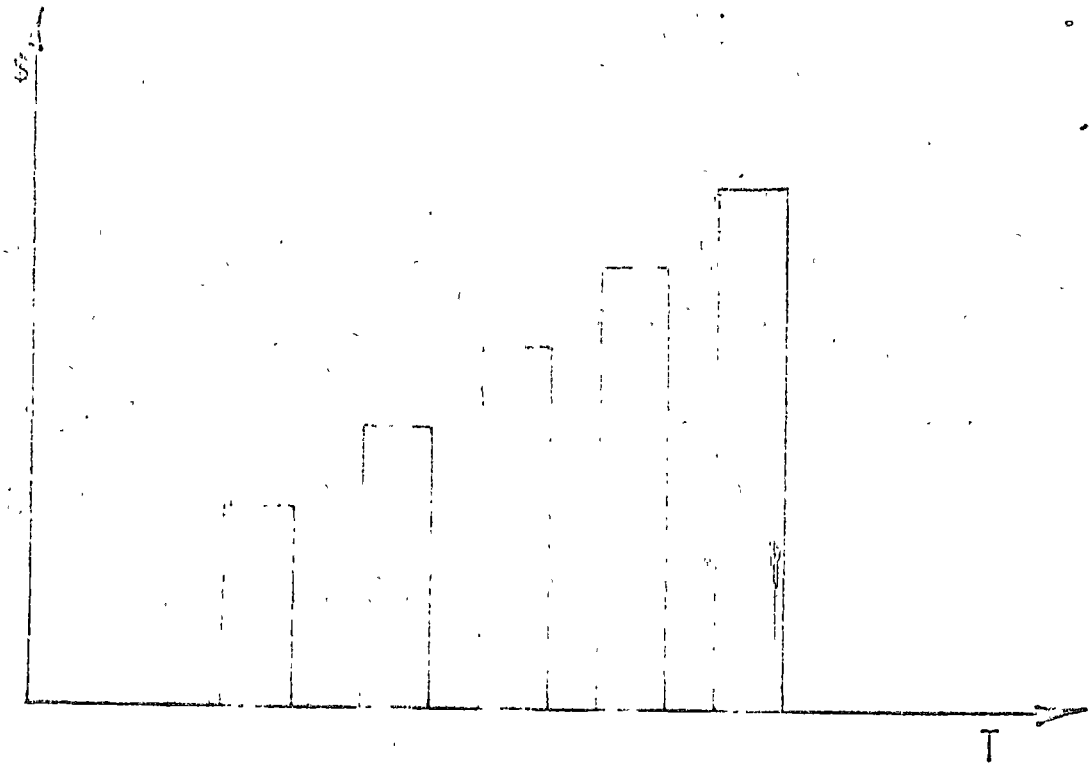
III.- FACTORES PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPO.

EL COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO ES LA SUMA DE LOS DOS - ANTERIORES Y SE CALCULA EN BASE A LOS REPORTES DE ALMACEN DE REFACCIONES Y MATERIALES MAS LA MANO DE OBRA.

EL COSTO ACUMULADO ENTRE LAS HORAS TRABAJADAS ACUMULADAS- NOS DETERMINAN EL COSTO DE MANTENIMIENTO HORA PROMEDIO - ACUMULADA; ESTE COSTO ES SIEMPRE CRECIENTE Y ACONSEJA EN- FORMA DETERMINANTE SUSTITUIR EL EQUIPO. ESTE COSTO SIENDO EL MAS SIGNIFICATIVO ES MUY IMPORTANTE VIGILARLO PUES SU- CORRECTA INTERPRETACION REPERCUTE CONSIDERABLEMENTE EN - RENDIMIENTO, EFICIENCIA, PRODUCCION, RENTABILIDAD, VIDA - UTIL, MAQUINA PARADA, ETC.; ES SIN DUDA UN RENGLON A DESA ROOLLAR CON ALTA TECNICA Y CONTROL POR LOS BENEFICIOS QUE REPRESENTA.

III.- FACTORES PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPO.

COSTO POR HORA ACUMULADA MANTENIMIENTO.



EXISTEN OTRAS DIVISIONES DEL MANTENIMIENTO; QUE SON - - CONCEPTOS QUE NO HEMOS CONSIDERADO COMO EL MANTENIMIENTO-PREDICTIVO Y EL MANTENIMIENTO DE RECONSTRUCCION ESTOS NO ESTAN INCLUIDOS EN LOS CONCEPTOS ANTES MENCIONADOS POR - SER CASOS PARTICULARES QUE SE INTEGRAN EN OTROS ESTUDIOS.

III.- FACTORES PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPO.

OBSOLESCENCIA

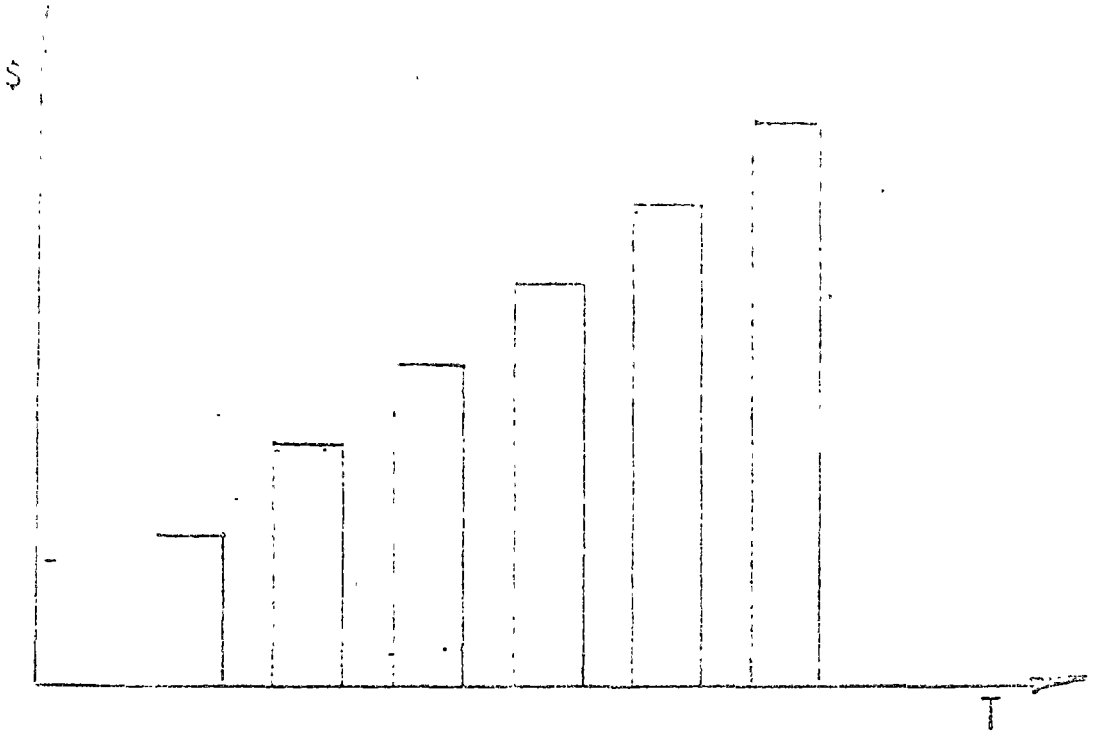
SE CONSIDERA EL EFECTO QUE PRODUCEN LAS INOVACIONES TECNOLOGICAS, ES DECIR LA CAPACIDAD DE PRODUCCION QUE PUEDEN TENER LOS EQUIPOS CON LAS MEJORAS DE DISEÑOS.

LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DEL EQUIPO AUMENTA EN TERMINOS GENERALES UN PROMEDIO DEL 5% ANUAL, ESTE AUMENTO NO ES NECESARIAMENTE UNA CURVA SUAVE SINO QUE PUEDE AUMENTAR ABRUPTAMENTE CON LA INTRODUCCION DE UN NUEVO MODELO.

BASANDONOS EN ESTE PROMEDIO DE POTENCIAL DE PRODUCCION DEL 5% ANUAL, VAMOS A CONSIDERAR CONSERVADORAMENTE QUE SE INTRODUCE SOLAMENTE UN NUEVO MODELO DEL EQUIPO EN CUESTION CADA TRES AÑOS CON UN 15% DE AUMENTO EN EL POTENCIAL PRODUCTIVO.

LAS HORAS ADICIONALES DE OPERACION REQUERIDAS CON EL EQUIPO OBSOLETO PARA PRODUCIR LO MISMO QUE LA MAQUINA NUEVA ES LO QUE SE CONSIDERA COMO COSTO DE OBSOLESCENCIA.

LOS EFECTOS ADVERSOS DEL EQUIPO OBSOLETO (ANTICUADO), SON DETERMINANTES COMO LO MUESTRA LA GRAFICA QUE ACONSEJA REEMPLAZAR EL EQUIPO PUES LOS COSTOS SE INCREMENTAN AL NO ACTUALIZAR EL EQUIPO POR ESTE CONCEPTO.



COSTO POR HORA ACUMULADA OBSOLESCENCIA.

III.- FACTORES PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPO.

OTROS CONCEPTOS IMPLICITOS EN LOS FACTORES A UTILIZAR SON:

VIDA DE LA MAQUINA.- (UTILIZACION).

VIDA ECONOMICA, EL PERIODO DESDE LA FECHA EN QUE COMIENZA A TRABAJAR EL EQUIPO, O A PRESTAR UN SERVICIO DETERMINADO- HASTA LA FECHA EN QUE ES RETIRADO DE ESE TIPO DE TRABAJO- O SERVICIO.

LA VIDA ECONOMICAMENTE UTIL DEBE ESTIMARSE COMO EL PERIODO DE SERVICIO, PARA EL CUAL EL COSTO ANUAL TODAVIA ES MINIMO, ES DECIR QUE LA DECISION DE REEMPLAZO ES EL RESULTADO DE SABER QUE UN EQUIPO NUEVO EQUIVALENTE DARIA COSTOS MAS BAJOS. (INCLUYENDO INVERSION).

COSTO DE REPOSICION.-

CONCEPTO A VECES UTILIZADO PARA DETERMINAR EL VALOR DE RESCATE COMERCIAL REAL EN EL COSTO DE DEPRECIACION. TIENE- QUE VER CON LA VARIACION DEL PRECIO EN EL TIEMPO DE UN EQUIPO EQUIVALENTE.

DEPRECIACION REAL VS. DEPRECIACION FISCAL O CONTABLE.

III.- FACTORES PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPO.

ADEMAS EXISTEN OTROS COSTOS O CARGOS QUE NO SON PRECISAMENTE DE EQUIPO AUNQUE EN ALGUNOS CASOS SI SE PUEDEN CONSIDERAR: SEGUROS, TRANSPORTES Y ALMACENAJE

CARGO POR SEGUROS.-

ES EL NECESARIO PARA CUBRIR LOS RIESGOS A QUE ESTA SUJETA LA MAQUINARIA DE CONSTRUCCION DURANTE SU VIDA ECONOMICA, POR ACCIDENTES QUE PUEDE SUFRIR. ESTE CARGO EXISTE TANTO EN EL CASO DE QUE LA MAQUINARIA SE ASEGURE EN UNA COMPAÑIA DE SEGUROS, COMO EN EL CASO DE QUE LA EMPRESA CONSTRUCTORA DECIDA HACER FRENTE, CON SUS PROPIOS RECURSOS, A LOS POSIBLES RIESGOS DE LA MAQUINARIA.(AUTOASEGURAMIENTO).

CARGO POR ALMACENAJE.-

ES EL DERIVADO DE LAS EROGACIONES NECESARIAS PARA LA GUARDA Y LA VIGILANCIA DE LA MAQUINARIA DURANTE SUS PERIODOS DE INACTIVIDAD, DENTRO DE SU VIDA ECONOMICA. INCLUYE TODOS LOS GASTOS QUE SE REALIZAN POR ESE MOTIVO COMO SON: LA RENTA O AMORTIZACION Y MANTENIMIENTO DE LAS BODEGAS O PATIOS DE GUARDA Y LA VIGILANCIA NECESARIA PARA LA MAQUINARIA.

III.- FACTORES PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPO

CARGO POR TRANSPORTE.-

EN TERMINOS GENERALES, EL TRANSPORTE DE LA MAQUINARIA SE CONSIDERA COMO CARGO INDIRECTO, PERO CUANDO SEA CONVENIENTE A JUICIO DE LA DEPENDENCIA, PODRA TOMARSE EN CUENTA DENTRO LOS CARGOS DIRECTOS, O COMO UN CONCEPTO DE TRABAJO-ESPECIFICO.

IV.- METODOLOGIA Y EJEMPLOS.

A) MEDIANTE COMPARACION SIMPLE.

ESTE METODO SE UTILIZA CUANDO SE ENCUENTRA UNO FRENTE A LA ALTERNATIVA DE INVERTIR UNA CANTIDAD IMPORTANTE EN MANTENIMIENTO CORRECTIVO PARA QUE UNA MAQUINA SIGA TRABAJANDO O DE VENDERLA Y ADQUIRIR UNA NUEVA QUE EJECUTE EL TRABAJO.

SE ILUSTRA CON EL SIGUIENTE EJEMPLO:

DURACION DEL TRABAJO A EJECUTAR: UN AÑO.

DATOS DE LA MAQUINA USADA:

VALOR DE MANTENIMIENTO MAYOR:	$	150,000	a
MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL:	$	40,000	b
VALOR DE RESCATE ACTUAL:	$	150,000	c
VALOR DE RESCATE AL FINAL DEL TRABAJO	$	100,000	d

DATOS DE LA MAQUINA NUEVA:

VALOR DE ADQUISICION:	$	600,000.	e
MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL:	$	25,000	f
VALOR DE RESCATE AL FINAL DEL TRABAJO:	$	300,000	g

IV.- METODOLOGIA Y EJEMPLOS.

ALTERNATIVA DE CONSERVAR MAQUINA USADA:

$$CMU = 150,000 + 40,000 \times 12 - 100,000$$

$$= 150,000 + 480,000 - 100,000$$

$$CMU = 530,000$$

ALTERNATIVA DE CONSERVAR MAQUINA NUEVA:

$$CMN = (600,000 - 150,000) + 25,000 \times 12 - 300,000$$

$$= 450,000 + 300,000 - 300,000$$

$$CMN = 450,000$$

LA ALTERNATIVA DE MAQUINA NUEVA TIENE COSTO MENOR Y POR-LO TANTO ES LA ECONOMICAMENTE MAS ADECUADA.

IV.- METODOLOGIA Y EJEMPLOS.

B) ME[illegible] DE LOS COSTOS PROMEDIOS ACUMULADOS.

PRESENTACION DE ESTE METODO EN DIAPOSITIVAS

[illegible] EDIO ACUMULADO.

5

4

2 3

1

T

TIEMPO OPTIMO DE REEMPLAZO
COSTO MINIMO

1 DEP[illegible]CIACION
2 INVERSION
3 [illegible]MIENTO
4 OBSOLESCENCIA
5 MAQUINA PARADA

IV.- METODOLOGIA Y EJEMPLOS.

C) METODO DE LOS COSTOS ACTUALIZADOS.

EL PROBLEMA PARA CUALQUIER EQUIPO QUE CONSIDEREMOS SE PUEDE RESUMIR POR LA SIGUIENTE PREGUNTA: EN QUE MOMENTO HAY QUE REEMPLAZAR UN EQUIPO ?

TRES EJEMPLOS DE SOLUCIONES SERAN EXPLICADOS.

LOS DOS PRIMEROS SERAN CONSAGRADOS A UNA PRESENTACION SIMPLIFICADA DEL METODO; EL TERCER EJEMPLO SERA MAS COMPLETO TOMANDO EN CUENTA MUY PARTICULARMENTE LOS EFECTOS DE LA ACTUALIZACION.

IV.- METODOLOGIA Y EJEMPLOS.

PRIMER EJEMPLO:

UN TRANSPORTISTA COMPRA UN CAMION NUEVO CUYO VALOR ES DE $ 90,000.00, EL QUIERE SABER CUAL ES EL TIEMPO OPTIMO DE ADQUISICION DE ESTE EQUIPO, ES DECIR, AL CABO DE CUANTOS AÑOS HAY QUE VENDERLO PARA COMPRAR UNO NUEVO.

LOS DATOS NECESARIOS SON:

A) EL RITMO DE DEPRECIACION DEL EQUIPO. ESTE RITMO SE APLICA NO SOLO POR LA AMORTIZACION CONTABLE O FISCAL PERO TAMBIEN POR EL VALOR REAL DE REVENTA O RESCATE, AL CABO DE UN AÑO.... N AÑOS. (COSTO DE DEPRECIACION).

EN ESTE CASO SUPONDREMOS QUE ESTE VALOR DE REVENTA ES DE:

$ 30,000.00 AL CABO DE 1 AÑO

$ 15,000.00 AL CABO DE 2 AÑOS

$ 7,500.00 AL CABO DE 3 AÑOS

$ 3,750.00 AL CABO DE 4 AÑOS

$ 2,000.00 AL CABO DE 5 AÑOS

$ 2,000.00 AL CABO DE 6 AÑOS

ESTOS $ 2,000.00 SON VALIDOS PARA CUALQUIER AÑO DESPUES DEL 5°. Y ESTOS REPRESENTAN EL VALOR DE RESCATE EN - - CUALQUIER MOMENTO, INCLUSIVE COMO CHATARRA. (ULTIMO - - VALOR DE RESCATE O PRECIO DE CANJE).

ESTA HIPOTESIS DE DEPRECIACION SUPONE QUE EL CAMION - - PIERDE CADA AÑO LA MITAD DE SU VALOR; ESTO ES MUCHAS - VECES MAS REALISTA QUE CIERTAS CONVENCIONES FISCALES O- CONTABLES.

B) <u>LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO Y DE EXPLOTACION ANUALES DEL EQUIPO</u>.

LA UTILIZACION DEL CAMION TIENE DOS SERIES DE CONSE- CUENCIAS.

1A.- INCREMENTOS DE LOS GASTOS DE MANTENIMIENTO Y DE REPARACION. (COSTO DE MANTENIMIENTO.).

2A.- ABATIMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD O DE LA CALIDAD DEL SERVICIO REQUERIDO. (COSTO DE OBSOLESCENCIA).

POR LO TANTO HAY QUE BUSCAR CUANTO "CUESTA" LA UTILIZACION DE ESTE CAMION A LO LARGO DE LOS AÑOS, SUPONIENDO QUE EL SERVICIO SERA CONSTANTE.

UNO DEBE TOMAR EN CUENTA LOS COSTOS SUPLEMENTARIOS OCASIONADOS EN SU CASO POR EL ARRENDAMIENTO DE UN CAMION DE - - REPOSICION DURANTE LAS DESCOMPOSTURAS(COSTO MAQUINA PARADA) O BIEN POR LA INTERRUPCION DE PRODUCTIVIDAD DEBIDA A- LA DISMINUCION DEL TONELAJE TRANSPORTADO.

NOSOTROS SUPONDREMOS ENTONCES QUE A SERVICIO CONTINUO, - LOS GASTOS DE UTILIZACION ANUAL DEL CAMION SON LOS - - SIGUIENTES:

$ 10,000.00 POR EL 1R. AÑO
$ 12,000.00 POR EL 2º AÑO
$ 14,000.00 POR EL 3R. AÑO
$ 18,000.00 POR EL 4º AÑO
$ 23,000.00 POR EL 5º AÑO
$ 28,000.00 POR EL 6º AÑO
$ 34,000.00 POR EL 7º AÑO
$ 40,000.00 POR EL 8º AÑO

C) EL VALOR DE REPOSICION.

SUPONDREMOS QUE UNO REEMPLAZA EL CAMION POR UN EQUIPO QUE OTORGARA EXACTAMENTE LOS MISMOS SERVICIOS QUE EL ANTERIOR QUE SE COMPRO EN $ 60,000.00 (SI SE TOMARA EN CUENTA EL PROGRESO TECNICO, SU VALOR DE REPOSICION PARA UN MISMO SERVICIO ES DIFERENTE AL PRECIO CONSIDERADO). (COSTO DE REPOSICION).

EN CONSECUENCIA A ESTA SERIE DE HIPOTESIS; COMO FIJAREMOS EL TIEMPO DE REEMPLAZO DEL CAMION ?, LA RESPUESTA A ESTA PREGUNTA ESTA DADA POR EL SIGUIENTE CALCULO SUCESIVO:

LOS COSTOS TOTALES ANUALES (DEPRECIACION DEL AÑO CONSIDERADO MAS COSTOS DE UTILIZACION).
(COLUMNA No. 5 DEL CUADRO No.1).

COSTOS TOTALES ACUMULADOS DEL AÑO CONSIDERANDO.
(COLUMNA No. 6 DEL CUADRO No.1).

COSTO MEDIO ANUAL. (COLUMNA No. 7 DEL CUADRO No.1).

LA DURACION DE UTILIZACION OPTIMA ES AQUELLA PARA LA CUAL ESTE COSTO MEDIO ANUAL ES MINIMO.

REFERENCIA CUADRO No. 1

CUADRO No. 1

1 AÑO N.	2 VALOR DE REVENTA O RESCATE	3 COSTO DE DEPRECIACION	4 COSTO DE UTILIZACION	5 COSTO TOTAL ANUAL	6 COSTO ACUMULADO	7 COSTO ANUAL MEDIO
	(60,000)					
1	30,000	30,000	10,000	40,000	40,000	40,000
2	15,000	15,000	12,000	27,000	67,000	33,500
3	7,500	7,500	14,000	21,500	88,500	29,500
4	3,750	3,750	18,000	21,750	110,250	27,560
5	2,000	1,750	23,000	24,750	135,000	27,000
6	2,000	0	28,000	28,000	163,000	27,170
7	2,000	0	34,000	34,000	197,000	27,900
8	2,000	0	40,000	40,000	237,000	29,600

LA POLITICA OPTIMA ES ENTONCES REEMPLAZAR EL CAMION AL-CABO DE 5 AÑOS DONDE EL COSTO MEDIO ANUAL OCASIONADO POR LA UTILIZACION DE ESTE CAMION, ES MINIMA (DE 27,000.00).

NOTA: LO QUE ACABAMOS DE HACER NO ES TOTALMENTE EXACTO: SI EXISTE REALMENTE COMO LO HEMOS SUPUESTO UN MERCADO DE OCASION, EN EL QUE SE PUEDEN CONSEGUIR - CAMIONES USADOS DE 1, 2, 3,ETC. AÑOS, SUSCEPTIBLES DE DAR LOS MISMOS SERVICIOS DE UN CAMION - - NUEVO, LA POLITICA OPTIMA CONSISTIRA PARA NUESTRO TRANSPORTISTA EL COMPRAR CADA AÑO UN CAMION USADO DE DOS AÑOS (QUE CONFORME AL CUADRO No.1 PAGARIA $ 15,000.00 POR SU COMPRA), Y LA REVENTA EN EL - MISMO AÑO SERIA DE $ 7,500.00; EL COSTO ANUAL - SERIA ENTONCES EN ESTAS CONDICIONES:

$ 7,500.00 + $ 14,000.00 = $ 21,500.00

VALOR QUE ES EL MINIMO DE LA COLUMNA No.5, Y QUE CORRESPONDE EFECTIVAMENTE A LA QUE EL TRANSPORTISTA CASTARIA CADA AÑO PARA ASEGURAR EL SERVICIO CONSIDERADO.

ESTA POLITICA ES MEJOR QUE LA DEFINIDA ANTERIORMENTE, CONSISTIENDO EN COMPRAR CAMIONES NUEVOS Y CONSERVARLOS 5 AÑOS; DADO QUE ESTA ULTIMA CORRESPONDE AL MINIMO DE LA COLUMNA No. 7 COSTANDONOS $ 27,000.00 EN DIFERENCIA CONTRA $ 21,500.00.

SEGUNDO EJEMPLO:

UNA MAQUINA "X" CUESTA $ 10,000.00; LOS GASTOS OCASIONADOS PARA SU FUNCIONAMIENTO SON DE $ 200.00 EL PRIMER AÑO; ESTOS AUMENTAN $ 2,000.00 POR AÑO. EN ESTE CASO NO HAY MERCADO DE OCASION, ENTONCES EL VALOR DE REVENTA ES MUY BAJO Y CONSIDERAREMOS QUE DESDE EL PRIMER AÑO ES DE $ 1,000.00.

CUADRO No. 2

1 AÑO N	2 VALOR DE REVENTA O RESCATE	3 COSTO DE DEPRECIACION	4 COSTO DE UTILIZACION	5 COSTO TOTAL ANUAL	6 COSTO ACUMULADO	7 COSTO ANUAL MEDIO
	(10,000)					
1	1,000	9,000	200	9,200	9,200	9,200
2	1,000	0	2,200	2,200	11,400	5,700
3	1,000	0	4,200	4,200	15,600	5,200
4	1,000	0	6,200	6,200	21,800	5,450
5	1,000	0	8,200	8,200	30,000	6,000
6	1,000	0	10,200	10,200	40,200	6,700

IV.- METODOLOGIA Y EJEMPLOS.

EN EL CUADRO ANTERIOR VEMOS QUE EL OPTIMO DE REEMPLAZO CONSISTE EN REEMPLAZAR LA MAQUINA AL FIN DEL TERCER AÑO DE UTILIZACION Y QUE EL MINIMO COSTO ANUAL MEDIO OCASIONADO POR LA UTILIZACION DE ESTA MAQUINA ES DE $ 5,200.00 POR AÑO.

TERCER EJEMPLO:

ESTA VEZ SE TRATA NO SOLAMENTE DE FIJAR EL TIEMPO OPTIMO DE REEMPLAZO DE UN EQUIPO, SINO DE SELECCIONARLO AL MISMO TIEMPO.

LA SECUENCIA EN FORMA MUY GENERAL ES LA SIGUIENTE:

PARA UN EQUIPO DADO CORRESPONDE UN PLAZO OPTIMO DE REEMPLAZO SIGUIENDO LA SECUENCIA ANTERIOR (SELECCION DE UNA TACTICA); EN ESTE EJEMPLO SE COMPARAN VARIOS EQUIPOS SUSCEPTIBLES DE OTORGAR LOS MISMOS SERVICIOS.

UNO SELECCIONA ENTONCES AQUEL DONDE EL COSTO ANUAL DE UTILIZACION ES EL MINIMO (SELECCION DE UNA ESTRATEGIA).

IV.- METODOLOGIA Y EJEMPLOS.

EN ESTE CASO SE TRATA DE SELECCIONAR ENTRE DOS EQUIPOS- A Y B SUSCEPTIBLES DE OTORGAR LOS MISMOS SERVICIOS.

EQUIPO A | VALOR DE COMPRA DE ESTE EQUIPO ES DE - - $ 50,000.00; SUS COSTOS DE UTILIZACION - - ANUAL SON DE $ 8,000.00 POR LOS PRIMEROS - CINCO AÑOS Y AUMENTAN $ 2,000.00 POR AÑO.

EQUIPO B | - VALOR DE COMPRA DE ESTE EQUIPO ES DE - - $ 25,000.00; SUS COSTOS DE UTILIZACION - - ANUALES SON DE $ 12,000.00 POR LOS SEIS - - PRIMEROS AÑOS, Y AUMENTAN $ 2,000.00 POR - AÑO.

EN ESTE CASO CONSIDERAREMOS LOS EFECTOS DE LA ACTUALIZACION QUE ES TAN SIGNIFICATIVA CUANDO HAY REEMPLAZO O - SELECCION DE EQUIPO PARA DIFERENTES HORIZONTES DE TIEMPO.

IV.- METODOLOGIA Y EJEMPLOS.

PRINCIPIO DEL CALCULO: SI C ES EL VALOR DE COMPRA DE UNO DE LOS EQUIPOS. F1, F2, F3.... F_N, SON LOS COSTOS TOTALES DE UTILIZACION AL CABO DE 1, ... N AÑOS.

EL COSTO TOTAL ACUMULADO ES:

(C + F1) PARA EL PRIMER AÑO.

(C + F1) + R2 PARA EL SEGUNDO AÑO.

(C + F1) + R2 + ... + RN.

EL RAZONAMIENTO CONSISTE EN CALCULAR EL CARGO TOTAL-ACTUALIZADO COMO SE INDICA A CONTINUACION:

$P(N)$ = VALOR ACTUALIZADO

$$P(N) = (C+F1) + \frac{F2}{1+I} + \ldots + \frac{F_N}{(1+I)^N}$$

P = VALOR PRESENTE.

F = VALOR FUTURO.

N = NUMERO DE PERIODOS CONSIDERADOS.

FPSVA

= SPPWF = SINGLE PAYMENT PRESENT WORTH FACTOR.

FORMULA GENERAL PARA LA ACTUALIZACION SIMPLE.

$$P = \frac{F}{(1+I)^N}$$

$$P = F_{FPSVA}$$

$$P = F_{SPPWF}$$

POR OTRA PARTE UNA VEZ ACTUALIZADO EL COSTO TOTAL ACUMULADO, EL COSTO MEDIO ANUAL NO SE PUEDE CALCULAR COMO EN EL PRIMER EJEMPLO, ES DECIR NO SE PUEDE DIVIDIR EL COSTO TOTAL ANUAL ACUMULADO ENTRE EL NUMERO DE AÑOS, PUES ESTO EQUIVALDRIA A CONSIDERAR LAS MISMAS CONDICIONES PARA TODOS LOS AÑOS, SITUACION CONTRARIA AL PRINCIPIO DE LA ACTUALIZACION QUE ESTAMOS INVOLUCRANDO.

IV.- METODOLOGIA Y EJEMPLOS.

EL COSTO ANUAL MEDIO ESTA DADO EN REALIDAD POR LA CANTIDAD X QUE HABRIA QUE EROGAR DURANTE N AÑOS PARA FINANCIAR LA CANTIDAD DE ESTE CARGO P (N).

RELACION QUE SE EXPRESA A CONTINUACION:

$$X = \frac{x}{1+I} + \frac{x}{(1+I)\,2} + \ldots + \frac{x}{(1+I)^{N-1}} = P(N)$$

SI HACEMOS $R = \dfrac{1}{1+I}$

DESARROLLANDO TENEMOS QUE $X = \dfrac{P\,(N)\,.\,(1-R)}{1-R^N}$

ES ESTE CARGO ANUAL X QUE HAY QUE MINIMIZAR PARA UNA - SELECCION CONVENIENTE DURANTE LA DURACION DE UTILIZACION N

CUADRO No.3

ALTERNATIVA "A"

AÑO N	DEPRECIACION	COSTOS DE UTILIZACION	COSTO TOTAL ANUAL	FACT.ACT. $\frac{1}{(1+I)^N}$	COSTO TOTAL ACTUALIZADO P(N) ACUMULADO.	COSTO MEDIO ANUAL $P = \frac{P(N).(1-R)}{1-R^N}$
1	50,000	8,000	58,000	1	58,000	58,000
2	0	8,000	8,000	0.91	65,280	34,178
3	0	8,000	8,000	0.83	71,920	26,266
4	0	8,000	8,000	0.75	77,920	22,316
5	0	8,000	8,000	0.68	83,360	19,955
6	0	10,000	10,000	0.62	89,560	18,653
7	0	12,000	12,000	0.56	96,280	17,931
8	0	14,000	14,000	0.51	103,420	17,570
9	0	16,000	16,000	0.47	110,940	17,453
10	0	18,000	18,000	0.42	118,500	17,467
11	0	30,000	30,000	0.35	129,000	17,982
12	0	44,000	44,000	0.32	143,080	19,006

EL MINIMO DE X ES PARA N = 9, DONDE POR LO QUE SU MINIMO COSTO ANUAL DE UTILIZACION ES DE $ 17,453.00 EL EQUIPO A DEBE SER REEMPLAZADO AL 9° AÑO.

APLICANDO EXACTAMENTE EL MISMO METODO PARA EL EQUIPO B VEMOS QUE TIENE UN TIEMPO OPTIMO DE REEMPLAZO PARA N=8, DONDE TENEMOS UN COSTO MINIMO MEDIO ANUAL DE UTILIZACION DE $ 16,800.00.

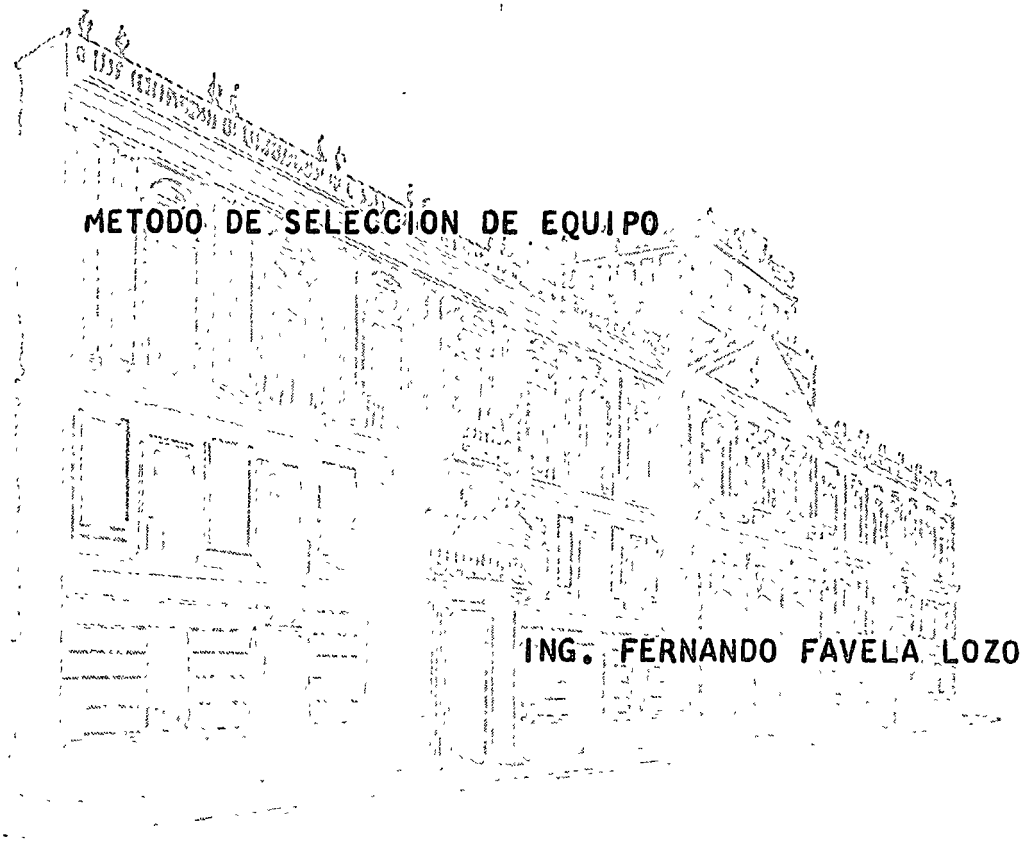
POR LO TANTO LA "ESTRATEGIA" OPTIMA ES SELECCIONAR EL EQUIPO B CON LA "TACTICA" DE REEMPLAZO CADA 8 AÑOS.

CONSIDERACIONES FISCALES INTERVIENEN FRECUENTEMENTE EN ESTE TIPO DE COMPARACIONES; EN LA MEDIDA DE LO POSIBLE ES CONVENIENTE INTEGRARLOS A ESTE TIPO DE CALCULOS, DONDE SE DESPRENDEN LAS MEJORES UTILIZACIONES DE EQUIPO.

AÑO	DEPRECIACION		OBSOL.	M.P.	UTIL.	COSTO TOTAL	FVA $\frac{1}{(1+i)^n}$	COSTO TOTAL ACTUALIZADO P(n) ACUM.	COSTO MEDIO ANUAL $P = \frac{P(n) \cdot (1-r)}{1-r^n}$
1	700,000	30,000			30,000	730,000	1	730,000	730,000
2	500,000	70,000			70,000	570,000	0.89	1'237,300	654,656.04
3	300,000	150,000			150,000	450,000	0.80	1'547,300	595,540.68
4	300,000	150,000			150,000	450,000	0.71	1'916,800	565,916.99
5	200,000	200,000	50,000		250,000	450,000	0.64	2'204,800	549,210.16
6	0	250,000	100,000	50,000	400,000	400,000	0.57	2'432,800	532,003.73
7	0	250,000	100,000	50,000	400,000	400,000	0.51	2'636,800	520,091.13
8	0	300,000	150,000	200,000	600,000	600,000	0.45	2'700,026	489,827.91
9	0	400,000	250,000	200,000	650,000	650,000	0.40	2'960,026	501,201.96
10	0	400,000	230,000	250,000	880,000	880,000	0.36	3'276,826	523,771.80

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

MOVIMIENTO DE TIERRAS



METODO DE SELECCION DE EQUIPO

ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA

Palacio de Minería Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F. Tels: 521-40-23 521-73-35 5123-123

SELECCION DE EQUIPO DE CONSTRUCCION

DESARROLLO DE UN PROBLEMA

El problema ha sido simplificado para facilitar su uso didáctico.

EL GERENTE DE UNA EMPRESA PIDE AL SUPERINTENDENTE QUE ANALICE EL EQUIPO MAS CONVENIENTE PARA REALIZAR UN MOVIMIENTO DE TIERRAS.

SE TRATA DE MOVER 800,000 M^3, DE UN BANCO DE PRESTAMO A UN TIRADERO.

LA EMPRESA CUENTA CON 6 MOTOESCREPAS TEREX TS-14 Y 2 CARGADORES MICHIGAN DE 3½ YD^3, LOS DOS TIPOS DE MAQUINAS EN PERFECTAS CONDICIONES.

EL GERENTE INDICA AL SUPERINTENDENTE QUE LA EMPRESA NO ESTA EN POSIBILIDADES DE ADQUIRIR MAS ACTIVO FIJO.

LA LONGITUD DE ACARREO ES DE 1200 MTS.

CALCULO DEL COSTO POR M^3 DE ACARREO EN MOTOESCREPA TEREX TS - 14.

DATOS :

Material	Limo arenoso seco
Peso volumétrico	1600 kg/m^3
Altitud S.N.M.	2000 m
Longitud de acarreo	1200 m
600 m	1% de pendiente adversa
300 m	Tramo horizontal
300 m	4% de pendiente favorable
Camino revestido	
Coeficiente de abundamiento	1.25 o su recíproco 0.8
Capacidad de la motoescrepa colmada	15 m^3
Peso de la máquina vacía	24.1 ton
Peso de la máquina cargada	24.1 + 1600 x 0.8 x 15 = 43.3 ton
Costo directo hora máquina	$ 322.00

(ver la siguiente hoja)

Motoescrepas de tiro y empuje

CONSTRUCTORA OBRA:	Máquina: Motoescrepa Modelo: Terex TS-14 Datos Adic:	Hoja No: Calculó: Revisó : Fecha :

DATOS GENERALES

Precio adquisición: $ 1'200,000.00
Equipo adicional -
Llantas 124,000.00

Valor inicial (Va): $ 1'076,000.00
Valor rescate (Vr): 10 % =$ 120,000.00
Tasa interés (i) : 12 %
Prima seguros (s): 2 %

Fecha cotización: Enero/73
Vida económica (Ve): 5 años
Horas por año (Ha): 2000 hr/año
Motores Diesel de 160 HP.
Factor operación: 0.7
Potencia operación: 2x7x 1.60 HP. op.
Coeficiente almacenaje (K): 0.1
Factor mantenimiento (Q): 0.75

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{1076000 - 120000}{10000} = \$ \ 95.60$

b) Inversión : $I = \frac{Va + Vr}{2\,Ha} i = \frac{1076000 + 120000}{2 \times 2000} \times 0.12 = 35.88$

c) Seguros : $S = \frac{Va + Vr}{2\,Ha} s = \frac{1076000 + 120000}{2 \times 2004} \times 0.02 = 5.98$

d) Almacenaje : $A = KD = 0.1 \times 95.60 = 9.56$

e) Mantenimiento : $M = QD = 0.75 \times 95.60 = 71.70$

Suma Cargos Fijos por Hora $ 218.72

II. CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc

Diesel : E = 0.20 x 224 HP. op. x $ 0.40 /lt. =$ 17.92

Gasolina: E = 0.24 x ____ HP. op. x $ ____ /lt. =

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pe

Capacidad carter: C = 2 x 16 litros

Cambios aceite : t = 100 horas

$a = C/t + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases} \times$ 224 HP. op. = 1.1 lt/hr.

L = 1.1 lt/hr x $ 5 /lt. = 5.50

d) Llantas: $Ll = \frac{Vll}{Hv}$ (valor llantas) / (vida económica)

Vida económica: Hv = 1500 horas

$Ll = \frac{\$\ 124\,000}{2500 \text{ horas}}$ = 49.60

Suma Consumos por Hora $ 73.02

III. OPERACION.

Salario base : $ 120.00

Salario real - operador : 183.00

_____ : _____

_____ : _____

Sal/turno-prom: $ 183.00

Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x 0.75 (factor rendimiento) = 6.00 horas

$$\text{Operación} = O = \frac{S}{H} = \frac{\$\ 183.00}{6.00 \text{ horas}} = \$\ 30.50$$

Suma Operación por Hora $ 30.50

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD) $ 322.24

SOLUCION

A) Resistencia al Rodamiento: 15kg/por cada ton de máquina por cada 2.5 cm de penetración.

Penetración en camino revestido: 5 cm.

$$15 \times \frac{5}{2.5} = 30 \text{ kg/ton M.}$$

Sumando 20 kg/ton M. por deformaciones de llantas, fricciones internas, etc., tendremos:

Tesistencia al rodamiento = 30 + 20 = 50 kg/ton M.

B) Resistencia por Pendiente: 10 kg/ton M. por cada 1%

Tramo de 600 m de ida = 1% x 10 = 10 kg/ton M.

Tramo de 300 m de ida = 0

Tramo de 300 m de ida = 4% x 10 = 40 kg/ton M.

Tramo de 300 m de regreso = 4% x 10 = 40 kg/ton M.

Tramo de 300 m de regreso = 0

Tramo de 600 m de regreso = 1% x 10 = 10 kg/ton M.

C) Resistencia Total de Ida :

Tramo de 600 m = 50 + 10 = 60 kg/ton M.

Tramo de 300 m = 50 + 0 = 50 kg/ton M.

Tramo de 300 m = 50 — 40 = 10 kg/ton M.

D) Resistencia Total de Regreso: (vacía)

Tramo de 300 m = 50 + 40 = 90 kg/ton M.

Tramo de 300 m = 50 + 0 = 50

Tramo de 600 m = 50 — 10 = 40 kg/ton M.

E) Resistencia Total de la Máquina:

a) Máquina cargada = 43.3 ton

Tramo de 600 m = 60 x 43.3 = 2.6 ton

Tramo de 300 m = 50 x 43.3 = 2.2 ton

Tramo de 300 m = 10 x 43.3 = 0.4 ton

b) Máquina vacía = 24.1 ton

Tramo de 300 m = 90 x 24.1 = 2.2

Tramo de 300 m = 50 x 24.1 = 1.2

Tramo de 600 m = 40 x 24.1 = 1.0

F) Corrección por Altitud:

$$\frac{500 \times 1\% \text{ por cada } 100 \text{ m}}{100} = 5\%$$

por lo que habrá que multiplicar las resistencias totales por 1.05

Máquina Cargada

2.6 x 1.05 = 2.7 tm

2.2 x 1.05 = 2.3 tm

0.4 x 1.05 = 0.4 tm

Máquina Vacía

$2.2 \times 1.05 = 2.3$ tm

$1.2 \times 1.05 = 1.3$ tm

$1.0 \times 1.05 = 1.1$ tm

Con los datos anteriores se entra a la gráfica proporcionada por el fabricante, la cual anexamos al final del problema.

G) Velocidades:

Velocidades de la motoescrepa cargada

Tramo	Velocidad	Transmisión	Velocidad media 0.65 x velocidad
600 m	12m/h 19 km/h	4a	12 km/h
300 m	16m/h 26 km/h	5a	17 km/h
300 m	23m/h 37 km/h	6a	25 km/h

Velocidad de la motoescrepa vacía

Tramo	Velocidad	Transmisión	Velocidad media 0.65 x velocidad
300 m	16m/h 26 km/h	5a	17 km/h
300 m	23m/h 37 km/h	6a	25 km/h
600 m	23m/h 37 km/h	6a	25 km/h

H) Tiempos

Tiempo de motoescrepa cargada

Tramo	Tiempo
600	3.0 min
300	1.1 min
300	0.7 min

Total 4.8 min

Tiempo de motoescrepa vacía

Tramo	Tiempo
300	1.1 min
300	0.7 min
600	1.5 min

Total 3.3 min

Tiempo total del ciclo

Tiempo fijo = 1.3

Tiempo ida = 4.8

Tiempo regreso = 3.3

Total 9.4

i) Costo del Metro Cúbico de Material Movido en Banco

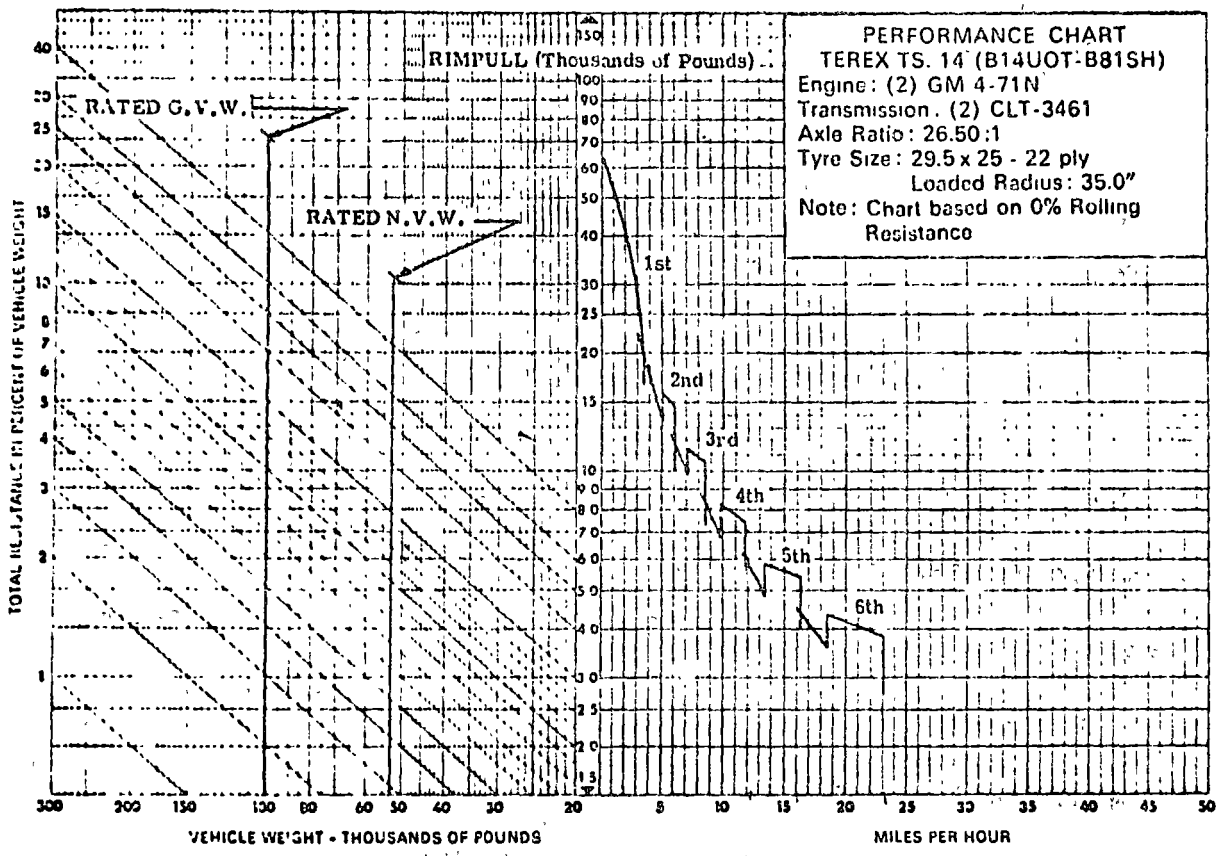
Tiempo total 9.4

Número de viajes por hora $= \frac{60}{9.4} = 6.4$

Capacidad de la motoescrepa en banco = 15 x 0.8 = 12 m^3

Producción = 6.4 x 12 = 77 m^3/h

Costo por $m^3 = \frac{\text{costo horario}}{\text{producción real}} = \frac{322}{77 \times 0.75} = \underline{\underline{5.58}}$



INSTRUCTIONS:

1. FIND VEHICLE WEIGHT ON LOWER LEFT HORIZONTAL SCALE
2. READ UP TO SLANTED TOTAL RESISTANCE
3. FROM INTERSECTION READ HORIZONTALLY TO THE RIGHT TO INTERCEPTION WITH PERFORMANCE OR RETARDER CURVE
4. READ DOWN FOR VEHICLE SPEED

CALCULO DEL COSTO POR M^3 DE ACARREO USANDO CARGADOR FRONTAL MICHIGAN MODELO 8-111-A Y CAMIONES

DATOS

Material	Limo arenoso seco
Peso volumétrico	1600 kg/m^3
Altitud S.N.M.	2000 m
Longitud de acarreo	1200
Camión alquilado a	\$ 2.20 + 1.10/m^3 abund.
Coeficiente de abundamiento	1.25 o su recíproco 0.8
Capacidad del cucharón	3.5 m^3
Costo directo hora-máquina	\$ 314.00

(Desarrollado en la hoja siguiente)

CONSTRUCTORA	Maquina: Cargador Frontal	Hoja No:
	Modelo: 3½ yd³	Calculó:
OBRA:	Datos Adic:	Revisó :
		Fecha :

DATOS GENERALES

Precio adquisición: $ 986,525.00
Equipo adicional –
Llantas 86,712.00

Valor inicial (Va): $ 899,813.00
Valor rescate (Vr): 10 % =$ 98,652.50
Tasa interés (i) : 12 %
Prima seguros (s): 2 %

Fecha cotización: Enero/73
Vida económica (Ve): 5 años
Horas por año (Ha): 2000 hr/año
Motores Diesel de 290 HP.
Factor operación: 0.7
Potencia operación: 203 HP. op.
Coeficiente almacenaje (K): 0.1
Factor mantenimiento (Q): 1.0

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{896000 - 98600}{10\,000} = \$\ 79.74$

b) Inversión : $I = \frac{Va + Vr}{2\,Ha} i = \frac{896000 + 98600}{2 \times 2000} \times 0.12 = 29.83$

c) Seguros : $S = \frac{Va + Vr}{2\,Ha} s = \frac{896000 + 98600}{} \times 0.02 = 4.97$

d) Almacenaje : $A = KD = \frac{0.1 \times 79.74}{} = 7.97$

e) Mantenimiento : $M = QD = \frac{1.00 \times 79.74}{} = 79.74$

Suma Cargos Fijos por Hora $ 202.25

II. CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc

Diesel : E = 0.20 x 203 HP. op. x $ 0.40 /lt. =$ 16.24

Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op. x $_____/lt. =

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pe

Capacidad carter: C = 30 litros

Cambios aceite : t = 100 horas

$$a = C/t + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases} \times 203 \text{ HP. op.} = 1.0 \text{ lt/hr.}$$

L = 1.0 lt/hr x $ 5 /lt. = 5.0

d) Llantas: $Ll = \frac{Vll}{Hv}$ (valor llantas) / (vida económica)

Vida económica: Hv = 1500 horas

$$Ll = \frac{\$\ 900\ 00}{1500 \text{ horas}} = 60.00$$

Suma Consumos por Hora $ 81.24

III. OPERACION.

Salario base : $ 120.00

Salario real - operador : 183.00

_____ : _____

_____ : _____

Sal/turno-prom: $ 183.00

Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x 0.75 (factor rendimiento) = 6.00 horas

$$\text{Operación} = O = \frac{S}{H} = \frac{\$\ 183.00}{6.00 \text{ horas}} = \$\ 30.50$$

Suma Operación por Hora $ 30.50

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD) $ 313.99

SOLUCION

Capacidad del cucharón = 3.5 x 0.76 = 2.7

Factor de carga = 0.8

Volumen por ciclo = 2.7 m^3 x 0.8 = 2.1 m^3/ciclo

Tiempo del ciclo (ciclo básico) 35.0 seg = 0.58 min

$$\frac{35 \text{ seg}}{60 \text{ seg}} = 0.58 \text{ min.}$$

$$\text{Ciclos/hora} = \frac{60 \text{ min/hora}}{0.58 \text{ min/ciclo}} = 103 \text{ ciclos/hora}$$

Producción = 2.1 m^3/ciclo x 103 ciclos/hora

= 216 m^3/h

$$\frac{314}{216 \times 0.75} = 1.94$$

Costo Acarreo

$$\frac{3.30}{0.8} = 4.13$$

Costo Total

Carga —	1.94
Acarreo —	4.13
	6.07

Quince días después, el Superintendente llega con el Gerente a plantearle la solución y se encuentra con que el Gerente le envía los cargadores, a pesar de la demostración de la bondad del uso de las motoescrepas y el fuerte ahorro en dinero. A insistencia del Superintendente confiesa que se comprometió a rentar las motoescrepas puesto que le significan una ganancia interesante.

El Superintendente que cree en la toma de decisiones cuantitativa obtiene del Gerente los siguientes datos:

Ganancia neta de motoescrepa/mes = 6,000

Tiempo de ejecución $2 \times 6 \times 2 \times 25 \times 1.62 = 97,200$

$$\frac{800\,000}{97,200} = 8.2$$

Ganancia total $= 8.2 \times 6 \times 6,000 = 295,200$

Ganancia/m^3 $= \frac{295,200}{800,000} = 0.37$

Restando al costo de cargador + camiones 0.37 tendremos como costo neto, tomando en consideración la utilidad de la renta

$$6.07 - 0.37 = 5.70$$

LAS TRES ALTERNATIVAS SERIAN ASI :

MOTOESCREPAS	5.58
CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS	6.07
CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS RENTANDO MOTOESCREPAS	5.70

EL INGENIERO VA CON EL GERENTE A DEMOSTRARLE QUE SU DECISION ES MALA.

SIN EMBARGO EL GERENTE LE DICE QUE DESCONFIA DE SU CALCULO DE DURACION DE LA OBRA. NO HA CONSIDERADO TIEMPOS DE DESCOMPOSTURA.

EL SUPERINTENDENTE ANALIZA CON DIFERENTES FACTORES SU TIEMPO DE EJECUCION.

No. DE HORA TRABAJADA	FACTOR EFICIENCIA	COSTO REAL	TIEMPO EJECUCION
300	0.75	5.70	8.2
* 280	0.75	5.67	8.8
260	0.75	5.64	9.5
240	0.75	5.61	10.3
220	0.75	5.57	11.2

* CASO - RENDIMIENTO -

$$2 \times 280 \times 162 = 90,720$$

$$\frac{800,000}{90,700} = 8.8 \text{ MESES}$$

$$8.8 \times 6 \times 6,000 = 316,800$$

$$\frac{316,800}{800,000} = .40$$

$$6.07 - .40 = 5.67$$

ESTO ES UN EJEMPLO DE ANALISIS DE SENSIBILIDAD.

PARA QUE CONVENGA EL ALQUILER NECESITA TARDARSE 11.2 MESES O SEA 3 MESES MAS O 36% MAS DEL TIEMPO PLANEADO.

EL GERENTE DUDA PERO CASI CON SEGURIDAD SE INCLI - NARA POR SU DECISION ORIGINAL.

AL SUPERINTENDENTE SE LE OCURRE QUE YA QUE ESTA OBLIGADO A OCUPAR CAMIONES ¿QUE SUCEDE SI COM --- PRA LA EMPRESA LOS CAMIONES?

HACE EL SIGUIENTE ANALISIS.

CALCULO CON CAMIONES DE LA EMPRESA

DATOS

Material	Limo arenoso
Peso volumétrico	1600 kg/m^3
Altitud S.N.M.	2000 m
Longitud de acarreo	1200 m
600 m	1% de pendiente adversa
300 m	Tramo horizontal
300 m	4% de pendiente favorable
camino revestido	
Coeficiente de abundamiento	1.25 o su recíproco 0.8
Capacidad del camión	6 m^3
Costo directo hora-camión	73.91
Velocidad promedio de ida	15 km/h
Velocidad promedio de regreso	30 km/h

Tiempo del Ciclo

De ida : $t = \frac{1200 \times 60}{15000} = \frac{72}{15} = 4.8$ min.

De regreso: $t = \frac{1200 \times 60}{30} = 2.4$ min.

Total = 7.2

CONSTRUCTORA	Máquina: Camión Volteo 6.00 m3	Hoja No:
	Modelo:	Calculó:
OBRA:	Datos Adic:	Revisó :
		Fecha :

DATOS GENERALES.

Precio adquisición: $ 115,000.00
Equipo adicional -
llantas (6) 12,528.00
Valor inicial (Va): $ 102,472.00
Valor rescate (Vr): % =$
Tasa interés (i) : 12%
Prima seguros (s): 2%

Fecha cotización: Enero/73
Vida económica (Ve): 5 años
Horas por año (Ha): 2000 hr/año
Motores Gasolina de 210 HP.
Factor operación: 0.7
Potencia operación: 155.0 HP. op.
Coeficiente almacenaje (K): 0.01
Factor mantenimiento (Q): 0.9

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{102\,472.00}{10000} = \$\ 10.25$

b) Inversión : $I = \frac{Va + Vr}{2\,Ha} i = \frac{102\,472.00}{2 \times 2000}\ 0.12 = 2.56$

c) Seguros : $S = \frac{Va + Vr}{2\,Ha} s = \frac{102\,472.00}{2 \times 2000}\ 0.02 = 0.51$

d) Almacenaje : $A = KD = 0.10 \times 10.25 = 1.03$

e) Mantenimiento : $M = QD = 0.9 \times 10.25 = 9.23$

Suma Cargos Fijos por Hora $ 23.58

II. CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc

Diesel : E = 0.20 x _____ HP. op. x $ _____ /lt. =$

Gasolina: E = 0.24 x 147 HP. op. x $ .80 /lt. = 28.22

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pe

Capacidad carter: C = 6 litros

Cambios aceite : t = 70 horas

$a = C/t + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases} \times 147$ HP. op. = 1.37 lt/hr.

L = 1.37 lt/hr x $ 5.00 /lt. = 6.85

d) Llantas: $Ll = \frac{Vll}{Hv}$ (valor llantas) / (vida económica)

Vida económica: Hv = 1500 horas

$Ll = \frac{\$\ 12,528.00}{1500 \text{ horas}}$ = 8.35

Suma Consumos por Hora $ 33.42

II. OPERACION.

Salario base : $ 70.00

Salario real - operador : 107.50

_____ : _____

_____ : _____

Sal/turno-prom:$

Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x 0.75 (factor rendimiento) = 6.00 horas

$Operación = O = \frac{S}{H} = \frac{\$\ 107.50}{6.00 \text{ horas}}$ =$ 16.91

Suma Operación por Hora $ 16.91

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD) $ 73.91

Tiempo del ciclo del cargador $\frac{35 \text{ seg}}{60 \text{ seg}} = 0.58$ min

Para cargar un camión de $6 m^3$ son necesarios 3 ciclos de operación del cargador; es decir, son necesarios 0.58 min x 3 = 1.74 min para cargar 6.0 m^3.

Tiempo de descarga = 30

Tiempo total del ciclo del camión = 7.2 + 1.74 + 0.5 = 9.44 min

Número de viajes por hora

$$\frac{60 \times 0.75}{9.44} = \frac{45}{9.44} = 4.76$$

Volumen por hora $4.76 \times 6.0 = 28.56 \ m^3$

Costo por m^3 $\frac{73.91}{28.56 \times 0.8} = 3.23$

Número de camiones

Producción del cargador $216 \times 0.75 = 162 \ m^3$

$$\frac{162}{22.85} = 7.08 = 8 \text{ camiones}$$

Por concepto de camiones esperando, el factor es :

$$\frac{8}{7.08} = 1.13$$

$$3.23 \times 1.13 = \$ \ 3.65$$

Costo del acarreo más carga

Acarreo = 3.65

Carga = 1.94

Total = $5.59

Le resultan pues las siguientes alternativas

a) Motoescrepas 5.58

b) Cargador y camiones alquilados 6.07

c) Igual a b) rentando motoescrepas 5.70

d) Cargador y camiones propios 5.59

e) Igual a d) rentando motoescrepas 5.22

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

No. Camiones	Vendidos al final del año	Probabilidad
13	1	.76
27	2	.34
15	3	.20
12	4	.15
12	5	.15
79		1.00

Encuentra también que se han vendido en la forma siguiente

	% Valor de Adquisición
1	50
2	35
3	25
4	20

Con esto encuentra los valores de depreciación real por hora del camión

Si se vende al final del año	Valor Depreciado	No. Horas	
1	51,242	2000	25.62
* 2	66,615	4000	16.65
3	76,854	6000	13.14
4	81,978	8000	10.25
5	102,485	10 000	10.25

* 102,485 x 0.65 = 66,615

COSTO DE HORA MAQUINA

AÑO	COSTO/HORA	COSTO ACARREO	PROBABILIDAD	
1	89.28	4.42	.16	0.71
2	80.31	3.96	.34	1.35
*3	76.80	3.80	.20	0.76
4	73.91	3.65	.15	0.55
5	73.91	3.65	.15	0.55
		VALOR ESPERADO		3.92

(NO SE HA TOMADO EN CUENTA EL AUMENTO EN INTERESES DE LA INVERSION)

73.91 — 10.25 + 13.14 = 76.80

ACARREO ESPERADO -	3.92
CARGA	1.94
	5.86
- UT. MOTOESCREPAS	0.37
	5.49

LAS ALTERNATIVAS SON

a)	Motoescrepas	5.58
b)	Cargador y camiones alquilados	6.07
c)	Igual a b) rentando motoescrepas	5.70
d)	Cargador y camiones propios (5 años uso)	5.59 *
e)	Igual a d) rentando motoescrepas	5.22 *
f)	Cargador y camiones propios (uso estadístico)	5.86
g)	Igual a f) rentando motoescrepas	5.49

* Condicionados.

EL GERENTE POR FIN ACEPTA LA PROPOSICION DEL SUPERINTENDENTE. EL SUPERINTENDENTE SIGUE CON LA PLANEACION DE SU TRABAJO Y PIENSA SI - NO PODRIA PAVIMENTAR EL CAMINO Y ASI PODER - INCREMENTAR LA VELOCIDAD Y DISMINUIR LA IN--- VERSION EN LA COMPRA DE 16 CAMIONES.

CONSIDERA QUE EL CAMION SE AMORTIZARA TOTALMENTE EN LA EMPRESA.

CAMIONES Y CARGADOR PARA CAMINO PAVIMENTADO

Velocidad de ida 20 km/h

Velocidad de regreso 35 km/h

De ida : $t = \frac{1200 \times 60}{2000} = \frac{72}{20} = 3.6$ min.

de regreso : $t = \frac{1200 \times 60}{35} = 2.00$

Total = 5.6 min

Tiempo total del ciclo = 5.6 + 1.74 + 0.5 = 7.84 min

Número de viajes por hora $\frac{45}{7.84} = 5.73$

Volumen por hora $5.76 \times 6 = 34.56\ m^3$

Costo por $m^3 = \frac{73.91}{34.56 \times 0.8} = \$2.67$

Número de camiones $= \frac{\text{Producción del cargador}}{\text{Vol. por hora x coef. de abundamiento}}$

$\frac{162\ m^3}{27.64} = 5.86 = 6$ camiones

Por concepto de camiones esperando, el factor es :

$$\frac{6}{5.6} = 1.07$$

$$2.67 \times 1.07 = \$\ 2.85$$

Costo del acarreo más carga

Acarreo	=	2.85
Carga	=	1.94
		$4.79
—UT. Motoescrepas		$0.37
		$4.42

Al cotizar el pavimento encuentra que una empresa que se dedica a ese tipo de trabajo le plantea un presupuesto de $ 480,000.00. El costo por M^3 es de

$$\frac{480,000}{800,000} = 0.60$$

El costo total es pues

4.42	+
0.60	
$ 5.02	

LAS ALTERNATIVAS SON

a)	Motoescrepas	5.58
b)	Cargador y camión alquilado	6.07
c)	Igual a b) rentando las motoescrepas	5.70
d)	Cargador y camiones propios (5 años uso)	5.59
e)	Igual a d) rentando las motoescrepas	5.22
f)	Cargador y camiones propios (uso estadístico)	5.86
g)	Igual a f) rentando motoescrepas	5.49
h)	Cargador y camiones propios (uso estadístico) pavimentando el camino.	5.02

EL SUPERINTENDENTE MUESTRA SUS ALTERNATIVAS - AL GERENTE, DICIENDOLE QUE ES CLARO QUE LE CONVIE-- NE PAVIMENTAR EL CAMINO.

EL GERENTE LE DICE QUE SI BIEN LOS DATOS DEMUES_ TRAN LA BONDAD DE LA PAVIMENTACION, EL NO ESTA DE - ACUERDO EN INVERTIR, AL INICIAR LA OBRA, $ 480,000 QUE NO RECUPERARA SINO HASTA LA TERMINACION DEL TRA-- BAJO, PUES ASI REZA EN EL CONTRATO.

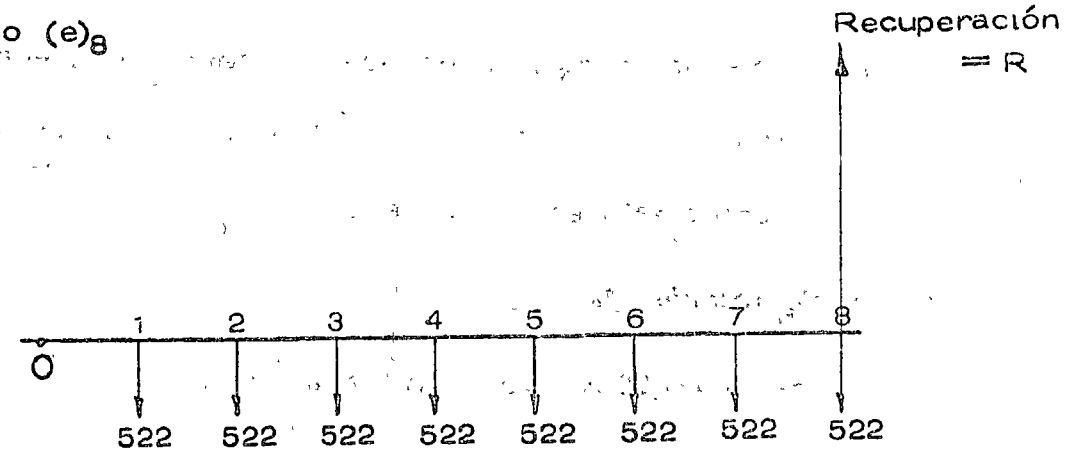
EL SUPERINTENDENTE CONSIDERA QUE SI HAY DIFE -- RENCIA EN LOS DOS SISTEMAS DE EGRESO, POR LO QUE - DECIDE REALIZAR UN ESTUDIO DE VALOR ACTUALIZADO.

Hace una comparación entre las alternativas e y h haciendo uso del método de valor actualizado.

Como la recuperación es al final y es la misma en el tiempo y en su valor no la considera para fines de comparación.

Supone que la obra durará 8 meses y que los egresos por costo directo serán lineales; le resultan así las siguientes gráficas de Ingresos-Egresos.

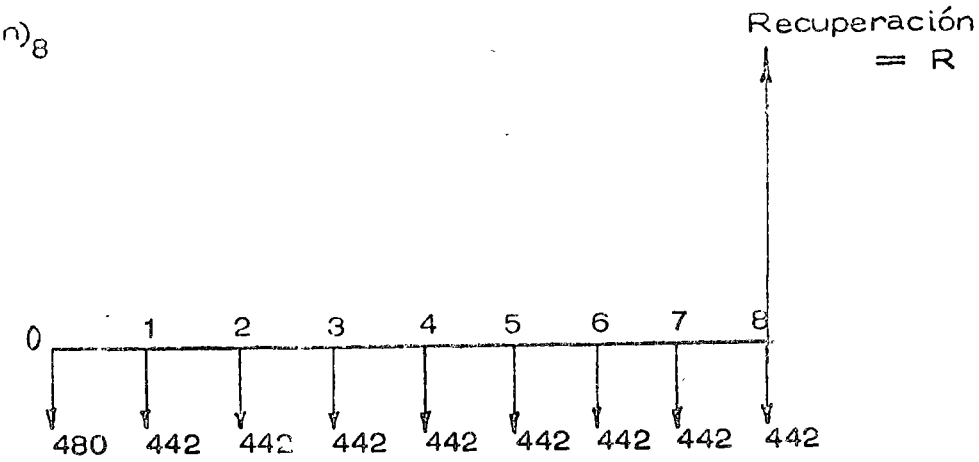
Caso $(e)_8$



en miles de pesos

$$\text{Costo/mes} = \frac{5.22 \times 800,000}{8} = 522,000$$

Caso $(n)_8$



$$\text{Costo/mes} = \frac{4.42 \times 800{,}000}{8} = 442{,}000$$

El Superintendente supone una tasa de interés mínima aceptable de 12% anual ó 1% mensual. Usando la tabla de los apuntes obtiene los siguientes valores actualizados.

Caso $(e)_8$ interés 1%

$$522 \times 7.652 = 3{,}994 \text{ miles de pesos}$$

Caso $(h)_8$ interés 1%

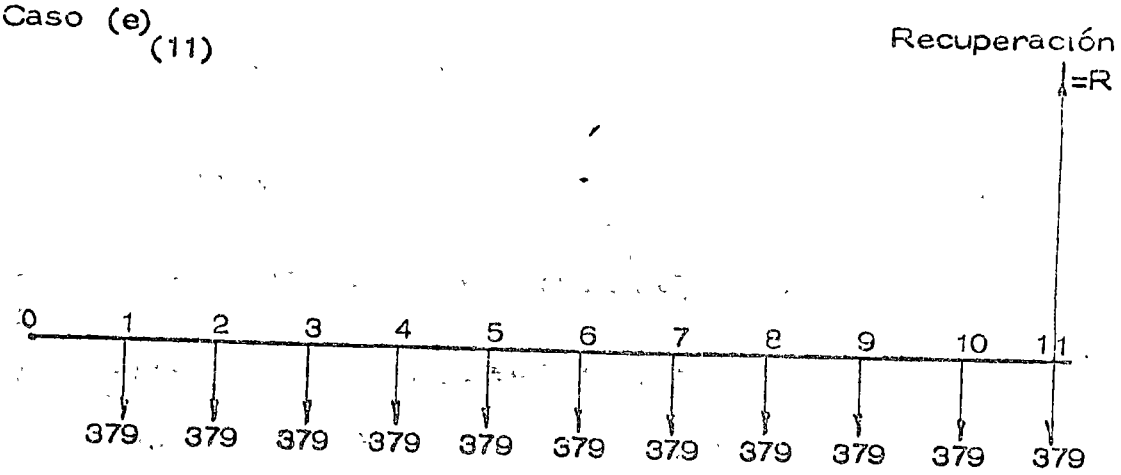
$$480 + 442 \times 7.652 = 3{,}862 \text{ miles de pesos}$$

Le conviene seleccionar la alternativa de costo actualizado mínimo, que sigue siendo la (h).

El Gerente le recuerda que él piensa que se va a tardar 11 meses en el trabajo.

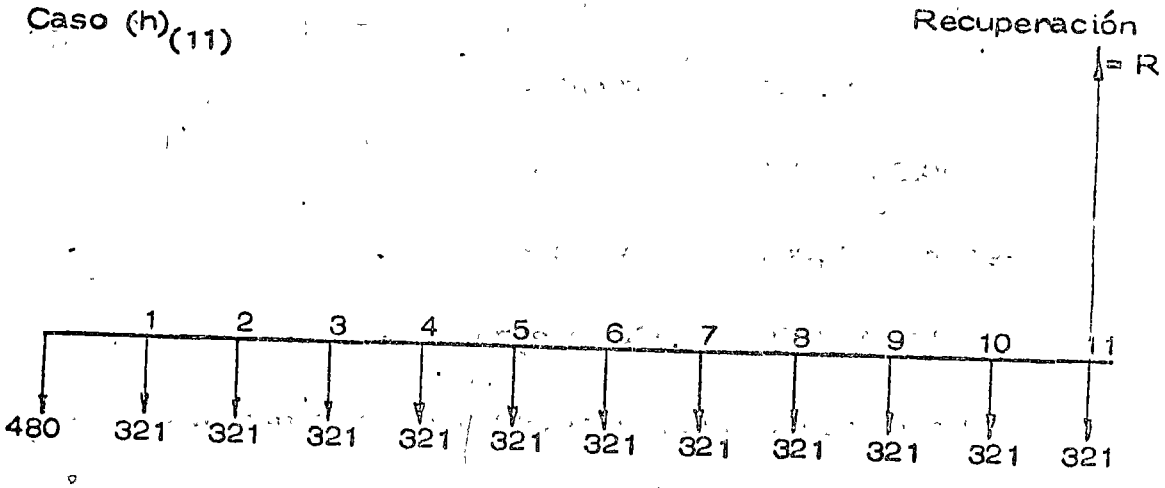
El Superintendente supone los 11 meses y obtiene lo siguiente

Caso $(e)_{(11)}$



$$\text{Costo/mes} = \frac{5.22 \times 800,000}{11} = 379,636.36$$

Caso $(h)_{(11)}$



$$\text{Costo/mes} = \frac{4.42 \times 800,000}{11} = 321,454$$

Suponiendo el mismo interés y como en el caso anterior que gastos y recuperaciones se verifican al fin de mes, y usando la tabla de valores actualizados obtendremos :

Caso $(e)_{11}$ 1% mensual

$$379,636 \times 10.368 = 3,936,069.00$$

Caso $(h)_{11}$ 1% mensual

480,000 + 321,454.00 x 10.368 = 3,812,835.00

Le sigue conviniendo seleccionar la alternativa h.

El Gerente le pide que en vista de que las condiciones de la -- empresa no son muy buenas, le analice qué sucedería si se obliga a pagar 18% de interés anual 1½% mensual.

En el curso de duración 8 meses tiene los siguientes valores- actualizados.

Caso e_8 interés 1½% mensual

522 x 7,486 = 3,907,692

Caso h_8 interés 1½% mensual

480 + 442 x 7.486 = 3,788,812

En el caso de duración 11 meses tiene los siguientes valores

Caso e_{11} interés 1½% mensual

379,638 x 10.071 = 3,823,334

Caso h_{11} interés 1½% mensual

480,000 + 321,454 x 10.071 = 3,717,363

Con todos estos datos el Superintendente hace la siguiente -- tabla.

	Costo Actualizado		
	Caso e	Caso h	e - h
Duración 8 meses Interés 1%	3,994,000.00	3,862,000.00	132 000
Duración 8 meses Interés 1½"	3,907,692.00	3,788,812.00	118 880
Duración 11 meses Interés 1%	3,936,069.00	3,812,835.00	123 234
Duración 11 meses Interés 1½%	3,823,334.00	3,717,363.00	105 971

LA DIFERENCIA e-h ES SIEMPRE POSITIVA POR LO QUE EN TODOS LOS CASOS CONVIENE LA SOLUCION h, PUESTO - QUE EL COSTO ACTUALIZADO ES MENOR.

PODEMOS DECIR QUE LA SALIDA ES POCO SENSIBLE A - LOS CAMBIOS EN TIEMPO E INTERES, DENTRO DE LOS RAN_ GOS ESTUDIADOS, PODREMOS PUES CON UNA CONFIANZA -- RAZONABLE PROCEDER A PAVIMENTAR EL CAMINO.

ATENCION. AL SIMPLIFICAR LA SOLUCION DEL PRO -- BLEMA SOLO SE HAN CONSIDERADO DECISIONES A NIVEL -- DE COSTO DIRECTO.

LECTURA RECOMENDADA

ECONOMIC DECISION MODELS. FOR ENGINEERS AND MANAGERS.

Autor.- James L. Riges

Editorial.- Mc Graw-Hill.

Teoería general de decisiones, con ejemplos de toma de decisiones en el área financiera. Problemas de valor actualizado. Decisiones -- con riesgo e incertidumbre. Fácil de leer; los ejemplos son sencillos.

INGENIERIA DE SISTEMAS.

Autores - Varios.

Editorial - Cámara Nacional de la Industria de la Construcción.

A través de ejemplos se ven aplicaciones de la Ingeniería de Sistemas y modelos de Investigación de Operaciones a problemas comunes -- en la Industria de la Construcción.

PROBABILITY, STATISTICS AN DECISION FOR CIVIL ENGINEERS.

Autores - Jack R. Benjamín
C. Alun Cornell

Editorial - Mc Graw-Hill

Elementos de probabilidad, modelos probabilísticos. Decisiones - con abundantes ejemplos de aplicación a problemas de Ingeniería Civil.

TEORIA Y CALCULO ELEMENTAL DE LAS DECISIONES.

Autores - Herman Chernoff.
Lincon E. Moses.

Editorial - Compañía Editorial Continental.

A N.E X O I

VALUACION DE ALTERNATIVAS

VALUACION DE INSUMOS

Al considerar los insumos y su costo, así como sus beneficios, estamos realmente tomando en cuenta los flujos de ingresos y recuperaciones, sin embargo tanto los ingresos como las recuperaciones, se verifican a través del tiempo y vamos a ver que el factor tiempo tiene gran importancia.

Ya que nuestro objetivo es el económico, al valuar insumos y productos utilizamos como medio de valuación una unidad monetaria, sin embargo el valor de la unidad monetaria es función del tiempo, y dado que la corriente de beneficios y costos ocurre a lo largo del tiempo, no es posible compararlos y plantear la necesidad de uniformizar sus valores antes de proceder a la suma.

Los procedimientos usados para uniformizar este valor se basan en las fórmulas de interés compuesto, para utilizar estas fórmulas se consideran una tasa de pérdida de valor que se denomina tasa de actualización y también tasa de interés mínima aceptable.

INTERES COMPUESTO

Llamando "F" al valor futuro de un Capital, "C" al interés compuesto, colocado a una tasa " i " durante " n " número de años, tendremos que el capital acumulado al final del enésimo intervalo es $C(1+i)^n$. Tomando la notación arriba indicada.

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

Donde repitiendo " 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 "C" tendremos

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

Que nos dá el valor actualizado de un capital "F" futuro a "n" intervalos de tiempo a partir de hoy. Al factor $\frac{1}{(1+i)^n}$ se le llama "Factor de valor actualizado".

Estos factores se encuentran tabulados en los libros de interés compuesto o de Ingeniería Económica para diferentes valores de "i" y de "n". Al final del capítulo se presenta una tabla de los factores de valor actualizado como ejemplo.

Utilizando estas fórmulas de interés compuesto es posible uniformizar valores de Capitales que se usan o reciben a través del tiempo, de modo que sean comparables y puedan utilizarse para poder tomar una decisión.

EL METODO DEL VALOR ACTUALIZADO

Consiste en obtener los valores presentes equivalentes a los capitales futuros, tanto de ingresos como de recuperaciones. Se utiliza por supuesto la fórmula del interés compuesto, multiplicando a cada valor futuro por el factor de valor actualizado correspondiente. Cuando se usan simultáneamente egresos y recuperaciones en una alternativa, en general se asocian a ellos signos contrarios; 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. Generalmente se actualizan por separado los beneficios y los costos, pues para comparar las diversas alternativas, se usan como criterio de comparación, no solo el resultante final de la suma algebraica, sino el cociente de los beneficios sobre costos actualizados, otro procedimiento conveniente dependiendo de la naturaleza del problema.

Estos métodos son tanto más importantes en la forma de decisiones en la construcción cuanto mayor sea el tiempo de ejecución de la obra, puesto que las diferencias entre los capitales no actualizados y actualizados será mayor.

Al tomar decisiones dentro del ambito de la empresa, sí es muy importante considerar la variación con el tiempo del valor del dinero, ya que la empresa efectúa sus operaciones a lo largo de tiempos considerablemente largos.

TABLAS DE INTERES COMPUESTO
FACTORES DE ACTUALIZACION

	1%		12%	
No.	Pago Simple	Serie Uniforme de pagos	Pago Simple	Serie Uniforme de pagos
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	12.134	0.2292	6.424
14	0.8700	13.004	0.2046	6.628
15	0.8613	13.865	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		

TOMA DE DECISION

PRUEBA DEL MODELO

Es muy conveniente que al desarrollar un modelo, para que represente convenientemente el sistema se pruebe continuamente mientras se está construyendo.

Al terminar el modelo se realizan pruebas para garantizar su propiedad. Si el modelo tiene deficiencias, es decir las salidas, no corresponden a la realidad del sistema, pueden deberse a que no se seleccionaron adecuadamente las variables dignificativas, o bien las relaciones entre variables no corresponden a la realidad.

Pueden también probarse el modelo a través de pruebas parciales o restringidas de las soluciones propuestas siempre que esto sea posible.

SENSIBILIDAD

Sensibilidad de un sistema en general se refiere al cambio o cambios en los parámetros del sistema (coeficiente o en su caso entradas).

La sensibilidad tiene especial importancia, pues le indica al ingeniero como se comporta una decisión cuando las condiciones cambian por alguna razón.

El estudio de la sensibilidad es muy importante para formar la decisión, puede ser que una decisión tenga alta sensibilidad, esto sea vulnerable a pequeños cambios de las variables controlables. Cuando esto sucede es muy conveniente realizar una investigación que nos asegure la validez de los datos que están siendo evaluados.

SELECCION DE LA VIA DE ACCION

Cualquiera que sea el sistema de comparación de alternativas, desde simple intuición hasta el uso de complicados modelos matemáticos, hay que tomar encuenta ciertas condiciones que influyen importantemente en la decisión.

En primer lugar la persona o personas que van a tomarla. En general la valuación en términos del objetivo no forma algunas varia-

bles en consideración, o puede ser que se consideren variables no significativas algunas variables de carácter probabilístico. Una persona con propensión a no tomar riesgos en un caso de los anteriores, tomará una decisión diferente a una persona que toma riesgos. Esto es una característica psicológica del sujeto que va a tomar la decisión y conviene tomarlo en cuenta.

De todos modos hay que repasar las variables que se consideraron no significativas, pues hay variables que para ciertos valores no son significativas, pero que en otros rangos si lo son. Un repaso en función de la valuación de las alternativas es pues conveniente.

También es frecuente que la valuación se realice bajo certeza, cuando en prácticamente todos los problemas de Ingeniería se presentan bajo riesgo o incertidumbre. En el momento de tomar una decisión, conviene también repasar cuáles son las condiciones en que realmente se presenta el problema.

El análisis de sensibilidad es también muy conveniente, pues nos indicará como se comporta una solución ante variaciones en las condiciones planteadas.

En general todos estos puntos son analizados y pesados al tomar la decisión, cualquiera que sea el procedimiento de valuación de alternativas que se haya seguido.

DECISIONES CON VARIABLES ALEATORIAS

GENERALIDADES

En todos los problemas a que se enfrenta el Ingeniero Civil existe un grado de incertidumbre principiando por la información que recibe, las condiciones del medio ambiente, etc.

El concepto probabilidad es conocido por todo el mundo y su definición ha variado en el transcurso del tiempo. La definición matemática de la probabilidad no pertenece a este curso y en su lugar se puede hablar de probabilidad como la frecuencia relativa de éxito en un experimento, de forma que es el cociente del número de eventos favorables dividido entre el número total de eventos del experimento. De esta definición se puede de inmediato concluir que la probabilidad variará entre cero y uno incluyendo ambos valores, pero que no puede tomar ningún otro valor menor de cero o mayor de uno.

Certeza probabilista es la que se tiene con respecto a un fenómeno o evento cualquiera con probabilidad de ocurrencia = 1. (Evento seguro).

Sin embargo, dentro de los sistemas - obra es muy difícil encontrar eventos cuya probabilidad de ocurrencia sea uno. Esto nos dirige hacia la utilización de técnicas que tomen en cuenta el aspecto probabilista de los fenómenos que maneja. Esto no quiere decir que el ingeniero trate todos los problemas en forma probabilista, sino que cuando menos tenga en cuenta el aspecto probabilista y lo utilice cuando el problema por su importancia se lo exija.

Antes de hacer referencia a las técnicas que ayudan al ingeniero a hacer frente a los problemas probabilistas, comentaremos brevemente los aspectos de riesgo e incertidumbre.

Muy relacionados con los aspectos de probabilidad están los conceptos de riesgo e incertidumbre. En realidad ambos reflejan el punto de vista probabilista de los problemas y no hay distinción clara entre ambos conceptos. Mientras algunos autores los consideran equivalentes, otros establecen una distinción, la que adoptaremos aquí: El análisis del riesgo lo utilizaremos en aquellos casos en que existan eventos probabilistas, pero sus características (la más importante es la distribución de probabilidad) se conocen; mientras que la incertidumbre existe en aquellos casos en que no se conocen las características probabilistas de un fenómeno.

A N E X O II

SINTESIS SOBRE PROBABILIDAD

por

S. ZUÑIGA B.

En el presente trabajo se hace una síntesis sobre algunos conceptos de probabilidad, enunciándolos someramente y sin demostración. Para hacerlos más claros frecuentemente se recurre a dar ejemplos.

Experimento:

Es una acción mediante la cual se obtiene un resultado y se realiza la observación de éste.

Experimento Aleatorio:

Experimento cuyo resultado no se puede predecir antes de que se realice el experimento.

Ejemplo 1.- Tirar un volado, antes de tirarlo no se conoce si el resultado es águila o sol.

Experimento Determinista:

Experimento cuyo resultado se puede predecir antes de que se realice el experimento.

Ejemplo 2.- Sumar 2 números pares, se conoce de antemano que el resultado va a ser un número par.

Eventos Elementales:

Son los resultados más simples de un experimento.

Ejemplo 3. - Al tirar un dado y observar el "número resultante" los eventos elementales son seis: 1, 2, 3, 4, 5, 6. El evento "cae par" no es un evento elemental ya que se puede expresar mediante los eventos 2, 4, 6.

Espacio de Eventos:

Es la totalidad de eventos elementales de un experimento.

Ejemplo 4.- Al tirar un dado, el espacio de eventos es el conjunto de los seis eventos elementales s = 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Eventos Elementales igualmente posibles:

Cuando al realizar un experimento aleatorio no existen factores que favorezcan la aparición de un evento elemental, se dice que estos son igualmente posibles.

Probabilidad Clásica:

Supóngamos que es finito el número de eventos elementales "n" de que está compuesto el espacio de eventos asociado a un experimento aleatorio y además que todos son igualmente posibles. Si un evento A del espacio de eventos está compuesto por "m" eventos elementales, entonces la probabilidad de que el evento A se verifique está definida por la relación:

$$P(A) = \frac{m}{n}$$

en donde:

m = número de eventos elementales en A
n = número de eventos elementales en el espacio de evento.

Los valores entre los cuales varía la probabilidad de que se verifique un evento son:

$$0 \leqslant P(A) \leqslant 1$$

Si la probabilidad de un evento es muy cercana a cero se dice que el evento es prácticamente imposible.

Por el contrario, si la probabilidad de un evento es muy próxima a uno se dice que el evento es prácticamente seguro.

La probabilidad de que no se verifique el evento A es: $P(\bar{A}) = 1 - P(A)$.

Ejemplo 5.- Si se extrae al azar una bola de una urna que contiene 6 bolas rojas, 4 blancas y 5 azules, encontrar la probabilidad de que la bola extraída:

a) Sea roja a) $P(R) = \frac{6}{15}$

b) Sea blanca b) $P(B) = \frac{4}{15}$

c) No sea roja c) $P(\bar{R}) = 1 - \frac{6}{15} = \frac{9}{15}$

Probabilidad Condicional :

Se representa por P(B/A) y se interpreta como la probabilidad de que el evento B se verifique, con la condición de que previamente el evento A se haya verificado.

Ley de Adición de Probabilidades:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$$

en donde:

$P(A \cup B)$ es la probabilidad de que se verifique a y/o B.

$P(A \cap B)$ es la probabilidad de que se verifique A y B.

Si los eventos A y B se excluyen mutuamente: $P(A \cup B) = 0$

entonces:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B)$$

Ejemplo 6.- A partir del ejemplo 5, cual es la probabilidad de que la bola extraída sea roja o blanca.

$$P(R \cup B) = P(F) + P(B) = \frac{2}{5} + \frac{4}{15} = \frac{10}{15} = \frac{2}{3}$$

Ley Condicional de Probabilidades :

$$P(A \cap B) = P(A)\ P(B/A)$$

Ejemplo 7.- Si de la urna del ejemplo 5 se extraen sucesivamente 2 bolas, ¿cuál es la probabilidad de que una sea roja y la otra blanca?.

$$P(R \cap B) = P(R)\ P(B/R)$$

$$= \left(\frac{6}{15}\right)\left(\frac{4}{14}\right)$$

Variable Aleatoria (v.a.) :

Si x es una variable mediante la cual se pueden representar los resultados de un experimento aleatorio, entonces se dice que "x" es una variable aleatoria.

Ejemplo 8.- Sea el experimento aleatorio tirar dos dados y el resultado que interesa es la suma de los números asociados a las caras que caen hacia arriba, los valores de esos resultados se pueden representar mediante una variable que toma los siguientes valores:

$$x = \left[2,\ 3,\ 4,\ 5,\ 6,\ 7,\ 8,\ 9,\ 10,\ 11,\ 12\right]$$

Tipos de Variable Aleatoria:

a) Discreta.- La v.a. está definida en el intervalo (a,b) y solo toma ciertos valores de ese intervalo.

Ejemplo 9.- Tirar un dado, la v.a. está definida en el intervalo (1,6) y solo toma los valores 1, 2, 3, 4, 5, 6.

b) Continua.- La v.a. está definida en el intervalo (a,b) y toma cualquier calor comprendido en dicho intervalo.

Ejemplo 10.- Medir la altura de k estudiantes, la v.a. puede tomar cualquier valor entre la altura de la persona más pequeña y la de la más alta.

VARIABLE ALEATORIA DISCRETA (v.a.d.)

Distribución de Probabilidad:

Si x es una v.a.d. con valores $x_1, x_2, x_3, \ldots, x$ y se conoce la probabilidad de que se verifiquen cada uno de ellos $P(x_i)$, con la condición de que $\sum P(x) = 1$, el conjunto de valores $P(x_i)$ recibe el nombre de distribución de probabilidad.

Ejemplo 11.- La distribución de probabilidad de la v.a.d. definida en el problema 8 es:

x	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P(x)	1/36	2/36	3/36	4/36	5/36	6/36	5/36	4/36	3/36	2/36	2/36

Esperanza Matemática:

Cualquier función h(x) de la v.a.d. x es una v.a.d. que puede tomar los valores $h(x_1), h(x_2), \ldots, h(x_n)$. La esperanza matemática de h(x) se define como:

$$E\left[h(x)\right] = \sum_{i=a}^{b} h(x_i)\ P(x_i)$$

Momento respecto al origen:

Se establece cuando $h(x) = x^n$, entonces:

$$E\left[x^n\right] = \sum_{i=a}^{b} x_i^n\ P(x_i)$$

Si $n = 1$, se obtiene la media de la v.a.d. y se representa por:

$$\mu x = E \quad x = \sum_{i=a}^{b} x_i P(x_i)$$

Ejemplo 12.- Para el caso de los dados (problema 8) se tiene:

$$\mu x = 2(1/36) + 3(2/36) + 4(4/36) + 6(5/36) + 7(6/36) + \\ + 8(5/36) + 9(4/36) + 11(2/36) + 12(1/36) = 252/36 = 7$$

Momento con respecto a la media: se define cuando $h(x) = (x - \mu_x)^n$, entonces:

$$E\left[(x - \mu_x)^2\right] = \sum_{i=a}^{b} (x_i - \mu_x)^n \; P(x_i)$$

Si $n = 2$, se obtiene la variancia de la v.a.d. x y se representa por:

$$O_x^2 = E\left[(x - \mu_x)^2\right] = \sum_{i=a}^{b} (x_i - \mu_x)^2 \; P(x_i)$$

Ejemplo 13.- La variancia de la v.a.d. en el caso del problema 8 es:

$$O_x^2 = (2-7)^2(1/36) + (3-7)^2(2/36) + (4-7)^2(3/36) + \\ + (5-7)^2(4/36) + (6-7)^2(5/36) + (7-7)^2(6/36) + \\ + (8-7)^2(5/36) + (9-7)^2(4/36) + (10-7)^2(3/36) + \\ + (11-7)^2(2/36) + (12-7)^2(1/36) = 35/6$$

Desviación Estándar: Se define como la raíz cuadrada de la variancia y se representa por: $O = \sqrt{\sigma^2}$

Ejemplo 14.- La desviación estándar en el caso del problema 8 es:

$$O = \sqrt{35/6} = 2.42$$

Variable Aleatoria Continua (v.a.c.) :

Densidad de Probabilidad. - Para este caso se define la distribución de probabilidad por medio de una función f(x), llamada densidad de probabilidad, la que debe cumplir con las siguientes restricciones.

a) $f(x) \geq 0 \; \forall x$

b) El área bajo la curva definida por la función f(x) y el eje de las abscisas debe valer uno.

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)\, dx = 1$$

c) La probabilidad de que la v.a.c. tome un valor en el intervalo (c,d) está dada por:

$$P(c \leq x \leq d) = \int_c^d f(x)\, dx$$

Distribución de Probabilidad Acumulada:

La d.p.a. F(x) de la v.a.c. x está definida por :

$$F(x) = P(x \leq a) = \int_{-\infty}^{a} f(x)\, dx$$

Esperanza Matemática de una v.a.c. :

$$E\left[h(x)\right] = \int_{-\infty}^{\infty} h(x)\, f(x)\, dx$$

Momento de orden n:

$$E\left[x^n\right] = \int_{-\infty}^{\infty} x^n f(x)\, dx$$

Si n = 1, se define la media de la v.a.c. x

$$_x = E\left[x\right] = \int_{-\infty}^{\infty} x\, f(x)\, dx$$

Momento de orden n con respecto a la media:

$$E\left[(x-\mu_x)^n\right] = \int_{-\infty}^{\infty} (x-\mu_x)^n f(x)\, dx$$

Si n = 2, se define la variancia de la v.a.c.x

$$E\left[(x-\mu_x)^2\right] = \int_{-\infty}^{\infty} (x-\mu_x)^2 f(x)\, dx$$

DISTRIBUCIONES TEORICAS DE UNA VARIABLE

a) Variables discretas:

1. Distribución Binomial o de Bernoulli.

Supóngamos efectuar "n" experimentos independientes tales que el resultado de cada uno de ellos es un éxito o un fracaso; la probabilidad de un éxito es p y la de fracaso es q, siendo p + q = 1. En tal

caso se dice que se tienen n pruebas de Bernoulli con probabilidad "p" de éxito.

Al realizar un experimento de Bernoulli, la probabilidad de que se presenten x éxitos consecutivos seguidos por (n − x) fracasos es:

$$\overbrace{\underbrace{pppp\ldots p}_{x}\underbrace{qqq\ldots q}_{nx}} = p^x q^{n-x} \qquad (1)$$

La probabilidad de obtener precisamente x éxitos y (n−x) fracasos con otro orden de ocurrencia, está dada también por la expresión (1).

La probabilidad de que se presenten x éxitos y (n−x) fracasos en cualquier orden será la suma de las probabilidades de todas las combinaciones posibles de n elementos de los cuales x son éxitos y (n−x) fracasos.

Lo anterior puede expresarse por :

$$P(x) = {}_nC_x\, p^x q^{n-x}$$

que recibe el nombre de distribución de Porbabilidad Binomial.

La media en esta distribución de probabilidad es:

$$\mu_x = E\left[x\right] = \sum x\, P(x) = \sum x\, {}_nC_x\, p^x q^{n-x} = np$$

$$\mu_x = np$$

La variancia queda definida por :

$$\sigma_x^2 = E\left[(x-\mu_x)^2\right] = \sum (x-\mu_x)^2 P(x)$$

$$= \sum (x-\mu_x)^2\, {}_nC_x\, p^x q^{n-x} = npq$$

$$\sigma_x^2 = npq$$

2. Distribución de Paisson.

Si la v.a.x. designa el número de éxitos de una sucesión de pruebas de Bernoulli y se considera n suficientemente grande y p suficientemente pequeña.

$$np = \lambda \qquad n \geq 50 \qquad p \leq 0.10$$

$$f(x) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^x}{x}$$

expresión que define la d.p. de Poisson.

La media y la variancia son :

$$\mu_x = E\left[x\right] = \sum \left(e^{-\lambda} \frac{\lambda^x}{x}\right) x = \lambda$$

$$\sigma_x^2 = E \quad (x - \mu_x)^2 = \sum_{i=0} (x - \lambda)^2 \; e^{-\lambda} \frac{\lambda^x}{x} = \lambda$$

b) Variables Continuas.

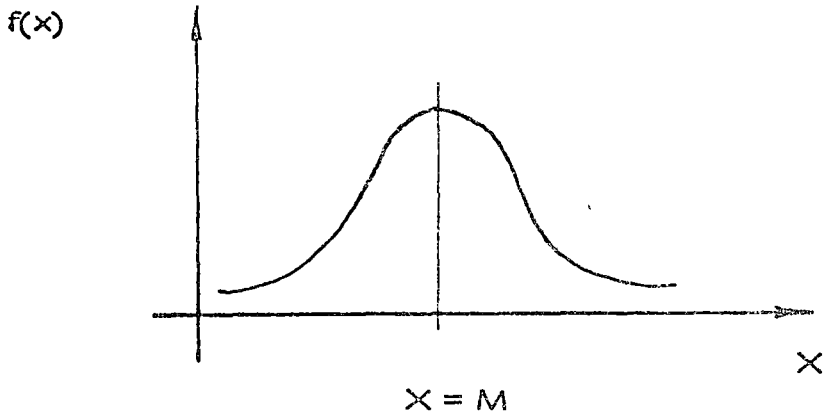
1. Distribución Normal.

Una variable casual que se encuentra frecuentemente en la práctica es una v.a. continua cuya d.p. es la distribución normal.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\; S} e^{-\frac{(x-m)^2}{2S^2}}$$

– rango en el cual se encuentra definida la v.a.

La función anterior tiene la siguiente representación geométrica:



La media de la distribución es $\mu_x = m$

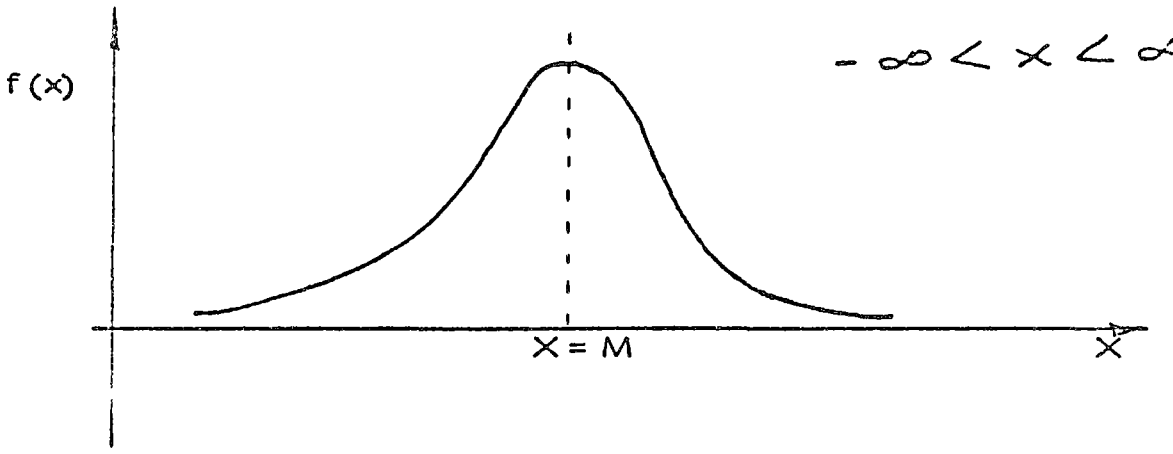
La variancia de la distribución es $\sigma_x^2 = S^2$

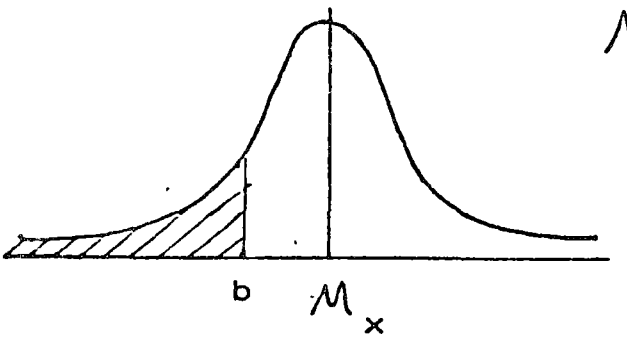
Dadas m y S^2 es posible calcular que x tome valores menores o mayores que un cierto número o bien que quede comprendida entre dos valores, por ejemplo :

DISTRIBUCION NORMAL

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\ S} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\ S^2}}$$

$$-\infty < x < \infty$$

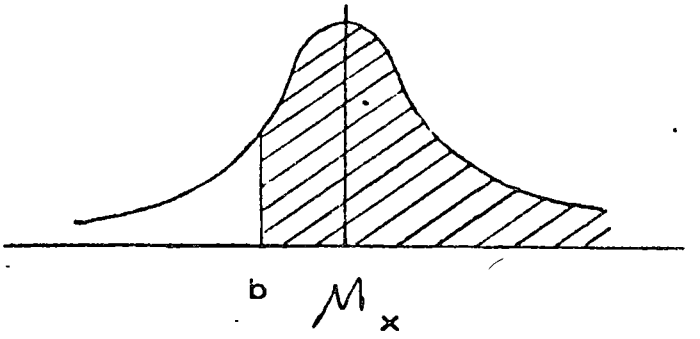




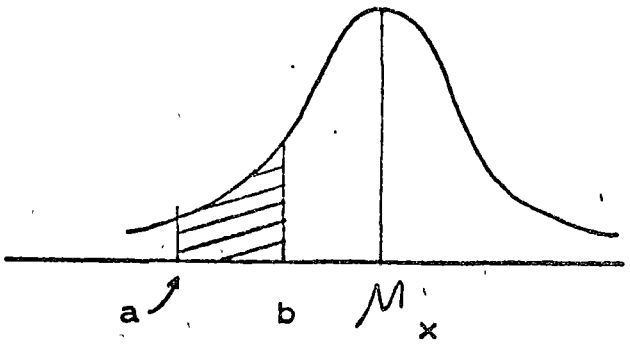
$$\mu_x = m$$

$$T^2 = S^2$$

$$P(x < b) = \int_{-\infty}^{b} f(x)\,dx$$



$$P(x > b) = \int_{b}^{\infty} f(x)\,dx$$



$$P\ (a \leq X \leq b) = \int_d^b f(x)\, dx$$

2.- Distribución Gamma y Exponencial.

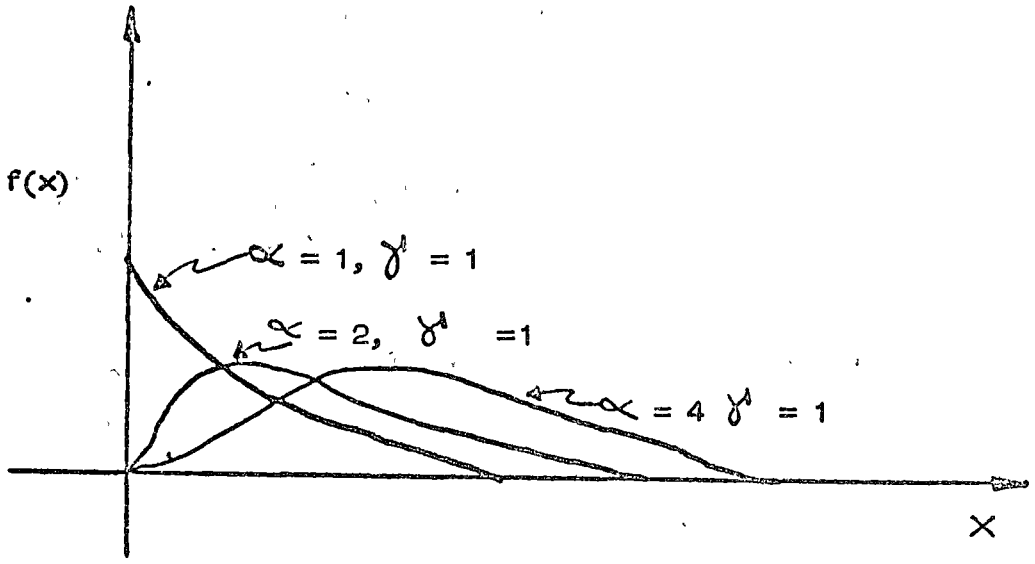
Se dice que la v.a.x. tiene distribución gamma si su d.p. es de la forma :

$$f(x) = \frac{1}{\gamma^{\alpha}\Gamma(\alpha)}\, x^{\ -1}\ e^{-\frac{x}{\gamma}}$$

$$x > 0,\ \alpha < 0,\ \gamma > 0$$

$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha - 1}\ e^{-x}\, dx$ recibe el nombre de función gamma.

$$\mu_x = \alpha\gamma \quad \sigma_x^2 = \alpha\gamma$$



Si = 1 a la función gamma se le llama distribución exponencial.

$$f(x) = \frac{1}{\gamma}\ e^{-\frac{x}{\gamma}}$$

$$x = \gamma \quad \sigma_x^2 = \gamma^2$$

NOTA: Sacado del libro Ingeniería de Sistemas de la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción

A N E X O III

ANALISIS DE DECISIONES

BAJO RIESGO

por

F. J. JAUFFRED

Howard señala que :

1. EL PROCESO DE TOMAR DECISIONES SE ENCUENTRA EN LA MAYORIA DE LOS PROBLEMAS TECNICOS, GUBERNAMENTALES Y DE NEGOCIOS.

2. USUALMENTE EL TOMAR DECISIONES REQUIERE EL ESTUDIO DEL RIESGO Y DE LA INCERTIDUMBRE.

3. EL RIESGO Y LA INCERTIDUMBRE SE ESTUDIAN FORMALMENTE MEDIANTE LA TEORIA DE LA PROBABILIDAD.

4. LA PROBABILIDAD ES UN ESTADO DE LA MENTE, NO DE LAS COSAS.

5. AL ASIGNAR PROBABILIDADES DEBE TOMARSE EN CUENTA TODA LA EXPERIENCIA ANTERIOR DISPONIBLE.

6. EL TOMAR DECISIONES REQUIERE TANTO LA ASIGNACION DE PROBABILIDADES COMO DE VALORES.

7. SOLO PUEDEN TOMARSE DECISIONES CUANDO SE DISPONE DE UN CRITERIO PARA SELECCIONAR ENTRE ALTERNATIVAS.

8. SIEMPRE DEBEN CONSIDERARSE LAS CONSECUENCIAS AL FUTURO DE LA DECISION TOMADA HOY.

9. AL TOMAR DECISIONES SE DEBE DISTINGUIR ENTRE UNA BUENA DECISION Y UN BUEN RESULTADO.

Una buena decisión es aquella basada en la lógica, en el conocimiento de la incertidumbre de la utilidad y preferencias de los ejecutivos.

Un buen resultado es aquel que reporta beneficios esto es, uno altamente valorado.

Tomando una buena decisión se asegurará un alto porcentaje de buenos resultados.

El Análisis de Decisiones es el procedimiento lógico para la evaluación de los factores que influencian una decisión.

Proceso del Análisis de Decisiones :

I. Fase Determinista
Es indispensable contestar a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es la decisión a tomar?

2. ¿Qué cursos de acción se encuentran a nuestro alcance?

3. ¿Cómo vamos a determinar cuáles cursos de acción son buenos y cuáles malos?

4. Suponiendo que tuviera una bola de cristal a su alcance ¿ Qué preguntas numéricas haría con objeto de medir los beneficios de un posible resultado?

5. Construya una matriz de pagos.

6. ¿Cómo se compara el beneficio que recibiré en el futuro con el recibido hoy? (valor presente etc....).

Ya que se ha completado la fase determinista, conviene jugar con las variables de estado, llevándolas separado y conjuntamente a los valores extremos en su rango de variabilidad. Se observa cual de las alternativas es siempre mejor que cualquier otra. De ocurrir esto se dirá que la primera domina a la segunda; esta primera se elimina.

Con este análisis de sensibilidad se identifican las variables de estado para las que el resultado es sensible y se les llama críticas.

II. Fase Probabilista

1. Esta fase principia asignando probabilidades a las variables de estado críticas.

2. Encontrar la incertidumbre en beneficios para cada alternativa implicada por la relación funcional a las variables de estado críticas y la distribución de probabilidad en esas variables de estado críti

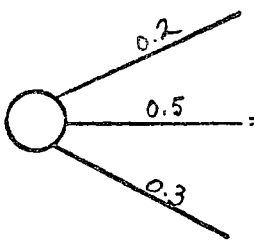
cas para la alternativa. A esta distribución de probabilidad del beneficio, se le llama la lotería del beneficio para la alternativa.

3. Ahora se considerará la manera de elegir entre las alternativas con diferente lotería de beneficio. Para ello combiene emplear las distribuciones acumuladas de probabilidad buscando dominancia estocástica.

III. Fase Posóptica

Aquí se principia encontrando el equivalente en pesos de eliminar la incertidumbre en cada una de las variables de estado, consideradas separadas o conjuntamente. Esto conduce a la siguiente etapa que consiste en diseñar el programa más simple para conseguir información cuando ya se ha encontrado que es conveniente conseguir más información.

Una lotería está definida por varias decisiones aleatorias cada una con su probabilidad y su pago.



= 0.2, 00; 0.0, −20; 0.3, 10

El equivalente de la certeza para esta lotería es:

$$60\,(0.2) + (-20)\,(0.5) + 10\,(0.3) = 12 - 10 + 3 = 5$$

y representa el monto mínimo que se pide por permitir que sea otro el que juegue la lotería.

Fundamentos de la lotería de la Utilidad

Considérense los premios A, B, C, en una lotería

a) Notación

A preferido a B se representa mediante $A > B$

A indiferente a B se presenta mediante $A \sim B$

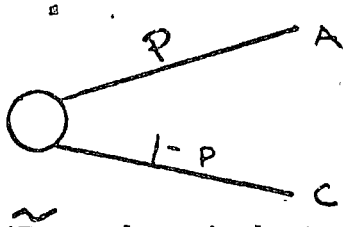
A no preferido a B se representa mediante $B \gtrsim A$

B preferido a A se representa mediante $A > \not< B$

b) La ley de la transitividad expresa que si $A > B$, $B > C$ entonces $A > C$.

c) La ley de la continuidad expresa que si para una lotería se tiene que A B C, entonces

$B \sim [p, A; (1-p), C$ $\quad B =$



En particular para algún p si $B \sim \tilde{B}$ ($\tilde{B}$ es el equivalente de la certeza para dicha lotería).

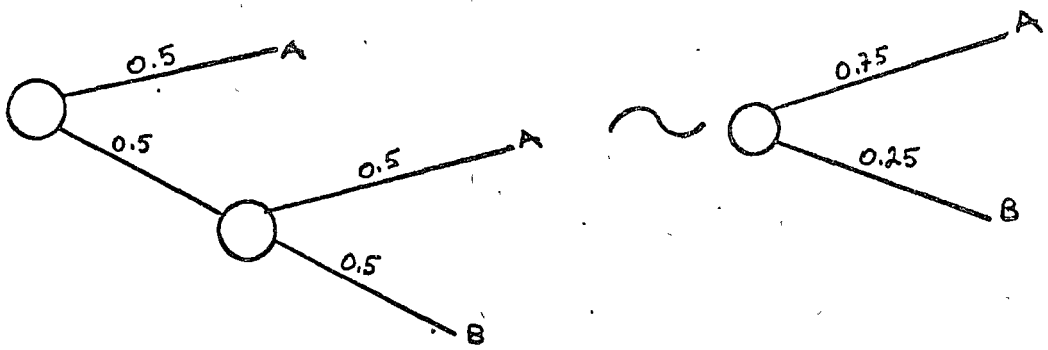
d) La ley de la sustitutabilidad expresa que en cualquier lotería B puede ser sustituído por $\tilde{B}$.

e) La ley de la monotonocidad expresa que si $A > B$ entonces

$$[p, A; (1-p), B] > [p^1, A; (1-p^1), B]$$

Si y sólo sí $p > p^1$

f) La ley de decomposición expresa que una lotería compuesta es indiferente a su descomposición en loterías simples:



Se entiende por función utilidad $u(x)$ una con las siguientes características:

1. Dadas tres loterías L_1, L_2, L_3

a) Si $L_1 > l_2$

entonces

$u(L_1) > u(L_2)$

b) si $L_3 \sim (1-p), L_1; p, L_2$

entonces

$u(L_3) = (1-p)\, u(L_1) + p\, u(L_2)$

2. Cualquier transformación lineal de la función $u(x)$ produce igual utilidad de las loterías.

Sea $u^1(x) = \alpha + \beta \mu(x)$

a) Puesto que

$u(L_1) > u(L_2)$ cuando $L_1 > L_2$

entonces

$u^1(L_1) > u^1(L_2)$ cuando $L_1 > L_2$

b) Puesto que

$u(L_3) = (1-p)\ u(L_1) + p\ u(L_2)$

cuando $L_3 \sim \left[(1-p),\ L_1;\ p,\ L_2\right]$

Entonces una posible función utilidad es $u(x) = a + b\ x$
En efecto, si

A) $X_1 > X_2$

$u(X_1) > u\ (X_2)$

b) si $X_3 \sim \left[p,\ X_1;\ (1-p),\ X_2\right]$

entonces

$u(X_3) = p\ u(X_1) + (1-p)\ u(X_2)$

entonces:

$a + b\ X_3 = p\ (a + b\ X1) = (1-p)\ (a + b\ X2)$

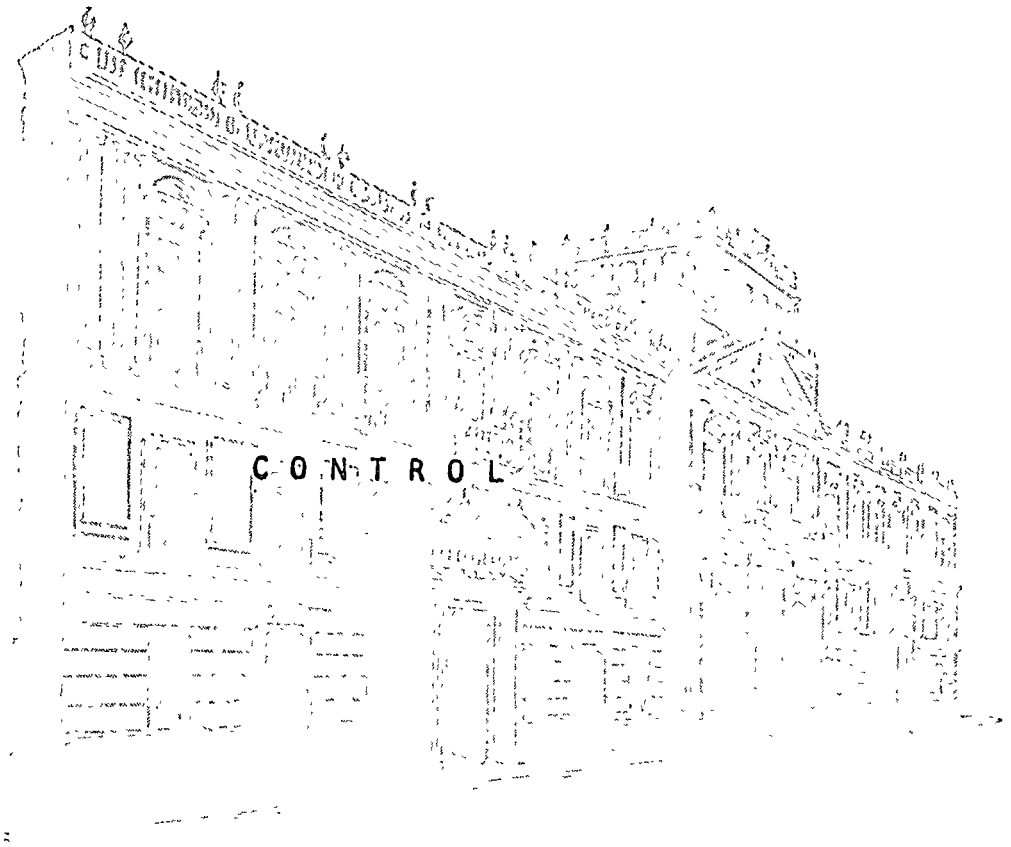
$X_3 = p\ X_1 + (1-p)\ X_2$

. Cumple con las condiciones especificadas y la recta es una función utilidad.

NOTA: Sacado del libro Ingeniería de Sistemas de la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

MOVIMIENTO DE TIERRAS



ING. JOSE CARREÑO ROMANI

Palacio de Minería Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F. Tels: 521-40-23 521-73-35 5123-123

I N D I C E

		PAGINA
1.	INSTRUCCIONES	2
2.	EL CONTROL	3
3.	CONTROL DE CANTIDADES	14
4.	CONTROL DE COSTOS	17
5.	CONTROL PRESUPUESTAL	19
6.	CORRECCION DE DESVIACIONES	22
7.-	REQUISITOS DE UN SISTEMA DE CONTROL DE COSTOS	22

INSTRUCCIONES

La primera parte de estos apuntes utiliza el sistema denominado EDUCACION PROGRAMADA. Rogamos al lector atender las siguientes instrucciones para obtener el mejor aprovechamiento :

1) Cubriendo la columna de la derecha con la tira que se anexa, lea cada uno de los temas.

2) Escriba la respuesta en el espacio marcado o en una hoja por separado, cuando así se requiera. (Es esencial que no se concrete usted a pensar la respuesta, DEBE ESCRIBIRLA).

3) Revise su respuesta, moviendo la tira hacia abajo, descubriendo la respuesta correcta en la columna de la derecha.

4) Si su respuesta es correcta pase al siguiente tema.

5) Si su respuesta no es correcta, lea el tema nuevamente y trate de comprender por qué está usted equivocado.

PROCEDIMIENTO

Cada tema deberá ser resuelto en orden. NO ALTERE EL ORDEN, a menos que así se le indique. Si tiene dificultad en un determinado punto debe regresar al lugar donde este punto apareció por primera vez y revisar los temas relacionados con él.

CONVENCIONES

_____ = Escriba la palabra solicitada.

_____ = Anote la letra que se requiere.

...(si/no) = Subraye o circule la alternativa correcta.

_____ = Escriba las palabras que se requieran.

( ) = Ponga el número correcto

EL CONTROL

1.- GENERALIDADES.

1.- Control es el proceso que determina que también se está llevando a cabo una actividad valorizándola y si es necesario aplicando las medidas correctivas apropiadas, de manera que la ejecución esté de acuerdo con lo planeado. (sin respuesta)

2.- La comparación entre lo planeado y lo ejecutado es lo que constituye la base del _____ y la determinación del estándar o patrón que es la esencia de dicha comparación, es el primer paso a seguir. control

3.- El control es pues, un _____ que requiere de la determinación del _____, en primer lugar y después de la comparación el estándar planeado y el trabajo ejecutado y por último el de llevar a cabo la acción correctiva en caso necesario. proceso estándar

4.- La identificación de los objetivos que se realiza en la función de la _____ norma el primer paso del control que consiste en la _____ de los _____. planeación determinación estándares

5.- Entonces la definición de la cantidad de trabajo a realizar en una jornada, es lo que constituye la determinación de un _____ para la valuación del desempeño del trabajador. La definición de un modelo de comportamiento o acción es lo que constituye un estándar (sí/no) ____. estándar sí

6.- La valorización de lo ejecutado y lo planeado, sería una etapa de la comparación entre el estándar y lo que se está realizando. En caso de que exista una diferencia entre lo _____ y lo _____ es cuando se debe tomar la _____. planeado ejecutado acción carrectiva

7.- Principio de Control.- Para que un _____ sea efectivo debe cubrir y regular el funcionamiento planeado. Es decir se debe buscar y lograr que la actividad se esté realizando de acuerdo con lo _____. control planeado

8.- Se analizarán en seguida los diferentes tipos de modelos, patrones o como los hemos llamado _____ que son más usados: Cantidad, Calidad, Uso del tiempo y Costo.

estándares

9.- La determinación del volumen medio esperado de producción, de acuerdo a la actuación de los empleados más eficientes es lo que define un estándar de _____.

cantidad

10.- El especificar las sumas de dinero a gastar en la adquisición de materias primas o publicidad es lo que implica un _____ _____.

estándar de costo

11.- El establecimiento de un programa a seguir en la realización de ciertas actividades constituye la implantación de un estándar de _____ _____.

uso del tiempo

12.- Por último, el definir las tolerancias que se pueden especificar en la realización de las actividades que permiten lograr los objetivos organizacionales es lo que define un estándar de ---- _____.

calidad

13.- Para poder comparar los resultados obtenidos se cuenta con los estándares de _____, _____, _____ y _____ que nos indican si podremos o no lograr, por ese medio, los _____ de la empresa.

cantidad, calidad, uso del tiempo, costo

objetivos

14.- El establecimiento de puntos estrátegicos de control nos permite el lograr una mejor ---- _____ entre el estándar definido y lo que se está realizando. Cuando surgen diferencias en la comparación se dice que existe una excepción.

comparación

15.- El control administrativo es más fácil concentrando la atención sobre las excepciones o variaciones entre lo planeado y lo _____ _____ es lo que nos dice el Principio de Excepción. Se puede decir que donde el Principio de _____ es válido, debemos colocar un punto _____ de control.

ejecutado o realizado

excepción

estratégico

16.- Lo anterior significa que el esfuerzo control está dirigido a los lugares donde una _____ tiene lugar, es decir en el punto donde lo realizado no se conforma con el _____ o patrón definido.

excepción

estándar

17.- En los sitios de excepción es donde se debe colocar un _____ de control y donde se debe aplicar el tercer paso del proceso control, es decir la toma de la acción _____.

punto estratégico

correctiva

18.- La determinación de los sitios donde existe una _____ es básica para lograr un buen control, ya que el incluir todas las facetas de una empresa en él, consume demasiado tiempo y esfuerzo, por lo que resulta muy costoso.

excepción

19.- El concentrar el control en _____ estratégicos ahorra tiempo y esfuerzo y es una práctica muy unida al Principio de _____. Cuando al comparar estándares y funcionamiento no existe ninguna desviación o _____ el control de esa actividad pasa a segundo término y solo requiere de revisiones periódicas.

puntos

excepción

excepción

20.- En resumen: La _____ surge cuando al comparar el funcionamiento o resultados obtenidos y los _____ existe alguna diferencia y es el sitio donde debemos establecer un _____ de control y llevar a cabo la toma de la _____ correctiva.

excepción

estándares

punto estratégico

acción

DISPOSITIVOS DE CONTROL.

21.- Una vez establecidos los estándares y que se han medido y comparado éstos con los resultados para poder llevar a cabo la acción _____ se utilizan varios _____ de control que son:

correctiva

dispositivos

- Presupuesto
- Informes estadísticos de control
- Análisis del punto no pérdida-no ganancia
- Reportes especiales de control
- Auditoría Interna

22.- El presupuesto es el _____ de control que se utiliza con más frecuencia. Cuando el presupuesto sirve para corregir y revisar el trabajo que se está ejecutando forma parte del proceso de _____ mientras que su determinación como recurso para el logro de objetivos lo hace parte del proceso de la función - _____.

dispositivo

control

planeación

23.- El presupuesto entonces es de gran importancia como dispositivo de _____ y como parte integrante del proceso de la _____ _____. La definición del estándar costo es base común para coordinar las actividades de la empresa y forma parte del dispositivo _____ _____.

control

planeación

presupuesto

24.- El dispositivo que se basa en la determinación de los costos, es el de _____. Pero el dar importancia a la reducción de costos solamente, puede tener como consecuencia - que esto afecte al estándar (cantidad/calidad/uso del tiempo) _____.

presupuesto

calidad

25.- El segundo dispositivo de control consiste en la elaboración de reportes periódicos de las actividades realizadas, con el fin de estudiar la historia de la marcha de la empresa y es lo que implican los _____.

informes estadísticos

26.- El hecho de que los informes _____ _____ de control sirvan de base para que se les compare con otros informes previos, significa que es importante que se elaboren en forma - (continua/no continua) _____.

estadísticos

continua

27.- El análisis del punto no pérdida no ganancia es otro de los _____ que más se usa. El uso de gráficas que muestran el porcentaje de utilización de una planta contra ingresos y gastos pueden utilizarse para el análisis del punto _____ _____.

dispositivos de control

no pérdida - no ganancia

28.- La determinación de las utilidades o pérdidas de la empresa, es otro ejemplo de lo que se puede lograr al utilizar el dispositivo de _____ _____ _____

análisis del - punto no pérdida no ganancia

29.- Los reportes especiales de control son el cuarto dispositivo de _____. Estos son _____ los que investigan casos particulares en un tiempo y lugar definido.

control, reportes especiales

30.- De acuerdo a lo anterior estos reportes se realizan en forma (continua/no continua) _____ y por el hecho de referirse a situaciones particulares donde se presume existe alguna desviación, constituyen una aplicación directa del Principio de _____.

no continua

excepción

31.- Cuando se realizan investigaciones periódicas, sobre actividades generales se está utilizando el dispositivo de _____ de control. En cambio investigaciones acerca de los procedimientos, funcionamiento de un área específica de trabajo se usan para elaborar _____.

informes estadísticos

reportes especiales

32.- El último dispositivo de control mencionado es el de la _____ interna. Así por ejemplo cuando la central de adiestramiento del personal revisa las operaciones de las unidades suosidiarias se está llevando a cabo una _____.

auditoría

auditoría interna

33.- Los cinco _____ son: presupuesto, informes estadísticos de control, análisis del punto no pérdida-no ganancia, reportes especiales de control y auditoría interna.

dispositivos de control

34.- Los dos dispositivos que tienen que ver con los análisis monetarios, costos y flujo de fondos son: _____ y el _____.

presupuesto, análisis del punto no pérdida-no ganancia

35.- El dispositivo que se elabora en forma no continua y que está relacionado con el Principio de Excepción es el de _____ de control.

reportes especiales

36.- Los dispositivos que se realizan en áreas extensas y en forma más o menos periódica son: la _____ y los _____

auditoría interna,

37.- Para que en toda empresa no se pierda la continuidad en el flujo de las actividades es necesario que se utilicen como forma de control, los _____ antes mencionados. — dispositivos

2.- SISTEMAS DE CONTROL Y CONTROL DE LA ACTUACION HUMANA

38.- Los sistemas de control son aquellos que se utilizan para determinar si los objetivos y metas de la organización definidos en la función _____ _____ se están ejecutando correctamente. Dichos sistemas se auxilian de los _____ _____ de control para cumplir su cometido. — planeación — dispositivos

39.- El control centralizado es el _____ de control que se lleva a cabo en áreas específicas de una empresa. Así el control de presupuestos departamentales a cargo del staff de finanzas es lo que constituiría un _____ _____. — sistema — control centralizado.

40.- El control personal es el que incluye el chequeo y correcciones que realiza un supervisor a un trabajador o grupo de ellos. Así el sistema de control que se realiza en áreas más específicas y es de primera línea primordialmente es el de control _____. — personal

41.- Los sistemas de _____ _____ y control _____ son los que se deben ejercer de acuerdo a las teorías clásicas de la Administración. Es lógico pensar que los datos así obtenidos fluyen hasta (los niveles superiores/los niveles más bajos) _____ _____. — control centralizado — personal — los niveles superiores

42.- El tercer sistema es el auto-control. El individuo que instituye cambios en sus propios métodos de trabajo con el fin de lograr mayor éxito está practicando el _____. — auto-control

43.- La supervisión realizada por los niveles altos de la empresa sobre áreas extensas de trabajo es lo que implica un _____ _____. El perfeccionamiento del individuo debido a un supervisor que checa su trabajo constituye la meta a alcanzar del _____ _____. El deseo de superación personal, la automotivación y la iniciativa del individuo para ir perfeccionando sus métodos de trabajo son consecuencia del _____ _____.

control centralizado

control personal

auto-control

44.- Desde el punto de vista de la Teoría y (unidad anterior) el sistema de control mejor es el _____. Según la Teoría X que establece que el hombre es incapaz de lograr nada por sí mismo, sería necesario el uso de los controles _____ y _____.

auto-control

centralizado

personal

45.- Porque fomenta el sentido de responsabilidad y brinda una cierta libertad en la elección de los métodos de trabajo y estrategias a seguir el sistema de control ideal sería el _____ _____.

auto-control

CONSECUENCIA DE LA APLICACION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

46.- El éxito de los _____ de control se basa, en que sean aceptados por los individuos a quienes se aplica. Por desgracia los estudios del comportamiento humano han demostrado que el hombre generalmente (acepta/rechaza), _____ los sistemas de control.

sistemas

rechaza

47.- Los sistemas de control producen en el hombre un rechazo que se traduce en un incumplimiento del deber. El _____ o resistencia a dichos sistemas se debe generalmente a las siguientes causas:

1) El control tiende a romper la imagen propia de la persona.

2) El no aceptar los objetivos de la empresa.

3) La creencia de que los estándares exigidos son demasiado altos.

rechazo

4) No gustarle que se asigne el control a determinados grupos de la organización.

48.- El hecho de que la mayoría de los reportes o informes de control, acusan sólo las deficiencias en la actuación de la persona, hacen que sean (aceptados/rechazados)_____ ya que tienden a _____la imagen de la propia persona. — rechazados / romper

49.- Ahora suponiendo que el individuo acepta el control como un medio para corregir sus deficiencias es necesario, además, que los objetivos de los sistemas de control le hagan sentir que valen la pena. — (sin respuesta)

50.- Así otra de las razones por las que se rechazan los sistemas de control es porque existe incompatibilidad entre los_____ de la persona y los de la organización. — objetivos

51.- Si un empleado siente que lo que le están exigiendo es demasiado para sus aptitudes o habilidades, puede deberse a que los_____ _____son muy altos y por ello (admite/no admite)_____que se le controle. — estándares / no admite

52.- Por ejemplo la fijación de volúmenes de venta a un vendedor basados en su desempeño anterior es más fácilmente (aceptada/rechazada) _____que si se aplica un volumen estándar sin tener en cuenta la experiencia. — aceptada

53.- Se establecio que un individuo rechaza los _____de control cuando no le gusta, que para tal efecto, hayan asignado a un determinado_____. Es de esperarse que un control ejercido por los mismos compañeros se (acepta/rechaza)_____ en tanto que un control proveniente de un staff de "afuera" sea aceptado/rechazado)_____ _____. — sistemas / grupo / acepta / rechazado

54.- Se han visto hasta ahora, las razones por las que se_____un sistema de control, que trae como consecuencia un incumplimiento del deber. Un individuo no cumple con su_____ante la percepción del peligro. — rechaza / deber

55.- Cuando aquellos a quienes se aplica un sistema de control sienten que éste constituye una amenaza para ellos, se dice que hay_____ _____. — percepción del peligro

56.- La percepción del_____ nace cuando se insiste en el castigo en vez de la ayuda y del apoyo para alcanzar las metas y/o los_____ _____cuando existe falta de confianza en las relaciones entre superior y subordinado, personal staff y de línea, etc. — peligro / objetivos

57.- Las amenazas y castigos, así como la falta de confianza o comunicación entre los jefes y los _____es lo que hace que aparezca la_____ _____y con ello la falta de_____ _____del deber. — subordinados / percepción del peligro / cumplimiento

58.- Se puede concluir que los sistemas de control tienden a provocar y a acentuar la conducta que tratan de evitar que es la falta de_____ _____ la razón de ello es que las presiones para cumplir con el deber en una atmósfera de falta de ----- _____en las relaciones y de castigos hacen percibir el_____. — cumplimiento del deber / confianza / peligro

59.- Desgraciadamente la ausencia del peligro no garantiza el cumplimiento del_____. El cumplimiento del deber puede lograrse con sentido de dedicación a la causa. — deber

60.- Como ya vimos el objeto de todo control es lograr la determinación de un_____ o patrón para evaluar el trabajo. Entonces el éxito del control consiste en la determinación del nivel del estándar apropiado, ni muy alto porque puede ser inalcanzable y por ello_____ ni tan bajo que no se logran las metas y los ----- _____ organizacionales. — estándar / rechazados / objetivos

61.- Sin embargo la reacción favorable del individuo no estará determinada por la meta-objetivo en sí mismo por la percepción que de ella tenga de acuerdo a sus sentimientos, necesidades y actitudes de ahí que el estudio de las Ciencias del_____humano son básicas en la administración. — comportamiento

62.- El cumplimiento del deber, según se dijo en el cuadro 59, se logra con sentido de_____ _____ a la causa y ello se logra cuando el individuo logre la_____ de las metas u objetivos.

dedicación

percepción

63.- Mayor será la_____ a la causa cuando más compatibles sean las_____ _____ u _____de la empresa con los sentimientos, inquietudes, aspiraciones y necesidades del hombre que en ella trabaja.

dedicación
metas
objetivos

64.- Teniendo en mente estas ideas, se puede entrar al estudio de lo que está constituyendo el sistema de control moderno y que se basa en lograr una mayor_____a alcanzar las metas y objetivos de la empresa. A este sistema se le conoce por sistema orgánico de control.

dedicación

65.- El sistema_____ de control viene siendo la forma de promover una mayor_____a la causa de la empresa basado en la idea de que imponiendo a los demás determinados objetivos y normas atractivas se logra su aceptación.

orgánico

dedicación

66.- El establecimiento de los_____ y las_____debe hacerse en base a una exploración conjunta y abierta de la realidad. Así la exposición y discusión de los criterios de la empresa para competir con éxito en cualquier ocasión son la base para el_____ de los objetivos y las normas.

objetivos
normas

establecimiento.

67.- Esto puede parecer engorroso y lento, pero se basan en la convicción de que el tiempo empleado en lograr la identificación de los objetivos, actividad propia de la función_____ estará compensado de sobra con el tiempo que se ahorrará en la solución de problemas posteriores.

planeación

68.- Así definidos en forma concreta y conjunta todos los objetivos, metas y normas a seguir y por haber sido determinados con el concurso de todos los miembros de la empresa, teniendo en cuenta todos los puntos de vista y sugerencias, será (fácil/difícil)_____poderse dedicar por entero a la causa.

fácil

69.- El sistema orgánico de control basado en lo antes expuesto tendría una aplicación -------- (igual/muy distinta)_____ muy distinta
a los sistemas convencionales, ya que si se ha logrado la entera_____ al logro dedicación
de los _____, lo primero, para- objetivos
realizar un_____ efectivo, será proporcionar ayuda a los subsistemas (departamentos) en su esfuerzo por alcanzar los niveles acordados en común. control

70.- La función de las unidades administrativas en el sistema_____ organico de
será la de proporcionar a cada uno de los niveles de la empresa la información relativa a su funcionamiento para que pueda utilizarla a este fin. control

71.- Así cada subsistema tendrá que dar cuenta de sus actividades al sistema inmediato superior, periódicamente indicando el desarrollo alcanzado, la exposición de los problemas encontrados y de los planes para resolverlos. Ello elimina la utilización de grupos especiales de control que hacen (más caro/más barato)_____ más caro
el control.

72.- Con ello también se evita en gran parte la vigilancia directa, en el sentido estricto de la palabra, ya que el problema no consiste en obtener un cumplimiento pasivo, sino en capacitar a todas las secciones a lograr los _____ objetivos
propuestos.

73.- Así el sistema_____ orgánico de
_____, motiva al empleado a r corrigiendo sus errores y a ejercer sobre sí mismo un control
_____ control de sus movimientos. El auto
auto-control es la mejor manera de responsabilizar al individuo y lograr el_____ cumplimiento
de su deber y su mayor_____ a dedicación
tratar de alcanzar los objetivos de la empresa.

74.- El_____-control desarrollado en base al estudio de situaciones particulares, producto, a su vez de las necesidades e inquietudes del individuo y que se ejerce por medio de informes de subsistemas al sistema superior, a base de confianza y sinceridad es lo que constituye el -- auto
_____ de control. sistema orgánico

CONTROL DE CANTIDADES

El controlar las cantidades es muy usual en la Industria de la Construcción. Conocida dose la planeación la cantidad de una obra determinada por unidad de tiempo (hora, día, mes) que se requiere producir es muy fácil utilizar esa cantidad planeada como estándar. A medida que se desarrolla la obra pueden irse afinando los estándares.

En el proceso de planeación se determina primero un estándar ideal o teórico, esto es la cantidad de obra que puede producirse con un 100% de eficiencia, luego se aplican factores producto de la experiencia para llegar al estándar práctico, o de otra manera, si se tienen datos estadísticos de obras anteriores con el mismo proceso productivo pueden tomarse estos datos para determinar los estándares reales o prácticos.

Establecidos los estándares por unidad de tiempo se procede a establecer los puntos de control; normalmente se van controlando las cantidades por lapsos acordes con el control contable de la obra. Así pueden establecerse controles diarios, semanales o mensuales.

La ventaja de ligar el control de cantidades a la contabilidad de costos es que se tendrán puntos de control iguales para cantidades y costos lo cual es muy útil puesto que la producción real en un determinado plazo junto con el costo real nos dará el costo por unidad de obra ejecutada que es un dato que interesa primordialmente al constructor.

Otra característica del control de cantidades es que los puntos de control son diferentes dependiendo del nivel jerárquico que toma decisiones usando el control. Así por ejemplo en una planta de agregados el jefe de la planta recibe un informe de producción por turno, el superintendente de pavimentación recibiría un informe condensado de producción semanal y el superintendente general este mismo informe pero mensual. Estos sucede desde luego si no hay desviaciones significativas. Si las hay el sistema de control debe ser capaz de alertar hasta un nivel que pueda tomar las decisiones que corrijan aquellas fallas del proceso que estaban provocando una falta de producción respecto a los estándares.

Esto se hace en diferentes formas. El superintendente de pavimentación puede por ejemplo decirle al jefe de la planta que debe avisarle si la producción de cualquier turno de 8 hrs. es inferior en 10% al estándar por turno. El superintendente general podrá enterarse si la producción semanal es 10% inferior al estándar semanal. Esto desde luego facilita la operación organizada de control.

Es muy común que al reporte de control se le añadan una serie de datos estadísticos que sirvan para tomar decisiones en caso de que exista alguna desviación.

Siguiendo el ejemplo de la planta de agregados el reporte debería contener aquellos datos que permitan conocer las causas de alguna posible desviación. Por ejemplo el número de horas paradas de la máquina por cualquier causa indicando dichas causas o no, demoras causadas por deficiencias en el suministro, deficiencias en el almacenamiento, fallas en el personal, etc.

Si todos estos datos se llevan a lo largo del trabajo esto permitirá que además de llevar el control y facilitarse las decisiones se pueda revisar periódicamente las causas de las demoras para poder, por ejemplo, replanear el proceso o si es conveniente, fijar estándares más altos en beneficio de la economía de la obra modificando el proceso completo, parte del proceso o simplemente aumentando el estándar en función de la experiencia acumulada si parece lo indicado.

En realidad el control es un proceso de retroalimentación, este es, un sistema que toma muestras, las compara con el estándar y en caso de desviaciones significativas actúa sobre el proceso de producción para regresarlo a la producción planeada.

El reporte de control permite pues a los diferentes funcionarios que manejan el proceso tomar decisiones. Estas decisiones son de diferente tipo y podríamos dividirlas en dos :

a) Decisiones de Emergencia.

b) Decisiones Preventivas.

Como ejemplo de decisiones de emergencia podría mencionarse el hecho de que una máquina trituradora tenga problemas mecánicos y esto origine una producción inferior al estándar. Otro ejemplo sería que una máquina se descomponga por rotura de una pieza. En estos casos la decisión inmediata será proceder a la reparación.

Como ejemplo de decisión preventiva puede mencionarse la siguiente: las horas perdidas por descompostura de una máquina, tienen tendencia a aumentar. Analizando la causa pueden presentarse varios casos :

a) La máquina está fuera de la vida económica

b) El mantenimiento es defectuoso

c) La operación es defectuosa

d) Algún mecanismo de la obra tiene un efecto importante

El atacar este problema y tomar decisiones respecto a él sería una decisión preventiva si se toma antes de que ésta causa de demora provoque que la producción quede abajo del estándar.

Es costumbre que para poder tomar estas acciones preventivas se usen cartas de control, que indiquen en forma gráfica y durante lapsos grandes las variaciones reales del comportamiento de la producción, demoras, etc.

CONTROL DE COSTOS

Este sistema de control es muy usual en lo que a construcción se refiere, ligado íntimamente al control de cantidades como ya se indicó.

Este control consiste en ordenar en diferentes cuentas los costos correspondientes a los insumos que se van utilizando en la obra.

El conjunto de estas cuentas se denomina catálogo de cuentas de costos, y pueden dividirse de acuerdo con las necesidades del control. Así por ejemplo puede llevarse una cuenta de costos para producción de agregados, otra cuenta de costos para elaboración de concreto asfáltico, una más para colocación de concreto revestido, etc., es usual que se subdividan estas cuentas de costos en sub cuentas, en función del tipo de insumo, así pues cada una de estas cuentas podría llevar las siguientes sub cuentas :

a) Obra de Mano

b) Materiales

c) Maquinaria

d) Acarreos

e) Destajistas

El control de costos compara las cantidades erogadas por cada una de las cuentas y sub cuentas con las supuestas y cuando hay una desviación importante tomará una decisión para corregir esta desviación.

El estándar en el caso de control de costos puede elaborarse a base de presupuestos mensuales o, relacionando un control de cantidades con el de costos en base a los costos unitarios supuestos en la planeación.

Así por ejemplo se puede presuponer cuánto se va a gastar en una determinada empresa por concepto de maquinaria para agregados, y usar esta cantidad como estándar y contra ella comparar el costo real. Puede también fijarse un costo unitario como estándar por m3 de agregado por ejemplo y con los datos reales de cantidades de costos dividiendo la cantidad erogada realmente en el mes entre la cantidad producida realmente en el mes en m3 tendríamos el costo unitario real que se compararía con un costo unitario supuesto. En ambos casos, si hay desviaciones se deberá contar con un mecanismo en la organización de la obra que tome decisiones de inmediato para corregir las deficiencias que presente el mecanismo de producción, con objeto de hacer que el costo real sea igual o menor que un costo estimado.

La información del control de costos se puede presentar en base a listados que nos indican las cantidades realmente erogadas en cada una de las cuentas y sub cuentas, se puede presentar en gráficas, o pueden presentarse exclusivamente aquellos costos que se disparan del presupuesto (control por excepción).

Como se puede ver estas cuentas de costos pueden sofisticarse y pueden ampliarse hasta llegar a un control muy detallado. La experiencia en construcción indica que es muy difícil llegar a un gran detalle ya que normalmente en los datos de campo se originan errores que hacen inutil este control tan detallado. Es más frecuente que se tengan cuentas por actividades generales y en caso de tener que tomar una decisión se hace un análisis de detalle de esa cuenta particular dividiéndola con el criterio del ingeniero en sub cuentas.

La contabilidad de costos implica una buena organización contable de la obra, ya que esta contabilidad de costos deberá estar ligada a la contabilidad general de la empresa para que dé siempre datos reales.

Desde luego se deberán llevar cuentas de los costos directos, así como de indirectos y gastos generales de la empresa con objeto de tener siempre un panorama completo y tomar decisiones que conduzcan a la obra y a la empresa al objetivo cuantitativo predefinido.

Los estándares deben modificarse y revisarse continuamente, ya que es muy frecuente que haya variaciones en el proyecto en las cantidades de obra y en los métodos de construcción que evidentemente modifican el estándar.

Para llevar adecuadamente el control de costos es indispensable que el ingeniero que hace uso de este control tenga conocimientos básicos de contabilidad, lo que le permitirá interpretar adecuadamente los resultados de las diferentes cuentas que tiene que supervisar.

Existen diferentes métodos para llevar el control de costos, que usan desde sistemas manuales hasta computadoras electrónicas, en general el uso de computadoras está restringido a aquellas áreas de trabajo en donde se tenga una máquina cercana, ya que la transmisión de datos masivos por teléfono o radio no ha sido resuelta satisfactoriamente en México. Esto es muy importante ya que la información debe ser oportuna para que las decisiones que se tienen que tomar en base a esa información también lo sean.

CONTROL PRESUPUESTAL

El control presupuestal permite llevar el control de cantidades y costos al mismo tiempo, y desde luego permite tomar las decisiones que se requieran tanto en el área de producción como en otras áreas tales como compras, manejo financiero, cobranzas, etc.

Para poder llevar un control presupuestal se requieren los siguientes requisitos.

Un sistema de planeación que permita la elaboración de un presupuesto completo que servirá de estándar para el control.

Un sistema idóneo de contabilidad y costos de la empresa.

En general puede decirse que un sistema integrado de control presupuestal en una empresa de construcción tiene limitaciones e inconvenientes que algunas veces anulan a las indudables ventajas que tiene el sistema.

Entre los inconvenientes que presenta pueden mencionarse :

a) Los presupuestos deben modificarse contínuamente debido a las variaciones en programas y volúmenes que tienen la mayor parte de las obras de construcción en nuestro país.

b) Al implantar el sistema no se deben esperar resultados completos a corto plazo.

c) Existen obstáculos psicológicos importantes, pues el cambio de sistema significa una modificación en los hábitos del personal.

Existen gran número de procedimientos diferentes para llevar el control presupuestal, desde sistemas que se operan manualmente hasta los que hacen uso de las computadoras.

El control presupuestal a nivel de obra podría definirse como sigue:

I ELABORACION DEL PRESUPUESTO

a) Revisión Planos y Especificaciones

b) Determinación de cantidades de obra

c) Definición de Procedimientos de Construcción

d) Programa de la Obra

e) Valuación del Programa de insumos

f) Definición y valuación de almacenes

g) Definición y valuación de gastos por amortizar y su amortización

h) Definición de gastos indirectos

i) Definición de gastos generales

j) Determinación de utilidades brutas

k) Determinación de impuestos y reparto de utilidades y reservas

l) Determinación de utilidades brutas

→ Definición detallada del programa de gastos a lo largo del tiempo de duración de la obra

II PROGRAMA DE INGRESOS

a) Pronóstico de obra ejecutada

b) Pago por parte del cliente

c) Retenciones, multas, pagos, anticipos, etc.

d) Determinación de los ingresos líquidos

→ Definición detallada de los ingresos a lo largo del tiempo de duración de la obra

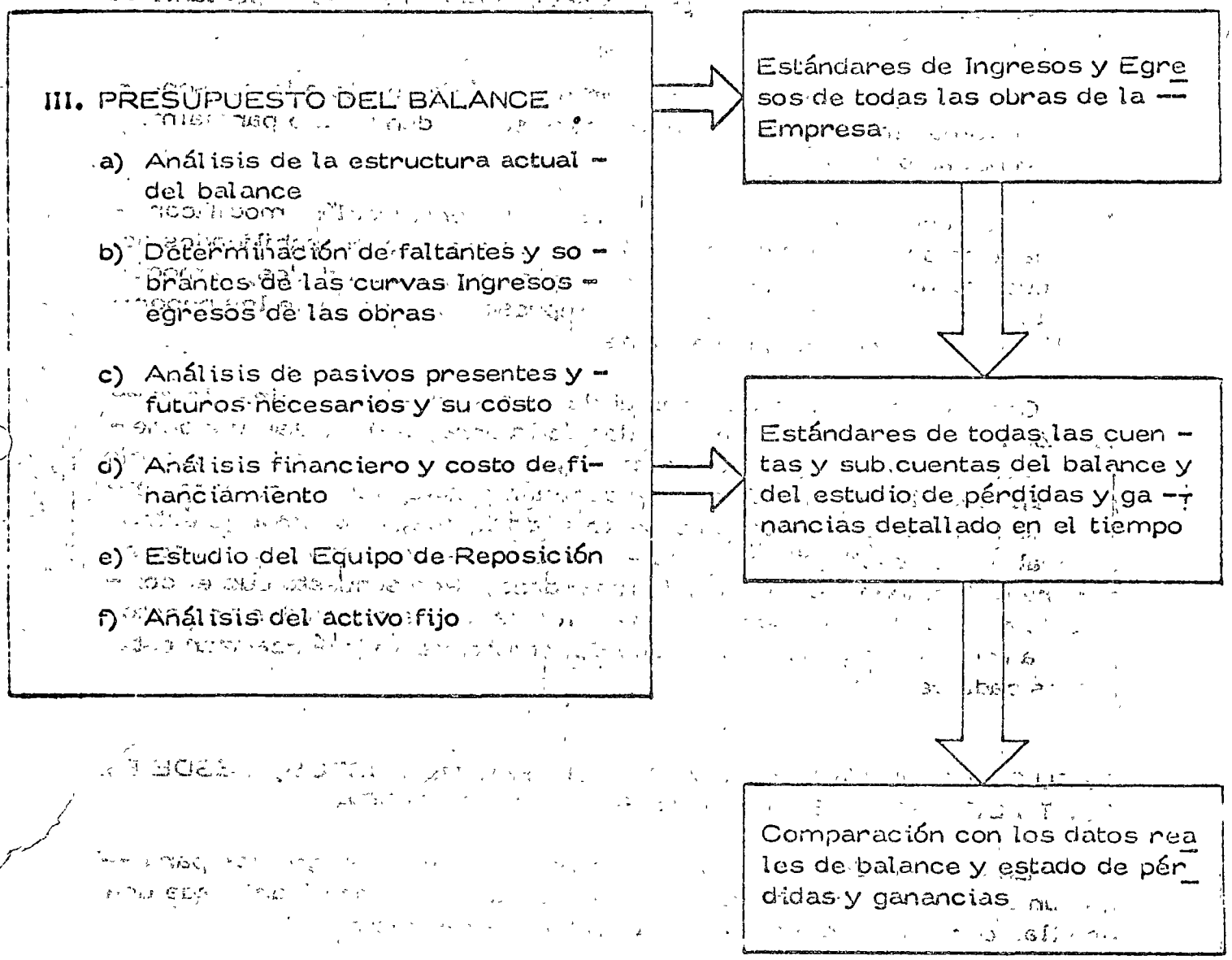
↓

Definición de Estándares de Ingresos y Egresos en los puntos de control elegidos

↓

Comparación con los datos reales de la Contabilidad

El control presupuestal a nivel de empresa podría esquematizarse así:



Como en los casos anteriores desviaciones significativas origi-- nan de inmediato decisiones correctivas.

CORRECCION DE DESVIACIONES

El establecimiento de los medios adecuados para corregir las desviaciones de los estándares es probablemente la etapa más importante de todo control.

Si el "aviso" no es oportuno y no llega rápidamente a la persona - capaz de tomar las decisiones correctivas se pierden total o parcialmente las ventajas del control.

La empresa puede mejorar sistemas de construcción modificar - su organización para definir mejor las funciones y responsabilidades de cada puesto, mejorando así la coordinación de sus actividades, o modificar los sistemas de dirección de la empresa, en función de los reportes de control devidamente evaluados.

Como consecuencia del control de costos, puede reducirse la in-- versión real y mejorar la rentabilidad de la obra, o aumentar los beneficios del contratista, generalmente muy por encima del gasto necesario para ejercer el control. Cuando la decisión para ejecutar una obra se - ha basado en hipótesis falsas respecto a los costos, el control de éstos generalmente revela prontamente este hecho, permitiendo así una oportuna reevaluación y corrección de los planes. Por supuesto que el control de costos no puede corregir los defectos en los estimados de costos, pero la misma experiencia derivada del control permitirá realizar estimados cada vez mejores.

REQUISITOS DE UN SISTEMA DE CONTROL DE COSTOS, DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA EMPRESA CONSTRUCTORA.

Los textos de administración señalan diversas exigencias para -- que un sistema de control opere adecuadamente. Se analizará cada una de ellas con referencia especial al control de los costos.

1. Los controles deben reflejar la naturaleza y las necesidades de la actividad. El sistema para controlar los costos de ingeniería de proyecto será indudablemente distinto del que se use para controlar los costos de construcción. Los sistemas e instrumentos adecuados para controlar los costos de construcción de una planta industrial son diferentes de los que deben usarse en la construcción de una presa. Los costos de operación y mantenimiento requieren

procedimientos de control especiales, y lo mismo puede decirse de los costos de producción en serie. Por lo tanto, los catálogos de cuentas de costos y los sistemas de información correspondientes tienen que diseñarse para las necesidades de cada empresa y las características de cada tipo de obras.

2. Los controles deben indicar rápidamente las desviaciones. Ya se hizo notar anteriormente la importancia del "tiempo de respuesta" de un sistema de control. Los sistemas de contabilidad tradicionales generalmente tienen un tiempo de respuesta exageradamente largo; debido a que tienen que satisfacer diversos requisitos legales, además de servir para el control financiero de la empresa, deben ser meticulosamente exactos y reportar únicamente transacciones completamente terminadas y debidamente documentadas. Por lo tanto, su funcionamiento es lento y un tanto inflexible. El control de los costos requiere el establecimiento de un sistema de información más ágil y flexible, que permita conocer rápidamente las desviaciones de los planes y apreciar con igual rapidez los efectos de las medidas correctivas. El procesamiento electrónico de datos constituye una valiosa herramienta para lograr sistemas de control de respuesta rápida. Es importante, sin embargo, que exista una fuente de datos común para el sistema contable y el de control de costos, de tal manera que exista armonía y complementación entre ellos.

3. Los controles deben mirar hacia adelante. A este respecto debe también señalarse que los sistemas contables están generalmente orientados al pasado, es decir, tienen el carácter de registros de las transacciones realizadas en el pasado. Por lo tanto, se concluye como en el punto anterior, que es necesario establecer sistemas de control de costos orientados al futuro o lo que es lo mismo, capaces de predecir las consecuencias de las desviaciones de los planes. Los sistemas de programación y control de obras por redes de actividades constituyen instrumentos idóneos para proyectar hacia el futuro el efecto de las desviaciones presentes.

4. Los controles deben señalar las excepciones en los puntos estratégicos. Se hace referencia aquí al principio de control por excepción, según el cual el ejecutivo debe concentrar su atención en los casos de excepción, es decir, en aquéllos en que lo logrado se aparta de las normas o planes establecidos. Los sistemas de programación por ruta crítica, al señalar claramente la secuencia de actividades cuyo cumplimiento es crítico para la consecución de la meta pre-fijada, facilitan la identificación de los puntos estratégicos. Para poder apreciar las desviaciones significativas en los costos, es indispensable que los presupuestos-

y estimados de costo sean enteramente congruentes con el programa de obra aprobado y se elaboren mediante un análisis de las secuencias de operaciones por realizar. Podrá así advertirse fácilmente cuándo el costo se aparta en forma inconveniente del presupuesto y de los estándares prefijados.

5. Los controles deben ser objetivos. Es necesario subrayar aquí nuevamente la importancia de basar el control de costos en un buen estimado de costo. Sin él, la apreciación que pueda hacerse respecto a los costos observados en la obra se convierte en un proceso totalmente subjetivo y de escasa significación. Cuando el estimado de costo se integra con el programa de obra, de tal manera que se fija un costo directo para cada actividad, el control de costos adquiere máxima objetividad y oportunidad.

6. Los controles deben ser flexibles. Con frecuencia, diversas circunstancias fuera de control del ejecutivo hacen que se tenga que cambiar los planes. Los sistemas de control de costos deben poder adaptarse fácilmente a estos cambios sin perder su validez y utilidad. Sucede en ocasiones que al elaborar un programa por CPM, se pretende darle un carácter estático e inflexible, que lo hace obsoleto rápidamente, debido a que no se ha previsto su frecuente revisión y actualización, de acuerdo con los cambios impuestos por las circunstancias. Los estimados de costo deben mantenerse consecuentemente actualizados para que siempre señalen en forma realista las metas alcanzables.

7. Los controles deben reflejar el modelo de organización. En toda buena organización las responsabilidades de los diferentes niveles ejecutivos y de los diferentes puestos están perfectamente definidos. Es indispensable que los sistemas de control provean a cada ejecutivo de una información congruente con sus responsabilidades. Se infiere la necesidad de establecer reportes de costos adecuados a cada nivel administrativo. Así por ejemplo, el reporte que reciba el responsable de una fase de la obra será más detallado y más específico que el que reciba el superintendente general de la misma, y el que éste reciba, más detallado y menos general que el que se dé al gerente de la empresa constructora.

8. Los controles deben ser económicos. Deben distinguirse claramente el volumen de información y el valor de la información. Dar mayor número de datos no significa necesariamente mejorar la información; por el contrario, en muchas ocasiones el exceso de información provoca incertidumbre, indecisión e incapacidad para interpretar adecuadamente la gran cantidad de datos que se reciben. Por lo tanto, hay que establecer un equilibrio adecua -

do entre la cantidad de datos que conviene generar y el costo de procesarlos y distribuirlos para convertirlos en información utilizable. En general sólo debe proporcionarse la información indispensable para que cada ejecutivo pueda tomar las decisiones que le competen.

9. Los controles deben ser comprensibles. Los reportes de costos deben tener siempre una interpretación fácil y presentarse en forma inmediatamente utilizable. Resultan de poca utilidad los datos de costos que el ejecutivo deba tadavía procesar y analizar para que adquieran significado.

10. Los controles deben indicar una acción correctiva. Ya se expresó anteriormente que si no hay acción correctiva no existe control. Por lo tanto, los informes de costos deben presentarse de tal manera que se puedan apreciar claramente las causas de las desviaciones, los responsables de las mismas y las medidas que puedan adoptarse para corregirlas.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

Ing. Federico Alcaraz Lozano

Palacio de Minería Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F. Tels: 521-40-23 521-73-35 5123-123

DIAMETRO		VOLUMEN	KILOS POR METRO LINEAL DE COLUMNA PARA UNA DENSIDAD DADA														
PULGADAS	CMS.	CMS/M.L	.50 Grs por cm 3	.55 Grs por cm 3	.70 Grs. por cm.3	.80 Grs. por cm.3	.83 Grs por cm 3	1.00 Grs por cm 3	1.16 Grs por cm 3	1.23 Grs. por cm.3	1.28 Grs por cm 3	1.30 Grs. por cm.3	1.32 Grs. por cm 3	1.44 Grs por cm.3	1.47 Grs por cm 3	1.57 Grs por cm 3	1.60 Grs por cm.3
7/8	2.22	337.08	.194	.252	.271	.310	.320	.387	.449	.476	.495	.499	.509	.557	.569	.608	.619
1	2.54	505.71	.253	.329	.355	.405	.431	.507	.580	.623	.640	.654	.704	.730	.745	.796	.811
1 1/4	3.18	794.23	.397	.516	.556	.635	.675	.794	.921	.977	1.017	1.025	1.104	1.144	1.166	1.247	1.271
1 1/2	3.81	1140.09	.570	.741	.798	.912	.969	1.140	1.323	1.402	1.459	1.471	1.585	1.642	1.676	1.790	1.824
1 3/4	4.45	1555.29	.778	1.011	1.089	1.244	1.322	1.555	1.804	1.913	1.991	2.006	2.162	2.240	2.286	2.442	2.488
2	5.08	2026.83	1.013	1.317	1.419	1.621	1.723	2.027	2.351	2.493	2.594	2.615	2.817	2.919	2.979	3.182	3.243
2 1/2	6.35	3166.93	1.583	2.059	2.217	2.534	2.692	3.167	3.674	3.895	4.054	4.085	4.402	4.560	4.653	4.972	5.067
3	7.62	4560.38	2.280	2.964	3.192	3.648	3.876	4.560	5.290	5.609	5.837	5.883	6.339	6.567	6.704	7.160	7.297
3 1/2	8.89	6207.18	3.104	4.035	4.345	4.966	5.276	6.207	7.200	7.635	7.945	8.007	8.620	8.930	9.123	9.745	9.931
4	10.16	8107.34	4.054	5.270	5.675	6.486	6.891	8.107	9.405	9.972	10.377	10.458	11.260	11.675	11.910	12.729	12.970
4 1/2	11.43	10260.85	5.130	6.670	7.183	8.209	8.722	10.261	11.905	12.621	13.134	13.236	14.263	14.776	15.083	16.110	16.417
5	12.70	12667.72	6.334	8.234	8.867	10.134	10.768	12.668	14.695	15.581	16.215	16.341	17.608	18.242	18.622	19.888	20.268
5 1/2	13.97	15327.94	7.664	9.963	10.730	12.262	13.029	15.328	17.780	18.853	19.620	19.773	21.306	22.072	22.532	24.065	24.525
6	15.24	18241.51	9.121	11.857	12.769	14.593	15.505	18.242	21.160	22.437	23.349	23.532	25.356	26.268	26.815	28.639	29.186
6 1/2	16.51	21408.44	10.704	13.915	14.986	17.127	18.197	21.408	24.834	26.332	27.403	27.617	29.758	30.828	31.470	33.611	34.254
7	17.78	24828.72	12.414	16.139	17.380	19.863	21.104	24.829	28.801	30.539	31.781	32.029	34.512	35.753	36.499	38.981	39.729
7 1/2	19.05	28502.20	14.251	18.527	19.952	22.802	24.227	28.502	33.063	35.050	36.485	36.769	39.618	41.043	41.899	44.749	45.604
8	20.32	32429.35	16.215	21.079	22.701	25.943	27.565	32.429	37.618	39.893	41.510	41.834	45.077	46.699	47.671	50.914	51.887
8 1/2	21.59	36609.70	18.305	23.796	25.627	29.288	31.118	36.610	42.487	45.030	46.860	47.227	50.887	52.718	53.816	57.477	58.575
9	22.86	41043.40	20.522	26.678	28.730	32.835	34.887	41.043	47.610	50.493	52.545	52.956	57.050	59.102	60.334	64.438	65.670
10	25.40	50670.07	25.335	32.936	35.470	40.537	43.070	50.671	58.778	62.325	64.859	65.365	70.433	72.966	74.486	79.553	81.075
11	27.94	61311.75	30.656	39.853	42.918	49.049	52.115	61.312	71.122	75.418	78.479	79.092	85.223	88.289	90.120	96.259	98.089
12	30.48	72906.05	36.453	47.428	51.076	58.373	62.021	72.906	84.541	89.746	93.397	94.126	101.423	105.071	107.260	114.557	116.746

NOTA

DE

NORMA

REV

DINAMITAS			AGENTES EXPLOSIVOS		
Gelatina Extra	40 % 60 % 75 %	1.57 1.44 1.30	"Moxamon"	SP SP-LD	0.01 0.70
Dinamita Extra	40 % 60 %	1.29	"Moxamon"	C C-LD	0.05 0.04
Dinamita Esp.	45 %	1.23	Super "Moxamon"	D	0.65
Gelamex	No. 1 No. 2	1.28 1.16			
Gelatina Alta Velocidad Geomex	60 %	1.47	NA-AC		0.00
Duramex	G	1.00			
Dinamex	A	1.23			
Toval		1.60			

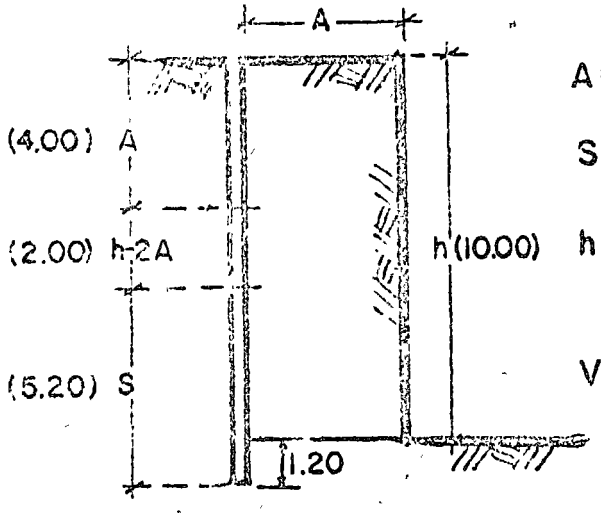
		NORMA	REV.
		HOJA DE	

PROBLEMA:

$\emptyset = 4'' = 0.10\ m.$

CARGA ESPECIFICA: 0.35 Kg/ m^3

DINAMITA EXTRA 40 %



$A = 40 \times 0.1 = 4.00 m.$

$S = 1.3A = 1.3 \times 4.00 = 5.20\ m.$

$h = \frac{0.1}{0.01} = 10.00 m.$

$V = 4.00 \times 5.20 \times 10.00 = 208 m^3.$

$208 \times 0.35 = 72.8$ Kg. de explosivos

c.c. = 72.8 ÷ 3.7 = 19.68

c.f. = 19.67 2.7 = 53.12

72.80

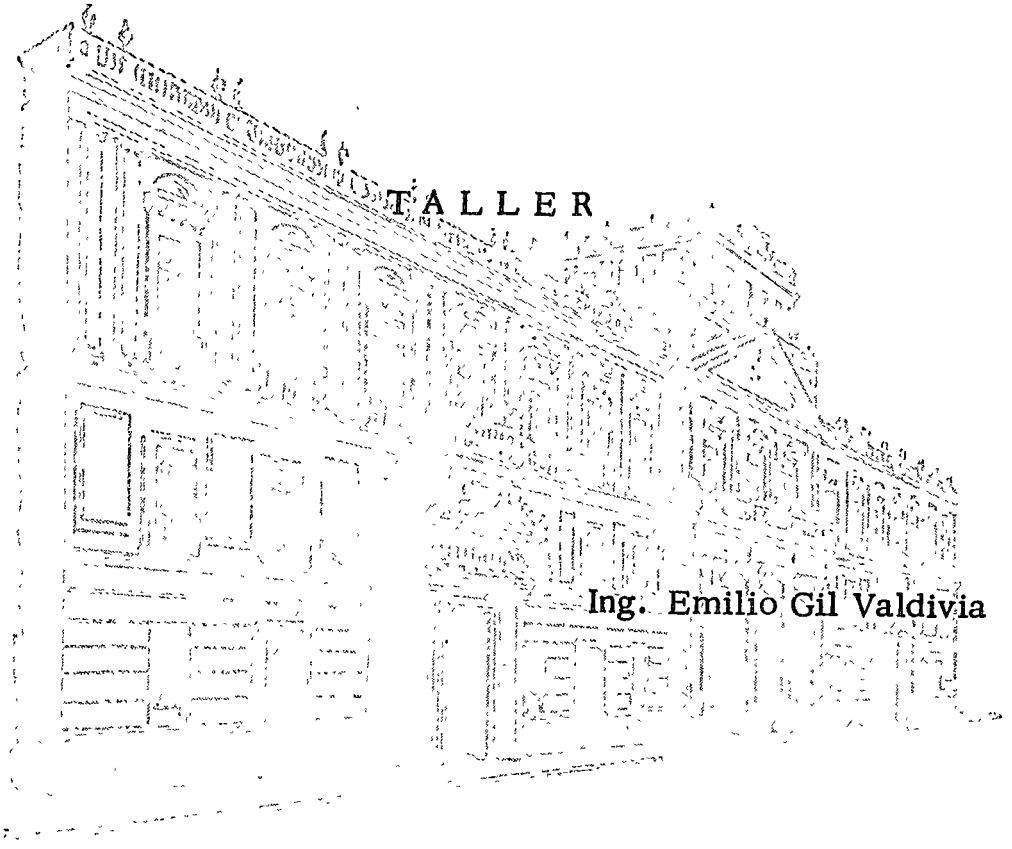
$$L.c.f. = \frac{53.12}{10.458} = 5.08 < 5.20$$

$$L.c.c. = \frac{19.69}{10.458} = 1.88 < 2.00$$

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

MOVIMIENTO DE TIERRAS:

EXCAVACIONES Y TERRACERIAS



TALLER

Ing. Emilio Gil Valdivia

Palacio de Minería Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F. Tels: 521-40-23 521-73-35 5123-123

TEREX TS-14 B SCRAPER

MODEL 17UOT-97SH

SPECIFICATIONS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE

CAPACITY

Struck Measure (S.A.E. Rating) ..... 14 yds³ (10.7 m³)
Heaped 3:1 slope ..... 16 yds.³ (12.2 m³)
Heaped 1:1 (S.A.E. Rating) ..... 20 yds³ (15.3 m³)
Bowl has 42" (1 067 mm) backboard to prevent spillage.

TRACTOR (17UOT)

⊙ENGINE

Detroit Diesel 4-71N, 2 Cycle Diesel

Note. Two separate throttle controls for front and rear engines may be used separately or together

Gross Tractor Power @ 2100 RPM ..... 160HP (129 kW)
Flywheel Power @ 2100 RPM ..... 144HP (107 kW)
Maximum Torque @
1600 RPM ..... 423 ft. lbs. Torque (574 N·m)

NOTE: Above ratings at sea level and 60°F (15.5°C). Gross power rating includes standard engine equipment such as water pump, fuel pump and lubricating oil pump. Flywheel power is the net power after deduction from gross power for fan, alternator and air compressor requirements.

Number of Cylinders 4
Bore and Stroke ..... 4¼" x 5" (108 mm x 127 mm)
Piston Displacement ..... 284 in.³ (4.7 litres)
Oil-MIL-L-2104B ..... SAE 30
Fuel ..... No. 2-D recommended
Governor (type) ..... Limiting Speed
Maximum RPM (full load) 2100
Maximum RPM (no load) 2275
Idle Speed 700
Air Cleaner ..... (1) Donaldson Dry T-Type (STG-12)

⊙TRANSMISSION—Allison CLT-3461

Allison Torqmatic Transmission with 400 series four element converter. Automatic converter lock-up is standard in top five speed ranges. Torqmatic transmission has spur planetary gearing. Six speeds forward, one reverse. Full powershifting through hydraulically actuated multiple disc clutches.

Ratios:			
	1st 3.81:1	2nd 2.74:1	3rd 1.94:1
	4th 1.40:1	5th 1.00:1	6th 0.72:1
			Reverse 4.35:1

Transfer Case 1.21:1
Stall Speed ..... 1925-2025 RPM
Maximum Speed @ 2100 RPM ..... 23.0 MPH (37.0 km/hr)

⊙TORQUE CONVERTER—Allison TC-420

Mounted integral with transmission. Maximum torque multiplication 2.94.1.

⊙DRIVE AXLE

Heavy duty, full floating with Eaton 3910 single reduction bevel gear differential and planetary reduction in each wheel.

Ratios: Differential 4.11:1
Planetary 5.33:1
Total Reduction 21.91:1

⊙STEERING SYSTEM

Full hydraulic type provided by two single stage, double acting cylinders. Full 90° swing to either right or left.

Steering cylinder bore and stroke ..... 5.5" x 17.50" (139.7 mm x 445 mm)
Steering pump
Type ..... Gear
Drive ..... Gear
Capacity @ 2100 RPM & 1950 psi (13 445 kPa) ..... 32 GPM (84.5 l/min)
System Pressure @ 1500 RPM ..... 1950 psi (13 445 kPa)

BRAKES (Tractor and Scraper)

Two shoe internal expanding type.
Brake Lining:
Diameter ..... 20" (508 mm)
Shoe Width ..... 6" (152 mm)
Lining Thickness ..... ¾" (19 mm)
Lining Area—Tractor Axle ..... 520 in.² (3 355 cm²)
Lining Area—Scraper Axle ..... 520 in.² (3 355 cm²)
Air Compressor Capacity ..... 12 cfm (.340 m³/min)
Air-water separator is standard.

TIRES & RIMS (Tractor and Scraper)

Tire Size	Rim Width
Standard - 29.5 x 25 - 22 PR, E-3	25" (635 mm)
Optional - 29.5 x 25 - 28 PR, E-3	25" (635 mm)

Radial steel cord tires available

NOTE: Productivity and performance capabilities of TEREX scrapers are such that under specific job conditions the Ton-MPH capability of Standard or Optional tires can be exceeded. Operation above the Ton-MPH rating may lead to premature tire problems. TEREX recommends that the user consult the tire manufacturer, and evaluate all job conditions in order to make the proper tire selection.

ELECTRICAL SYSTEM

12 volt GM. One heavy duty 12 volt, 150 amp-hr battery. 65 amp alternator.

SERVICE DATA

	U.S. Gal. (litres)
Water Cooling System	10 gals. (37.9)
Fuel Tank	95 gals. (359.6)
Crankcase (dry fill)	3.8 gals. (14.4)
Transmission & Converter	6 gals. (22.7)
Hydraulic System	54 gals. (204.4)
Drive Axle	4.6 gals. (17.4)

SCRAPER (97SH)

⊙ENGINE

Same as tractor.

⊙TRANSMISSION

Stall Speed ..... 2040-2140 RPM
Other specifications and ratios same as tractor.

⊙TORQUE CONVERTER

Same as tractor.

⊙DRIVE AXLE

Heavy duty, full floating with Eaton 3910 single reduction bevel gear differential and planetary reduction in each wheel. NoSPIN differential standard, allows lock up of both wheels in poor traction areas.

Ratios: Differential 4.11:1
Planetary 5.33:1
Total Reduction 21.91:1

CONTROLS

Three lever control allows independent operation of the apron, bowl and ejector. Hydraulic valves are mechanically actuated.

CUTTING EDGE

Four section cutting edge with variable length drop center. All blades interchangeable and reversible.
Cutting edge dimensions
16" x 28.50" x 1" (406 mm x 723.9 mm x 25.4 mm)

BOWL

Two identical and interchangeable hydraulic cylinders are used to operate the scraper bowl. The bowl cylinders are connected to the bowl through levers and linkage.

Bowl cylinder bore and stroke ..... 9.17" x 18.22" (232.9 mm x 462.8 mm)

⊙APRON

Full floating type with large opening for easy ejection. The apron cylinder is connected to the apron by a 3/4" cable 14' long, and guided by a cable roller.

Apron cylinder bore and stroke ..... 9.17" x 24.97" (232.9 mm x 634.2 mm)

EJECTION

Positive roll out type ejection actuated by a single acting hydraulic cylinder. Apron and ejector cylinders are identical.

Ejector cylinder bore and stroke ..... 9.17" x 24.97" (232.9 mm x 634.2 mm)

HYDRAULIC SYSTEM

Hydraulic system is full flow filtered and has one reservoir with one tandem pump for steering and scraper controls.

Scraper Bowl Control Pump

Type	Gear
Drive	Gear
Capacity @ 2100 RPM & 1500 psi (10 343 kPa)	52 GPM (196.8 l/min)
System Pressure @ 1500 RPM	1500 psi (10 343 kPa)

SERVICE DATA

	U.S. Gal. (litres)
Water Cooling System	10 gals. (37.9)
Fuel Tank	80 gals. (302.8)
Crankcase (dry fill)	3.8 gals. (14.4)
Transmission and Converter	6 gals. (22.7)
Drive Axle	4.6 gals. (17.4)

⊙DIMENSIONS (At 12" Carry Unless Stated Otherwise)

Wheelbase—Drive to Scraper Axle	23'- 2"	(7 061 mm)
Length (overall)	39'- 7"	(12 060 mm)
Width (overall)	11'- 3½"	(3 442 mm)
Height (max.)	11'- 2"	(3 404 mm)
Apron Opening	6'-10½"	(2 096 mm)
Width of Cutting Edge	9'- 6½"	(2 908 mm)
Width of Cut	9'-10"	(2 997 mm)
Depth of Cut (max.)	1'- 2"	(356 mm)
Depth of Spread (max.)	2'- 4"	(711 mm)
Clearance Under Drive Axle	1'-11"	(584 mm)
Clearance Under Bowl	1'-11"	(584 mm)
Non-Stop 180° Turning Width for vehicle clearance	33'- 0"	(10 058 mm)

WEIGHTS

NET WEIGHT DISTRIBUTION

Drive Axle	55.2%	29,175 lbs	(13 234 kg)
Scraper Axle	44.8%	23,625 lbs	(10 716 kg)
Total		52,800 lbs	(23 950 kg)
PAYLOAD		47,000 lbs.	(21 319 kg)

GROSS WEIGHT DISTRIBUTION

Drive Axle	49.6%	49,453 lbs	(22 432 kg)
Scraper Axle	50.4%	50 347 lbs	(22 837 kg)
Total		99,800 lbs	(45 269 kg)

TRACTOR AND SCRAPER

⊙STANDARD EQUIPMENT

Dry T-Type Air Cleaners, Full Flow Hydraulic Filtration, Engine Oil Pressure Gauges, Engine Temperature Gauges, Converter Oil Temperature Gauges, Clutch Pressure Gauges, Ammeters, Air Restriction Gauges, Mufflers, Maintenance and Parts Manuals, Emergency & Parking Brake System (SAE J319B) Includes Individual Tractor Wheel Brake Control, Front And Rear Mufflers.

Tractor Only: Tachometer, Hourmeter, Air Pressure Gauge, Air Horn, Air Suspension Seat, Seat Belt (SAE J386), ROPS Mounting Pads, Battery Disconnect Switch.

Scraper Only: NoSPIN Differential, Power Train Warning Alarm.

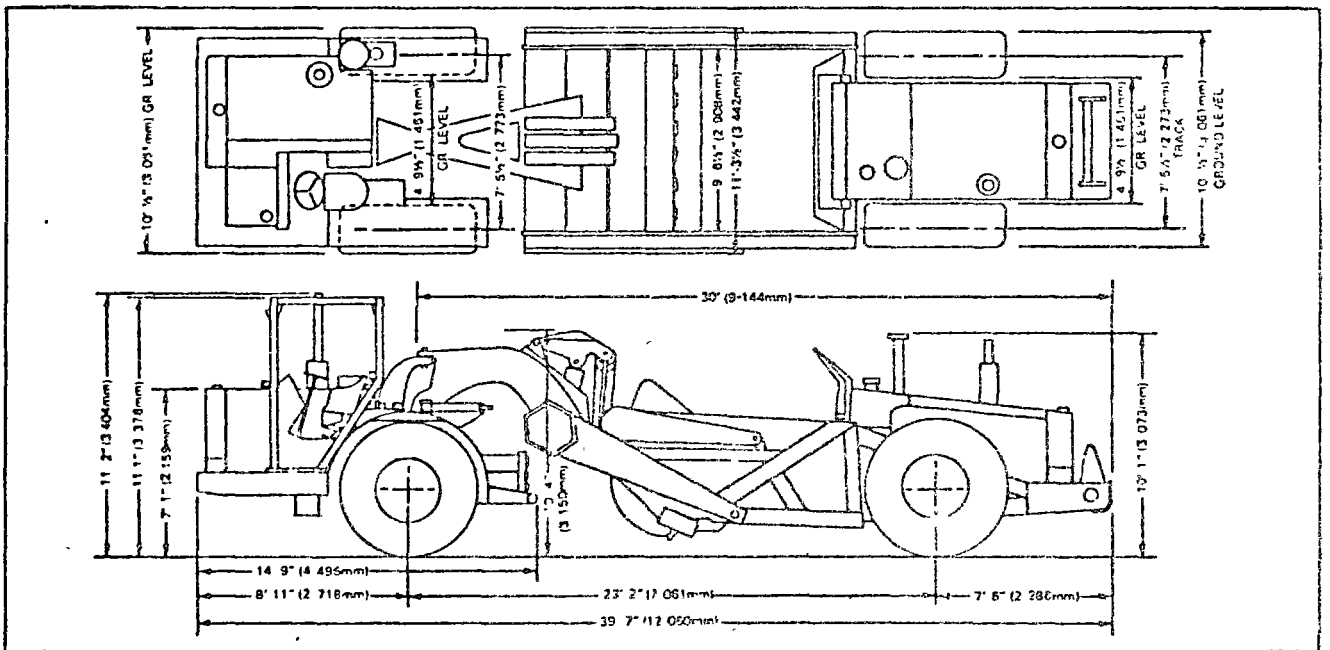
⊙OPTIONAL EQUIPMENT

OPTIONS TO HELP USER COMPLY WITH OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ACT: Roll-Over Protective Structure (SAE J320A) Will Fit Over Optional Cab, Reverse Alarm (SAE J994), Soundpac Including Normal Cab.

OTHER OPTIONS: Security Kit, Brake Drum Guards, Cab, Windshield and Wiper, Defroster and Heater, Twin Hitch, Roller Push Block, Severe Application Kit, Heavy Duty Side Cutters, Spillguard Extension, Downshift Inhibitors, Aspirated Rear Engine Air Cleaner, Severe Duty Rear Radiator Guard, Rear Fenders, Apron Extension.

CONVERSION CHART

1 mile	=1.609 kilometres	1 lb	=0.4536 kilograms
1 foot	=304.8 millimetres	1 ft. lb	=1.356 newton-metres
1 inch	=25.4 millimetres	1 PSI	=6.948 kPa
1 U.S. Gal	=3.785 litres	1 in.²	=6.452 centimetres²
1 U.S. Gal	=0.833 Imp. gals	1 in.³	=0.0164 litres
1 U.S. Gal diesel fuel	=7.3 lbs (approx.)	1 ft.²	=929 centimetres²
1 U.S. Gal coolant	=8.3 lbs (approx.)	1 yd.³	=0.836 metres³
		1 yd.³	=0.7646 metres³

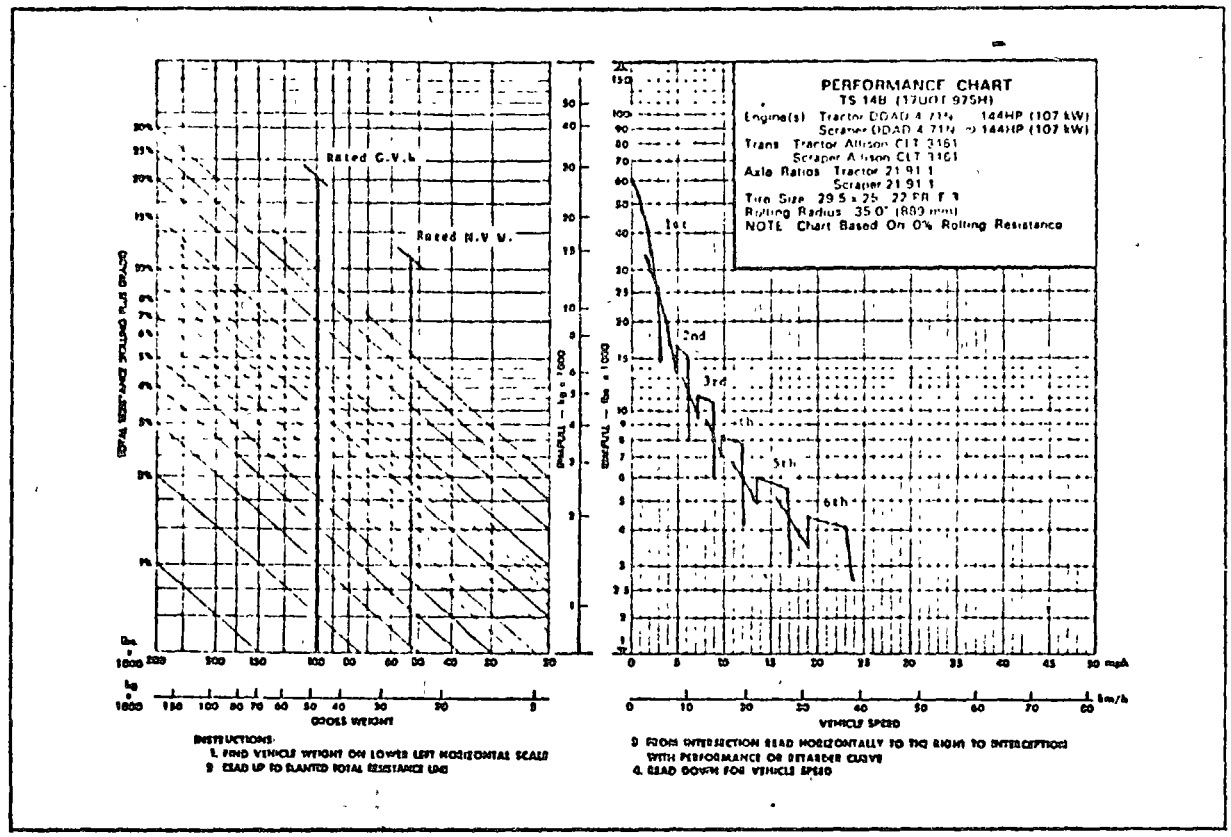


ALL VERTICAL MEASUREMENTS ARE WITH BOWL AT 12" (305 mm) CARRY.

HEIGHT TO TOP OF OPTIONAL CAB 10'-8½" (3 254 mm)
ROPS CANOPY IS OPTIONAL.

OVERALL LENGTH WITH OPTIONAL TWIN HITCH
BAIL RAISED - 44'-7½" (13 602 mm)
BAIL LOWERED - 46'-0½" (14 040 mm)

⊙ Revisions This Printing



TEREX GM

Products of General Motors

Worldwide Sales • Service • Parts

Manufactured in Australia • Brazil • Canada • India • Luxembourg • Scotland • South Africa • United States

Printed In U.S.A.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

"OTROS EQUIPOS"

ING. CARLOS MANUEL CHAVARRI MALDONADO

JUNIO DE 1976.

Palacio de Minería Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F. Tels: 521-40-23 521-73-35 5123-123

El Ingeniero Civil al estar ligado en las diferentes esferas del desarrollo de la infraestructura de nuestro país, requiere estar actualizando sus conocimientos, por ello se organizó el presente curso que está dirigido a aquellos que tienen que ver con el movimiento de tierras. En el aspecto de caminos, los primeros se requieren para el paso de la gente y bestias de carga y posteriormente otros tipos ligeros como los carruajes, pero la frecuencia de cargas y el tránsito cada vez mayor, han exigido que se desarrollen nuevas técnicas para un mejor aprovechamiento de los materiales naturales, con objeto de lograr máxima economía en su construcción y tiendan a durar más.

Esto ha traido como resultado entre otros, que el constructor de un proyecto determinado planee, programe, organice, ejecute y controle mejor todos los recursos por aplicar en dicho proyecto. Es por ello que en la ejecución de obras tenemos la necesidad de equipos más potentes y modernos para excavar, transportar, triturar, mezclar, colocar y compactar los materiales ya sea en la construcción de caminos, en pistas de aeropuertos, canales o cortinas de presas. Esta diversidad de técnicas que intervienen en las construcciones antes mencionadas, traen como consecuencia que el ingeniero se aleje con frecuencia del avance de la técnica y por ello consideramos de gran utilidad cursos como este.

Vamos a hacer una breve descripción de las innovaciones en el equipo de construcción como preambulo a los temas que se desarrollarán más adelante.

Hoy en día existen muchos equipos para realizar trabajo, pero posiblemente ninguno tan versátil como el tractor, especialmente el de carriles que está equipado con su dozer y arado, la hoja o dozer del tractor se encuentra montada en un marco que se acopla al tractor y se controla hoy en día por sistemas hidráulicos a diferencia de los antiguos de cables que aunque más sencillos en cuanto a mantenimiento, pero el control hidráulico es superior ya que permite aplicar mayor fuerza en dicha hoja, hace algo de tiempo se objetaba al sistema hidráulico debido al alto costo de las reparaciones al usar mal dicho sistema, aspecto completamente superior hoy en día.

En cuanto al desgarrador o arado que se empezo a utilizar hacia 1930 ha evolucionado rápidamente, ya que de esa fecha a la actualidad se ha cambiado su estructura al montarlo al tractor y otros cambios como son nuevas aleaciones, mayor potencia en los tractores, introducción de un mecanismo hidráulico que permite al arado girar sobre un pivote y que controla la fuerza y profundidad de hincado también es importante la mejora para lograr que el ángulo no varíe con la penetración, es el montaje del paralelogramo, logrando que se mueva paralelamente.

En el caso de las motoescrepas, que utilizamos en trabajos de terracerías con mediana longitud de acarreo y que no compiten con camiones o vagonetas para acarreos largos.

La máquina se forma fundamentalmente de dos partes: una que dá tracción a la máquina y que puede ser un tractor y otra que es en sí la motoescrepa formada por una caja metálica integrada con piezas diver-

sas para rigidizarla y que puede subir o bajar ya sea hidráulicamente, por cables o bien por electricidad. Durante mucho tiempo se utilizó la motoescrepa con mecanismo de cables y se consideró de mayor eficiencia en vista de que los sistemas hidraulicos no estaban bien desarrollados; en la actualidad hay máquinas con sistemas hidráulicos muy eficientes. Hay que recordar que el sistema hidráulico trabaja con elevadas presiones, lo que puede provocar problemas pero como asentaba arriba existen actualmente motoescrepas perfectamente desarrolladas con mecanismo hidráulico. También se emplean los sistemas eléctricos a base de motores independientes, pero el polvo origina grandes fallas en los motores a pesar de las protecciones que se le den y por otro lado es complicado el manejo del sistema.

Una evolución más en las motoescrepas es su tamaño, ya que las podemos ver desde $8m^3$ hasta $50m^3$.

Por otra parte han aumentado la potencia de tractor, con lo cual, evidentemente se reducen los costos de operación, siempre que el tamaño de la obra permita su uso.

Otra ventaja que se ha originado con los últimos avances, tanto en el tractor como en la escrepa, es la alta velocidad a la cual se pueden mover en los caminos, invadiendo así el campo de las vagonetas. A medida que aumenta la velocidad disminuye el ciclo y por lo tanto la capacidad horaria será mayor.

Así como la introducción de dos motores permite utilizar las motoescrepas en caminos de fuerte pendiente y disminuyen el tiempo de carga y hay veces que se cargan solas en materiales suaves.

Finalmente, hay un nuevo concepto que le ha agregado versatilidad a las motoescrepas de dos motores que es el sistema Push-Pull que elimina el tractor en proyectos.

En lo referente a cargadores, estos han mejorado sus sistemas y han aumentado sus capacidades y las restricciones que se tenían respecto a la posibilidad de ataque han cambiado a tal grado que han desplazado a las palas aun en el ataque en roca, pues con solo proteger adecuadamente sus neumáticos podemos reducir sus costos de operación. Esto ha dado lugar a que los veamos alimentando trituradoras cuando el banco se encuentra a 150 ó 200 m del de dicha trituradora o en carga de material en banco de roca a cielo abierto. Por otra parte su movilidad ha permitido que el rango de aplicaciones aumente día a día.

Por lo que se refiere a las dragas éstas van siendo desplazadas poco a poco por retroexcavadoras no obstante que la retroexcavadora es una de las excavadoras que existe desde hace tiempo se ha venido mejorando en su diseño y capacicad, puesto que en el mercado hoy las encontramos desde 3/8 hasta de 3½ yd^3 de capacidad aparte de haber aumentado su alcance, profundidad y productividad lo cual nos permite hoy en día nuevas aplicaciones que sólo eran destinadasa las dragas y palas.

Por lo que se refiere al equipo de compactación tenemos una serie de mejoras muy amplias como: mejores sistemas hidráulicos, sensores electrónicos, mayor versatilidad en su uso, etc. que se han traducido en mayores productividades. Así, tenemos hoy en día que el equipo pata de cabra que consistía en un rodillo que debía ser jalado por un tractor a cambiado de tal manera que es autopropulsado con cuatro llantas -

pata de cabra y una cuchilla que le permite acomodar el material obte-- niendo así mayores velocidades y una versatilidad tal que nos permite te ner mayores rendimientos.

En el rodillo liso vibratorio que debe ser jalado por tractor ha - evolucionado en tal forma que hoy lo tenemos auto propulsado y con ma- yores rangos de vibración que nos permiten tener ciclos y números de pa sadas menores pudiéndose aplicar hasta en la compactación de carpetas asfálticas con magníficos resultados.

El seleccionar correctamente un equipo de trituración es uno de - los aspectos que influyen para dar buenos resultados de costo y produc - ción.

Anteriormente se utilizaban equipos de muy poca producción además de un tamaño poco adecuado para transportarlo de una obra a otra y que en ocasiones requería mucho tiempo para su instalación. Es por ello, - que actualmente plantas móviles nos permiten una más rápida instala -- ción y en consecuencia reducir el tiempo para iniciar la producción y - con las mejoras a sus mecanismos y tamaños nos permiten poder obte - ner mejores costos y programas más agresivos y además un mejor con trol en el tamaño de los agregados obtenidos, siendo desplazados los mo linos por los conos que es la máquina idónea para integrar grupos móvi les secundarios y terciarios que permiten procesar cualquier tipo de ro ca.

El revolver o mezclar materiales pétreos, con asfalto o agua es - muy común en la elaboración de mezclas asfálticas o bases hidráulicas respectivamente.

Tenemos equipos que nos permiten ahorrar horas de motoconformadora en el mezclado de bases hidráulicas al realizar dicha mezcla -- previo a su colocación obteniendo mayores producciones en su tendido y una reducción considerable en el número de pipas y motoconformadoras.

En lo referente a mezclas asfálticas estas se realizan en plantas las cuales son del tipo continuo o discontinuo. En nuestro país se está incrementando el número de plantas continuas pues el mito que se tenía que eran difíciles de calibrar va desapareciendo prontamente al mejorarse sus sistemas de operación que han pasado de mecánicos a electrónicos, así mismo una mejor clasificación de materiales nos permite en las plantas modernas reducir el recribado y obtener costos horarios más bajos así como mayores producciones.

En lo referente a colocación de material de sello, se tienen hoy en día equipos autopropulsados que han permitido aumentar de una manera considerable la producción.

CURSO: MOVIMIENTO DE TIERRAS

"EXCAVACION CON TRACTOR EQUIPADO CON HOJA TOPADORA Y ARADO "

ING. JORGE A. CABEZUT BOO.

CURSO DE MOVIMIENTOS DE TIERRAS

TRACTORES Y ARADOS

En la industria de la construcción y principalmente en las actividades de excavación podemos considerar que el tractor es una máquina que casi siempre estará presente en este tipo de trabajos por su versatilidad. Para el constructor resulta indispensable conocer bien este equipo para lograr su mejor aprovechamiento al mínimo costo.

Pensemos en cualquier proyecto y observaremos que con frecuencia aparece la silueta tan conocida de un tractor, especialmente el de carriles, equipado con accesorios inseparables como son la hoja o dozer y posiblemente el arado o desgarrador.

La ingeniería moderna exige realización de las obras en plazos mínimos de acuerdo con programas elaborados atendiendo a la técnica y a la economía, pero siempre resultan trabajos en los cuales deben aportarse suficientes recursos y aprovecharlos al máximo, es decir, lograr la mayor eficiencia.

El ingenio del hombre está transformando continuamente la cara de nuestra tierra e inclusive en ocasiones modifica la ecología, todo con la intención de buscar una mejor forma de vida atendiendo a las crecientes y continuas necesidades que debemos satisfacer para nuestra explosiva población.

El constructor atendiendo a un proyecto determinado, planea, programa, organiza, ejecuta, controla, aporta máquinas, materiales, personal y toda la experiencia que se requiere para coordinar esta suma de agregados para lograr un producto,

final que puede ser desde una mínima obra que sirve a un individuo hasta un proyecto que beneficie una zona, región o nación atendiendo necesidades colectivas.

Existen muchas máquinas para realizar trabajo, pero posiblemente ninguna tan conocida como el tractor y resulta que siendo un equipo costoso, en muchas ocasiones los que manejan este equipo delegan en gente irresponsable su operación, - casi siempre por desconocimiento o apatía. Una simple analogía sería la de un carro en la cual el dueño lo opera, mantiene y vigila que esté limpio, lubricado y hasta la exageración de que no tenga ruidos. Sabe como usarlo en distintas superficies de rodamiento y pendientes, qué velocidades son convenientes, como hacer el mantenimiento adecuado; de modo que cuando lo reemplaza obtiene casi siempre un buen valor de rescate. Un carro cuesta del orden de $60,000.00 y se usará en promedio unas 150hrs/mes cuando mucho. Un tractor tipo D-8 o similar, - que es un elemento de producción y se utiliza más horas al mes, se cotiza actualmente en $1'200,000.00 al contado y si se compra a crédito habrá que sumar gastos de apertura de crédito e intereses. Esto quiere decir que hay una relación de 20 a 1 entre el valor de esas máquinas y cabe reflexionar si la atención durante su vida útil es proporcional.

Cuando se compra una máquina de la categoría de un tractor de inmediato - debe estar produciendo pues el capital invertido es de tal magnitud que la inactividad le causa pérdidas al dueño, es peor que tener el dinero guardado en la - casa sin beneficio alguno. Al contrario, una máquina o grupo de máquinas adquiridas y manejadas con eficiencia pueden permitir al dueño no solo obtener beneficios que compensen la inversión sino también tener utilidades que aceleren el - progreso de la empresa.

El movimiento de tierras se realiza a través de tres actividades principales, como son: excavar, acarrear y colocar los materiales que han sido atacados en su estado natural. Lo que más le interesa al constructor es obtener máxima producción al mínimo costo y esto dependerá de la modalidad de la obra. El tractor equipado con hoja o dozer llamado comunmente bulldozer y con un arado o desgarrador puede realizar esa triple actividad en forma muy efectiva dentro de determinadas condiciones.

DESCRIPCION.-

Existen dos tipos de tractores:

Los de ruedas.

Los de orugas o carriles.

Ambos son muy utilizados en construcción, sin embargo para excavar, el de carriles es más conveniente en terminos generales. Desde luego para seleccionar el tractor que debe usarse es necesario tomar en cuenta el tipo de obra por ejecutar, superficie de rodamiento y pendientes, dureza de los materiales por excavar, distancias de acarreo, dificultades de ataque, cantidades de obra por ejecutar, y otra serie de factores, pero cuando se requieren tractores para excavar podemos atrevernos a decir que el de orguas es el más utilizado.

El tractor de carriles consta principalmente de un motor diesel, apoyado en un chasis, un sistema de transmisión de diseño planetario para enviar la potencia generada por el motor mediante mandos finales al sistema de tránsito.

El motor es de combustión interna, de cuatro tiempos, seis cilindros. La potencia neta en el volante está indicada bajo determinadas características de temperatu

ra, presión barométrica y revoluciones por minuto.

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

En las tablas de las páginas números 5 y 6 se indican las especificaciones de los tractores de carriles marca Caterpillar. En estas tablas tenemos señaladas las - potencias de algunas máquinas, sus dimensiones geométricas, su peso y características de los motores.

Los tractores de oruga tienen diversos aditamentos, siendo el principal la hoja empujadora o dozer cuyas funciones pueden ser la de excavar, desmontar y empujar otras máquinas.

El tractor de oruga tiene la gran ventaja de que construye sus propios caminos de acceso para llegar a los sitios de trabajo, puede operar en zonas montañosas y de fuerte pendiente, tiene mejor tracción al tener mayor adherencia con la superficie de apoyo que los tractores de llanta.

TRACTORES DE CARRILES.- ESPECIFICACIONES

Modelo	DD9G	D9G	D8H	D7F	D6C	D6C (A.E.)	D5 60" (trocha) 74"	D5 (A.E.)	D4D	D4D (A.E.)
Potencia en el volante, en hp . . .	770	385	270	180	125	125	93	90*	65	68*
RPM indicadas	1330	1330	1280	2000	1900	2000	1750	1900	1680†	2000
Peso aprox. S-T lb	176,500	68,000	50,000	31,900	23,500		18,700 19,100		13,700	
embarque (kg) . . .	(80100)	(30800)	(22700)	(14,500)	(10700)		(8500) (8700)		(6200)	
Peso: TD lb			49,000	31,300	23,000	26,100	18,100 18,500	20,400	13,100	15,100
(kg) . . .			(22200)	(14200)	(10400)	(11800)	(8200) (8400)	(9300)	(5900)	(6800)
Dimensiones Generales:										
Largo total pies . . .	42'6"	18'0"	17'0"	14'8"	13'0"	13'	12'9"	12'9"	11'1"	11'0"
(mm) . . .	(13000)	(5500)	(5200)	(4450)	(3950)	(3950)	(3900)	(3900)	(3400)	(3350)
Ancho (zapatas pies . . .	10'9"	9'11 1/2"	8'11"	8'5"	7'9"	7'10"	6'7½" 7'9½"	7'9½"	6'6"	6'6"
Std.) (mm) . . .	(3300)	(3050)	(2700)	(2550)	(2360)	(2390)	(2020) (2370)	(2370)	(1980)	(1980)
Alto (sin escape pies . . .	9'10¾"	9'2"	8'0"	7'4"	6'11½"	7'2 1/2"	6'5½"	6'10"	5'7½"	6'1"
ni predepurador) (mm) . . .	(3000)	(2800)	(2440)	(2240)	(2120)	(2200)	(1970)	(2080)	(1710)	(1850)
Entrevía pulg . . .	90"	90"	84"	78"	74"	74"	60" 74"	74"	60"	60"
(mm) . . .	(2290)	(2290)	(2130)	(1980)	(1880)	(1880)	(1520) (1880)	(1880)	(1520)	(1520)
Espacio libre (de la pulg . . .	14"	23-9/16"	19-7/8"	15¼"	14-5/8"	14 1/2"	14" 13½"	13½"	14"	14"
cara de las zapatas) (mm) . . .	(355)	(600)	(500)	(385)	(370)	(370)	(355) (345)	(345)	(355)	(355)
Ancho de zapatas pulg . . .	24"	24"	22"	20"	18"	20"	16"	18"	13"	16"
(mm) . . .	(610)	(610)	(560)	(510)	(455)	(510)	(405)	(455)	(330)	(405)
Area de contacto pulg² . . .		6354	5049	4280	3357	3730	2784	3085	1885	2328
en el suelo (m²) . . .		(4,10)	(3,26)	(2,76)	(2,17)	(2,41)	(1,80)	(1,99)	(1,22)	(1,50)
Largo de carriles pulg . . .		132½"	115"	107"	93¼"	93"	87"	85-11/16"	72½"	72¾"
en el suelo (mm) . . .		(3350)	(2900)	(2700)	(2370)	(2360)	(2210)	(2180)	(1840)	(1850)

*hp en la Barra de Tiro, no en el volante.
S-T = Servo-Transmisión
TD = Transmisión Directa

†La velocidad indicada del motor del D4D con S-T es de 2000 RPM.
Para la pérdida de hp a causa de la altitud vea la última página de la Sección de Movimiento de Tierra.

TRACTORES DE CARRILES.- ESPECIFICACIONES

Modelo		DD9G	D9G	D8H S-T	D8H TD	D7F S-T	D7F TD	D6C S-T	D6C TD	D6C (A.E.)	D5 S-T	D5 TD	D5 (A.E.)	D4D TD	D4D S-T	D4D (A.E.)
Capacidades:																
Sistemas de enfr	gal EUA (litros)	80 (302)	40 (151)	31 (117)	31 (117)	12 (45)	12 (45)	10¼ (39)	9¾ (34,5)	10 (38)	9 (34)	9 (34)	9 (34)	8 (30)	8 (30)	8 (30)
Tanque de comb.	gal EUA (litros)	400 (1514)	200 (757)	134 (507)	134 (507)	115 (435)	115 (435)	78 (295)	78 (295)	115 (435)	65 (246)	65 (246)	78 (295)	42 (159)	42 (159)	62½ (237)
Cárter del motor diesel	gal EUA (litros)		11¼ (43)	8¾ (33)	8¾ (33)	7¼ (27,5)	7¼ (27,5)	7¼ (27,5)	7¼ (27,5)	7 1/4 (27,5)	7¼ (27,5)	7¼ (27,5)	7¼ (27,5)	5 (18,9)	5 (18,9)	5 (18,9)
Compart. transmisión, divisor de par, corona embragues de direc.	gal EUA (litros)		31 (117)	31 (117)		31 (117)		21 (79)			12¼ (46)				10x (38)	
Transm., corona, embrague de direc.	gal EUA (litros)				31* (117)		31* (117)		26* (98)	26* (98)						
Transmisión	gal EUA (litros)											12¼* (46)	12¼* (46)	6 (22,7)	4† (15,1)	6 (22,7)
Embrague principal	gal EUA (litros)										(entrevía) 74"	(entrevía) 60"		2¼ (8,5)		2¼ (8,5)
Cada mando final	gal EUA (litros)		11¼ (43)	9 (34)	9 (34)	9 (34)	9 (34)	5 (19)	5 (19)	5 (19)	3 (11)	2-3/8 (9)	3 (11)	2½ (9)	2½ (9)	2½ (9)
Cada caja del resorte tensor	gal EUA (litros)		7 (26)	5 (19)	5 (19)											

*Incluye también el Embrague Principal †Compart de la Corona xCompart de la Transm y del Convertidor de par

TD = Transmisión Directa
S T = Servo-Transmisión

En el mercado se encuentran varios proveedores que distribuyen tractores de carriles como son: Caterpillar, Komatsu, Terex, Allis Chalmers, International, de distintos tipos y tamaños, que pueden tener características especiales que los hacen más o menos populares entre el gremio de los constructores, pero quizá los factores que más influyan para adquirir una marca sean la oportunidad, la existencia, facilidades de pago, precio, posible valor de rescate, pero muy especialmente el servicio de refacciones y mantenimiento que ofrezca el vendedor.

Algunos modelos de tractores se señalan a continuación:

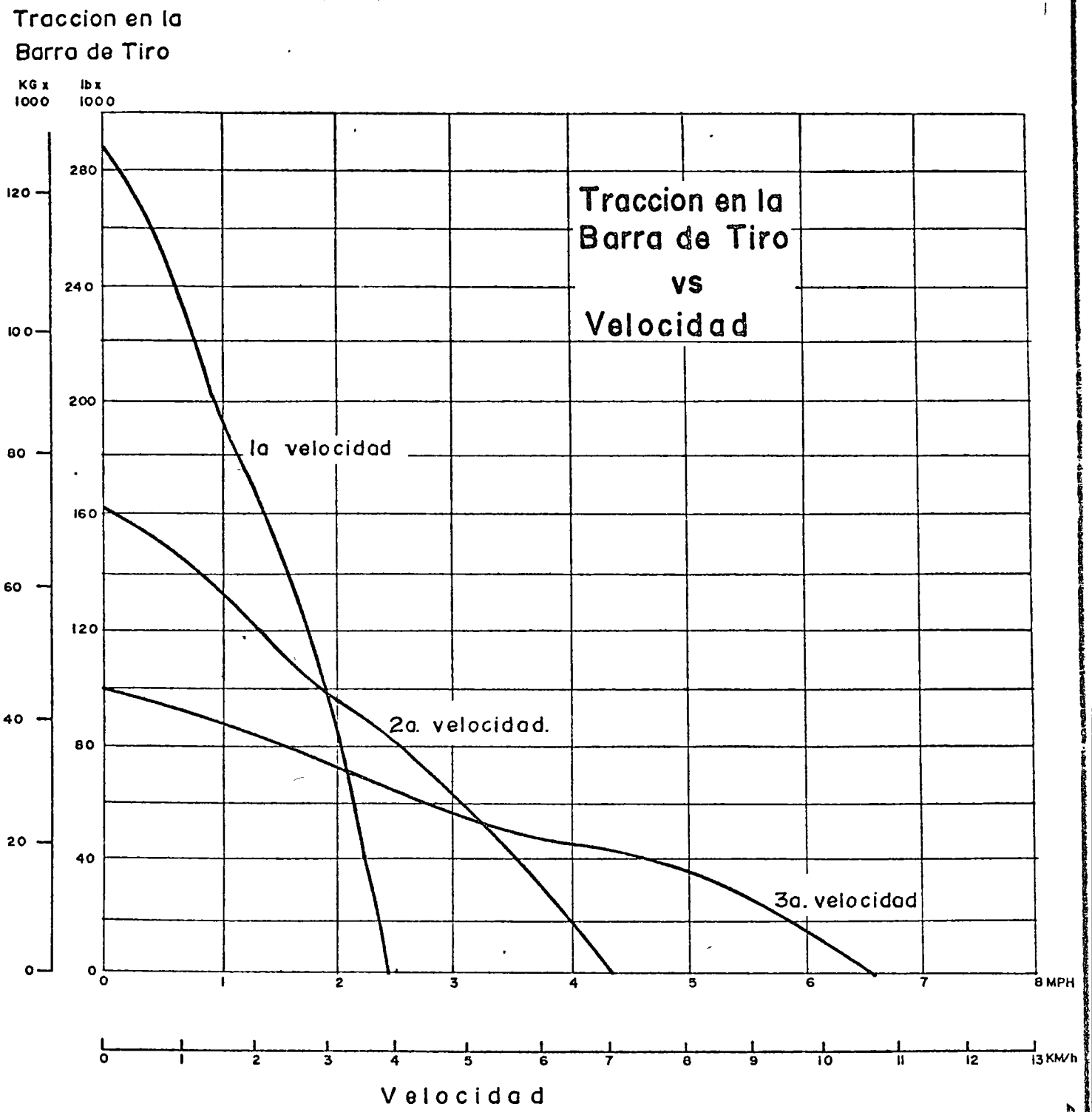
KOMATSU		INTERNATIONAL		TEREX	
modelo	potencia	modelo	potencia	modelo	potencia
D55A	105 HP	TD-15 B	120 HP	82-30	225 HP
D65A	140 HP	TD-20 B	160 HP	82-40	290 HP
D85A	180 HP	TD-20 C	170 HP	82-80	440 HP
D150A	300 HP	TD-25 B	230 HP		
D355A	410 HP	TD-25 C	285 HP		

La capacidad de un tractor está en función de su potencia y de su peso. La potencia nos determina la fuerza tractiva disponible en el gancho o barra de tiro y está afectada por la altura sobre el nivel del mar, la temperatura, la resistencia al rodamiento de la superficie donde se desplaza la máquina y por la pendiente. La máxima fuerza tractiva está fijada por el peso de la máquina multiplicado por el coeficiente de tracción. Asi por ejemplo un vehículo patinaría al transitar sobre hielo, que tiene un mínimo coeficiente de tracción, a pesar de que hubiera mucha potencia disponible.

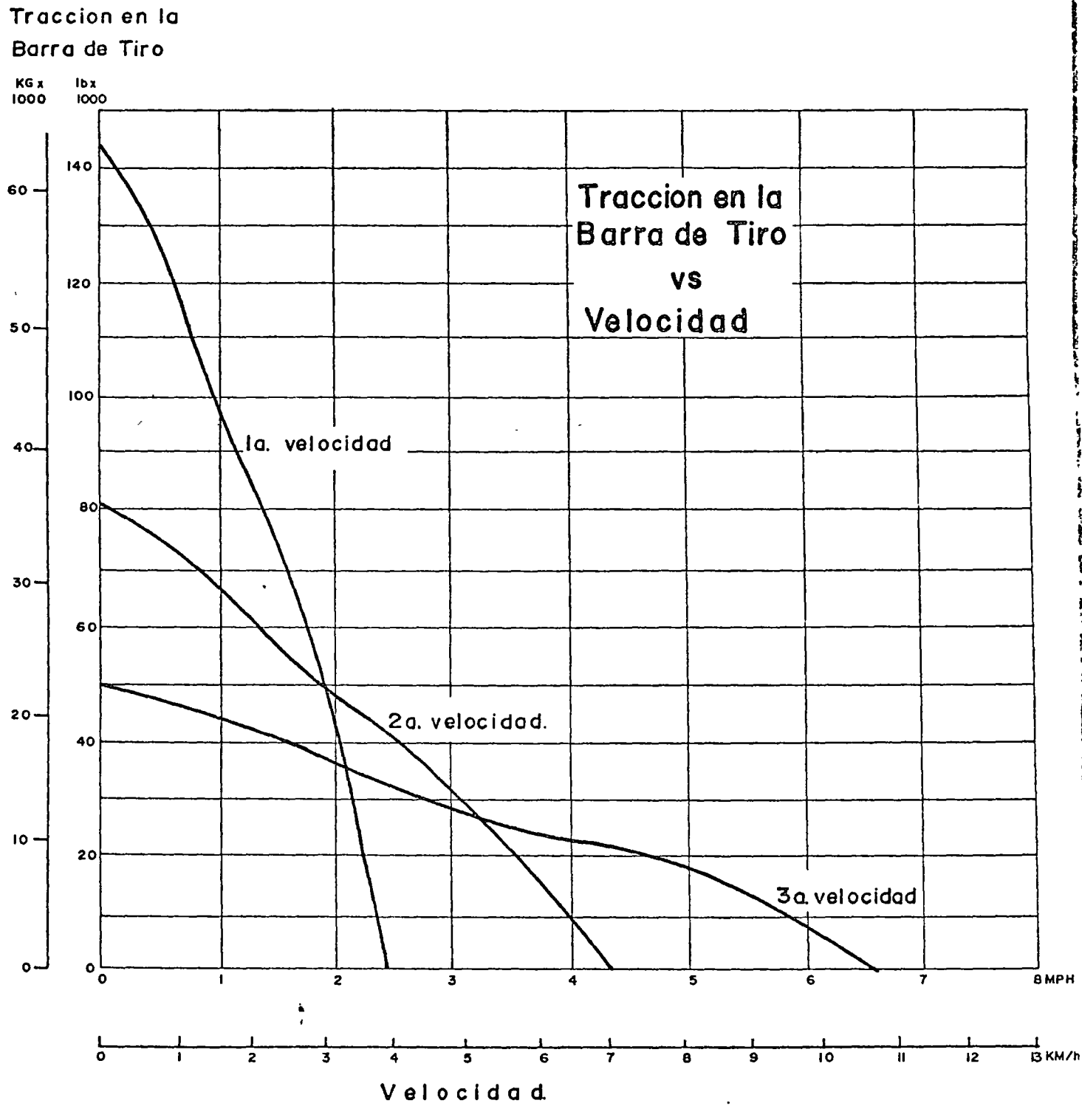
Las hojas de especificaciones que ofrecen los distribuidores de equipo dan las características de los distintos modelos y desde luego el tamaño del tractor es proporcional a su potencia en el volante a determinadas R.P.M., la que se transmite mediante mecanismos y determinan la tracción en la barra de tiro utilizable a distintas velocidades, la cual está afectada como se indicó anteriormente por las -- condiciones del suelo, pendiente, altura sobre el nivel del mar. Este último aspecto superado en las máquinas modernas por la instalación de turbo cargadores y -- enfriadores de aire.

La relación entre velocidades de avance y tracción en las barras de tiro en tractores Caterpillar equipados con servo transmisión se muestran en las hojas números 9, 10, 11 y 12. En la hoja 13 se muestra esta misma relación para los modelos D8H y D7F con transmisión directa.

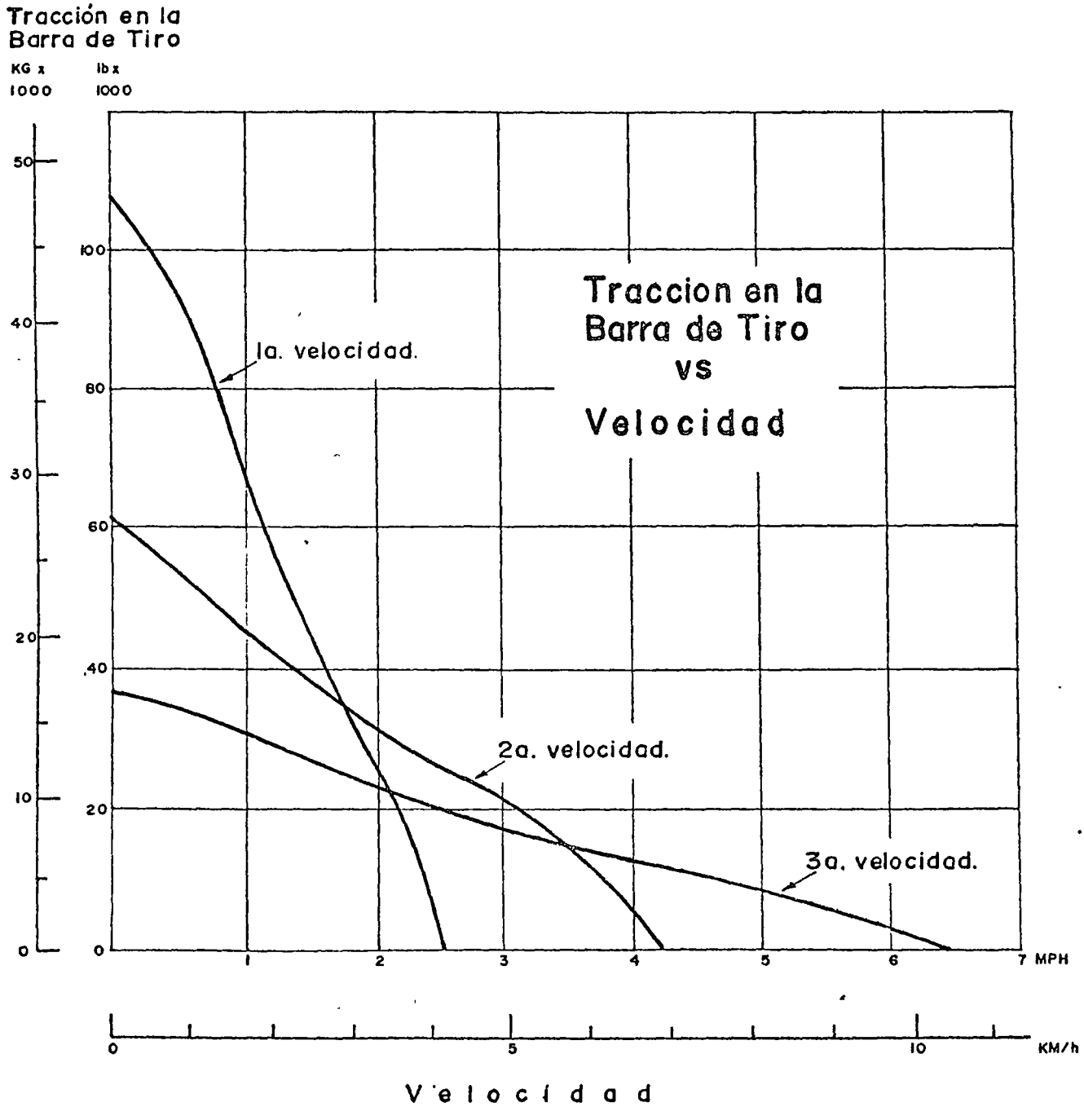
D9G DOBLE


Traccion en la
Barra de Tiro
KG x 1000
lb x 1000
120
100
80
60
40
20
0
280
240
200
160
120
80
40
0
Traccion en la
Barra de Tiro
vs
Velocidad
la velocidad
2a. velocidad.
3a. velocidad
0
1
2
3
4
5
6
7
8 MPH
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13 KM/h
Velocidad

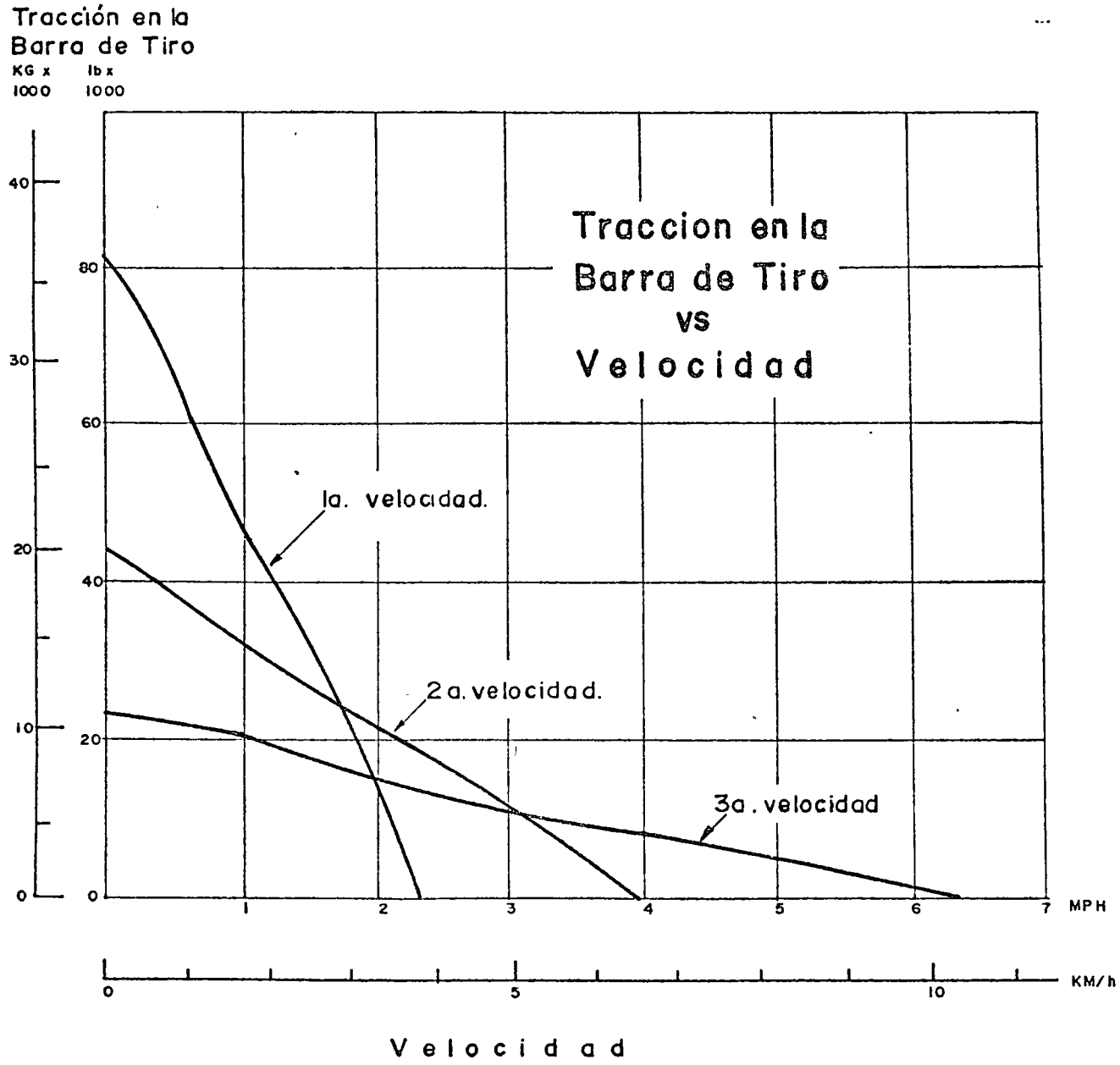
D 9 G


Traccion en la
Barra de Tiro
KG x 1000
lb x 1000
Traccion en la
Barra de Tiro
vs
Velocidad
1a. velocidad
2a. velocidad.
3a. velocidad
0
10
20
30
40
50
60
0
20
40
60
80
100
120
140
0 1 2 3 4 5 6 7 8 MPH
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 KM/h
Velocidad

D 8 H – CON SERVO – TRANSMISION



D7F con SERVO-TRANSMISION



D8H y D7F con TRANSMISION DIRECTA

TRANSMISION DEL D8H Y DEL D7F:

De engrane constante, con engranajes helicoidales y cambio rápido de sentido de marcha. Lubricación a presión, con aceite filtrado y enfriado. Construcción en unidades desmontables.

VELOCIDADES Y TRACCION EN LA BARRA DE TIRO DEL D8H:

	Avance		Retroceso		Tracción en la barra de tiro* A RPM indicadas		Máx. bajo carga	
	MPH	km/h	MPH	km/h	libras	(kg)	libras	(kg)
1a	1.6	(2,6)	1.6	(2,6)	52,410	(23790)	63,860	(28990)
2a	2.1	(3,3)	2.1	(3,4)	39,130	(17760)	47,930	(21760)
3a	2.9	(4,6)	2.9	(4,7)	26,870	(12200)	33,210	(15080)
4a	3.7	(6,0)	3.8	(6,1)	19,490	(8850)	24,360	(11060)
5a	4.9	(7,8)	4.9	(7,9)	13,840	(6280)	17,580	(7980)
6a	6.7	(10,8)	6.8	(11,0)	8,660	(3930)	11,360	(5160)

VELOCIDADES Y TRACCION DEL D7F:

Transmisión Standard

	Avance		Retroceso		Tracción en la barra de tiro* A RPM indicadas		Máx. bajo carga	
	MPH	km/h	MPH	km/h	libras	(kg)	libras	(kg)
1a	1.5	(2,4)	1.8	(2,9)	37,600	(17100)	47,450	(21540)
2a	2.2	(3,5)	2.5	(4,0)	25,000	(11350)	31,760	(14420)
3a	3.1	(5,0)	3.7	(6,0)	16,400	(7450)	21,090	(9570)
4a	4.6	(7,4)	5.4	(8,7)	10,100	(4580)	13,280	(6030)
5a	5.9	(9,5)	–	–	7,140	(3240)	9,610	(4360)

RENDIMIENTO.-

Potencia es la capacidad de realizar un trabajo por unidad de tiempo, por lo que las unidades son Pies Libras por Minuto o Kilográmetros por Minuto. Generalmente se expresa en unidades del sistema inglés en H.P. o caballos de potencia. Un H.P. corresponde a 33,000 Pies Libras por Minuto y equivale a 746 watts.

La altura sobre el nivel del mar afecta la potencia util de los motores arriba de los 1000 metros del orden del 1% por cada 100 metros de altura, asi una máquina trabajando a 3000 metros tendría una pérdida del 20%, que con la instalación de turbocargadores y enfriadores de aire de admisión se tiende a compensar esta disminución en la potencia.

La fuerza tractiva en la barra de un tractor está expresada en la siguiente ecuación:

$$F.T. = \frac{375 \times H.P. \times 0.80}{V}$$

en donde:

F.T. = Fuerza tractiva en libras.

H.P. = Potencia nominal.

V = Velocidad en millas por hora.

Las especificaciones de las máquinas muestran la relación entre velocidad y tracción en la barra de tiro.

La resistencia al rodamiento es la fuerza que se opone al movimiento de una máquina sobre un camino a velocidad uniforme. Se calcula en función del peso del vehículo multiplicado por el coeficiente de Resistencia al Rodamiento.

$$R.R. = \underline{\text{Peso de la máquina x coeficiente de R.R.}}$$

La resistencia a la pendiente es la componente del peso de la máquina paralela al plano inclinado. Su valor está en función del peso del vehículo y de la pendiente.

$$R.P. = \text{Peso del vehículo x } \frac{\text{\% de pendiente}}{100}$$

Las resistencias al rodamiento y a la pendiente se restan a la fuerza tractiva en el gancho y se obtiene la fuerza tractiva disponible para realizar trabajo, sin olvidar que la máxima está definida por:

$$F.T.\ mx. = \text{Peso del tractor x coeficiente de tracción.}$$

Las tablas de la hoja número 16 nos muestran coeficientes de resistencia al rodamiento y de tracción.

LA RESISTENCIA AL RODADO EN CONDICIONES TIPICAS

	lb/ton	(kg/t)
Un camino estabilizado, pavimentado, duro y liso que no cede bajo el peso, regado y conservado ...	40	(20)
Un camino firme y liso, de tierra o con recubrimiento ligero, que cede un poco bajo la carga. Reparado con bastante regularidad, y regado	65	(35)
Nieve: compacta	50	(25)
suelta	90	(45)
Un camino de tierra, con baches y surcos, que cede bajo la carga; se repara muy poco, o nada, y no se riega. Los neumáticos penetran 1" (25 mm), o más	100	(50)
Camino de tierra con baches y surcos, blando, sin estabilizar y que no se repara. La penetración de los neumáticos es de 4" a 6" (100 a 150 mm)	150	(75)
Arena o grava suelta	200	(100)
Camino blando y fangoso con surcos, no se repara	200 a 400	(100 a 200)

El tamaño de los neumáticos y la presión del aire utilizados son factores que reducen o aumentan considerablemente las cifras de la tabla. Los datos indicados son bastante exactos para hacer estimaciones cuando no hay disponible la información específica sobre el rendimiento de un equipo determinado en terrenos de ciertas condiciones. Para información adicional, vea la Sección de Datos sobre Movimiento de Tierra.

COEFICIENTES APROXIMADOS DEL FACTOR DE TRACCION EN EL SUELO

	FACTORES DE TRACCION	
	Neumáticos	Carriles
Hormigón	0,90	0,45
Marga arcillosa, seca	0,55	0,90
Marga arcillosa, mojada	0,45	0,70
Marga arcillosa con surcos	0,40	0,70
Arena seca	0,20	0,30
Arena mojada	0,40	0,50
Cantera	0,65	0,55
Camino de grava suelta	0,36	0,50
Nieve compacta	0,20	0,25
Hielo	0,12	0,12*
Tierra firme	0,55	0,90
Tierra floja	0,45	0,60
Carbón amontonado	0,45	0,60

*Zapatas semicadas = 0,27

Con los datos anteriores se puede calcular la producción de un tractor. La fuerza tractiva disponible determina la velocidad de marcha que a su vez nos -- permite calcular el tiempo del cilco; este se integra con tiempos fijos y tiempos variables. Los tiempos fijos son del orden de 0.15 - 0.25 min.

El rendimiento está expresado por:

$$R = \frac{E \times \text{Capacidad de la máquina en M3 sueltos.}}{\text{Tiempo del ciclo en minutos}}$$

R = M3 sueltos/hora.

E = Minutos por hora de trabajo generalmente de 45 a 50 minutos.

Para obtener volúmen compacto habría que dividir el resultado entre el coeficiente de abundamiento, después de aplicar los factores de corrección correspondientes al tipo de trabajo que se realiza.

La producción de una máquina también puede obtenerse por observación directa, midiendo el volúmen excavado en un tiempo determinado.

El tractor excavando con una hoja del tipo recto o angulable puede dar distintas producciones dependiendo de las condiciones del trabajo que esté realizando y del tipo de material que esté moviendo.

En pendientes positivas tendrá menor rendimiento que si trabaja cuesta abajo. En zanjas su producción será mayor pues el material excavado no puede escurrirse por los lados. En acarreos largos habrá tendencia a perder volúmen excavado en el trayecto. En la tabla de la página número 18 se muestran las pendientes en las -- cuales pueden trabajar los tractores de carriles.

OPERACION EN LADERAS DE LOS TRACTORES DE CARRILES CATERPILLAR

La tabla siguiente da la pendiente máxima a la cual cada tractor opera bien con la debida lubricación.

TRACTOR	D9 Serie G	D8 Serie H	D7 Serie F	D6 Serie C	D5	D4 Serie D
En porcentaje o en	100	84	100	100	100	100
Grados de inclin.	45	40	45	45	45	45

Deben considerarse los siguientes puntos importantes:

- Velocidad de viaje – A velocidades altas, las fuerzas de inercia tienden a disminuir la estabilidad del tractor.
- Desigualdades del terreno o superficie. Debe aplicarse una considerable tolerancia cuando el terreno o la superficie es desigual.
- Accesorios instalados. Los bulldozers, aguilones laterales, malacates, y cualquier otro equipo montado, alteran el equilibrio de la máquina.
- Tipo de suelo. Los rellenos de tierra nuevos pueden ceder bajo el peso del tractor. Los suelos rocosos suelen ocasionar el deslizamiento de las máquinas.
- Deslizamiento de los carriles debido a cargas excesivas. A causa de esto, los carriles a nivel inferior podrían excavar el suelo y aumentar la inclinación del tractor.
- Implementos instalados en la barra de tiro (arcos para tirar de troncos, vagones de dos ruedas, etc.) podrían reducir el peso en el carril más elevado.
- Altura del enganche en el tractor. Cuando se utiliza una barra de enganche alta, el tractor es menos estable que si tiene una de altura standard.
- Ancho de las zapatas. Las zapatas anchas tienden a reducir la acción de excavación, o sea que el tractor es más estable.
- Equipo operado. Debe considerarse con cuidado la estabilidad y otros distintivos del equipo operado por el tractor.

La calidad y granulometría del material que se excava influyen en la producción horaria, pues no es lo mismo manejar arena suelta o tierra vegetal que una roca bien o mal tronada.

El proyecto desde luego tiene una influencia definitiva en los resultados. Un tractor con hoja angulable cortando en balcón y desperdiciando el material tendrá probablemente ventaja sobre otra máquina excavando el mismo material en secciones de tipo mixto o en tramos compensados. Cada caso requiere de coeficientes de corrección que son consecuencia de la observación y experiencia y que de no aplicarse pueden dar lugar a errores en el cálculo de la producción y redundan en los costos analizados a priori.

Al manejar cantidades de obra debe aclararse si se trata de volumenes en -- banco, sueltos o compactos y aplicar los factores de conversión volumétrica correspondientes.

Operar con eficiencia un tractor nos dará máximo rendimiento y mínimo costo por lo que es fundamental que el trabajo de la máquina esté respaldado por una -- organización adecuada que aporte servicios de combustibles, lubricantes, mantenimiento, reparaciones y personal en forma oportuna. La máquina no puede trabajar por si misma, necesita forzosamente atención como todos los bienes de producción en instalaciones fijas.

APLICACIONES.-

Los tractores tienen diversas aplicaciones y aditamentos específicos para cada caso, entre los principales están:

- Aditamento frontal llamado hoja o dozer.
- Arado o desgarrador adaptado en la parte posterior del tractor.

El tractor puede utilizar varios tipos de hojas topadoras y en este caso se le conoce con el nombre de bulldozer:

1.- Recta, que se utiliza para excavar acarreando el material hacia adelante.

2.- Angulable, que puede inclinarse en relación al avance del tractor.

3.- En "U", que tiene una mayor capacidad puesto que los lados forman una caja para evitar que el material se escurra.

4.- Amortiguada, para empujar y resistir los impactos.

5.- Desgarradora, que permite una mayor penetración en el terreno.

Cada hoja tiene una función específica, sin embargo las más frecuentes son: la recta y la angulable. Esta última muy popular pues tiene una gamás más amplia de aplicaciones. Todas vienen equipadas con piezas de desgaste como son la cuchilla en la parte inferior y las puntas de extremo o "gavilanes". Estas piezas son las que inician el afloje de la excavación y pueden cambiarse cada vez que se requiera, en esta forma se protege la hoja que es un elemento caro.

La hoja se monta en un marco que está acoplado al tractor y puede controlarse mediante cables o sistemas hidráulicos. El control de cable, es más sencillo en su mantenimiento, pero el control hidráulico resulta superior pues permite aplicar -

una mayor fuerza de penetración con una fácil manejabilidad. La única desventaja del control hidráulico podría ser el costo de reparaciones por una mala operación - al encontrar el tractor dificultades en la excavación. Los fabricantes de tractores - también lo son de sus propias hojas.

En las páginas 22,23,24,25,26 y 27 se muestran las características de las hojas topadoras para tractores Caterpillar modelos D-9, D-8 y D-7.

Modelo		9A	9S	9U	9R	9C
Tipo		Angulable	Recta	En "U"	Desgarradora	Amortiguada
Peso de embarque sin control: Para usarse con Control Hidráulico 193	–lb	14600	14600	16200	18300	12000
	–(kg)	(6600)	(6600)	(7400)	(8300)	(5400)
Dimensiones principales: (Tractor y topador) Longitud (hoja recta)	–pies	23'3 1/4"	23'2 3/4"	24'2 3/4"	23'3"	22'8 1/2"
	–(mm)	(7100)	(7100)	(7400)	(7100)	(6900)
Longitud (hoja en ángulo)	–pies	26'3 7/8"				
	–(mm)	(8000)				
Ancho (hoja recta)	–pies	15'11 3/4"	14'5 3/8"	15'9"	14'4 1/2"	10'1"
	–(mm)	(4850)	(4350)	(4800)	(4350)	(3050)
Ancho (hoja en ángulo)	–pies	14'2"				
	–(mm)	(4300)				
Ancho (sólo con bastidor "C")	–pies	12'1"				
	–(mm)	(3700)				

Modelo		9A	9S	9U	9R	9C
Hoja:						
Longitud	–pies.....	15'11 3/4"	14'5 3/8"	15'9"	14'4 1/2"	10'1"
	–(mm) ...	(4850)	(4350)	(4800)	(4350)	(3050)
Altura	–pulg ...	51 1/4"	71 1/2"	71 1/2"	71 1/2"	60"
	–(mm) ...	(1300)	(1820)	(1820)	(1820)	(1520)
Descenso máximo por debajo del suelo	–pulg ...	23 1/2"	21 1/4"	21 1/4"	21 1/4"	20 3/4"
	–(mm) ...	(600)	(540)	(540)	(540)	(530)
Inclinación lateral máx.	–pulg ...	10"	37 1/4"	40 1/2"	37 1/4"	
	–(mm) ...	(255)	(950)		(950)	
Ajuste máx. del ángulo de ataque			8°	8°	8°	
Giro de la hoja (a cada lado).....		25°				
Accesorios:						
Protector de empuje–Bastidor en "C"		Sí	No	No	No	No
–Hoja		No	Sí	No	Sí	No
Peso de embarque (instalada)	–lb	5420	1550		1550	
	–(kg).....	(2460)	(700)		(700)	

Modelo		8A	8S	8U	8R	8C
Tipo		Angulable	Recta	En "U"	Desgarradora	Amortiguada
Peso de embarque sin control:						
Para usarse con Control Hidr.183, Serie B	–lb	11600	10900	12100	15400	8900
	–(kg)	(5300)	(4950)	(5500)	(7000)	(4050)
Control de Cable 128	–lb	10600	10000	11200		9400
	–(kg)	(4800)	(4550)	(5100)		(4250)
Dimensiones principales: (Tractor y topador)						
Longitud (hoja recta)	–pies	21'8"	21'9"	22'7"	21'9"	22'1"
	–(mm)	(6600)	(6650)	(6900)	(6650)	(6750)
Longitud (hoja en ángulo)	–pies	24'8 1/2"				
	–(mm)	(7550)				
Ancho (hoja recta)	–pies	15'2"	13'1"	13'9"	13'4"	13'4"
	–(mm)	(4600)	(4000)	(4200)	(4050)	(4050)
Ancho (hoja en ángulo)	–pies	13'9"				
	–(mm)	(4200)				
Ancho (sólo con bastidor "C")	–pies	11'4"				
	–(mm)	(3450)				

Modelo		8A	8S	8U	8R	8C
Hoja:						
Longitud	–pies	15'2"	13'1"	13'9"	13'4"	9'10 1/2"
	–(mm)	(4600)	(4000)	(4200)	(4050)	(3000)
Altura	–pulg.	43 5/8"	53 1/2"	53 1/2"	53 1/2"	48 1/4"
	–(mm)	(1110)	(1360)	(1360)	(1360)	(1230)
Descenso máximo por debajo del suelo	–pulg.	21 3/4"	18 3/8"*	18 3/8"*	18 3/8"	21"*
	–(mm)	(550)	(470)	(470)	(470)	(530)
Inclinación lateral máx.	–pulg.	13"	34 1/2"	35 3/4"	23 3/8"	
	–(mm)	(330)	(880)	(910)	(590)	
Ajuste máximo del ángulo de ataque			10°	10°		
Giro de la hoja a cada lado		25°				
Accesorios:						
Cilindro de Inclinación Inclin.lateral máx., hidr.	–pulg.		41 3/4"	44"	23 3/8"	
	–(mm)		(1060)	(1120)	(590)	
Protec. de empuje – Bastidor "C"		Sí	No	No	No	No
– Hoja		No	Sí	No	Sí	No
Peso de embarque (instalada)	–lb	5535	750		750	
	–(kg)	(2510)	(340)		(340)	
Dimensiones del cable:						
Diámetro	–pulg	1/2"	1/2"	1/2"		1/2"
	–(mm)	(12,7)	(12,7)	(12,7)		(12,7)
Longitud para usarse con el Control de Cable No. 128	–pies	92'6"	92'6"	92'6"		92'6"
	–(m)	(28)	(28)	(28)		(28)

*No hay límite en las unidades de Control de Cable.

Modelo		7A	7S	7U	7R
Tipo		Angulable	Recta	En "U"	Desgarradora
Peso de embarque sin control: Para usarse con Control Hidráulico No.173	–lb	6700	7100	7900	9100
	–(kg)	(3050)	(3200)	(3600)	(4150)
Control de Cable No.127	–lb	6200	6600		
	–(kg)	(2800)	(3000)		
Dimensiones principales: (Tractor y hoja topadora) Longitud (hoja recta)	–pies	18'0"	17'4"	18'10"	17'4"
	–(mm)	(5500)	(5300)	(5750)	(5300)
Longitud (hoja en ángulo)	–pies	21'0"			
	–(mm)	(6400)			
Ancho (hoja recta)	–pies	14'0"	12'0"	12'8"	12'0"
	–(mm)	(4250)	(3650)	(3850)	(3650)
Ancho (hoja en ángulo)	–pies	12'10"			
	–(mm)	(3900)			
Ancho (sólo con bastidor "C")	–pies	10'3"			
	–(mm)	(3100)			

Modelo		7A	7S	7U	7R
Hoja:					
Longitud	–pies	14'0"	12'0"	12'8"	12'0"
	–(mm) . . .	(4250)	(3650)	(3850)	(3650)
Altura	–pulg . . .	38"	50"	50"	50"
	–(mm) . . .	(960)	(1270)	(1270)	(1270)
Descenso máximo por debajo del suelo	–pulg . . .	16 3/4"*	17 1/2"*	17 1/2"	17 1/2"
	–(mm) . . .	(425)	(440)	(440)	(440)
Inclinación lateral máx.	–pulg . . .	18 3/4"	22 1/4"	23 3/4"	21"
	–(mm) . . .	(475)	(560)	(600)	(530)
Ajuste máximo del ángulo de ataque					
Giro de la hoja a cada lado		25°	9°	9°	
Accesorios:					
Cilindro de inclinación lateral					
Inclin. lateral máx., hidr.	–pulg . . .	19"	28 1/2"	30 1/4"	21"
	–(mm) . . .	(485)	(720)	(770)	(530)
Protector de empuje–Bastidor en "C"		Sí	No	No	No
–Hoja		No	Sí	No	Sí
Peso de embarque (instalada)	–lb	1030	650		650
	–(kg)	(470)	(295)		(295)
Dimensiones del cable:					
Diámetro	–pulg . . .	1/2"	1/2"		
	–(mm) . . .	(12,7)	(12,7)		
Longitud para usarse con el Control de Cable No. 127	–pies . . .	72'	72'		
	–(m)	(22)	(22)		

*No hay límite en las unidades de Control de Cable.

El bulldozer tiene diversas aplicaciones y es una máquina muy eficiente para excavar. Tiene ciertas limitaciones, especialmente en la distancia de acarreo y en el nivel del piso de excavación. Lo más conveniente para una mayor producción - sería no acarrear, como una excavación en un camino de penetración que va en - ladera, desperdiciando el material, caso poco frecuente, pues los acarreos medios - de un bulldozer son del orden de 30 metros a 50 metros. La distancia máxima de -- acarreo aconsejable es de 100 metros. En este caso se aumenta mucho el tiempo del ciclo por la baja velocidad del tractor y disminuye el rendimiento por lo que resulta anti-económico acarrear a distancias mayores de 100 metros. El escurrimiento del material por los lados de la hoja puede ser otro factor que limite la distancia del - acarreo.

El bulldozer tiene varios usos:

- Desmonte, desenraíce.
- Limpia de sitios para construcción
- Construcción y mantenimiento de caminos de acceso.
- Despalme de bancos y arreglo del piso de los mismos.
- Afloje de material para cargadores frontales.
- Afine tosco de taludes.
- Formación de bordos con préstamo lateral.
- Relleno de zanjas.
- Empujador de motoescrepas.
- Auxiliar en diversos procedimientos de construcción.
- Excavación y acarreo hasta 100 metros.
- Extendiendo material en terraplenes y remolcando equipo de compactación.

La actividad más frecuente es la de excavar y acarrear en distancias cortas, pero de cualquier modo en los grandes proyectos de Ingeniería Civil, casi siempre la vanguardia de la maquinaria la forman los bulldozers y a la vez es la última máquina en dejar la obra pues realizan la limpia final y la conformación de los terrenos atacados. Existen otros aditamentos para los tractores con los cuales tienen más aplicaciones, como son los desgarradores para afloje de excavaciones, las plumas laterales para construcción de ductos, los cucharones para carga de materiales, remolcador de escrepas y otros, pero en estos casos su función no es de bulldozer.

La capacidad de la hoja topadora es de:

$$V = \frac{L\,h^2}{2\,tg\,x}$$

V = Capacidad de la hoja.

L = Longitud de la hoja.

h = Altura de la hoja.

X = Angulo de reposo del material.

Si el talud del material es 2:1, $tg\,x = 1/2$

y $V = L\,h^2$

Cuando se trabaja cuesta arriba el volúmen disminuye 4% por cada 1% de pendiente. Al ir cuesta abajo es al contrario. En distancias mayores de 30 metros el rendimiento disminuye 5% por cada 30 metros adicionales.

Un buen operador procura acarrear el material entre montones formados previamente a los lados para evitar pérdida de material por escurrimiento, trabajar cuesta abajo cuando sea posible y trabajar en las velocidades adecuadas para no dañar la máquina.

Para calcular la producción de las hojas topadoras pueden utilizarse los datos contenidos en las páginas 31, 32, 33, 34 y 35 . En la página No. 35 se muestra el factor de corrección por trabajo en pendientes.

Un aspecto que no debe descuidarse nunca es el mantenimiento y la buena lubricación de la máquina. Cambios de aceite y filtros a tiempo, engrase y limpieza diaria, mantenimiento preventivo y operativo oportuno aumentan la vida de la máquina, disminuyen los costos de operación y reparación y benefician la producción. No es necesario conocerlo todo, recurrir al distribuidor para que haga el servicio y capacite al personal es una política correcta. Una máquina en buenas condiciones puede trabajar un 50% a 100% más de horas efectivas al año que una máquina cuyas condiciones de mantenimiento sean ineficaces. El costo horario de una máquina bien -- vigilada es menor al de una máquina mal cuidada e indudablemente dará mayor rendimiento.

PRODUCCION CON HOJAS TOPADORAS
CALCULO SEGUN FORMULAS Y REGLAS

Se puede obtener la producción estimada de una hoja topadora utilizando las gráficas de producción de las siguientes páginas, como también los factores de corrección aplicables. Debe usarse la siguiente fórmula:

Producción (m^3 sueltos/hr) (yd^3 sueltas/hr) = Producción máxima x Factores de corrección

Las curvas de producción de las hojas topadoras dan los rendimientos máximos no corregidos para hojas rectas y universales, y se basan en las siguientes condiciones:

1. 100% de eficiencia (60 minutos/hora).
2. Tiempos fijos de 0,05 minutos en máquinas con Servo-Transmisión.
3. La máquina excava por 50 pies (15 m), y luego empuja la carga para arrojarla desde el borde de una escarpa.
4. Densidad de la tierra: 2300 lb/yd^3 mater. suelto (1370 kg/m^3 mater. suelto), y 3000 lb/yd^3 en banco (1790 kg/m^3 en banco). El material se expande 30% (factor volumét. de conversión es 0,769).
5. Coeficiente de tracción:
   a. Máquinas de carriles – 0,5 ó más.
   b. Máquinas de ruedas – 0,4 ó más*
6. Se utilizan hojas de control hidráulico.

Para estimar la producción en yd^3 en banco, debe aplicarse el adecuado factor volumétrico de conversión (sección de Tablas) a la producción corregida, la cual se obtiene como se ha indicado.

Producción (m^3 en banco/hr) (yd^3 en banco/hr) = (m^3 sueltos/hr) (yd^3 sueltas/hr) x Factor volumét.

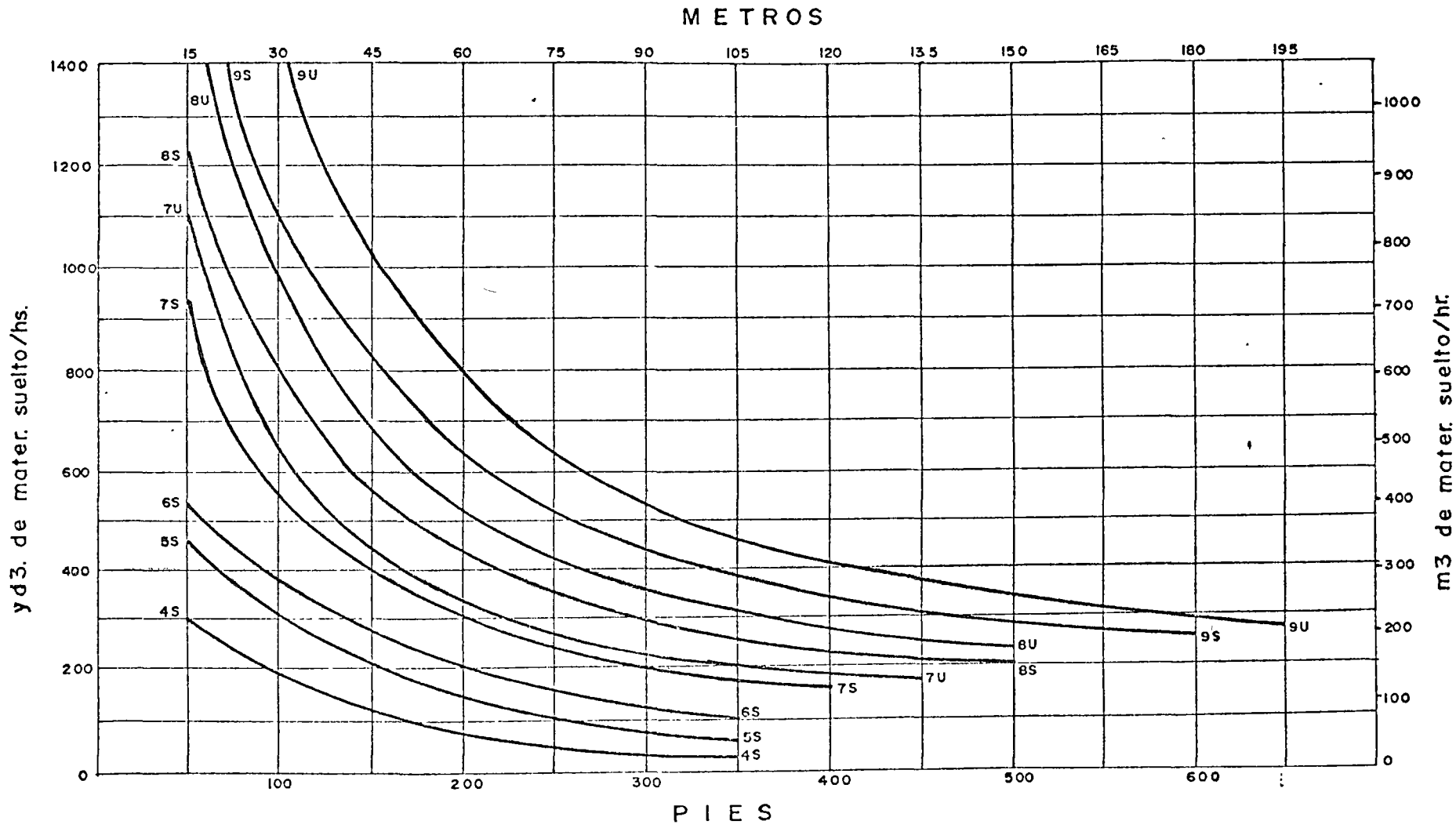
*Se supone que el coeficiente de tracción es por lo menos 0,4. Aunque las malas condiciones del suelo afectan tanto a los vehículos de carriles como a los de ruedas – lo cual obliga a empujar cargas más pequeñas a fin de compensar la pérdida de tracción en el suelo – los efectos en los de ruedas son mucho mayores, y su producción disminuye en mayor grado. Aunque no hay reglas exactas para anticipar dicha reducción, una regla empírica indica que los topadores de ruedas tienen 4% de pérdida por cada centésimo de disminución, cuando el coeficiente de tracción baja de 0,40. Por ejemplo, si éste es de 0,30, la diferencia es 10 centésimos (0,10), y la producción sería del 60% (10 X 4% = 40% de disminución).

FACTORES DE CORRECCION

CORRECCIONES SEGUN LAS CONDICIONES DEL TRABAJO		Tractor de Carriles	Tractor de Ruedas
OPERADOR:	Excelente	1,00	1,00
	Bueno	0,75	0,60
	Deficiente	0-0,60	0-0,50
MATERIAL:			
1. Peso–factor de corrección:			
$\frac{3000\ lb/yd^3\ banco}{Peso\ efectivo/yd^3\ banco}$	ó	$\frac{2300\ lb/yd^3\ sueltas}{Peso\ efectivo/yd^3\ sueltas}$	
2. Tipo–			
Material suelto amontonado		1,20	1,20
Difícil de cortar; congelado			
con cilindro de incl. lateral		0,80	0,75
sin cilindro de incl. lateral		0,70	––
hoja con control de cable		0,60	––
Difícil de empujar; se apelmaza (seco, material no cohesivo o material muy pegajoso)		0,80	0,80
Roca desgarrada o dinamitada		0,60-0,80	––
EMPUJE POR METODO DE ZANJA		1,20	1,20
EMPUJE CON DOS TRACTORES JUNTOS		1,15-1,25	1,15-1,25
VISIBILIDAD: polvo, lluvia, nieve, niebla u obscuridad		0,80	0,70
EFICIENCIA DEL TRABAJO:			
50 min/h		0,84	0,84
45 min/h		0,75	0,75
TRANSMISION DIRECTA (tiempo fijo de 0,1 min)		0,80	––
*HOJA:	Hoja angulable (A)	0,50-0,75	––
	Hoja amortiguada (C)	0,50-0,75	0,50-0,75
	Hoja con desgarradores (R)	1,00-1,50	––
	D5 de entrevía estrecha	0,90	––
	Material liviano hoja U (carbón)	1,20	1,20
	Hoja con caja (montones)	1,30	1,30
PENDIENTES: Vease la gráfica de factores de pendientes.			

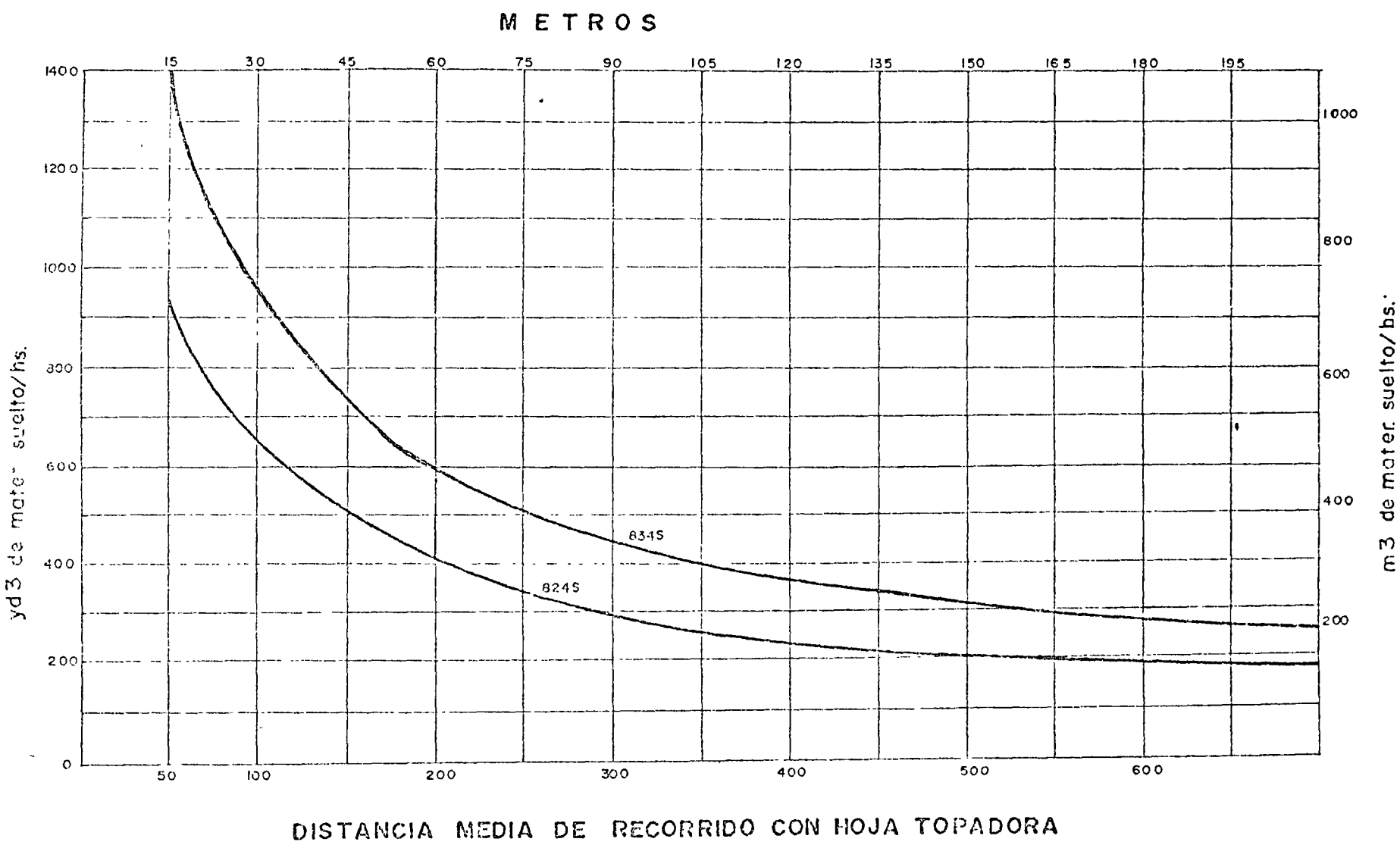
*NOTA: Las hojas angulables y las amortiguadas no se consideran implementos de producción. Según sean las condiciones del trabajo, la hoja A y la C rinden del 50 al 75% de las hojas rectas.
El objeto de las hojas con desgarradores es elevar la producción con materiales duros y aumentar la adaptabilidad de un tractor topador. En ciertas aplicaciones y condiciones de trabajo, la hoja R

PRODUCCION ESTIMADA DE UN TRACTOR DE CARRILES CON HOJAS TOPADORAS UNIVERSALES Y RECTAS

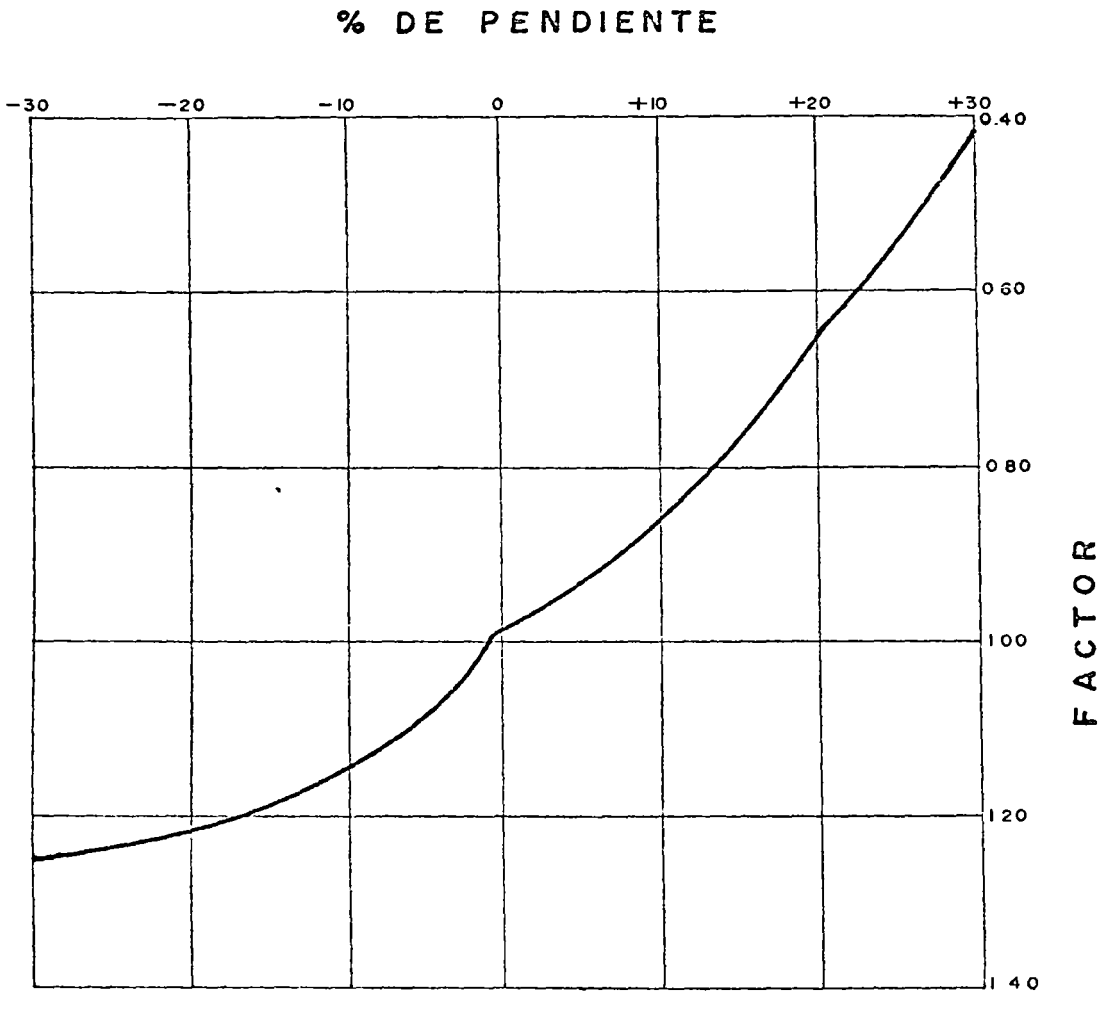


DISTANCIA MEDIA DE RECORRIDO CON HOJA TOPADORA

PRODUCCION ESTIMADA DE TRACTORES DE RUEDAS CON HOJA RECTA



FACTORES DE CORRECCION POR PENDIENTE



NOTA: (−) FAVORABLE
(+) DESFAVORABLE

Recientemente se está utilizando un método para el mantenimiento preventivo de los tractores que consiste en observar en un espectroscopio muestras de aceite - obtenidas de los tractores. Estas muestras se toman con una jeringa, como si fueran muestras de sangre, se llevan al espectroscopio y se observa el contenido de residuos de metales o aleaciones de metales que se identifican con las distintas piezas del tractor. Si el residuo acusa un contenido superior a ciertos límites especificados se puede detectar cual es la pieza que debe sustituirse. En esta forma al cambiar una pieza oportunamente se evitan daños a otras partes del tractor, se hace - la reposición oportuna eliminando así tiempos perdidos de operación.

En México la Caterpillar está dando este servicio en la Ciudad de Monterrey y es probable que proximamente se tenga el mismo servicio en la Ciudad de México.

DESGARRADORES

Otro aditamento muy útil de los tractores es el arado o desgarrador que en los últimos años ha venido a revolucionar la excavación en roca o de los materiales denominados como "C" ó "III", que normalmente requieren barrenación y uso de explosivos para su afloje pero que en muchos casos pueden atacarse con el uso del arado. Este es un implemento auxiliar pues de las tres actividades principales del movimiento de tierras que son: excavar, acarrear y colocar, solo realiza el afloje de la excavación.

El arado se acopla a la parte posterior del tractor y consiste en una viga horizontal la cual tiene en su extremo un vástago vertical y éste a su vez termina en su parte inferior en una punta llamada casquillo. Al penetrar el vástago con su casquillo en el terreno y ser jalados por la fuerza tractiva van rompiendo la estructura del material que se pretende excavar y logrando con esto el afloje requerido para que pueda cargarse mediante excavadoras frontales o motoescrepas o acarrearse con bulldozer, segun el procedimiento de construcción que se haya planeado de acuerdo con el proyecto.

El arado es un implemento muy antiguo que se utilizó principalmente para labores agrícolas, tirado por animales. Su aplicación en la industria de la construcción se inicia durante el presente siglo utilizando el tipo de control de cables, tirado por un tractor y que penetra en el terreno como consecuencia del peso propio del arado. El arado a base de controles hidráulicos, de más reciente diseño,

permite que la penetración esté provocada por el sistema hidráulico y por el peso del tractor.

Con el armado de tractores de mayor peso y potencia la acción de los -- desgarradores es más efectiva, pues el rendimiento depende fundamentalmente de esos dos factores.

Los desgarradores se fabrican de dos tipos: de bisagra y de paralelogramo, - con uno o tres vástagos. Ambos tienen sus funciones específicas, pero en términos generales resulta más atractivo para los constructores el de paralelogramo equipado con un diente.

El de bisagra que puede ser de uno a tres dientes, tiene la desventaja de - que al penetrar el vástago en el terreno modifica su angulo de inclinación. El de paralelogramo penetra conservando siempre el mismo angulo lo cual ofrece una mayor efectividad en el rompimiento del terreno. Este tipo de desgarrador puede realizar excavaciones a mayor profundidad y la distancia entre el vástago y el tractor aumenta, lo que permite desgarrar fragmentos de roca de mayor tamaño.

Anteriormente cuando el constructor se encontraba con el problema de excavar en roca, forzosamente tenía que recurrir al uso de equipo de barrenación y -- explosivos, en cambio actualmente con los arados, rocas con ciertas características geológicas pueden atacarse en forma más económica, pues aparte del costo comparativo, se facilita su utilización al evitar una serie de recursos adicionales que - requieren el uso de explosivos como llevar compresores y perforadoras con todo - su equipo auxiliar, el personal , los riesgos y trámites correspondientes.

Antes de tomar la decisión del equipo por utilizar debe hacerse un cuidadoso análisis con objeto de ver cual resulta más conveniente, pero sobre todo - tener alguna seguridad de que el material por excavar pueda desgarrarse. En -- algunos casos en donde la geología del proyecto lo exige tendrán que usarse = ambos procedimientos.

El arado tiene la ventaja de que acoplándose a un tractor, éste puede tener otros usos, como bulldozer o empujando máquinas.

Es fundamental conocer el tipo de material que se pretende excavar para decidir sobre el uso del arado. En términos generales la decisión no solo se apoya en la dureza de la roca sino en sus condiciones geológicas, pueden ararse si presenta las siguientes características:

- Fracturas y fallas.
- Planos laminados.
- Intemperización.
- Poca dureza.
- Grano grueso.
- Fragilidad
- Conglomerados empacados en materiales arcillosos.

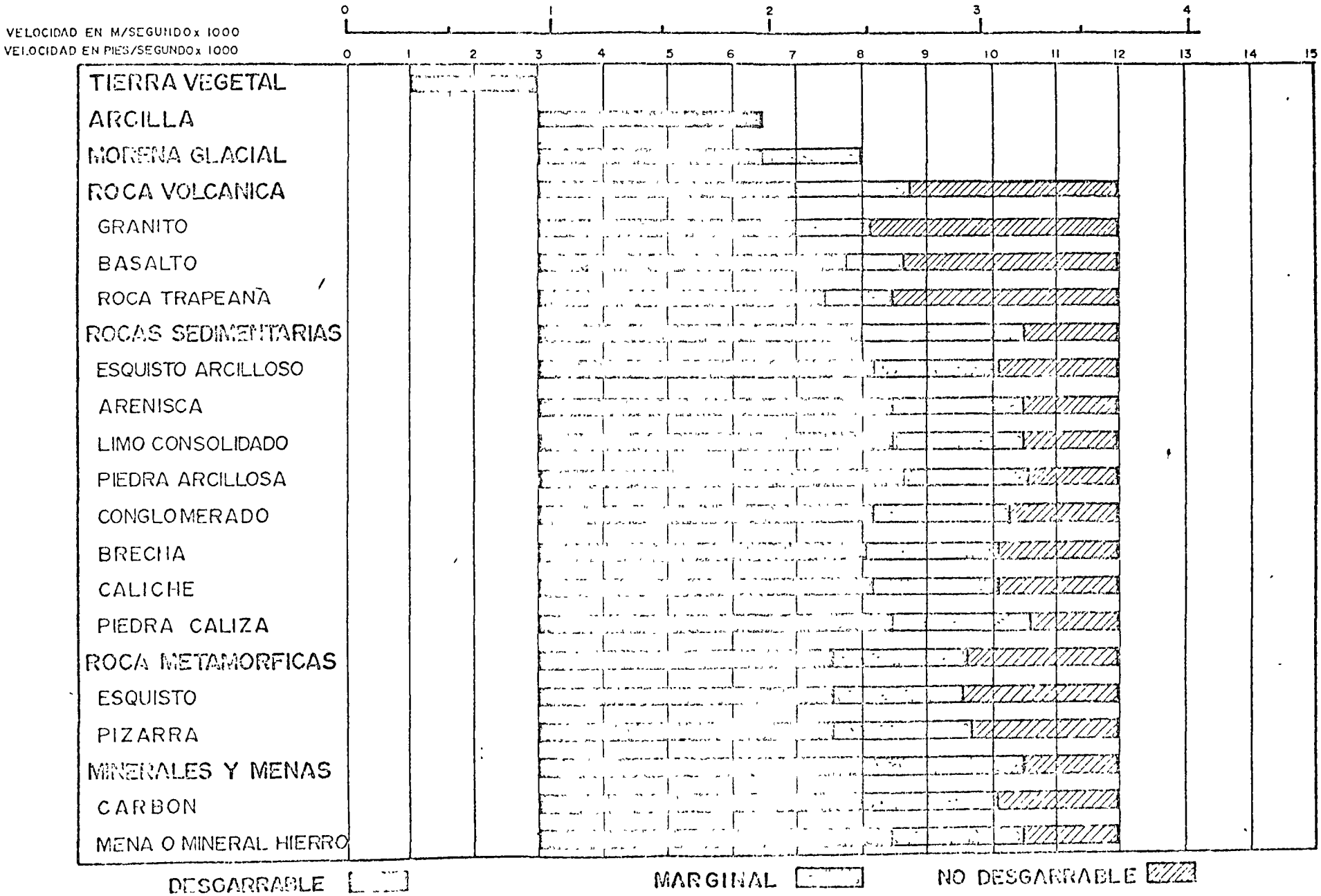
Lo anterior da un indicio de los materiales arables y deben confirmarse a través de exploraciones geológicas, muestras obtenidas mediante sondeos o la observación directa.

Ultimamente se aplica el sistema de refracción sismográfica, muy conveniente cuando se tiene bien definido el proyecto y localizados los sitios que pretenden explotarse. Se basa en que la velocidad de una onda sonora a través de un material compacto es mayor que a través de materiales suaves, de modo que las distintas velocidades sísmicas, definen ciertos límites dentro de los cuales los materiales son susceptibles a desgarrarse. Frecuentemente este sistema se complementa con -- perforaciones y observación directa, sin embargo, de aplicarse la refracción sismográfica deben analizarse con cuidado los resultados para evitar deducciones equivocadas o inciertas.

Se utiliza un aparato llamado geófono que consiste principalmente en un martillo que golpea una placa a diferentes distancias de un receptor, el cual mediante circuitos electrónicos señala el tiempo transcurrido, con lo que se obtienen las velocidades de las ondas sísmicas y se deduce el grado de consolidación de la roca. En las páginas números 41, 42 y 43 se presentan unas gráficas con los rendimientos de los tractores Caterpillar D9G, D8H y D7 equipados con desgarrador en función - de las velocidades sismicas en distintos tipos de materiales. Como se observa, a -- mayor potencia de tractor mayor rendimiento para los efectos de afloje mediante - arado. Para materiales suaves como tierras vegetales y las arcillas de baja velocidad sísmica es un desperdicio desgarrar, en cambio rocas volcánicas, sedimentarias o metamorficas son desgarrables hasta cierto límite según la velocidad de la onda sísmisa y esto puede redundar en menores costos de producción.

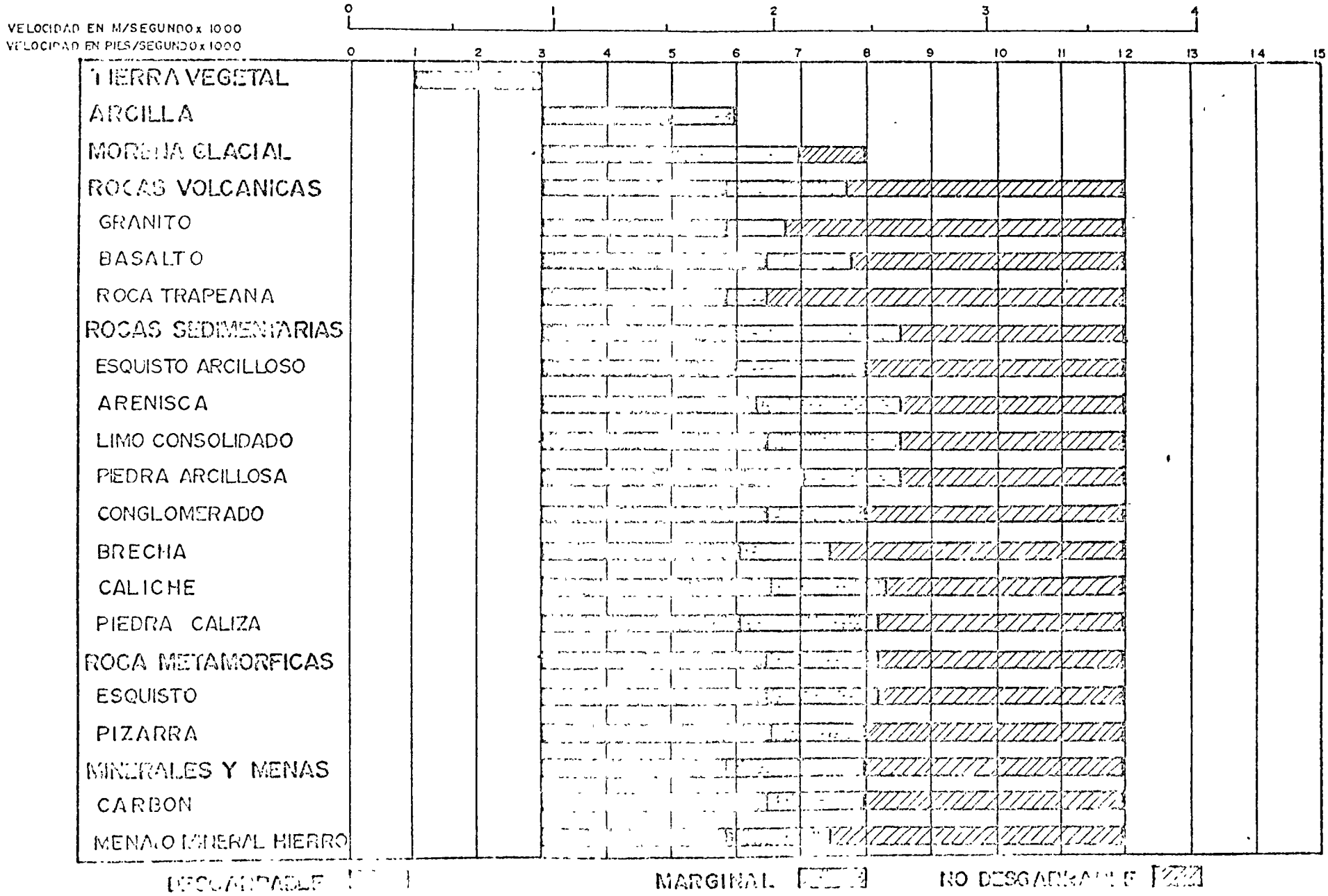
Rendimiento

RENDIMIENTO DEL DESGARRADOR NO. 9, SERIE D, DE UNO Y DE VARIOS VASTAGOS, EN TRACTOR D9G (385 hp) EN RELACION CON LAS VELOCIDADES DE LAS ONDAS SISMICAS



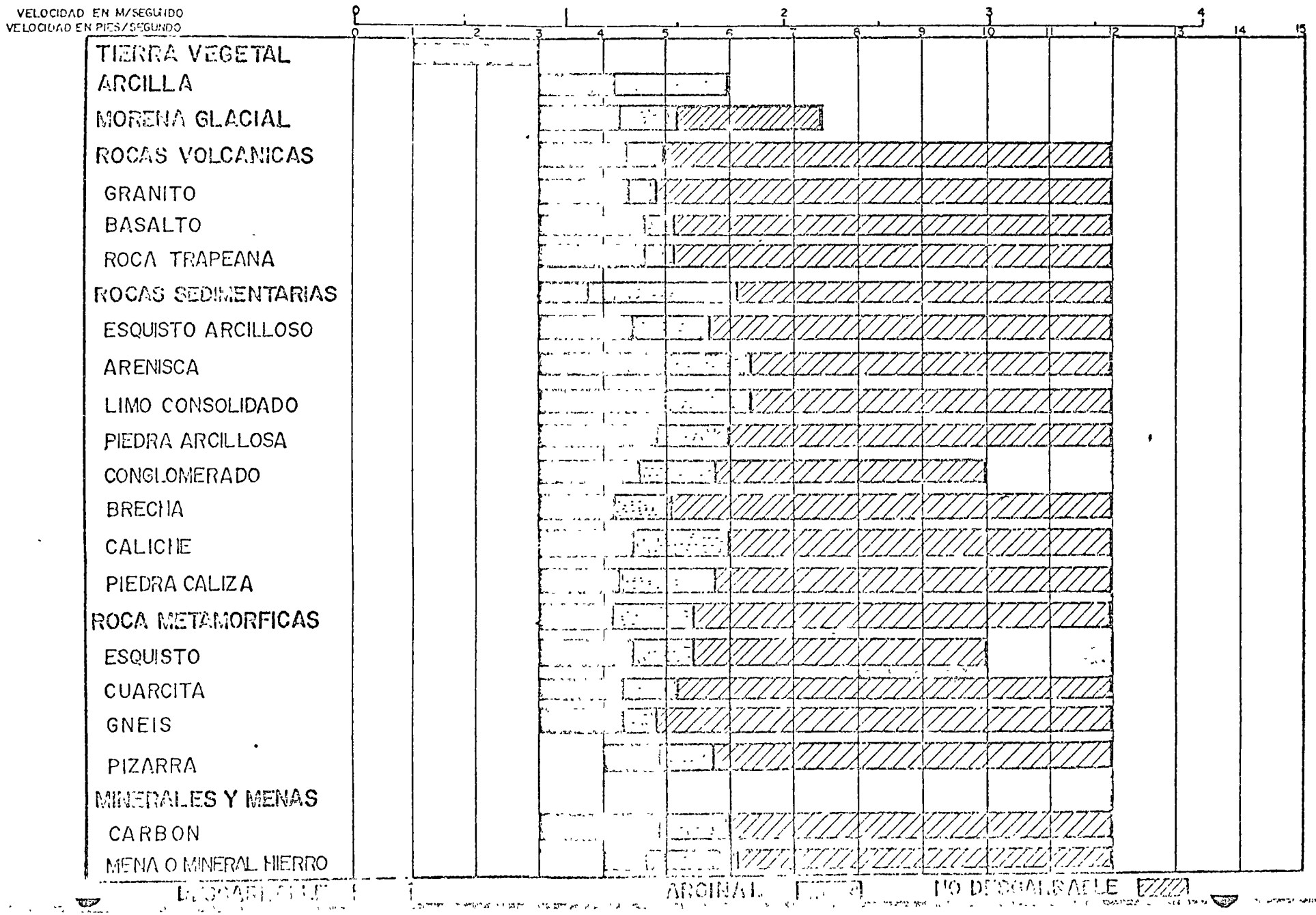
Rendimiento

RENDIMIENTO DEL DESGARRADOR NO. 8 SERIE D, DE UNO Y DE VARIOS VASTAGOS, EN TRACTOR D8H (270hp) EN RELACION CON LAS VELOCIDADES DE LAS ONDAS SISMICAS



R e n d i m i e n t o

RENDIMIENTO DEL DESGARRADOR NO. 7 EN TRACTOR D7F (180hp) EN RELACION CON LAS VELOCIDADES DE LAS ONDAS SISMICAS



De no aplicarse sistemas como los anteriores para seleccionar el equipo - muchas veces el constructor en función de su propia experiencia define que -- materiales pueden atacarse con el arado. Pero siendo el arado un aditamento - que no limita la utilización del tractor, casi siempre se adquieren equipados - con desgarrador de cualquier tipo pues en caso de encontrarse materiales adecuados, se pueden aflojar sin tener la necesidad de recurrir a los sistemas convencionales de barrenación y uso de explosivos.

No debe olvidarse al analizar los costos comparativos que el aflojar roca - con explosivos actualmente resulta más económico con la aplicación de productos a base de nitrato de amonio.

Es frecuente que el constructor en muchas ocasiones no pueda definir fácilmente el tipo de arado que debe adquirir, pues lá máquina que se va a utilizar puede trabajar en distintos proyectos y se presenta la duda de inclinarse por un arado tipo bisagra, tipo paralelogramo y de uno o tres dientes. Esto dependerá - de las características del material pues cada tipo de arado tiene su aplicación - propia, pero como se señaló anteriormente el de paralelogramo presenta muchas ventajas y mayor versatilidad. Un arado que trabaja con tres dientes, con mayor razon podrá rendir más con un solo diente; si el material es duro solo puede penetrar un diente. Si se tiene un arado de tres dientes podrán utilizarse todos o - trabajar solamente con uno, esto será siempre consecuencia de la experiencia y de la observación directa.

La longitud del vástago depende de la dificultad de ataque pero debe procurarse aprovecharla hasta donde sea posible, vigilando que no se rompan los vástagos. Ultimamente se ha diseñado un perno con controles hidráulicos que permite al operador del tractor ajustar la longitud necesaria sin moverse de su asiento y además los vástagos tienen una placa protectora para absorver los impactos de la roturación y con esto se evitan los rompimientos frecuentes.

Lo que más se desgasta al desgarrar roca son los casquillos, que se fabrican en tres tamaños: corto, intermedio y largo. Recomiendan los fabricantes usar el tipo de casquillo más largo posible siempre y cuando no se rompa. Esto nos lleva a tomar decisiones en función de resultados previos, pero lo importantes es evitar el rompimiento o desgaste prematuro de los casquillos pues encarecen el costo del desgarramiento.

La profundidad de penetración del vástago en las máquinas modernas puede ser hasta de 84 pulgadas, como cuando se requiere excavar en zanjas, pero esto significa un vástago con casquillos especiales y condiciones de uso rudo pues al aumentar la profundidad habrá tendencia a mayor desgaste y rompimiento de las piezas. Una penetración del órden de 30 ó 40 pulgadas es frecuente.

Los tractores sometidos a los trabajos de desgarramiento sufren deterioro en su sistema de tránsito por lo que es conveniente vigilar la correcta operación para disminuir hasta dónde sea posible los costos de reparación. Se recomienda el uso de zapatas de trabajo sobre roca de servicio extremo en lugar de usar zapatas anchas standard. Una mala operación disminuye los rendimientos y encarece los costos.

La velocidad de marcha al estar usando el arado es de 2 a 3 Km/hr., especialmente en el caso de encontrarse con materiales muy duros. De preferencia debe trabajarse cuesta abajo, sin embargo en ocasiones conviene trabajar cuesta arriba para que el peso del tractor permita una mayor penetración.

La distancia entre pasos del arado dependerá de las características de la roca y del sistema de carga del material. Si se usan motoescrepas es conveniente obtener tamaños adecuados para facilitar la carga. En caso de utilizar cargadores frontales o palas mecánica, esto permite tamaños mayores. Si el material aflojado se acarrea con bulldozer pueden modificarse aun más las distancias entre pasos. La realidad es que la separación entre cada paso del arado y la penetración del diente debe determinarse mediante tanteos sucesivos.

En la misma situación se encuentra la aplicación de uno o tres dientes, pues lo que busca el constructor es el máximo rendimiento, sin embargo la aplicación de un solo diente es más frecuente.

Los tractores que a su vez desgarren con el arado y empujen motoescrepas que están cargando el material, deben trabajar siempre en el mismo sentido para que puedan fácilmente ejercer ambas funciones.

Otras recomendaciones que señalan los fabricantes es la de aflojar en el sentido en que la estratificación del material facilite el desgarramiento y evitar que el diente penetre cuando el tractor está girando.

Cuando se encuentran materiales que oponen mucha resistencia al desgarre y previo análisis cuidadoso, pueden utilizarse dos tractores en tandem, el que va adelante equipado con el arado y el que va atras empujando al primero y aplicando el peso de su hoja topadora sobre el propio arado. En caso de aplicar este procedimiento los arados vienen equipados con un adaptador que recibe la carga horizontal y vertical del tractor empujador.

En las páginas 48, 49 y 50 se presentan las especificaciones de los desgarradores Caterpillar que se acoplan a tractores de carriles modelos D8 y D9. Existen otras marcas de arados que pueden adquirirse en el mercado y el propio fabricante del tractor lo es de este aditamento.

DESGARRADORES – TRACTORES DE CARRILES	No. 9D	No. 9D	No. 8D	No. 8D
	Un vástago Desgarramiento Standard Profundo	Varios vástagos	Un vástago Desgarramiento Standard Profundo	Varios vástagos
Tipo	Ajustable	Ajustable	Ajustable (opción de ajuste manual o hidráulico)	Ajustable (opción de ajuste manual o hidráulico)
Modelo	D9G	D9G	D8H	D8H
Dimensiones principales – tractor y desgarrador				
Longitud, desgarrador alzado – pies y pulg	23'6"	21'11"	22'4"	20'9"
– (mm)	(7200)	(6700)	(6800)	(6300)
Longitud, desgarrador abajo – pies y pulg	24'11"	23'4"	23'7"	22'0"
– (mm)	(7600)	(7100)	(7200)	(6700)
Ancho máximo de desgarrador – pies y pulg	9'11"	9'11"	9'2"	9'2"
– (mm)	(3000)	(3000)	(2800)	(2800)
Viga:				
Longitud – pies y pulg	4'1"	9'5"	4'1"	8'3"
– (mm)	(1240)	(2850)	(1240)	(2500)
Sección – pulg	14" x 15"	14" x 15"	14" x 15"	12" x 12 1/2"
– (mm)	(355 x 380)	(355 x 380)	(355 x 380)	(305 x 320)
Espacio libre bajo la viga – levantada – pulg	72 1/4"	72 1/4"	65 3/4"	64"
– (mm)	(1840)	(1840)	(1670)	(1630)
en posición baja – pulg	9 1/4"	9 1/4"	16"	14"
– (mm)	(235)	(235)	(405)	(355)

MODELOS ACTUALES CAT
ESPECIFICACIONES

DESGARRADORES – TRACTORES DE CARRILES	No. 9D		No. 9D	No. 8D		No. 8D
	Un vástago Desgarramiento Standard	Profundo	Varios vástagos	Un vástago Desgarramiento Standard	Profundo	Varios vástagos
Vástagos (uno standard – otros dos optativos): Número de vástagos	1		3	1		3
Posiciones de los vástagos	4	6	2	4	6	2
Longitud con la punta –pulg	87"	109"	72"	87"	109"	65"
–(mm)	(2210)	(2750)	(1830)	(2210)	(2750)	(1680)
Sección –pulg	3 1/2" x 14"		3" x 13"	3 1/2" x 14"		3" x 13"
–(mm)	(89 x 355)		(76 x 330)	(89 x 355)		(76 x 330)
Espacio de centro a centro –pulg			53"			46"
–(mm)			(1350)			(1170)
Penetración máxima –pulg	55"	77"	40"	48"	70"	28"
–(mm)	(1400)	(1960)	(1020)	(1220)	(1780)	(710)
Longitud de las puntas –pulg	12"		12"	12"		12"
–(mm)	(305)		(305)	(305)		(305)
Espacio libre bajo la punta Vástago levantado –pulg	44 1/2"		33 1/2"	37 3/4"		32"
–(mm)	(1130)		(850)	(960)		(810)

MODELOS ACTUALES CAT
ESPECIFICACIONES

DESGARRADORES – TRACTORES DE CARRILES	No. 9D	No. 9D	No. 8D	No. 8D
	Un vástago Desgarramiento Standard Profundo	Varios vástagos	Un vástago Desgarramiento Standard Profundo	Varios vástagos
Cilindros hidráulicos: Dos de doble acción, diám. y carrera				
Punta —pulg ..... —(mm).....	8.25" x 20.67" (210 x 525)	8.25" x 20.67" (210 x 525)	7.25" x 16.50" (184 x 420)	7.25" x 16.50" (184 x 420)
Levantamiento —pulg ..... —(mm).....	9.25" x 21.03" (235 x 530)	9.25" x 21.03" (235 x 530)	8.25" x 18" (210 x 455)	8.25" x 18" (210 x 455)
Ajuste total del vástago				
Hidráulico	33°	33°	28°	28°
Manual			10°	10°
Peso, con inclusión de un diente				
Instalado —lb ..... —(kg).....	13500 13900 (6100) (6300)	14500 (6600)	9700* 9900* (4400) (4500)	9300* (4200)
Peso de cada diente adicional				
Instalado —lb ..... —(kg).....		800 (365)		700 (320)
ACCESORIOS DEL DESGARRADOR–Puntas optativas:				
Longitud media —pulg ..... —(mm).....			13 1/2" (345)	13 1/2" (345)
Largas —pulg ..... —(mm).....	13 1/2" (345)	13 1/2" (345)	15 1/2" (395)	15" (395)
Extractor hidráulico de pasadores	Optativo Standard	ND	Optativo Standard	ND

ND = No disponible *Ajuste manual del vástago. El ajuste hidráulico aumenta el peso en 200 lb (91 kg).

RENDIMIENTO.-

La producción de un tractor aflojando material con un arado dependerá de la separación entre los pasos, profundidad del vástago y de la potencia de la máquina. Influye la velocidad de marcha pero como ya se indicó debe vigilarse cuidadosamente no exagerarla, pues puede dañar seriamente la máquina.

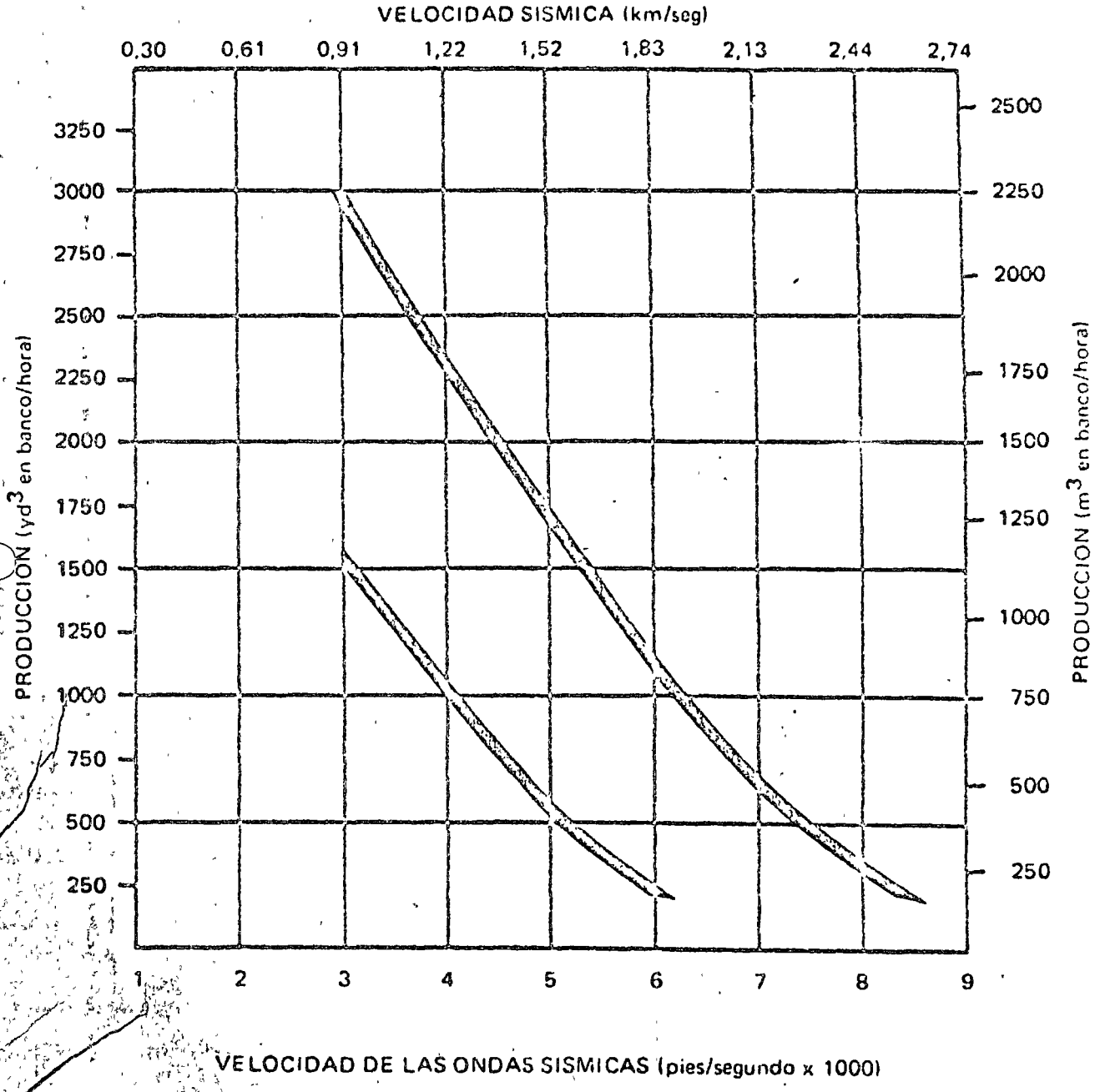
Para determinar la producción se puede aplicar la siguiente formula:

$$P = \frac{a \times h \times v}{n} \times f$$

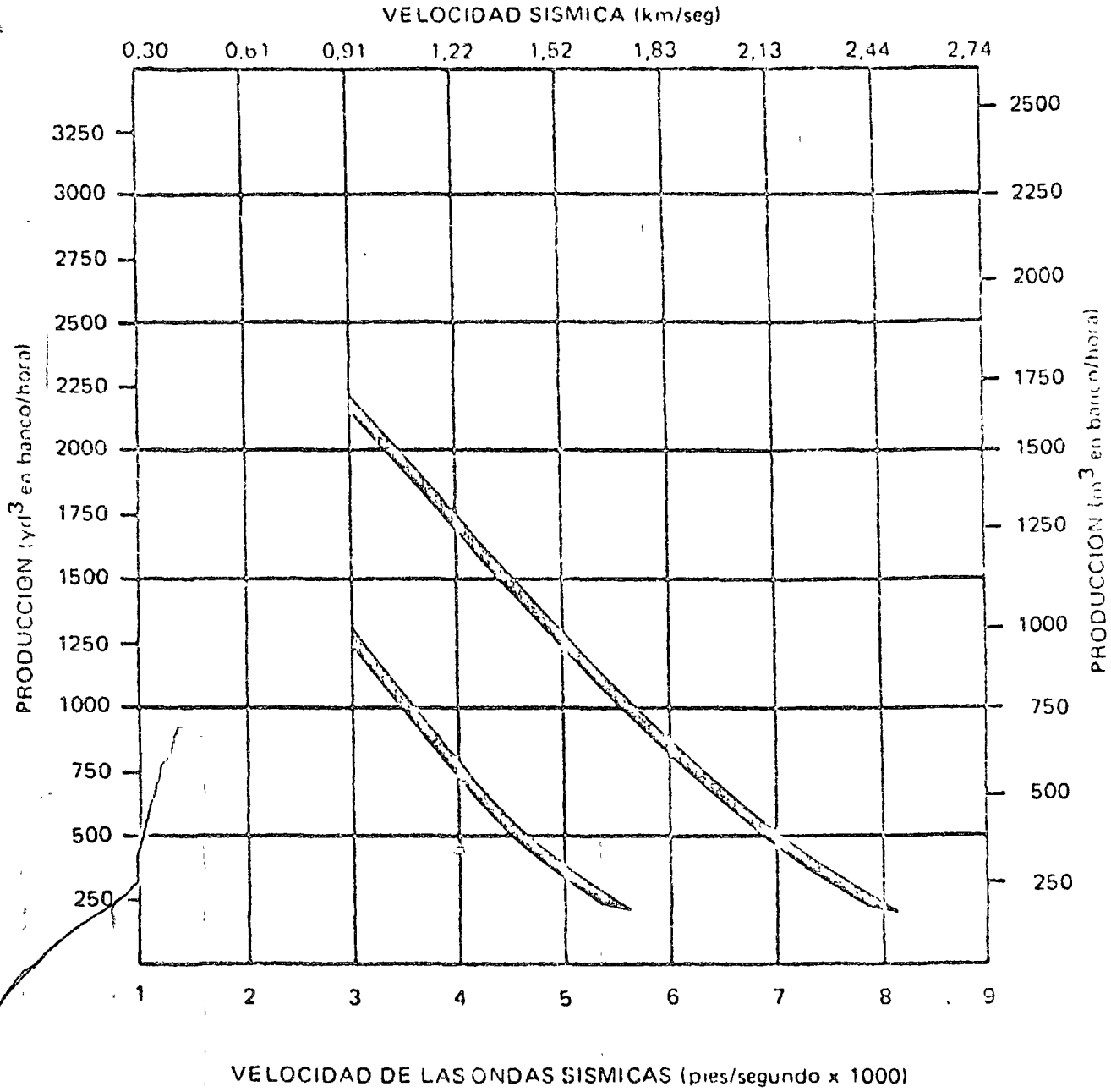
- P, es la producción en M3/hr.
- a, la separación entre pasos en metros.
- h, la penetración del vástago en metros.
- v, la velocidad en metros/hora.
- n, el número de pasos requeridos para aflojar el material.
- f, factor de corrección que se determina por observación directa según el tipo de material de que se trate.

En las páginas 52 y 53 se presentan las producciones estimadas de desgarradoras montando en tractores Caterpillar D9G y D8H. Representan condiciones ideales, por lo que su aplicación debe manejarse con cuidado y adaptándose al tipo de trabajo que se está realizando. Se considera en estas gráficas que las máquinas trabajan con una eficiencia de 100% y para velocidades sísmicas mayores de 6 000 pies/segundo debe reducirse la producción en un 25%. Es preferible usar la curva de menor producción y aplicar factores de corrección.

PRODUCCION ESTIMADA DE UN DESGARRADOR 9D montado en un D9G



PRODUCCION ESTIMADA DEL DESGARRADOR 8D montado en tractor D8H



Formato para el análisis del costo directo: hora-máquina.

CONSTRUCTORA: _____	Máquina: _____	Hoja No. _____
_____	Modelo: _____	Calculó. _____
OBRA: _____	Datos Adic: _____	Revisó _____
		Fecha: _____

DATOS GENERALES.

Precio adquisición: $ _____

Equipo adicional:-

_____ _____

_____ _____

Valor inicial (Vo): $

Valor rescate (Vr): _____ % = $ _____

Tasa interes (i): _____ %

Prima seguros (s) _____ %

Fecha cotización: _____

Vida económica (Ve): _____ años

Horas por año (Ha): _____ hr/año

Motor: _____ de _____ HP.

Factor operación: _____

Potencia operación: _____ HP. op

Coeficiente almacenaje (K). _____

Factor mantenimiento (Q). _____

I.- CARGOS FIJOS.

a) Depreciacion. $D = \frac{Vo - Vr}{Ve}$ = _____ = $

b) Inversión: $I = \frac{Vo + Vr}{2\,Ha}\,i$ = _____ =

c) Seguros: $S = \frac{Vo + Vr}{2\,Ha}\,s$ = _____ =

d) Almacenaje. $A = KD$ = _____ =

e) Mantenimiento: $M = QD$ = _____ = _____

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA $ _____

II.- CONSUMOS.

a) Combustible: E = o Pc

Diesel: E = 0.20 x _____ HP. op. x $ _____ /lt. = $

Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op x $ _____ /lt. =

b) Otros fuentes de energía: _____ =

c) Lubricantes: L = o Pe

Capacidad carter: C = _____ litros

Cambios aceite: t = _____ horas

$o = C/t + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases}$ x _____ HP. op. = _____ lt/hr.

∴ L = _____ lt/hr x $ _____ /lt.

d) Llantas: $Ll = \frac{V\,ll}{Hv}$ (valor llantas) / (vida económica)

Vida económica: Hv = _____ horas

∴ $Ll = \frac{\$}{\text{horas}}$ = _____

SUMA CONSUMOS POR HORA $ _____

III.- OPERACION.

Salarios: S

operador: $ _____

_____ : _____

_____ : _____

Sal/turno-prom: $

Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x _____ (factor rendimiento) = _____ horas

∴ Operación = $O = \frac{S}{H} = \frac{\$}{\text{horas}}$ = $ _____

SUMA OPERACION POR HORA $ _____

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) $ _____

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

FACULTAD DE INGENIERIA

UNAM

CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

"USO DE CARGADORES Y RETROEXCAVADORAS"

ING. CARLOS MANUEL CHAVARRI M.

ORIGEN DE LOS CARGADORES

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

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

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

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

a) Mayor producción
b) Menor costo de funcionamiento
c) Mayor movilidad
d) Más facilidad de servicio

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

CLASIFICACION DE LOS CARGADORES

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

A) Por la forma de efectuar la descarga se clasifican en.
   a) Descarga Frontal
   b) Descarga Lateral
   c) Descarga Trasera

Descarga Frontal

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

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

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

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

Descarga Lateral

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

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

Descarga Trasera

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

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

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

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

A este equipo de descarga trasera diseñado especialmente para excavaciones de túneles, se les llama rezagadoras y hay algunas fábricas que se han dedicado especialmente a perfeccionarlos por lo que en muchas ocasiones resulta ser el equipo adecuado para cargar el producto de la excavación dentro de túneles. Vienen montados generalmente sobre orugas, aunque algunos pequeños vienen sobre ruedas metálicas que ruedan sobre una vía previamente instalada dentro del túnel. Es muy raro encontrar este equipo montado sobre llantas.

B) Clasificación por la forma de Rodamiento:
   a) De Carriles (orugas)
   b) De Llantas (neumáticos)

Las orugas son de calibre ancho para mejorar la estabilidad contra el volcamiento lateral cuando acarrean cargas pesadas.

Los cargadores montados sobre llantas pueden ser de dos o cuatro ruedas motrices. Generalmente se utilizan llantas muy grandes. Esto sirve para proporcionar una excelente flotación que los permite trabajar en la mayoría de los terrenos.

En el siguiente capítulo, se tratará con detalle los diferentes trabajos que pueden desarrollar tanto los cargadores montados sobre orugas, como los de llantas.

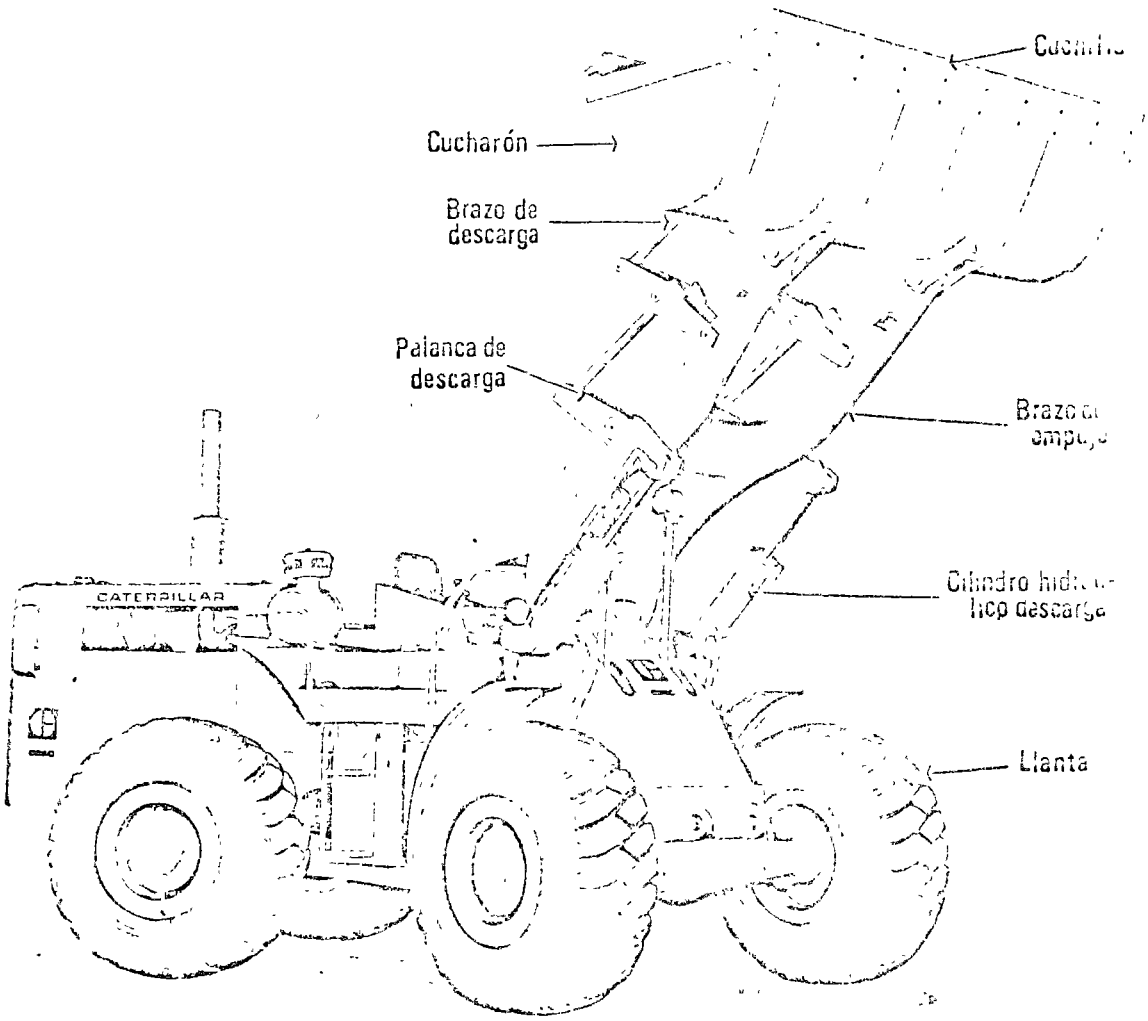
Los cargadores montados sobre llantas pueden ser de dos o cuatro ruedas motrices. Generalmente se utilizan llantas muy grandes. Estas sirven para proporcionar una excelente flotación que les permite trabajar en la mayoría de los terrenos.

En el siguiente capítulo, se tratará con detalle los diferentes trabajos que pueden desarrollar tanto los cargadores montados sobre orugas, como los de llantas.

DESCRIPCION
DE
LOS
CARGADORES
FRONTALES

CARGADORES FRONTALES MONTADOS SOBRE NEUMATICOS

Los cargadores frontales montados sobre neumaticos, son equipos de excavación, carga y acarreo que tienen un cucharón o bote para estos fines y que se adaptan en la parte delantera de los tractores (Fig. 6).



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

1. Transmitir fuerza suficiente a las ruedas para proporcionar una acción de empuje adecuado al peso de la máquina.

2. Suministrar fuerza al sistema hidráulico que excavara, levantará y volcará las cargas adecuadas por anticipado.

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

NEUMATICOS

Si los motores y trenes de transmisión han experimentado cambios lo suficientemente amplios para hacer posible la consecusión del moderno cargador, para trabajos intensivos, los neumáticos también han evolucionado. Los de base estrecha inflados a alta presión han sido sustituidos por neumáticos de amplia base, alto índice de tracción, gran flotación y larga vida en sercicio.

Quizás el resultado más significativo de las investigaciones sobre neumáticos, llevadas a cabo por fabricantes, es el desarrollo de neumáticos de gran base, sin cámara, especiales para el movimiento de tierra y para actuar sobre roca. Las presiones de inflado más bajas y las bases más amplias, han impulsado a una reconsideración de los conceptos de resistencia a la rodadura.

Otro resultado de la investigación llevada a cabo con neumaticos de base ancha es el referente a la presión por pulgada cuadrada ejercida sobre el suelo por el neumático, que es aproximadamente igual a la presión de

inflado del neumático.

Se ha conseguido aún otra mejora que relaciona la duración de los neumáticos con la cantidad de lonas utilizadas en su fabricación según las diversas condiciones de trabajo. Se ha demostrado mediante una gran cantidad de estudios efectuados sobre el terreno que, por ejemplo, un neumático del tipo que se utiliza en las máquinas para el movimiento de tierra, equipado con pocas lonas, suministra un área de apoyo superior.

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

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

Existe una gran variedad de tamaños de neumáticos, número de lonas y diseño de cubiertas adecuadas para su utilización en los cargadores, por lo que por considerarlo interesante anexamos la tabla que a continuación se muestra.

Dimensión Neumático	Número de lonas	Tipo de Neumático	Precio agosto-1975
23 5 x 25	20	L-3	26,538 00
	24	L-2	29,297 00
26 5x25	14	L-3	26,900 00
	16	L-3	32,552 00
29 5x25	22	L-4	46 255 00
29 5x29	22	L-3	47,967 00
	28	L-4	53,361 00
33.25x35	20	L-3	66,305 00
	25	L-3	77,738 00

L-2 Tipo de Tracción
L- 3 Para Roca
L-4 Para Roca (huella profunda)

A los neumáticos se les designan, generalmente por tres números visibles en la cara lateral por ejemplo, 23 5 x 25-20 indican el primero la anchura nominal exterior en pulgadas, el segundo, el diámetro de la llanta en pulgadas y el tercero el número de lonas

Protección de los Neumáticos

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

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

Cuando la superficie de rodamiento está compuesta de materiales

abrasivos y fragmentos de roca que puedan dañar a los neumáticos, es practica recomendable proteger a éstos; por medio de accesorios que constan de zapatas y eslabones de acero (Fig. 7).

Fig. 7. Cargador Frontal con Cadenas amortiguadas.

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

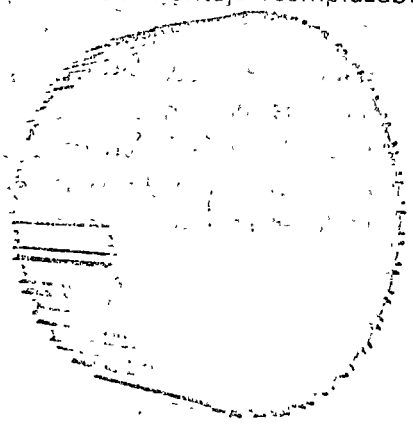


Fig. 8. Beadless

Este tipo de llantas se importan actualmente de Alemania pero está en proyecto fabricarlas en México.

Las ventajas principales que se obtienen al utilizar estas llantas son: su más larga duración y su más bajo costo de operación, para los usuarios.

MANDOS FINALES

Los cargadores montados sobre neumáticos pueden ser de dos o cuatro ruedas motrices.

Por las duras condiciones de trabajo los cargadores de dos ruedas motrices están siendo desplazados en el movimiento de tierra y su aplicación más bien es para fines agrícolas.

Los cargadores con tracción en las cuatro ruedas, puesto que aprovechan un mayor porcentaje de peso en la máquina comparado con los de tracción en un solo eje, realizan la acción de excavado y acarreo mucho mejor.

La mayoría de los cargadores de cuatro ruedas motrices se dirigen con las ruedas traseras. Sin embargo, los hay con dirección frontal e inclusive en las cuatro ruedas.

Algunos cargadores utilizan un mecanismo de dirección que hacen girar la mitad delantera del tractor, incluyendo el sistema articulado del tractor y el cucharón, alrededor de un pivote central (Fig 9). Esto ofrece las mismas ventajas que los de dirección en las ruedas traseras, manteniendo el peso del cargador directamente detrás del cucharón y haciendo que todas las ruedas sigan el rastro del trayecto del cucharón. Además, permite que el cucharón gire antes de que vire el tractor, aumentando la facilidad de la colocación, tanto en el banco como sobre el camión, reduciendo de esta manera el tiempo consumido en la distancia de recorrido entre banco y el camión.

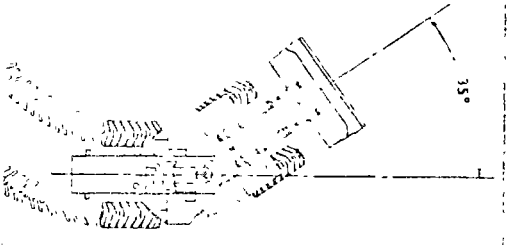


Fig. 9. Dirección de Bastidor

La fuerza de empuje describe la capacidad que tiene una máquina para hacer penetrar la cuchara en el material que se excave. La fuerza de

tracción útil disponible y las condiciones del terreno determinan la fuerza de empuje disponible. Si el operario de la máquina permite que patinen las ruedas, ello significa que se ha alcanzado la fuerza de empuje máximo y nada se consigue sino reducir la duración de los neumáticos. Puesto que el debido ajuste entre la unidad motriz y la máquina permite que el cargador haga patinar las ruedas en velocidad baja, cuanto mejores sean las condiciones del terreno, mayor esfuerzo tractor puede ser desarrollado para incrementar la acción de empuje.

El eje delantero del cargador es el que soporta los mayores esfuerzos resultantes de la excavación y el transporte de la carga.

El eje oscilante trasero se ha perfeccionado mediante el uso del sistema de dirección de doble émbolo accionado hidráulicamente, lo que proporciona al operario un manejo eficaz de la dirección con un mínimo esfuerzo. Ello permite la obtención de máxima maniobrabilidad y perfecto control del vehículo. El eje oscilante es especialmente valioso en terrenos accidentados, debido a que asegura la permanencia de las cuatro ruedas sobre el suelo con objeto de proporcionar el máximo esfuerzo de tracción.

SISTEMA DE FRENOS

Los cargadores cuentan con frenos de servicio y para estacionamiento. Los primeros son hidráulicos, con circuitos independientes para los ejes delantero y trasero; y están dotados de un sistema de alarma con objeto de que cuando se produzca algún fallo en cualquiera de los circuitos, entre en función el freno de emergencia de modo automático y se detenga la máquina. Los segundos, son de disco y se aplican manualmente.

Es importante hacer notar las ventajas que representa una adecuada conservación del sistema de frenos, ya que el costo tan elevado del equipo, nos obliga a ser muy cuidadosos en este renglón y si a eso aunamos la seguridad que representa para el personal que de alguna forma esté laborando cerca de la zona de maniobras de las máquinas, la buena conservación del sistema nos garantiza un manejo seguro y eficaz, tanto para el equipo como para el elemento humano.

CUCHARONES

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

a) Bote Ligero
b) Bote Reforzado
c) Bote Super Reforzado con Dientes
d) Bote para Demolición
e) Bote Eyector de Roca
f) Bote de Rejilla.

a) Bote Ligero

Los equipos que únicamente van a cargar materiales sueltos y poco abrasivos tienen un bote ligero y en la parte extrema del labio inferior están reforzados por una cuchilla que es la que primero entra en el material que se va a mover (Fig. 10)

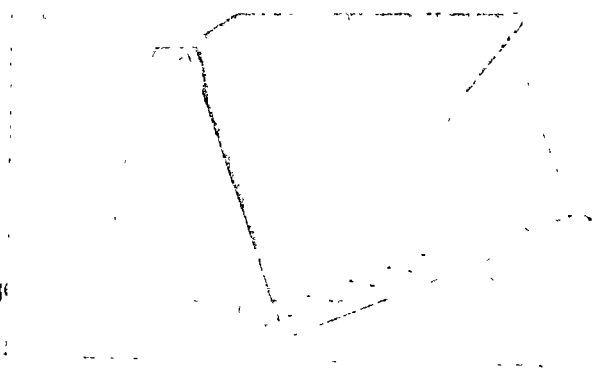


Fig. 10. Bote Lig

b) Bote Reforzado

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

material (Fig 11).

Fig. 11. Bote de Dientes para Excavar y Cargar.

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

c) Bote Super Reforzado con Dientes

Cuando el material que se va a cargar es roca fragmentada o lajar entonces se debe usar un bote especial, super reforzado, que es igual al bote de excavaciones pero más fuerte (Fig. 12). Algunos botes para roca tienen su borde inferior en forma de "V" y no llevan dientes sino cuchilla (Fig. 13).

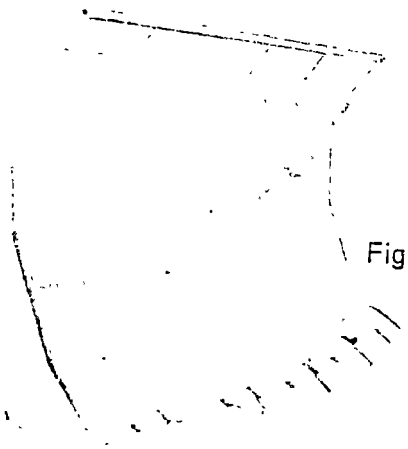


Fig. 12. Bote Super Reforzado

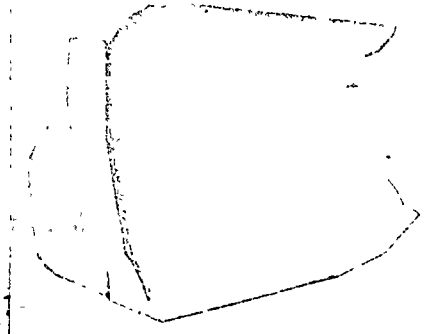


Fig. 1 Roca con borde inferior en "v"

d) Bote para Demolición

Este tipo sirve para cargar desechos y escombros de forma irregular, para esto cuenta con una mandíbula con fuerza hidraulica cuyos bordes son dentados (Fig. 14) Las planchas laterales son desmontables para mejor agarre de materiales grandes

Fig. 14 Bote para Demolición

e) Bote Eyector de Rocas

El eyector es utilizado para descargar el material que se encuentra en el bote, ya que éste avanza hasta el extremo delantero, por esta causa es posible regular la eyección del material a fin de situar bien la carga y minimizar los choques en la caja del camión. La cuchilla en "V" truncada facilita la penetración y la carga (Fig 15).

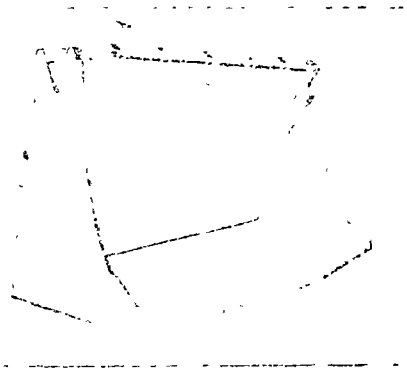


Fig 15 Bote Eyector de Roca

f) Bote de Rejilla

Se utiliza para el manejo de roca suelta Las aberturas del fondo permiten que el material indeseable caiga a través de éstas (Fig 16).

Fig. 16. Bote de Rejilla

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

Capacidades

La resistencia mecánica de toda la máquina y en particular de los componentes de los brazos y la cuchara, ha de ser suficiente para soportar las tremendas fuerzas que se desarrollan durante esta parte del ciclo de trabajo del cargador. Probablemente de ninguna otra parte del diseño básico del cargador, tienen los fabricantes tantas opiniones diferentes, como en el método de construir las piezas que componen el conjunto de brazos-cuchara, para mejor resistir las cargas de choque de excavación, elevación, acarreo y volteo. Cuanto menor sea el número de puntos articulados, palancas acodadas y elementos de conexión, mayor será el período de tiempo que puede esperarse que el mecanismo brazo-cuchara funcione sin fallas estructurales.

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

Las capacidades más usuales de los botes varía de 1/2 a 5 yd^3, aunque actualmente hay fábricas que estan haciendo equipos más grandes, que pueden dar magníficos resultados en determinados trabajos, de los que más adelante se hablará.

SISTEMA HIDRAULICO

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

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

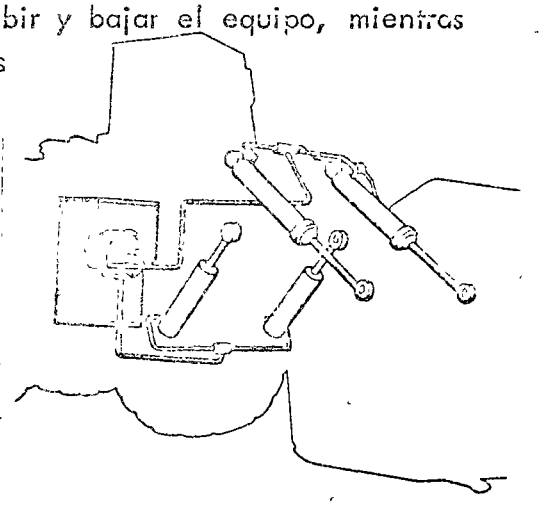


Fig. 17. Sistema Hidráulico

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

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

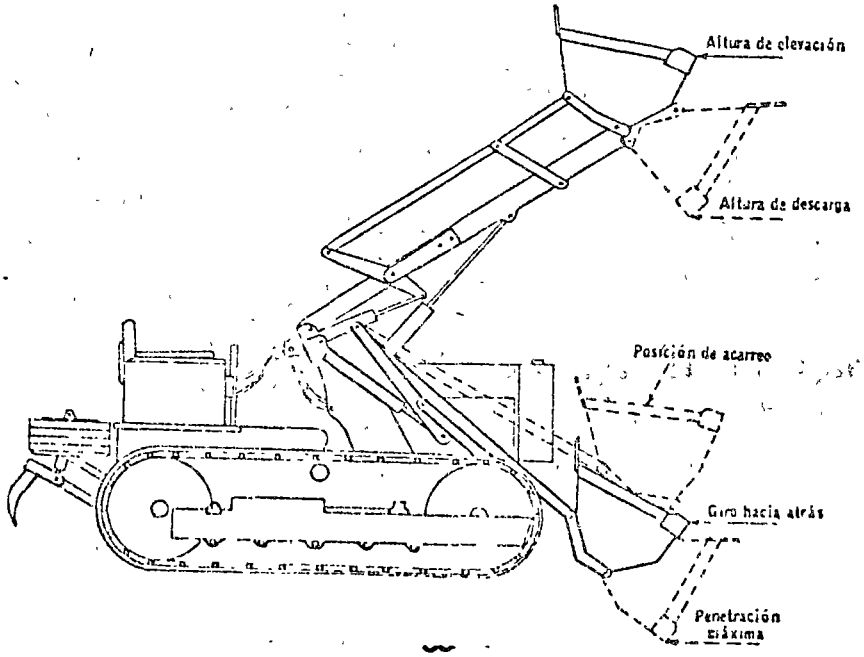
El mismo efecto se puede conseguir sujetando el borde de ataque de

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

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

CONTROLES AUTOMATICOS

Algunos cargadores tienen el mecanismo de descarga dispuesto de tal



Si no se desea esta inclinación hacia atrás, el operador puede usar el control de descarga para contrarrestarla. Ademas algunos tipos o marcas de cargadores están dotados de unos interuptores especiales automáticos, que se accionan con el pie, para detener la elevación a la altura máxima o en algún otro punto elegido y para regresar el cucharón al ángulo de excavación después de la descarga, teniendo como ventaja estos dispositivos que permiten al operador utilizar ambas manos sobre los controles del cargador mientras maniobra.

MOTOR

Fig. 19. Motor Caterpillar de Diesel D343 (988)

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

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

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

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

CARGADORES FRONTALES MONTADOS SOBRE ORUGAS

Al conjunto formado por el tractor de orugas y el equipo se le llama cargador frontal, tractor pala y más comúnmente traxcavo, que es la degeneración del nombre de un modelo de una marca determinada, pero que en México se ha generalizado y se le nombra así a la de todas las marcas (Fig. 20).

En cuanto al sistema hidráulico, controles automáticos, cucharones y

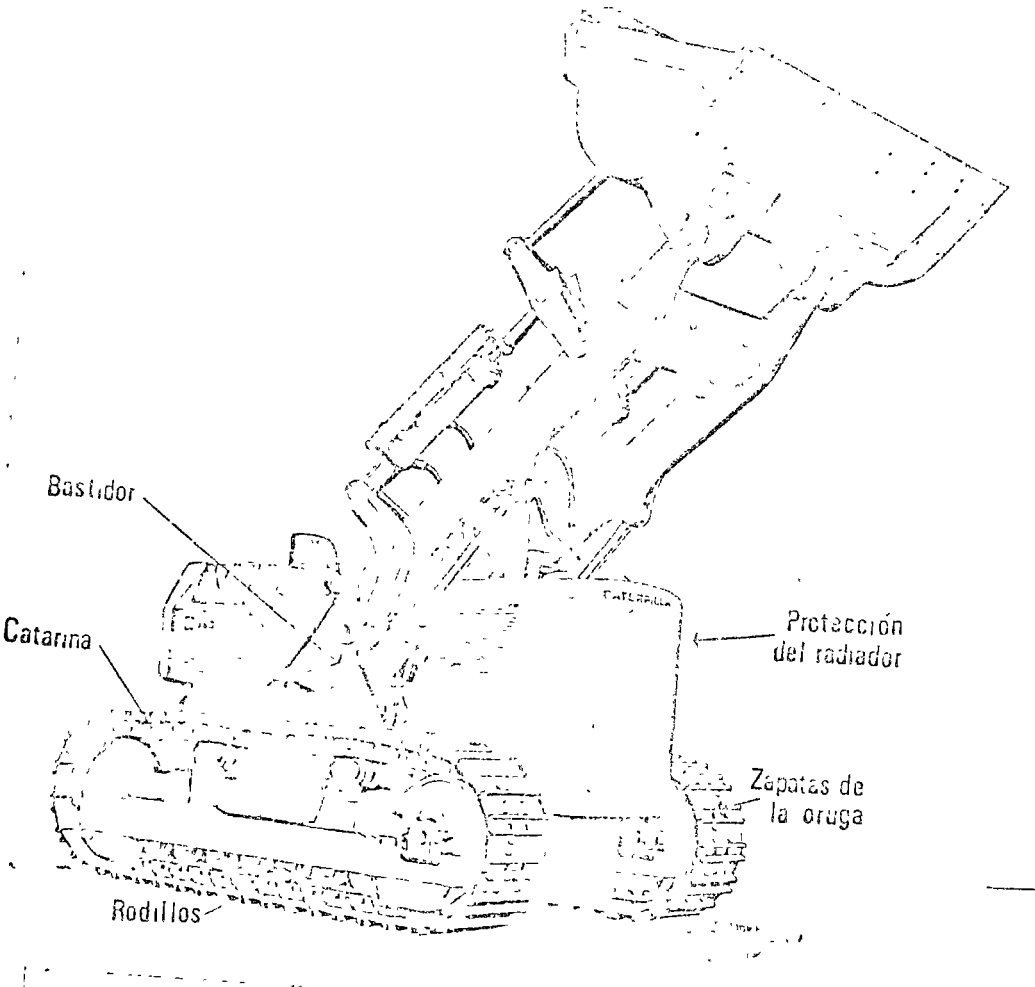


Fig. 20. Cargador Frontal sobre Orugas

motor, se rigen en forma general bajo el mismo principio que los cargadores montados sobre neumáticos ya descritos anteriormente. Por esa razón en adelante se describirán solamente las diferencias más significativas.

ORUGAS

El sistema de tránsito de estos cargadores consta de cadenas formadas por pernos y eslabones, a las cuales se atornillan las zapatas de apoyo. Estas cadenas se deslizan sobre rodillos, conocidos comúnmente como roles. En el extremo posterior de la cadena se encuentra la catarina que es un engranaje propulsor que trasmite la fuerza tractiva (Fig 21).

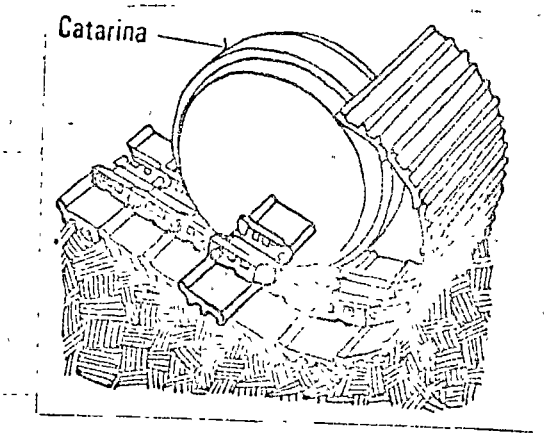


Fig. 21. Sistema de Tránsito

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

Estos tipos de cargadores tienen una conexión rígida entre el bastidor de las orugas y el bastidor principal, pues de esta manera se mejora la estabilidad (Fig. 22).

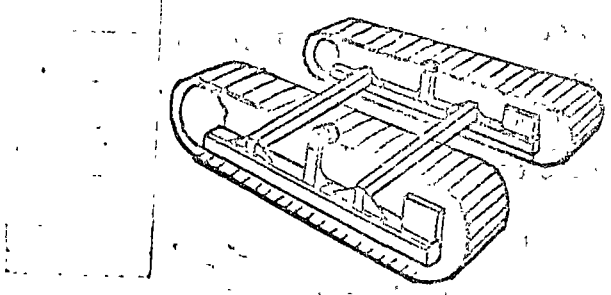


Fig. 22. Conexión Rígida entre Bastidores.

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

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

Cuando por condiciones de trabajo se necesita que el cargador gire muy frecuentemente, se usan zapatas con garra pequeña de 1/2" a 3/4" aproximadamente Este tipo de zapata proporcionan mejor tracción que las lisas pero aún patinarán con facilidad en condiciones resbalosas.

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

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

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

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

DIRECCION

La dirección de los cargadores montados sobre orugas se maneja por medio de un sistema de tres pedales (Fig. 23).

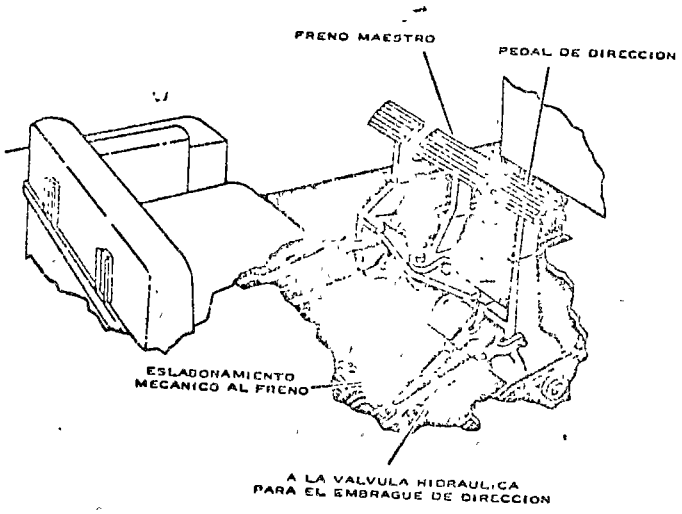


Fig. 23. Sistema de Dirección

Mediante éstos se hacen todos los giros y paradas. Para soltar el embrague de la dirección, a fin de hacer un giro lento, se oprime hasta la mitad el pedal de la derecha o de la izquierda. Cuando se requiere un giro más cerrado, se oprime el pedal hasta el fondo. El pedal del centro frena también ambos carriles, pero no suelta los embragues y puede fijarse como freno de estacionamiento. Los embragues de la dirección se enfrian con aceite y tienen varios discos para servicio pesado.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DOS TIPOS DE CARGADORES

Los cargadores frontales montados sobre neumáticos, se puede utilizar con ventajas en los siguientes casos:

a) Cuando sea importante el acarreo de material en tramos cortos.

b) Cuando los puntos de trabajo están diseminados.

c) Cuando los materiales están sueltos y pueden atacarse fácilmente con el cucharón.

d) Donde el uso de orugas sea perjudicial al terreno o por no ajustarse a las restricciones de tipo legal.

e) Cuando los materiales abrasivos provoquen desgaste excesivo en las orugas, siempre que los neumáticos resistan las condiciones de trabajo.

f) Donde el terreno es duro y seco.

h) El radio de giro es mucho mayor que el de orugas, de manera que se requiere más espacio para maniobrar.

i) La presión sobre el suelo es aún mucho mayor que los de orugas, pero el efecto de compactación de las llantas y las vueltas más graduales le hacen posible trabajar fácilmente en suelos arenosos que se partirían bajo las orugas, causando un excesivo desgaste a éstas.

j) En superficies, resbalosas pueden ocasionar la pérdida, tanto de la tracción como de la precisión de la dirección.

Una de las características de estos tipos de cargadores, es que da una mayor facilidad de desplazamiento y por ésto, se obtiene mayor rendimiento a distancias considerables de acarreo, en comparación con los de orugas.

Los cargadores frontales montados sobre orugas se pueden utilizar con ventajas en los siguientes casos.

a) En terrenos flojos donde el área de apoyo de las orugas aseguran un movimiento adecuado y una estabilidad correcta

b) Cuando las condiciones del terreno o las pendientes exijan buena tracción y amplia superficie de apoyo.

c) Donde no hay necesidad de hacer movimientos frecuentes y rápidos.

d) Cuando los materiales son duros y no pueden excavarse fácilmente.

e) En donde los fragmentos de roca pueden dañar los neumáticos.

g) En trabajos que requieren volúmenes pequeños.

Por su diseño los cargadores sobre orugas, pueden salvar las irregularidades del terreno y su característica principal es su buena tracción, su baja velocidad y su limitación a distancias cortas de acarreo.

TIPOS DE CARGADORES EN EL MERCADO ACTUAL FABRICADOS EN MEXICO

En el mercado se encuentran varios provedores que distribuyen cargadores tanto de carriles como de neumáticos, de distintos tipos y tamaños, que pueden tener características especiales que los hacen más o menos populares entre el gremio de constructores, pero quizá los factores que más influyan para adquirir una determinada marca, sea la oportunidad, la existencia, facilidad de pago, precio, posible valor de rescate, pero muy especialmente el servicio de refacciones y mantenimiento que ofrezca la casa vendedora.

El gobierno ha establecido una serie de medidas, estímulos y facilidades tendientes a procurar que parte de los bienes intermedios y de capital que actualmente se importan, sean sustituidos por productos fabricados en el país Algunos de estos productos se fabrican en México pero no en las cantidades suficientes, para poder conciderar que un determinado cargador sea conciderado 100% de fabricación nacional.

A fin de proteger a la Industria Nacional productora de maquinaria, comprometidas ante el Gobierno a programas de fabricación, las importaciones de bienes de capital (maquinaria, refacciones, piezas etc.) están controladas por los Comités Consultivos para la importación de la

Secretaría de Industria y Comercio, integrada por representantes gubernamentales y de la iniciativa privada.

Los principales productos que hace la Industria Nacional para el ensamblaje de un cargador, entre otros, son: filtros, mangueras, sellos, bandas, balatas, carcasas, motores y baleros.

Para que un cargador sea considerado de fabricación Nacional, deberá de contener cuando menos el 51% de conjuntos básicos. Estos conjuntos son los siguientes:

a) Chasis o estructura principal
b) Motor
c) Convertidores o transmisiones
d) Mandos finales
e) Sistema eléctrico en general
f) Sistema hidráulico.

En México la industrialización ha seguido el proceso tradicional de los países de menor desarrollo. Esto se puede constatar en las tablas que a continuación presentamos de algunos modelos de cargadores frontales, que existen en el mercado actual en el mundo, en la cual, una minoría son de fabricación Nacional.

Fabricante	Modelo	Articulado*	Grados máximos de articulación	Capacidades de caso disponibles		Capacidades de caso elevadas		Alcance máximo de descarga a 45°		Alcance máximo de descarga a 45°		Alcance máx. caso en la altura máx.		Longitud total caso en suelo		Altura total caso en suelo		Altura total a la línea contacto de los neumáticos		Distancias entre ejes
				yd³	m³	yd³	m³	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm	m
[illegible] Challenger	840	Y	40	1.25-1.75	.955-1.34	1.5	1.2	112	2844.8	39	990.6	208.75	5302.25	124	3149.6	67	1701.8			6
	840	Y	40	1.5-2	1.15-1.53	1.75	1.34	112	2844.8	39	990.6	212	5384.8	122.5	3111.5	72	1828.8			96
Allis-Chalmers	TS200	N		1.5-3	1.15-2.3	2	1.53	104	2641.6	38.5	977.9	226	5740.4	88	2234.2	79	2006.6			87
	TS200	Y	-	1.75-3.5	1.34-2.7	2.5	1.9	104	2641.6	38.5	977.9	228	5791.2	89	2259.7	79	2006.6			87
	TS 50	N	-	2.5-5	1.9-3.8	3.5	2.7	114	2895.6	40	1016	215	5461	77	1955.8	81	2057.4			96
	TS500	Y	40	3-7	2.3-5.4	5	3.8	122	3098.8	35	889	292	8432.8	114	[illegible]	115.5	2933.7			139
[illegible]	540	N		1.2	764-1.5	1.25	.955	-	-	-	-	224	5689.6	106	2743.2	60	1676.4			81
	544	N		1.2	764-1.5	1.25	.96	-	-	-	-	224	5689.6	106	2743.2	[illegible]	1676.4			81
	545	N		1.2	764-1.5	1.25	.96	-	-			224	5689.6	108	2743.2	81	2311.4			81
	562	N	-	2.25-4	1.7-3.1	2.5	1.9	116	2946.4	37	939.8	292	8140.8	113	2870.2	81	2057.4			90
	568	N		2.25-4	1.7-3.1	2.5	1.9	116	2946.4	37	939.8	292	8140.8	[illegible]	2870.2	81	2057.4			90
[illegible]	W14	Y	80	1.25-1.75	.96-1.3	1.25(D)	.96	109.5	2781.3	30	762	216	5485.4	123	3124.2	68	1727.2			100
	W14H	Y	80	1.25-1.75	.96-1.3	1.5(D)	1.15	109.5	2781.3	32	812.8	220	5588	123	3124.2	68	1727.2			100
	W18	Y	80	1.75-2	1.15-1.5	1.75(D)	1.34	109	2768.6	35.5	901.7	239	6070.6	124	3149.6	73	1854.2			108
	W20	Y	80	1.75-2.5	1.34-1.9	2(D)	1.5	109.5	2781.3	38	965.2	243	6172.2	181.5	4610.1	73	1854.2			105
	W25B	Y	80	2.5-5	1.9-3.8	3(D)	2.29	119	3022.6	39.5	1003.3	278	7058.4	208	5283.2	87	2209.8			127
[illegible]	510	Y	35	1.1-1.25(D)	.84-1(D)	1.25(D)	1(D)	97	2464	34	863.6	216	5486.4	107	2718	82	2083			92
	520	Y	35	1.5-1.75(D)	1.15-1.35(D)	1.5(D)	1.15(D)	109	2770	29	736.6	225	5715	123	3124.2	85	2160			100
	[illegible]	Y	35	1.75-2.25(D)	1.34-1.72(D)	2(D)	1.53(D)	112.5	2858	31.8	808	258	6553.2	126	3200.4	89	2260			115
	570	Y	35	2.25-3.5(D)	1.72-2.67(D)	2.5(D)	1.91(D)	111	2820	29	736.6	243	6172.2	124	3149.6	95	2410			5
	[illegible]	Y	35	3-4.5(D)	2.3-3.45(D)	3.5(D)	2.67(D)	110	2794	31	787.4	269	6833.6	134	3403.6	106.5	2705			127
	[illegible]	Y	35	4.5-5.5(D)	3.45-4.2(D)	4.5(D)	3.45(D)	126	3200	44	1120	823	7490	42.5	[illegible]	114.5-121	2910-3070			30
	698	Y	35	6-7(D)	4.6-5.4(D)	6(D)	4.6(D)	-			-	336	8534	146	3700	126.5	3200			140
	698	Y	35	10(D)	7.65(D)	10(D)	7.65(D)	181	4600	66	1680	420	10.668	177(HD)	4500(BB)	155	3940			170
[illegible]	35	N	N/A	1.2	764-1.5	1.25	.955	102(AA)	2590.8(AA)	25(AA)	635(AA)	262	6655.8	116.5(B)	2937.2(BB)	67	1701.8			93.5
	45B	Y	35	1.5-2	1.15-1.5	1.5	1.15	109(AA)	2768.6(AA)	28(AA)	711.2(AA)	225	5715	119.2(HB)	3027.7(BB)	69	1752.6			95.5
	55A	Y	35	2-3.5	1.5-2.7	2	1.5	108(AA)	2743.2(AA)	31.5(AA)	800.1(AA)	265	6731	137(PP)	3480(BB)	74.5	1892.3			110
	75B	Y	35	2.5-4	1.9-3.1	2.5	1.9	109(AA)	2743.2(AA)	34(AA)	863.6(AA)	264	6705.6	131(FB)	3327.4(BB)	77	1955.8			112
	125B	Y	35	3.5-5	2.7-3.8	3.5	2.7	119.5(AA)	3035.3(AA)	37.5(AA)	952.5(AA)	297	7543.8	135.25	3505.2(BB)	88	2235.2			128
	175B	Y	35	4-5.6	3.4-4.6	5	3.8	119(AA)	3022.6(AA)	52(AA)	1320.8(AA)	316	8026.4	155.25	3810(BB)	89	2260.6			135
	275B	Y	35	6.5-8	5.6-7	7	5.4	125.5(AA)	3187.7(AA)	53.25(AA)	1352.6(AA)	349	8864.6	165.88	4208.5(BB)	105.5	2679.7			146
	475B-HD	Y	35	10-16	7.6-13.6	10	7.6	192(AA)	4876.8(AA)	61(AA)	1549.4(AA)	471	11.963.4	174(AA)	4927.7(AA)	114	2895.6			182
	475B	Y	35	10-20	7.6-15.3	12	9.2	163.8(AA)	4160.5(AA)	68.7(AA)	1745(AA)	476.3	11.965.6	199.4(BB)	5064.8(BB)	114	2895.6			182
	575	Y	35	24	18.3	24(EE)	18.3(EE)	204(FF)	5182(FF)	92(FF)	2336(FF)	607(FF)	15.4[illegible](FF)	2[illegible](GG)	6500(GG)	160	4064			223.5
[illegible]	JD144B	Y	60	1.5-3	1.15-2.3	2	1.5	105	2667	35.6	904.2	232	5892.8	124(E)	3149.6(E)	88	2235.2			94.5
	JD144B	Y	60	2.5-4.5	1.9-3.4	3	2.29	108	2743.2	37.5	952.5	259	6578.6	127(E)	3225.8(E)	100	2540			104
Eaton	YALE 1500	Y	35	1.75-2.5	1.3-1.9	2.01	1.5	112	2844.8	34	863.6	251.5	6388.1	125.5	3187.7	90.5	2298.7			108
	YALE 1550	Y	35	2-3	1.5-2.3	2.25	1.7	109	2768.6	36	914.4	251.5	6388.1	125.5	3187.7	95	2413			106
	YALE 2000	Y	40	2.5-4	1.9-3	2.5	1.9	114	2895.6	38	965.2	265	6731	133	3378.2	95	2413			116
	YALE 2500	Y	40	3.25-5	2.5-3.8	3.25	2.5	122	3098.8	39	990.6	297	7543.8	139	3530.6	113	2870.2			128
	YALE 3000	Y	40	3.75-5.5	2.9-4.2	3.75	2.9	124	3149.6	42	1066.8	301	7645.4	139	3530.6	113	2870.2			128
	YALE 4000	Y	40	4-5	3-3.8	4.5	3.4	126	3200.4	39	990.6	325	8255	138	3505.2	126	3200.4			138
	YALE 5000	Y	40	6-7.5	4.6-5.7	8	4.0	129	3276.6	45	1143	340	8636	152	3860.8	134	3403.6			148
[illegible]	[illegible]	Y	45	1.2	764-1.5	1	764	38	965.2	21.25	539.8	181	4597.4	44(F)	1117.6(F)	48	1219.2			60
	[illegible]	Y	45	1.2	764-1.5	1	764	38	965.2	21.25	539.8	181	4597.4	44(F)	1117.6(F)	48	12.9.2			60
	8[illegible]HD	Y	45	2	1.5	2	1.5	73	1828.8	41.6	1057.3	313.75	7969.3	63.78(F)	1600.156(J)	60.84	1524-2134			95
	8[illegible]HD	Y	45	3	2.3	3	2.3	57	1447.8	34	863.6	304	7721.6	69(F)	1754(F)	72	1828.8			114
	8[illegible]HD	Y	45	4.4	3.4	5	3.8	65-68	1651-1727	67	1701.8	370	9398	69(F)	1752.6(F)	96	2438.4			-
	8[illegible]HD	Y	-	9	6.9	9	6.9	66	1676.4	-		-		78	[illegible]	96	2438.4			144
	900C	Y	40	10	7.6	10	7.6	78	1981.2	148	3759.2	442	11.226.8	78(F)	1981.2(F)	120	3048			150

CARGADORES DE RUEDA (TRACCIÓN EN LAS 4 RUEDAS)

Fabricante	Modelo	Dimensiones máximas	Peso en funcionamiento		Máquina con cabina antivuelco homologada	Carga de vuelco en línea recta		Carga de vuelco en línea articulada máx		Fuerza de arranque temporizada		Inclinación máx. para estabilidad	Fuerza de cucharón en el suelo		Fuerza de cucharón a la altura del eje articulación		Motor	Modelo
		m	lb	kg		lb	kg	lb	kg	lb	kg	Deg	in	mm	in	mm		
Allis Chalmers	840	2438.4	5 574	7044.2	N	1 050	4 763.3	8 830	4027.2	13 300	6024.5	55	15	381			FORD NS	4.240
	940	2438.4	17 500	7955.5	N	12 500	5669.7	19 600	4942.6	14 400	6523.2	55	15.2	386.1			A.C.	400 PARKER
Allis Chalmers	TS200	2779.8	20 800	9445.1	N	13 [illegible]	6 115.5	N.A.	N/A			43	16.5	419.1	21	533.4	FORD	272CE
-	TS300	2[illegible]	21 000	9544.7	N	15 [illegible]	6795	15 000	[illegible]	15 900	6 [illegible]	43	14.5	368.3	246	6248.4	LEYLAND	401
-	TS400	3[illegible]	30 000	13 500	N	21 000	9513	21 000	9513	N.A.	N/A	49	6	405.6	300	7620	LEYLAND	680
-	TS500	3[illegible]	50 000	23 045	N	26 300	16 167.9	31 725	14 371.4	N/A	N.A.	43	19	482.6	275	[illegible]	CUMMINS	NTC 400 C310
Case	540	2[illegible]	15 150	6873.4	N	9000	4077	N/A	N.A.	12 500	5662.5	48	16.75	425.5	224	5943.6	FERKINS (A)	4.236
	544	2[illegible]	15 900	7220.4	N	9 000	4077	N/A	N.A.	12 500	5662.5	48	16.75	425.5	171	4349.4	FERKINS (A)	4.318
-	545	2057.4	[illegible]	7220.4	N	9000	4077	N.A.	N/A	12 500	5662.5	48	16.75	425.5	234	5943.6	FERKINS (B)	6.354
-	567	2266	25 000	11 375	N	16 000	7 [illegible]	N/A	N/A	17 000	7701	45	17.5	444.5	265	6731	LEYLAND(C)	UE 401
-	585	2[illegible]	25 000	11 375	N	15 500	7021.5	N/A	N/A	17 000	7701	45	17.5	444.5	180	4572	LEYLAND(C)	UE 401
Case	[illegible]	2540	4 500	6 [illegible]	N	10 733	4862.1	9137	4136.8	14 022	6352	45	16	406.4	240.8	6116.3	CASE	A3PHD
-	W14H	2540	5 [illegible]	7127.5	N	11 970	5 [illegible]	10 9[illegible]	4945.6	12 261	5 [illegible]	45	16	406.4	240.8	6055.3	CASE	A3PHD
-	W18	2743.2	19 000	8620.6	N	12 700	5755.7	11 225	5088.3	20 100	9105.3	45	15.5	393.7	356	10 058.4	CASE	A4PHD
-	W20	2743.2	21 100	9461.5	N	5 250	5528.3	13 550	6[illegible].8	19 270	8569.4	45	15.5	393.7	295	10 058.4	CASE	401PD
-	W25B	[illegible]	33 045	14 503.4	Y	27 910	12 671.9	25 [illegible]	10 [illegible]	27 100	12 276.3	46	16	406.4	471.8	11 978.0	CASE	[illegible]4BUT
Caterpillar	910	2340	13 400(II)	6100(II)	-	9050(II)	4100(II)	8100(II)	[illegible](II)	10 000(JJ)	4530(JJ)		16	381	186	4720	CAT	3204
-	920	2540	17 400(KK)	7855(KK)	-	11 600(KK)	5400(KK)	10 [illegible](KK)	4[illegible](KK)	17 600(JJ)	8010(JJ)		13.2	335	205	5200	CAT	3.04
-	930	2743	19 500(LL)	8750(LL)	-	13 [illegible](LL)	6270(LL)	12 500(LL)	[illegible](LL)	19 100(JJ)	8 [illegible](JJ)	-	13.69	348	220	5500	CAT	3304
-	950	2690	24 200	11 000	-	16 500	7480	15 400	[illegible]	22 900(JJ)	10 400(JJ)		15	381	229	5800	CAT	3306
-	966C	2100	33 [illegible]	15 [illegible]	-	24 550	11 140	22 620	10 260	28 [illegible](JJ)	13 000(JJ)	-	15.6	397	249	6300	CAT	3406
-	980B	[illegible]	49 700(MM)	22 500(MM)	-	33 [illegible](MM)	15 286(MM)	30 800(MM)	13 [illegible](MM)	35 700(JJ)	16 200(JJ)		16.20 6	405.128	278	7310	CAT	3406E
- PI	988	3570	67 500	30 [illegible]		40 [illegible]	18 250	36 450	16 540	47 200(JJ)	21 420(JJ)	41	22.5	570	286	7264	CAT	D 343
- PI	992B	4320	133 200(NN)	60 [illegible](NN)	-	92 750(NN)	42 [illegible](NN)	83 900(NN)	8 [illegible](NN)	81 [illegible]	36 770	-	23	580	[illegible]	6[illegible]	CAT	D 348
Clark	35	2 [illegible]	12 [illegible]	5558.7	N	8415	3 [illegible]	N.A.	N/A	9100	4122.3	40	[illegible](AA)	411.6 (AA)	267.[illegible]	9345.2(AA)	GM	3.53
-	45B	2501.9	17 [illegible]	8076.9	N	12 088	5475.9	11 074	5016.3	15 030	6808.6	42.5	16(AA)	406.4(AA)	440.4(AA)	11 186.4(AA)	CMC)	4.53
-	55A	2794	22 [illegible]	10 101.9	N	14 420	6532.3	13 [illegible]	6[illegible].3	18 150	8267.3	45	14(AA)	355.6	419.2	11 155.7	CMC)	4.[illegible]N
-	75B	2[illegible]	27 [illegible]	12 240	N	19 000	8607	17 700	8018.1	18 900	8561.7	40	14.5(AA)	368.3(AA)	45 (AA)	12 446.8 AA)	CMC)	47 IN
-	125B	3251.2	38 [illegible]	17 214	N	25 780	11 678.3	23 180	10 [illegible].5	30 100	13 635.3	45	16(AA)	405.4(AA)	549.[illegible](AA)	13 [illegible](AA)	CMC)	[illegible] 65
-	175B	3429	51 [illegible]	23 [illegible]	Y	34 730	15 732.7	31 450	14 251.4	34 000	15 407.2	45	20(AA)	508(AA)	579(AA)	14 756.6 (AA)	GM	[illegible] IN
-	275B	3758.4	75 [illegible]	34 [illegible].9	Y	46 900	21 [illegible]	43 400	19 [illegible]	51 000	23 103	44	20(AA)	508(AA)	654(AA)	15 [illegible] 6(AA)	CUMMINS	[illegible] C
-	475B H DDI	4[illegible]	144 [illegible]	69 783.2	Y	61 400	45 914.2	88 [illegible]	40 [illegible]	105 200	47 655.6	40	22.3(AA)	566.4(AA)	8[illegible](AA)	20 [illegible](AA)	CUMMINS	[illegible] C700
- PI	475B	4[illegible]	155 [illegible]	70 677	Y	93 [illegible]	45 118.8	90 [illegible]	41 [illegible]	93 [illegible]	43 [illegible].5	46	22.5(AA)	566.4(AA)	[illegible](AA)	20 [illegible](AA)	CUMMINS	[illegible] C700
-	675	5[illegible]	381 [illegible]	172 [illegible]	N	181 [illegible]	82 174	162 100	73 431	149 200	67 [illegible]	47	28(AA)	965.2(AA)	1041(AA)	26.44 (AA)	CUMMINS	[illegible] C635
John Deere	JD544B	2[illegible]	21 [illegible]	9 [illegible]	Y	16 [illegible]	7 [illegible]	13 [illegible]	6305.8	15 660	7094	42	14.5	368.3	332	8432.8	DEERE	[illegible]
-	JD644B	2[illegible]	28 [illegible]	12 810.8	Y	22 420	10 [illegible].3	19 [illegible]	8 679.5	21 345	9669.3	42	17.2	436.9	370	9398	DEERE	[illegible]
Eaton	YALE [illegible]	2[illegible]	[illegible]	8174.4	N	13 [illegible]	6054.8	12 163	5509.8	20 700	9155.8	40	15	381	230	5842	[illegible]	[illegible] 54
-	YALE [illegible]	2592.4	19 [illegible]	8783.7	Y	14 952	677[illegible]	13 616	6168.1	20 535	9302.4	40	15	381	232.5	5905.5	[illegible]	[illegible] 56
-	YALE [illegible]	2545.4	26 [illegible]	11 778	N	19 380	8779.1	17 1[illegible]	7751.7	25 800	11 687.4	40	16	406.4	228	5791.2	CUMMINS	[illegible] 5C
-	YALE 25 [illegible]	3[illegible]	35 [illegible]	15 900.3	N	24 960	11 306.9	21 [illegible]	9875.4	33 000	17 214	40	16	406.4	252	6400.8	GM	[illegible] 71N
-	YALE 35 [illegible]	3[illegible]	39 130	17 [illegible]	N	28 650	12 978.5	25 000	11 325	39 200	17 757.6	40	16	406.4	256	6502.4	CUMMINS	[illegible] 4903-C
-	YALE 40 [illegible]	3[illegible]	46 [illegible]	21 [illegible]	N	37 [illegible]	16 751.8	32 731	14 827.1	38 241	17 323.2	40	15	381	269	6832.6	GM	[illegible] 560
-	YALE [illegible]	[illegible]	68 [illegible]	31 [illegible]	N	45 576	20 645.9	40 244	18 230.6	51 000	23 103	40	14	457.2	305	7 47	CUMMINS	[illegible] 555C
Ferco LHD	[illegible]	924	[illegible]	4077	N	[illegible]	3171	-	-	8000	3624	-	7.75	193.7	222	[illegible]	DEUTZ	[illegible] 912W
-	[illegible]	1524	[illegible]	4077	N	7000	3171	-	-	8000	3624		7.75	193.7	222	5[illegible]	ELECTRIC	TEFC
	912B HD	2413	20 [illegible]	9[illegible].3	N	12 000	5438	-	-	12 000	5438	-	10.375	263.5	330	8382	DEUTZ	F6L 912W
-	913LHD	2595.6	26 000	12 [illegible]	N	-	-	-	-	18 000	8164	-	12	304.8	362	9257.8	CAT	3304NA
-	915CLHD	-	41 500	18 799.5	N	24 000	10 872	-	-	29 000	13 137		12.375	314.3	485	12 319	DEUTZ	F8L 714
-	916LHD	3557.6	66 000	29 [illegible]	N		-	-	-	45 000	20 385	-	-	-	579	14 705.6	DEUTZ	F12L 714
-	920C	3810	92 000	41 [illegible]	N	47 600	21 552.8	-	-	58 000	26 [illegible]	-	18	381	600	15 240	CAT	1143TA

CARGADORES DE RUEDA (TRACCION EN LAS 4 RUEDAS)

Fabricante	Modelo	MOTOR: Potencia SAE neta (hp / kW)	Combustible	Número de cilindros	Cilindrada (cu in / litros)	Número de ciclos	Capacidad del tanque de combustible (US gal / Imp gal / Litros)	NEUMÁTICOS STANDARD: Dimensiones	Lonas	Tipo	TRACCIÓN: Tipo	Transmisión hacia adelante: Nº de velocidades	Transmisión hacia adelante: Velocidad máx (MPH / km/h)	Transmisión retroceso: Nº de veces	Transmisión retroceso: Velocidad máx (MPH / km/h)
Allis Chalmers	840	70 2200	D	4	248	4	33 / 25 / 113.7	16.5X24	10	R-4	CS PS	3	0-18.7 / 0-30	3	0-18.7 / 0-30
	840	[illegible]	D	6	331	4.9	30 / 25 / 113.7	15.5X2	8	L 2	CS PS	3	0-19.3 / 0-31	3	0-19.3 / 0-31
Allis Gleaner	TS210	122 [illegible]	D	[illegible]	360	6.2	36 / 30 / 136.3	17.5X25	12	L 3	PS	4	3.7-24 / 6-38.6	4	3.7-24 / 6-38.6
-	TS210	145 2400	D	6	401	6.5	36 / 30 / 136.3	17.5X25	12	L 3	PS	4	3.7-24 / 6-38.6	4	3.7-24 / 6-38.6
-	TS210	202 2700	D	6	677	11.1	45.6 / 38 / 172.8	18.0X25	12	L 3	PS	4	3.4-25 / 5.5-40.2	4	3.5-25.5 / 5.6-41
-	TS300		D	8	855	14	103.7 / 85 / 390.8	26.5X25	12	L 3	PS	4	3.6-25 / [illegible]	4	3.6-23 / 5.8-37
Ditch Witch	540	58 [illegible]	D	4	276	3.9	26.4 / 22 / 99.9	14.00X24	8	EARTHMOVER	PS	4	5-24.6 / 8.3-39.6	4	5-24.6 / 8.3-39.6
	544	68 [illegible]	D	4	276	3.9	26.4 / 22 / 99.9	14.00X25	8	EARTHMOVER	PS	4	5-24.6 / 8.3-39.6	4	5-24.6 / 8.3-39.6
-	546	140/2600	D	6	454	4.2	26.4 / 22 / 99.9	14.00X24	8	EARTHMOVER	PS	4	5-5.28 / 8.9-45	4	5-5.28 / 8.9-45
-	562	149.5/2600	D	6	559	6.5	36 / 30 / 136.3	16.00X24	12	EARTHMOVER	PS	4	5-24.6 / 8.3-39.6	4	5-24.6 / 8.3-39.6
-	566	149.5/2600	D	[illegible]	339	6.3	36 / 30 / 136.3	16.00X24	12	EARTHMOVER	PS	4	5-24.6 / 8.3-39.6	4	5-24.6 / 8.3-39.6
Case	W14	60/2300	D	4	336	5.5	38 / 31.7 / 144	13.00X24	8	G 2	PS PL SS	4	0-25 / 0-40.2	2	0-9 / 0-14.5
-	W14H	80/2300	D	4	336	5.5	38 / 31.7 / 144	15.5X25	10	L 2	PS PL SS	4	0-25 / 0-40.2	2	0-9 / 0-14.5
-	W18	103/2200	D	6	401	6.6	50 / 41.7 / 189.4	14.00X24	10	G 2	PS PL SS	4	0-25.5 / 0-41	2	0-9.5 / 0-15.3
-	W20	103/2200	D	6	401	6.5	50 / 41.7 / 189.4	17.5X25	10	L 2	PS PL SS	4	0-25 / 0-40.2	2	0-9 / 0-14.5
-	W20B	165 2200	D	6	504	8.3	67 / 58.3 / 310.6	23.5X25	12	L-2	PS PL	3	0-29.8 / 0-48.1	3	0-30.6 / 0-49.6
Case IH	515		D	4	318	5.2	31 / 25.8 / 117	15.5X25	8	TP	PL PS	3	4-15 / 6.5-24.1	2	6-6 / 10-0
-	620		D	4	425	7	39 / 32.5 / 148	OPT	OPT	G 2 L 3 L-2	PS	4	4-25.2 / 6.4-42.2	3	4.9-14.6 / 7.9-23.5
-	530		D	4	425	7	39 / 32.5 / 148	OPT	OPT	G 2 L 3 L 2	PS	4	4.2-25.6 / 6.8-41.5	3	5.1-15.1 / 8.2-24.3
-	540		D	4	425	7	53 / 44.2 / 201	OPT	OPT	L 3 L-2	PS	4	4.4-22.3 / 7.1-35.9	4	5.3-26.4 / 8.5-42.5
-	656C		D	6	638	10.5	65 / 54.2 / 246	OPT	OPT	L 2 L 3	PS	4	4.8-23.6 / 7.7-38	4	5.7-20 / 9.2-45.1
-	560B		D	6	638	10.5	95 / 79.2 / 360	OPT	OPT	L 3 L-4 L-5	PS	6	4.1-26.7 / 6.6-43	3	5.3-17 / 8.5-27.4
-	965		D	6	893	14.6	130 / 108.3 / 490	29.5X29	22	L 3 L 4 L-5	PL PS	3	3.6-19 / 5.1-30.6	3	3.8-19 / 6.1-30.6
-	970B		D	12	1786	20.3	275 / 229 / 1040	OPT	OPT	L 4 L 5	PL PS	3	4.5-2[illegible] / 7.2-[illegible]	3	4.9-25 / 7.9-40.2
Clark	35	68 2100	D	3	159.2	2.6	23 / 19.3 / 105	14.00X24	8	G 2	CS PS	4	4.23.2(AA) / 6.4-37.3(AA)	4	4.23.2(AA) / 6.4-37.3(AA)
-	45B	95 2200	D	4	212	3.5	45 / 37.5 / 170.5	13.00X24	10	G 2	CS PS	3	4.1-18.6 / 6.6-29.9	3	4.1-18.6 / 6.6-29.9
-	55A	115 2500	D	4	212.3	3.5	70 / 58.3 / 265	17.5X25	12	L-3	CS PS	3	4.1-19 / 6.6-30.6	3	4.1-19 / 6.6-30.6
-	75B	142 2300	D	4	284	4.7	70 / 58.3 / 265	20.5X25	12	L 3	CS PS	4	3.8-20.5 / 6-33	4	3.8-20.5 / 6-33
-	105B	212 2300	D	6	425.6	7	75 / 62.5 / 283.9	23.5X25	16	L 3	CS PS	4	3.7-20.3 / 6-32.7	4	3.7-20.3 / 6-32.7
-	125B	273/2100	D	8	567.4	9.3	116 / 96.7 / 439	26.5X25	20	L 3	CS PS	4	4-22 / 6.4-35.4	4	4-22 / 6.4-35.4
-	275B	342 2300	D	8	855	14	165 / 137.5 / 624.5	29.5X29	22	L-4	CS PS	4	3.6-18.3 / 5.8-31	4	3.6-18.3 / 5.8-31
-	475B (HDD)	612/2000	D	12	1710	28	275 / 229.2 / 1040.9	37.25X35	36	L 5	CS PS	4	3.4-18.3 / 5.5-29.5	4	3.4-18.3 / 5.5-29.5
-	475B	612 2300	D	12	1710	28	275 / 229.2 / 1040.9	37.25X35	36	L 5	CS PS	4	3.4-18.3 / 5.5-29.5	4	3.4-18.3 / 5.5-29.5
-	675	2x503 2.00	2 D	2X12	2X1710	2X28	500 / 4.6.7 / 1897.5	50.1X51	2XPD2	L 5	CS PS	4	3.7-16.3 / 6-26.2	4	3.7-16.3 / 6-26.2
John Deere	[illegible]	105 2200	D	6	414	6.8	40 / 33.3 / 151.5	17.5X25	12	L 2	PL PS SS	4	0-25 / 0-40.2	2	0-10 / 0-16.1
-	[illegible]	145 [illegible]	D	6	531	8.7	56 / 46.7 / 212.2	20.5X25	12	L 2	PL PS SS	4	0-25.8 / 0-41.5	2	0-10.2 / 0-16.4
Eaton	[illegible]	104 2400	D	6	354	5.8	37 / 30.8 / 140.2	14.00X24	12	G 2	PS	3	3.9-18.2 / 6.3-29.3	3	3.9-18.2 / 6.3-29.3
-	[illegible]	104 2500	D	6	354	5.8	37 / 30.8 / 140.2	17.5X25	12	L 2	PS	4	3.4-19.8 / 5.5-31.9	4	3.4-19.8 / 5.5-31.9
-	[illegible] 2600	64 2600	D	8	555	9	55 / 45.8 / 208.4	16.00X24	12	G 2	PS	4	3.9-22.6 / 6.3-36.4	4	3.9-22.6 / 6.3-36.4
-	[illegible]	182 [illegible]	D	6	426	7	80 / 66.7 / 303	23.5X25	12	L-2	PS	4	3.7-21 / 6-33.8	4	3.7-21 / 6-33.8
-	[illegible]	235 2700	D	8	903	14.8	80 / 66.7 / 303	23.5X25	16	L 2	PS	4	4-21.2 / 6.4-34.1	4	4-21.2 / 6.4-34.1
-	[illegible]	[illegible]	D	8	508	9.3	103 / 85.8 / 390.2	26.5X25	14	L 2	PS	4	4.1-21.2 / 6.6-34.1	4	4.1-21.2 / 6.6-34.1
-	[illegible]	308 2.00	D	6	855	14	110 / 91.7 / 416.7	29.5X29	22	L 3	PS	4	4.2-20.9 / 6.8-33.6	4	4.2-20.9 / 6.8-33.6
Gehl	913 HD	38 [illegible]	D	3	160	2.6	10 / 8.3 / 37.9	8.25X15	14	SPECIAL	H	(G)	0-5 / 0-8	(G)	0-5 / 0-8
-	913ELHD	50 [illegible]	(H)	N/A	N/A	N/A	N/A / N/A / N/A	8.25X15	14	SPECIAL	H	(G)	0-5 / 0-8	(G)	0-5 / 0-8
-	[illegible] HD	77/2500	D	6	344.68	5.7	40 / 33.3 / 151.5	12.00X24	18	E-3	PS	2	0-6 / 0-9.7	2	0-6 / 0-9.7
-	913 HD	110/2200	D	4	425	7	50 / 41.7 / 189.4	17.5X25	14	L-3	PS	3	2-2.10 / 3.5-16.1	3	2-2.10 / 3.5-16.1
-	913ELHD	174/2300	D	8	774	12.7	75 / 62.5 / 284	18.00X25	24	E-3	PS	4	3.75-14 / 5-22.5	4	3.75-14 / 6-22.5
-	[illegible] HD	277/2300	D	12	1159	19	125 / 104.2 / 473.5	24.00X33	21	E 3	PS	4	- / -	4	- / -
-	920C	[illegible]	D	6	523	14.7	100 / 158.3 / 719.8	29.5X29	34.22(J)	L-5	PS	4	3.8-18.4 / 6.1-29.6	4	3.8-18.4 / 6.1-29.6

CARGADORES DE RUEDA (TRACCION EN LAS 4 RUEDAS)

DATOS DE FUNCIONAMIENTO

Fabricante	Modelo	Articulado*	Grados máximos de articulación	Capacidad de cazo de uso normal		Capacidad de cazo estándard		Altura máxima de descarga a 45°		Alcance máx. cazo en la altura máx. 45°		Longitud total cazo en el suelo		Altura total cazo en reposo		Altura total a línea centros de los neumáticos		Distancia entre ejes	
				yd³	m³	yd³	m³	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm	m	mm
Erickson	E-6 L/G	N		278-815	212-623			80	2032	17.5	444.5	113.75	2889.3	14.25	2140	58	1473.2		34
"	E-6 L/W/C	N		278-815	212-623			80	2032	17.5	444.5	113.75	2889.3	14.25	2140	58	1473.2		34
"	L-6 Ele	N		272-37	17-27			72.25	1835.8	20	508	48	2489.2	12.5	1641.5	45	1143		32
Ford	152	Y	50	1-2	1.15-1.5	1.5	1.15	110	2794	34	863.6	224	5690.6	143	3378.2	83.5	2120.9		103
	A64	Y	90	2-2.75	1.5-2.1	2	1.5	110.5	2806	56	914.4	247	6274.8	132	3352.8	87.5	2222.5		111
	A65	Y	90	2-3	1.5-2.3	2.5	1.9	110	2794	75	1905	2[illegible]	6548.6	147	3734.8	91.5	2324.1		113
International Harvester	H 50C	N		1.5-3.5	1.2-2.7	1.5	1.2	105	2667	37	939.8	212.75	5402.9	87.25	2216.2	90.25	2292.4		89
"	H 60E	Y	24	1.5-3.5	1.15-2.7	2	1.5	102.5	2603.5	47.5	1206.5	225	5715	121.5	3086.1	93	2362.2		100
	H 650	Y	37	2.5-4.5	1.9-3.4	2.5	1.9	111.5	2832.1	41	1041.4	250.5	6362.7	128	3251.2	95	2413.0		108
"	H 60B	Y	35	3-6	2.3-4.6	3.5	2.7	119.5	3035.3	47	1193.8	281.5	7150.1	133.5	3390.9	107	2717.8		117
"	70E	Y	30	4-7	3-5.4	4	3	114.5	2908.3	46	1168.4	283.75	7207.3	139	3530.6	113.5	2882.9		120
"	H 1000	Y	40	4.5-5.5	3.4-4.2	4.5	3.4	124	3149.6	58	1473.2	328	8331.2	150	3810	126	3200.4		140
"	560	Y	25	6.5-12	4.9-9.2	6.5	4.97	149	3784.6	52.5	1333.5	352	8940.8	159.5	4051.9	131	3327.8		155
"	H 700C	Y	40	11	8.4	11	8.4	160	4064	72	1828.8	433	10.998.2	180	4572	145	3683.0		170
"	3550	N		1.25-1.5	955-1.15	1.25	955	102	2590.8	43	1092.2	207	5257.8	115.5	2933.7	68.5	1739.9		78
Long	440DT	N	-	5-6.25	3.82-4.8	5.5	4.18	94	2387.6	33	838.2	184	4673.6	57.5	1460.5	64.51	1638.2		81
Massey Ferguson	MF11	N		1.3-2	1-1.5	1.3	1	1.0	2.54	34	863.6	188	4775.2	12	2844.8	65	1651.4		82
"	MF33	N	-	1.2	764-1.5	1.375	1.05	109.5	2781.3	29.375	746.1	212.5	5397.5	115	2921	70.5	1790.7		83.5
"	MF44B	Y	70	2.3	1.5-1.3	2	1.5	108	2743.2	33	838.2	249	6324.6	126	3200.4	72.5	1841.5		105
"	MF55	Y	76	2-3.5	1.5-2.7	2.5	1.9	109	2768.6	38	965.2	263	6680.2	134	3403.6	78	1981.2		110
"	MF66	Y	80	3.5-4	2.7-3	3.5	2.7	109	2768.6	38	965.2	300.5	7630.7	133.75	3397.6	85	2159.4		130
"	MF77	Y	80	4.5-5	3.4-3.8	4.5	3.4	118.5	3009.9	46	1168.4	322.5	8191.5	107.75	2736.9	88	2235.2		138
"	MF88	Y	80	5.5-8	4.2-6.1	8	4.6	129	3276.6	50	1270	354.5	9004.3	107.5	2730.5	95	2514.6		146
Mathon le Tourneau	C-100A	Y	45	10-30	7.6-22.9	15	11.5	162	4114.8	68	1727.2	526	13.360.4	192	4876.8	135.5	3543.3		218
Marbro	Mar-14000	Y	45	2.5-2.5	573-1.9	1.25	96	108	2743.2	38.5	977.9	227	5765.8	110.5(E)	2806.7(E)	68.5	1739.9		96
"	Mar-15000	Y	45	2.5-2.5	573-1.9	1.75	1.3	108	2743.2	38.5	977.9	230	5842	110.5(E)	2806.7(E)	68.5	1739.9		96
"	Mar-17000	Y	45	1-3	764-2.3	2	1.5	108	2743.2	41	1041.4	235	5969	110.5(E)	2806.7(E)	68.5	1739.9		96
"	Mar-18000	Y	45	2-4	1.5-3	3	2.3	108	2743.2	43.75	1111.3	262	6654.8	110.5(E)	2806.7(E)	68.5	1739.9		110
Marion	M 371E/Excel	N	(Z)	185-407	141-311	185	141	7[illegible]37*	18[illegible]37	110.[illegible]37*	33[illegible]37*	97	[illegible]	72	1828.8	35	889		28
"	M 610	N	(Z)	37-87	28-67	37	28	86@38*	2184.[illegible]38*	17.5@38*	190.5@38*	107	2717.8	82	2082.8	53.5	1358.9		35
"	M 700	N	(Z)	37-87	28-67	37	28	87@36	2209.[illegible]36*	16.5@36*	419@36*	141.5	3593.1	83	2108.2	53.5	1358.9		35
"	M 975	N	(Z)	1.2	764-1.5	1.25	955	94	2387.6	28	711.2	150.25	3816.4	91.5	2324.1	83.75	2114.6		45
Karl Schaeff	S-L-20	Y	40	75-1.175	6-.85	75	6	95	2400	-	-	173	4400	95	2400	69	1750		76
Terex	72-21	Y	30	2-3	1.5-2.3	2	1.5	105	2667	24	609.6	225	5715	123	3124.2	76	1931.2		96
"	72-31	Y	30	2.5-5	1.9-3.8	2.5	1.9	120	3048	27	685.8	247	6273.8	125	3175	82	2082.8		99
	72-41	Y	30	2.5-5	1.9-3.8	3	2.3	120	3048	41	1041.4	253	6426.2	125	3175	83	2108.2		101
"	72-51	Y	30	3.5-6	2.7-4.6	3.5	2.7	122	3098.8	38	965.2	264	6705.6	133	3378.2	86	2184.4		108
" Pl	72-71	Y	40	6.5-7	4.97-5.4	6.5	4.97	147	3733.8	50	1270	386	9804.4	162	4114.8	107	2717.8		150
Pl	72-81	Y	40	9-10	6.9-7.6	9	6.9	154	3911.6	64	1625.6	426	10.820.4	166	4216.4	110	2794		165
Terex Scotland	72-11	Y	80	1.5-2.5	1.15-1.9	1.5	1.15	108	2743.2	36	914.4	216	5486.4	91	2311.4	74	1879.6		93
Thomas	S 5700	N	-	2-4	153-306	2	153	72	1828.8	14	355.6	96.25	2444.8	75.5	1917.7	35	889		32
"	S 51200	N	-	4-8	306-611	4	306	78	1981.2	13	330.2	112	2844.8	61	1549.4	58.5	1485.9		35
"	S 51350	N	-	5-1	382-764	5	382	78	1981.2	13	330.2	112	2844.8	61	1549.4	58.5	1485.9		35
"	S 51[illegible]0	N	-	5-1	382-764	5	382	78	1981.2	13	330.2	122	3098.8	61	1549.4	58.5	1485.9		35
"	S 51[illegible]0	N	-	6-1	458-764	5	382	78	1981.2	13	330.2	122	3098.8	61	1549.4	58.5	1485.9		35
Volvo	BM641	N	-	1.3-3.6	1.3	1.4	1	114	2895.6	29.5	749.3	218.5	5550	104	2641.6	71.5	1816.1		83.5
"	BM841	N		1.7-5.2	1.3-4	1.7	1.3	127	3226.6	39	990.6	228	5790.6	108.5	2755.9	75	1905		98
"	BM846	Y	40	1.8-6.5	1.4-5	2.1	1.6	119	3022.6	41	1041.4	258	6553.2	118	2997.2	77	1955.8		108
"	BM1740	Y	40	2.1-9.1	1.6-7	2.7	2.1	116.5	3010	41.5	1054.1	268	6807.2	120	3048	77	1955.8		110
"	BM1640	Y	37.5	3.3-14.4	2.5-11	4.2	3.2	114.5	2908.3	47	1193.8	310.5	7886.7	126	3200.4	81	2011.4		135.5

CARGADORES SOBRE RUEDAS (TRACCION EN LAS 4 RUEDAS)

Fabricante	Modelo	MOTOR: Potencia SAE neta (P/RPM)	Combustible	Número de cilindros	Emisión de humo (cu m / litros)	Número de ciclos	Cabeza del tanque de combustible (US gal / Imp gal / Liters)	NEUMÁTICOS STANDARD: Dimensiones	Lonas	Tipo	TRANSMISIÓN: Tipo	Transmisión hacia delante no de velocidades	Transmisión hacia delante a velocidad máx (MPH / km/h)	Transmisión reversible no de velocidades	Transmisión reversible velocidad máx (MPH / km/h)
Erickson	E-Ric LV-G	30/2500	G	4	107.7 / 1.8	4	10 / 8.3 / 37.9	7.50X15	6	LUG	H	-	0.6.3 / 0-10.1		0.6.3 / 0-10.1
-	E-Ric LVV-G	40/2800	G	4	107.7 / 1.7	4	10 / 8.3 / 37.5	7.50X15	6	LUG	H		0.6.3 / 0-10.1	-	0.6.3 / 0-10.1
-	Erickson	25/2700	G	2	60 / 98	4	8 / 8.7 / 30.3	5.50X15	4	SPECIAL	H	-	0.5.5 / 0.8.9	-	0-5.5 / 0.8.0
Ford	A62	(M)	D	4	256 / 4.2	4	40 / 33.3 / 151.5	5.50X25	12	L 2	PS PL SS	4	0.22 / 0.32.2	2	0-7.4 / 0-11.0
-	A64	(M)	D	8	401 / 6.6	4	50 / 41.7 / 189.4	17.5X25	12	L 2	PS PL SS	4	0.21 / 0.33.8	2	0.8 / 0-12.9
-	A66	(M)	D	8	40 / 6.6	4	50 / 41.7 / 189.4	20.5X25	12	L 2	PS PL SS	4	0.21 / 0.33.8	2	0.8 / 0-12.9
International Harvester	H 45C	93/2200	G	6	301 / 4.9	4	42 / 35 / 159.1	13.00X24	8	G 2	PS	3	3.85.23.3 / 6.2.37.4	3	4.63.28 / 7.5.45
-	H 65E	150/2600	D	6	700 / 11.3	4	50 / 41.7 / 189.4	15.5X25	12	L 2	PS	3	5.27.6 / 8.44.4	3	5.8-33 / 9.3.53
-	H 65C	147/2600	D	6	414 / 6.8	4	64 / 53.3 / 242.5	17.5X25	12	L 2	PS PS CS	3	3.9.21.8 / 6.3.35	3	4.7.26.2 / 7.6-42.2
-	H 85B	164/2600	D	6	466 / 7.6	4	78 / 65 / 295.5	20.5X25	12	L 3	PS PS CS	3	4.22.1 / 6.4.35.6	3	4.7.26.5 / 7.6-42.0
-	H 90E	200/2600	D	8	573 / 9.4	4	97 / 80.8 / 367.5	23.5X25	12	L-3	PS CS	4	4.6-32 / 7.4.51.5	4	4.6-32 / 7.4-51.5
-	H 90C	290/2100	D	6	817 / 13.4	4	115 / 95.8 / 435.7	26.5X25	14	L 3	PS CS	4	4.7.30.8 / 7.6.49.6	4	4.7-30.8 / 7.6.49.8
-	910	380/2200	D	8	817 / 13.4	4	155 / 129.2 / 587.2	29.5X29	22	L-4	PS	3	4.8.22.2 / 7.7.35.7	3	4.8.22.2 / 7.7.35.7
-	H-470C	580/2100	D	12	1710 / 28	4	240 / 206.3 / 947	65.40X35	30	L-4	PS SS	2	9.7.21.4 / 14.14.4	2	8.7.21.4 / 14.34.4
-	2810	90/2300	G	6	293 / 4.8	4	31 / 25.6 / 117.4	14.9X24	8	R-4	PS	4	0.21 / 0.35.8	2	0-7.1 / 0-11.4
Long	4400	45/2400	D	3	142.8 / 2.3	4	14.25 / 11.9 / 54	13.6X28(S)	6	R 1	GD	5	1.43.14.5 / 2.3.22.4	5	1.43.14.5 / 2.3.23.4
Massey Ferguson	MF11	74/2200	D	4	248 / 4	4	36 / 30 / 136.4	14.00X24	8	R-4	CS PS	4	1.99.20.8 / 3.2.33.5	4	1.07.20.3 / 3.1-32.7
-	MF33	74/2300	D	4	249.2 / 4.1	4	37 / 30.8 / 140.2	13.00X24	8	G 2	CS	4	4.24 / 6.4.38.6	8	4.24 / 6.4.38.6
-	MF44B	93/2100	D	6	354 / 5.8	4	51 / 42.5 / 193.2	17.5X25	12	L 2 L 3	CS	4	4.24 / 6.4.38.6	4	4.24 / 6.4.38.6
-	MF55	138/2250	D	8	510.7 / 8.4	4	73 / 60.8 / 276.6	17.5X25	12	L-2	PS	4	3.21 / 4.8.33.8	4	3.21 / 4.8.33.8
-	MF65	175/2500	D	8	318 / 5.2	2	73 / 60.8 / 276.6	23.5X25	12	L 2 L 3	PS	3	2.7.24 / 4.3.38.6	3	2.6-23.3 / 4.2.37.5
-	MF77	228/2100	D	8	855 / 14	4	95 / 79.2 / 359.9	26.5X25	20	L 2	PS	4	2.23.2 / 3.2.37.3	4	2.2.25.4 / 3.5-40.9
-	MF85	280/2100	D	8	855 / 14	4	120 / 100 / 454.6	29.5X29	22	L-2	PS	4	2.2.25 / 3.5.40.2	4	2.4-27.3 / 3.9.43.9
Marathon Le Tourneau	L-[illegible]A	700/2100	D	16	1136 / 18.6	2	336 / 280 / 1272.9	37.5X39	16	L 5	E	(G)	0.17.25 / 0.27.8	(G)	0-17.25 / 0-27.0
Mathro	Ma[illegible] 4000	100/2600	D	6	363 / 6	4	30 / 25 / 113.6	13.00X24	8	EARTHMOVER	PS	4	0.25 / 0.40.2	4	0.25 / 0-40.2
-	Mat[illegible] 4000	108.5/2500	D	6	380 / 8.2	4	30 / 25 / 113.6	14.00X24	8	EARTHMOVER	PS	4	0.25 / 0.40.2	4	0.25 / 0-40.2
-	Mat[illegible] 4000	108.5/2500	D	6	380 / 8.2	4	30 / 25 / 113.6	14.00X24	12	EARTHMOVER	PS	4	0.25 / 0.40.2	4	0.25 / 0.40.2
-	Ma[illegible] 5000	150/2400	D	6	557 / 6	4	30 / 25 / 113.6	17.5X25	16	EARTHMOVER	PS	4	0.25 / 0.40.2	4	0.25 / 0-40.2
Melroe	M 671 Bobcat	12/2500	G	1	31.27 / 3	4	5.5 / 4.6 / 20.8	5.70X12	4	BAR LUG	CC	2	0.3.7 / 0.6	2	0.3.7 / 0-6
-	M-600	30/2800	G	4	107.7 / 1.8	4	11 / 9.2 / 41.7	7.00X15	6	NYLON	VS	(G)	0.6.6 / 0.10.6	(G)	0-6.6 / 0.10.6
-	M 700	30/2800	G	4	107.7 / 1.8	4	12.5 / 10.4 / 47.4	7.00X15	6	STEEL CAP	H	2	0-7 / 0-11.3	2	0-7 / 0-11.3
-	M 975	82/2700	D	4	276 / 4.5	4	33 / 27.5 / 125	15X15.5	12	DUPLEX	H	2	0.8.7 / 0.14	2	0.8.7 / 0.14
Kal Schaeff	SKF 10		D	3	172.7 / 2.83	-	-	12.5X18	8	7[illegible] Grupo	H GD	2	0-12.4 / 0.20	2	0.12.4 / 0-20
Terex	72-21		D	3	213 / 3.5	2	50 / 41.7 / 189.4	17.5X25	12	L 2	PL SS PS	2	0.17.4 / 0.28	1	0-6 / 0.9.7
-	72-31		D	4	284 / 4.7	2	50 / 41.7 / 189.4	20.5X25	12	L 2	PL SS PS	2	0.20.6 / 0-33.2	1	0-7.4 / 0-11.0
-	72-41		D	4	284 / 4.7	2	50 / 41.7 / 189.4	20.5X25	12	L 2	PL PS	3	0.26.7 / 0-43	3	0-27.5 / 0-44.3
-	72-51		D	6	426 / 7	2	75 / 62.5 / 284.7	23.5X25	12	L 2	SS PL PS	2	0.22 / 0.35.4	1	0.8.5 / 0-13.7
-	72-71	335/2300	D	8	565 / 9.3	2	146 / 121.7 / 553	29.5X29	22	L-4	PL PS	3	0.20.8 / 0.33.5	3	0.20 / 0-32.2
-	72-91	424/2100	D	12	852 / 14	2	200 / 165.7 / 757.1	33.25X35	26	L-4	SS PS PL	3	0.15 / 0.24.1	3	0-17 / 0.27.4
Terex Scollard	22-11	65/2500	D	5	330 / 5.4	4	36 / 30 / 136.3	13.00X24	8	G-2	PL PS	2	0.7 / 0-11.3	1	0.9.5 / 0-15.3
Thomas	S[illegible] 30	18/3500	G	2	53.9 / 88	4	10 / 8.3 / 37.9	5.90X15	4	-	H		0-4.8 / 0-7.7	-	0-4.8 / 0-7.7
-	S[illegible] 200	30/2800	G	4	107.7 / 1.8	4	21.6 / 18 / 81.8	7.00X15	6	-	H	-	0-6 / 0.9.7	-	0-6 / 0-9.7
-	F[illegible] 40	37/2400	G	4	154 / 2.5	4	21.6 / 18 / 81.8	7.00X15	6	-	H	-	0-10 / 0-16.1	-	0-10 / 0-16.1
-	[illegible] 100	42/3000	D	4	108 / 1.8	4	21.6 / 18 / 81.8	7.00X15	6	-	H	-	0-10 / 0-16.1	-	0-10 / 0-16.1
-	S[illegible] 99	37/2400	G	4	154 / 2.5	4	21.6 / 18 / 81.8	10.2X16.5	6		H		0.10 / 0-16.1	-	0-10 / 0-16.1
Volvo	BM641	80/2300	D	4	256 / 4.2	4	29 / 24.2 / 110	12.4X24(S)	12(S)	R-4	PS	-	18.6 / 29.9	4	18.6 / 29.9
-	BM741	112/2400	D	6	313 / 5.1	4	37 / 30.8 / 140	14.9X24(S)	12(S)	R-4	PS	4	16.4 / 26.4	4	16.4 / 26.4
-	BM846	175/2400	D	6	313 / 5.1	4	51 / 42.5 / 193.1	20.5X25	12	L-2	PS	4	18.0 / 29.0	4	18.8 / 29.9
-	BM1140	160/2400	D	8	459 / 6.7	4	61 / 50.8 / 231	20.5X25	16	L 2	PS	4	26 / 41.8	4	26 / 41.0
-	BM1641	240/2400	-	8	586 / 8.0	4	65 / 54.2 / 246.1	23.5X25	16	L 2	PS	4	26 / 41.8	4	26 / 41.8

CARGADORES DE RUEDA (TRACCION EN LAS 4 RUEDAS)

Fabricante	Modelo	Distancia entre ejes	Peso standard de funcionamiento		Máquina standard (Pneumáticos o de oruga neumáticos)	Carga de vuelco		Carga de vuelco en articulación más		Fuerza de separación (empujante)		Inclinación máxima para carga	Distancia de vertido del suelo		Cucharón o herramienta de oruga		MOTOR	
		mm	lb	kg		lb	kg	lb	kg	lb	kg	Grad	in	mm	in	mm	Marca	Modelo
[illegible]	Eric LWG	7[illegible]0	3270	5[illegible]61	N	1990	887.9	N/A	N/A	2900	1313.7	-	6	152.4	73	1854.2	WISCONSIN	VH4D
-	E[illegible] VWG	6[illegible]6	3 [illegible]	[illegible]676.1	N	1945	887.9		-	2900	1313.7		6	152.4	73	1854.2	FORD	V4[illegible]04
-	[illegible]	7[illegible]	[illegible]	[illegible]313.7		1500	679.4	N/A	N/A	1600	724.6		6.5	165.1	72	1[illegible]4.6	OHAN	NHC
-	A62	20 [illegible]	[illegible]	6561.7	N	14 000(K)	6342(K)	12 050(K)	5458.7(K)	17 000(L)	7701(L)	51	15.5	393.7	35E	1[illegible]93.2	FORD	256 T
-	A64	2819.4	23 [illegible]	10 627.1	N	17 300(K)	7835.0(K)	14 550(K)	6727.1(K)	20 [illegible](N)	9467.7(N)	50	16	4[illegible]6.4	3[illegible]0	10 [illegible]58.4	FORD	401 D
-	A66	2319.4	28 [illegible]	[illegible]	N	21 [illegible](K)	9[illegible]	18 [illegible](K)	8671.1(K)	23 [illegible](P)	10.4 [illegible](P)	50	18	457.2	450	10 [illegible]	FORD	4[illegible] T
International Harvester	H 60C	2104.4	12.4 [illegible]	7604.4	N	14 571	5[illegible]1.7	11 571	5241.7	21 52	9749	41	19.6	497.8	452	5400.8	IH	G 3[illegible](O)
-	H 70F	4240	41 040	9531.1	N	14 885	6740.6	13 353	6051.1	21 140	9667	43	14.8	3[illegible]0.6	207.5	5.70 [illegible]	IH	D 360
-	H 65C	2743.7	28 485	12 903.7	N	20 702	9379	18 637	8-42.6	34 [illegible]	15 352.9	40	15.4	391.2	440	[illegible]	IH	DT 414
-	H 80B	2371.8	33 [illegible]	15 456.6	N	23 616	10.7 6.2	21 535	9741.8	36 506	12 007.2	44	13.6	353.1	241	6121.4	IH	DT 466
-	H-90E	3049	39 [illegible]	17 933.6	N	28 612	12 9[illegible]	25 600	11 [illegible]87.4	30 662	14 025.6	43	16.5	419.1	268.5	6[illegible]	IH	DVT 570D
-	H 100C	3556	40 843	21 219.9	N	35 027	15 867.2	29 773	13 487.2	26 338	16 461.1	45	23.25	590.6	250	6607.4	IH	DT 517C
-	550	3937	70 210	35 [illegible]	N	57 257	23 649.8	46 966	21 284.7	64 [illegible]	29 074	45	20.6	52[illegible]	316	8[illegible]	IH	DT 517C
-	H 400C	4572	123 [illegible]	58 [illegible]	N	87 730	39 741.7	74 570	33 780	86 600	78 [illegible]	45	18.5	470	354(P)	9[illegible](O)	[illegible]	VT [illegible]
-	3[illegible]	1930.4	12.5 [illegible]	5712.3	N	9000	4077	N/A	N/A	[illegible]	2[illegible]5.6	60	15	81	440	11 [illegible]	IH	C 263(O)
Ezing	445DT	2057.4	6[illegible]05	5037.4	Y	5[illegible]	24[illegible].4	N/A	N/A	4450	7015.9	25	18.3	464.8	309	7248.6	[illegible]	D 115
Massey Ferguson	MF11	2052.8	14 [illegible]	6[illegible]	N	4700	2124	6200	2[illegible]0.6	10 000	4530	47	15	381	156	3962.4	PERKINS	A4.248
-	MF23	2120.9	15 [illegible]	6920.9	N	8500	3[illegible]	N/A	N/A	14 300	6477.0	44	18	456.4	154	3911.6	PERKINS	A4.248
-	MF44B	2652.4	20 200	9150.6	N	13 500	6115.5	12 000	5436	16 100	7293.3	43	14.5	368.3	212	5384.8	PERKINS	A6.354.1
-	MF55	2754	27 [illegible]	11 895.8	N	15 500	7474.5	15 500	7021.5	25 000	11 325	45	16.25	412.8	210	5334	PERKINS	V8 [illegible]
-	MF65	3302	34 100	15 447.3	N	25 450	11 538.9	22 000	9966	30 190	13 676.1	43.5	15.4	391.2	232	5892.8	GM	6V 53N
-	MF77	3505.2	42 180	19 107.5	N	30 500	13 816.5	27 000	12 231	39 300	17 642.9	42	18	457.2	244.5	6210.3	CUMMINS(T)	N 855C
-	MF88	3708.6	60 [illegible]	27 180	N	42 500	19 [illegible]	37 [illegible]	17 032.8	61 000	27 633	41	17.5	444.5	266	6756.4	CUMMINS(U)	NTE 5[illegible]10
Marathon Le Tourneau	L 700A	5486.4	180 000	8[illegible] 540	N	117 000	53 001	105 000	47 [illegible]65	115 000	52 095	50	19	482.6	288	9655.2	DETROIT(V)	16-71T
Marbo	Mar[illegible] 4000	24.8.4	14 000	6342	N	8000	3[illegible]4	6400 [illegible]	2839(W)	10 200	4892.4	57	15.25	387.4	316	8026.4	FORD	2714E
-	Mar[illegible] 6000	2438.4	16 500	7474.5	N	10 000	4530	8200	3714.6	15 600	7066.8	57	15.25	387.4	316	8026.4	FORD(X)	[illegible]14E
-	Ma[illegible] 7000	2438.4	18 500	8350.5	N	14 000	6342	11 500	5209.5	15 000	7066.8	57	15.25	387.4	316	8026.4	FORD(X)	2714E
-	Mar[illegible] 10 000	3047	21 000	9513	N	20 000	9[illegible]0	16 400	7429.2	27 800	10 [illegible]8.4	57	15.25	387.4	376	9[illegible]1.2	FORD(Y)	2704E T
Melroe	M 371Bobcat	711.2	1930	8[illegible]7	N	1158	524.6	N/A	N/A	1095	496	24	4.75	120.7	108	2743.2	KOHLER	K 321 S
-	M 610	889	3810	1725.3	N	2350	1064.6	N/A	N/A	1850	838.3	25	8	203.2	130	3302	WISCONSIN	VH4D
-	M 700	889	4230	1916.7	N	2400	1132.5	N/A	N/A	1950	883.4	26	8	203.2	130	3302	WISCONSIN	VH4D
-	M 975	1143	11 [illegible]	5277.1	N	[illegible]	3252.7	N/A	N/A	6790	2849.4	25	9	2[illegible]6	182	4[illegible]	CFERE	A 276
Karl Schaeff	[illegible]	1540	6278	[illegible]	-	5000	2265			4900	2700	35	19.(HH)	450(HH)	150	[illegible]	DEUTZ	F3L 912
Terex	72 21	2438.4	21 700	9839.1	N	15 400	6976.2	14 000	6342	20 100	910[illegible].1	45	12	304.8	452	11 [illegible]E	DETROIT	3-71N
-	7[illegible] 51	2514.6	28 100	12 729	N	19 600	8869	18 000	8154	26 900	12 185.7	42	12	304.8	460	11 [illegible]E	DETROIT	4 71N
-	72-4[illegible]	2505.4	31 700	14 134	N	21 800	9875.4	19 400	8788	26 000	11 778	40	12	304.8	472.1	11 [illegible]	DETROIT	4 71N
-	72 51	2743.2	36 [illegible]	16 353	N	15 400	6976.2	14 000	6342	20 100	9105.3	45	12	304.8	451.9	11 478.F	DETROIT	8 71N
-	72 71	4004	76 [illegible]	34 541.3	N	52 100	23 601	44 900	20 340	65 800	29 807	40	18	457.2	568.1	14 429	DETROIT	8V 71T
-	72 81	4191	111 450	50 505	N	78 400	35 515	69 100	31 574	61 100	27 678	44	18	457.2	592.1	15 [illegible]	DETROIT	8V 71T
Terex Scotland	72 11	2300.2	16 500	7474.5	N	10 450	4733.9	9300	4212.9	18 700	7595	47	16	406.4	390	9906	GMBEDFORD	330
Thomas	S 5700	812.8	3400	1540.2	N	1400	634.2	N/A	N/A	1500	679.5	23	5.75	146.1	57	1447.8	WISCONSIN	TJG
-	S/S 1200	8[illegible]	5[illegible]	2536.8	N	2400	1087.2	N/A	N/A	2850	1268.4	28	8	203.2	73	1854.2	WISCONSIN	VH4D
-	S [illegible]	8[illegible]	6 [illegible]	2[illegible]7.6	N	3400	1540.2	N/A	N/A	3000	1359	28	8	203.2	73	1854.2	WISCONSIN	VG4D
-	S/S2250D	8[illegible]	7510	3442.8	N	4500	2038.5	N/A	N/A	3 [illegible]0	1404.3	28	8	203.2	73	1854.2	PERKINS	4.108
-	S/S2700D	8[illegible]	7500	3337.5	N	4500	2038.5	N/A	N/A	3100	1404.3	28	8	203.2	73	1854.2	WISCONSIN	VG4D
Volvo	BM541	2375	17 300	7847.2	N	7240	3284	-	-	9300	4218.4	44	14	355.6	444	11 278	VOLVO	D 42
-	BM641	2438.4	21 700	9843	N	9460	4300	-	-	12 100	5488.5	45	15.5	393.7	444	11 278	VOLVO	D 50B
-	BM846	2692.4	22 000	9979	N	13 750	6235.9	12 100	5468.5	17 000	7711.1	43	19	482.6	390	9906	VOLVO	D 50B
-	BM1240	2895.6	26 600	12 066	N	18 050	8187.3	16 000	7257.5	19 150	8686.3	43	17.5	444.5	413	10 490	VOLVO	D [illegible]0B
-	BM1641	3467.1	37 400	16 964	-	25 800	11 703	23 600	10 705	27 600	12 519	48	15.5	393.7	520	13 208	VOLVO	TD 100

PI -- Se puede Importar
EM -- Ensamblado en México
*N -- No
Y -- Si
†N -- No
Y -- Si
** -- La estabilidad de la máquina depende del tamaño de llantas, balasto en llantas traseras, o de accesorios utilizados.
±D -- Diesel
G -- Gasolina
CCP -- Cara de laminación transversal
OPT -- Opcional
TR -- De transmisión
AA -- Automática
CC -- De embrague tipo convencional
CS -- Contraeje
E -- Eléctrica
GD -- De engranajes
H -- Hidrostatica
HS -- DE vaivén hidráulico
L -- De cierre
PL -- Planetaria
PS -- De cambio automático
SA -- Semiautomática
SS -- De cambio suave
VS -- De poleas variables
Todo item N/A -- No aplica

(A) Modelo Ford 2711 E disponible como opción
(B) Modelo Ford 2713 E disponible como opción
(C) Modelo Perkins T6,354 disponible como opción
(D) Cangilón para uso general.
(E) Con cabina
(F) Solamente máquina
(G) Infinitamente variable
(H) Motor eléctrico
(I) Adelante--frente al operador
(J) Frente, trasero
(K) Con llantas normales, balasto con llantas traseras, cangilón normal, cabina, combustible y 175 lbs (79kg) por operador
(L) Al cangilón Levantamiento = 16,200 lbs. (7338 6 kg).
(M) Todavía no se encuentra disponible.
(N) Al cangilón levantamiento = 18,800 lbs (8516 4 kg).
(P) Al cangilón levantamiento = 22,500 lbs. (10,193 kg)
(Q) Modelo D 282 diesel también disponible
(R) Por fuera de cangilon.
(S) Llantas traseras
(T) Modelo GMC 6V-71-N también disponible
(U) Modelo GMC 8V-71-N también disponible
(V) Modelo Cummnis VTA-1710-C también disponible.
(W) Sin extra balasto
(X) Modelo Perkins 6 354 también disponible.
(Y) Perkins T6,354 también disponible. Ambos modelos con turbina.

(Z) Dirección de largueros.
(AA) Con llantas normales
(BB) Con llantas normales y techo de protección.
(CC) Modelo Cummins también disponible
(DD) Con brazos de alta elevación opcionales.
(EE) Cangilón de canto derecho
(FF) Con llantas normales y dientes de cangilón
(GG) Con llantas normales, techo de protección y lámparas inundantes.
(HH) Bajo articulación
(II) Incluye tanque lleno, operador, cangilón y llantas 15 5 x 25 - 8PR
(JJ) Medido 3 pulgadas (102 mm) detrás de junta de arista cortante, con espiga de cangilón como pivote.
(KK) Incluye llantas 15 5 x 25 -- 12 PR con 846 lbs (382 kg) de solución $CaC1_2$ en llantas traseras
(LL) Incluye llantas 17 5 x 25 -- 12 PR con 1182 lbs. (540 kg) de solución $CaC1_2$ en llantas traseras
(MM) Incluye llantas 25.5 x 25 -- 20 PR con 3038 lbs (1380 kg) de solución $CaC1_2$ en llantas traseras.
(NN) Incluye cabina estándar y llantas 38 00 x 39-30-PR con 7880 lbs. (3570 kg) de solución $CaC1_2$ en llantas traseras.

CARGADORES DE ORUGA

FUNCIONAMIENTO (factor sujeto a opción)

Fabricante	Modelo	Cazo estándar sin dientes (desgarrador)		Cazo estándar del caso (desgarrador)		Peso del caso estándar con dientes		Anchura del caso estándar		Altura de descarga a 45°		Alcance a 45°		Alcance a 45°		Largo total caso en el suelo		Altura total, caso levantado a		Anchura externa de las ruedas		Peso en funcionamiento, equipo estándar		Carga estática hacia atrás, SAE, equipo estándar		Fuerza de excavación del caso (opcional)
		yd³	m³	yd³	m³	lb	kg	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	lb	kg	lb	kg	lb
J.I. Case	555	0.75	0.6	0.75	0.6	7700	3493	62	1590.2	96	2438.4	38	965.2	69	1752.6	130	3302.0	130	3302	60	1524	10 450	4740			5150
-	450	0.5	0.38	1	0.75	7700	3493	62	1590.2	97	2463.8	36.75	933.5	160	4064	142	3606.8	142	3606.8	64	1625.6	13 000	5895	-		7500
-	850	1.178	0.9	1.375	1.1	10445	4739.1	76.5	1943.1	99.5	2527.9	45.5	1155.7	180	5.72	168.5	4280	68	1727.2	68	1727.6	18 900	8572.9	11 000	4 993.3	11 000
-	1000	1.5	1.2	1.75	1.3	11745	5325.5	81.3	2065.5	104	2641.6	54	1371.6	189	4800.6	184	4673.6	77	1955.8	77	1955.8	24 800	249	16 100	7375	18 000
-	1450	1.8	1.4	2.25	1.7	20000	9072	98	2489.2	115	2921	64	1625.4	215.5	5471.7	224	5690.6	81	2057.4	81.5	2070.1	31 500	14 288.5	18 600	8438.8	22 000
Caterpillar	931	0.[illegible]	0.76(D)	1.[illegible]	0.9(D)	7.0	3.0		-	9.0	2.4(D)	32	810	153	3890	240(D)	6096(D)	70.5	1790	15.00(E)	381(E)	21 000(E)	9526(E)	41 000(E)	18 600	13 000
-	931B	1.25(D)	0.95(D)	1.5(D)	1.15(D)		-			11.0	2.8(D)	31(E)	1300(E)	163	4120	173.5	4410	70	1780	22.00	559	19 000	8620	12 650	5730	14 000
-	951B	1.5(D)	1.25(D)	1.75(D)	1.5(D)		-	58.0	1473	114	2896	33(E)	838(E)	185	4700	185	4700	85(D)	2160(D)	30.00	762	13 700	6214	18 650	8460	23 110
-	973L	2.5(D)	1.9(D)	2.5(D)	2.0(D)		-	95.0	2413	131	3330	22(E)	559(E)	221	5610	232	5890	94	2390	42.50	1080	19 100	8664	24 710	11 210	30 760
-	933	3.7(D)	2.85(D)	4.5(D)	3.5(D)		-	120.0(D)	3048(D)	144	3660	25(E)	635(E)	267	6780	245	6220	114	2900	41.500	1054	32 000	14 500	48 500	22 000	43 250(M)
John Deere	350B	0.37	0.3	0.5	0.4	7.75	3515	66	1676.4	98	2489.2	30	762	144.5	3670.3	144.3	3665.9	60	1524	12.400	315.0	12 500	5670.5	7150	3243.2	12 100
-	350B	1.05	0.8	1.25	0.96	9.95	4518	72.25	1835.2	103	2616.2	33	838.2	160.25	4070.4	170	4318	66	1676.4	16.000	406.4	15 000	6800	9200	4173	14 150
-	450B	1.052	0.8	1.25	0.96	9.95	4518	72.25	1835.2	103	2616.2	33	838.2	160.25	4070.4	170	4318	66	1676.4	18.255	463.5	20 450	9270			15 000
Ermco 740	640	-		3	2.3	-	-	54	1371.6	122.25	3105.2	-		112	2844.8	180.125	4573.2	54	1371.6	10 950	4965	-				
-	820	-		785	6	-		74	1879.6	96	2438.4	-		147	3733.8	126.5	3213.1	54	1371.6	12 550	5690.9	-				5700
International Harvester	500E 75	0.6	0.5	0.5	0.73	6.0	2724.8	66.5	1689	98.7	2507	29.4	746.8	154.6	3926.8	175	4445	62	1574.8	12 750	5782	7500	3402	10 300		
-	1000	0.92	0.703	1.13	0.864	7.00	3175.6	68.5	1739.9	97	2463.8	31.7	805.2	158	4012.4	160.5	4076.7	65	1651	13 481	6022.1	9.067	41 2.7	15 144		
-	125E	1.12	0.86	1.38	1.1	9.40	4264	71.6	1818.6	103.5	2628.9	38.2	970.3	164.75	4184.7	171.5	4356.1	68	1727.2	18 655	8461.8	1 [illegible]	5 374	19 859		
-	175C	1.72	1.3	2	1.5	18.72	8492.2	86	2184.4	114	2895.6	60	524	194.5	4940.3	180	4572	81	2057.4	28 650	13 104	19 110	8 668.2	25 370		
-	250C	2.25	1.7	2.75	2.1	23.00	10432	96	2438.4	129	3276.6	69	1752.6	225	5715	211	5359.4	94	2387.6	43 360	19 668	29 500	13 430	34 226		
JCB	410	1.25	0.96	1.5	1.2	10.0	4535.9	80	2032	100	2540	45	1143	203	5156.2	168	4267.2	69	1752.6	20 763	9418	10 976	4978.6	13 000		
Massey Ferguson	MF200	0.625	0.478	0.75	0.573	4.25	2064	62	1574.8	99.5	2527.3	30	762	152	3860.8	139.5	3543.3	60	1524	10 375(B)	4705(B)	6500	2948.4	7000		
-	MF300	1.125	0.86	1.25	0.96	12.15	551	77	1955.8	96.5	2451.1	37	939.8	154	3911.6	151	3835.4	72	1828.8	19 711	8940.8	12 570	5701.7	18 500		
-	MF400	1.5	1.2	1.625	1.2	17.65	800.6	80	2032	100	2540	33	838.2	205	5232.4	188	4775.2	75	19.5	24 950	11 322	17 350	7874.4	15 430		
-	MF500B	2	1.5	2.25	1.7	19.10	866.4	80	2032	106	2690.8	35	889	180	4572	191	4851.4	82	2082.6	36 531	16 570	19 840	9999.3	19 840		

CARACTERÍSTICAS DE ORUGA

Fabricante	Modelo	Fuerza de tracción del cazo (apilamiento)	Inclinación posterior a nivel de suelo	Angulo máximo de inclinación del cazo	Distancia mínima de la máquina al suelo		MOTOR Marca	Modelo	Potencia SAE neta hp	No. de cilindros	Frecuencia Cilindrada		Capac. del tanque de combustible			CARRILES No. de zapatas en cada lado	Ancho de las zapatas standard		Calibre standard de las carrilera		Presión en el suelo zapata standard		Ancho de las carrilera o zapatas		Transmisión Tipo*
		lb	Deg	Deg	in	mm			hp rpm		cu in	litres	US gal	Imp gal	Lt		in	mm	in	mm	psi	kPa	in	mm	
J I Case	350	2404	40	110	11	279.4	CASE	G188D	39/2000	4	188	3.1	16	13.3	60.5	33	12	304.8	43	1092.2	-	-	12-14	304.8-355.6	CD
-	450	3477	40	110	12	304.8	CASE	G188D	51/2000	4	188	3.1	20	16.7	75.9	38	12	304.8	54	1370.8	-	-	12-14	304.8-355.6	PS
-	650	4709.5	40	105	10	254	CASE	A201BD	72/2000	4	301	4.9	36	30	136.4	39	13	330.2	54	1371.6	-	-	13-1	330.2-355.6	PS
-	115-D	5248	40	103	13	330.2	CASE	A451BD	100/2100	6	451	7.4	52	43.3	196.9	49	15	381	62	1574.8	-	-	15-16	381-406.4	PS
-	145-D	12272	40	106	15	381	CASE	A504BDT	130/2100	6	504	8.3	65	54.2	246.4	38	15	381	66	1676.4	-	-	15-16	381-406.4	PS
Caterpillar	931	4650	-	-	13.7	348	CAT	3204	62/2400	4	318	5.2	30	25	114	36	12	305	56	1420	-	-	-		PL PS
-	941B	6510	-	74	15 (G)	380 (G)	CAT	D310	80/2000	4	475	7	42	35	159	38	13	330	60	1520	-	-	-		FS PL
-	955L	10 400	-	75	15.7 (C)	400 (G)	CAT	D337	130/2165	4	425	7	68	56.7	257	41	15	380	66	1680	-		-		PS PL
-	977L	15 540	-	75	19 (G)	485 (G)	CAT	D339	190/1950	6	638	10.5	100	83.3	378.7	41	18	455	76	1930		-	-		PS PL
-	983	19 840 (M)	-	78	23.5 (G)	600 (G)	CAT	D343	275/2000	6	892	14.6	135	112.5	511	42	22	560	90	2340		-	-		PS PL
John Deere	1D3 JB	5408.5	40	70	14.25	336.6	JOHN DEERE	4-3152	42/2500	3	152	2.5	22	18.3	83.2	36	12	304.8	48	1219.2	7.2	49.7	12	304.8	CD PSR
-	JD450C	6513.8	40	70	14.25	362	JOHN DEERE	JD4219	65/2100	4	219	3.6	31	25.6	117.3	37	14	355.6	52	1320.8	7.8	53.8	14	355.6	PS
-	JD1 5	7144	40	70	14.25	362	JOHN DEERE	JD4276	72/2100	4	276	4.5	31	25.6	117.3	37	14	355.6	52	1320.8	8.5	58.6	14	355.6	PS
Eimco TMD	610			-	6	152.4	EIMCO	2/1	27/1200	5	-	-	-	-		28	9	228.6	45	1143			9	228.6	AMD
-	632	2404	-	-	6	152.4	EIMCO	2/1	22/1200	5		-		-		28	9	228.6	45	1143			9	228.6	AMD
International Harvester	500 E 45	4672	40		13.1	332.7	INTERNATIONAL	D 155	45/2100	3	155	2.5	27.5	22.9	104.1	35	12	304.8	50	1270	7.6	52.4	10-14	254-355	PS
-	100E	6369.2	38.5	60.3	12.8	325.1	INTERNATIONAL	D 239	65/2400	4	239	3.9	30	25	113.7	37	12	304.8	52	1320.8	9	62.1	12-13	304.8-330	PS CS
-	125E	8554.3	38.5	60.9	15	381	INTERNATIONAL	DT 239	78/2500	4	239	3.9	38	31.7	144.1	36	13	330.2	54	1371.6	9.6	66.2	13-14	330.2-355	PS CS
-	175C	11 508	48.5	58.1	17.75	450.9	INTERNATIONAL	DT 466	130/2400	6	466	7.6	60	50	227.3	39	15	381	66	1676.4	11.1	76.5	15-16	381-406.4	PS CS
-	250C	17 339	49	61.1	18.5	469.9	INTERNATIONAL	DVT 573B	190/2400	8	573	9.4	65	71.6	345.5	43	18	457.2	76	1930.4	11.3	77.9	18	457.2	PS GS
JCB	110	5875.7	40	75	15	381	PERKINS	4.248	71/2250	4	248	4.1	46	38.3	174.1	37	13	330.2	56	1422.4	9.46	65.2	13	330.2	HY PL
Massey Ferguson	MF 203	3175.2	45	54	10.5	266.7	PERKINS	A3 152	44/2250	3	152.7	2.5	11.1	9.3	42.3	36	12	304.8	45	1143.2	5.7	46.2	12	304.8	CS HY
-	MF303	8391.5	45	57	15	381	PERKINS	A4 248	63/2100	4	248	4.1	28.6	23.8	108.2	37	14	355.6	58	1473.2	8.8	60.7	14	355.6	PS
-	MF400	6969	41	59	12.5	317.5	PERKINS	A6 354	65/2200	6	354	5.8	38	30	136.4	37	15	381	60	1524	9.4	64.8	15	381	CS HY
-	MF500B	8903.3	41	62	13	330.2	PERKINS	AV8-510	125/2100	8	510.71	8.4	55	45.8	208.2	40	15	381	66	1676.4	13.1	90.3	15-16	381-406.4	PS

Fabricante	Modelo	TRASMISIÓN				SISTEMA HIDRAULICO						
		Convertidor de fuerza de tracción	Embrague del motor	Velocidad máx. trasmitida hacia adelante		Capacidad del sistema			Presión máx. de trabajo		Tipo de bomba	Número de bombas
				MPH	km/h	U.S. gal	Imp. gal	Litres	psi	kPa		
J I Case	350	Y	N	4.05	7.6	[illegible]	6.7	30.5	2000	13,790	G	1
-	450	Y	N	7.2	11.6	7.5	6.3	28.6	2000	13,790	G	1
-	850	Y	N	6.5	10.5	8.6	7.2	32.7	1850	12,755	G	1
-	1150B	Y	N	6.2	10	15	12.5	56.8	2000	13,790	G	1
-	1450	Y	N	5.5	8.9	22	18.3	83.2	2500	17,237	G	1
Caterpillar *	931	-	-	6.9	11.1	13	10.8	49.2	-	-	G	-
- *	941B	Y	-	5.5	8.9	21	17.5	79.5	-	-	V(H)	-
- *	955I	Y	-	5.6	9	37(K)	30.8(K)	140(K)	-	-	V(H)	-
- *	977L	Y	-	5.8	9.3	36.5(L)	30.4(L)	138(L)	-	-	V(H)	-
- *	983	-	-	6.3	10.1	38(L)	31.7(L)	144(L)	-	-	-	-
John Deere	JD350B	N	Y	1.4-6.5	2.3-10.5	12.5	10.4	47.3	2250	15,513	G	1
-	JD450C	N	Y	1.3-6.7	2.1-10.8	12.25	10.2	46.4	2250	15,513	G	1
-	JD555	Y	N	5.63	9.1	12.25	10.2	46.4	2250	15,513	G	1
Eimco TMD	630	N	N	0-1.5	0-2.4	-	-	-	-	-	-	-
-	632	N	N	0-1.5	0-2.4	15	12.5	56.8	1250	8618.5	G	1
International Harvester	500E-75	Y	N	5.9	9.5	17	14.2	64.6	2250	15,513	G	1
-	100E	Y	N	5.28	8.5	15.4	12.8	58.2	2150	14,824	G	1
- FN	125E	Y	N	5.32	8.6	15	12.5	56.8	2150	14,824	G	1
-	175C	Y	N	5.2	8.4	24	20	90.9	1900	13,100	G	1
-	250C	Y	N	5.28	8.5	28	23.3	105.9	2000	13,789.5	G	1
JCB	110	N	N	5.5	8.9	84	70	318.2	2500	17,237	G	1
Massey Ferguson	MF200	N	N	1.7-5.7	2.7-9.2	11.1	9.3	42.3	2150	14,824	G	1
-	MF300	Y	N	2.17-4.04	3.5-6.5	8	6.7	30.5	2150	14,824	G	1
-	MF400	Y	N	2.17-3.95	3.5-6.4	27	22.5	102.3	2200	15,169	G	1
-	MF500B	Y	N	2.64-5.28	4.3-8.5	28.6	23.8	108.2	2000	13,790	G	1

PI	—	Se puede Importar
EM	—	Ensamblado en México
FN	—	Fabricación Nacional.
*AMD	—	Motor neumatico
CS	—	Contraeje
CD	—	De engranajes
HY	—	Hidrostática
PL	—	Planetaria
PS	—	De cambio automático
PSR	—	De reversor automático
†N	—	No
Y	—	Si
‡G	—	De engranajes
V	—	De paletas

Todo item N/A — No aplica.

(A)	— Altura de paso de la máquina
(B)	Peso de embarque
(C)	A plena elevación
(D)	Cangilón para uso general
(E)	Incluye tanque lleno, 170 lbs (77 kg) por operador, protectores inferiores, y de rodillos de orugas, dientes de cangilón, iluminación, gancho de tracción, y techo de protección
(F)	Con 7 pies (2130 mm) de paso.
(G)	De la cara de zapata
(H)	Sistema hidráulico del cangilón
(I)	A arista cortante
(J)	Por fuera de tapas del árbol de catalina
(K)	Controles de cangilón, incluyendo tanque y tuberías hidráulicas.
(L)	Controles de cangilón
(M)	Medido 4 pulgadas (102 mm) detrás de junta de arista cortante con espiga de cangilón como pivote.

RENDIMIENTO

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

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

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

El rendimiento aproximado de un cargador se puede valorar de las siguientes formas:

A) Por observación directa
B) Por medio de reglas y fórmulas (teórico)
C) Por medio de tablas proporcionadas por el fabricante

A) Cálculo del Rendimiento de un Cargador por medio de Observación Directa

La obtención de los rendimientos por observación directa es la medición física de los volúmenes de materiales movidos por el cargador,

durante la unidad horaria de trabajo, cronómetro en mano.

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

B) Cálculo de Rendimiento de un Cargador por medio de Reglas y Fórmulas.

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

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

$$m^3/\text{Hora} = m^3/\text{Ciclo} \times \text{Ciclos/Hora}$$

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

$$m^3/\text{Ciclo} = \text{Capacidad nominal del Cucharón} \times \text{Factor de Carga}$$

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

MATERIAL SUELTO	FACTOR DE CARGA
Agregados húmedos mezclados	95 - 100 %
Agregados uniformes hasta de 1/8"	95 - 100 %
Agregados de 1/8" a 3/8"	85 - 90 %
Agregados de 1/2" - 3/4"	90 - 95 %
Agregados de 1" - o más	85 - 90 %
MATERIAL DINAMITADO	
Bien fragmentado	80 - 85 %
De fragmentación mediana	75 - 80 %
Mal fragmentado	60 - 65 %

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

$$\text{Ciclos/Hora} = \frac{\text{Minutos Efectivos por Hora}}{\text{Tiempo total de un Ciclo (minutos)}}$$

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

Condiciones del sitio del trabajo.	Características de la Organización							
	Excelente		Buenas		Regular		Malas	
	%	Min/Hr.	%	Min/h	%	Min/H	%	Min/h
Excelentes	84	50.4	81	48.6	76	45.6	70	42,0
Buenas	78	46.8	75	45.0	71	42.6	65	39.0
Regular	72	43.2	69	41.4	65	39.0	60	36.0
Malas	63	37.8	61	36.6	57	34.2	52	31.2

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

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

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

MATERIAL	Segundos que deben añadirse (+) o restarse (-) del tiempo del ciclo básico.
De diversos tamaños	+ 1.2
Hasta de 1/8"	+ 1.2
De 1/8" a 3/4"	- 1.2
De 3/4" a 6"	0.0
De 6" ó más	+ 1.8 y más
En el banco o fragmentado	+ 2.4 y más

MONTON	
Apilado con trasportador o tractor a 3 mts. o más	0.0
Apilado con trasportador o tractor menos de 3 mts.	+ 0.6
Descargado de un camión	+ 1.2

DIVERSOS	Segundos que deben añadirse (+) o restarse (-) del tiempo del ciclo básico
Posesiones en común de camiones y cargador	- 2.4
Operación continua	- 2.4
Operaciones intermitentes	+ 2.4
Tolvas o camiones pequeños	+ 2.4
Tolvas o camiones endebles	+ 3.0

El ciclo de acarreo, es el tiempo que requiere la máquina en transportar el material de la salida del sitio de carga, al lugar de descarga y regresar vacío al lugar del abastecimiento.

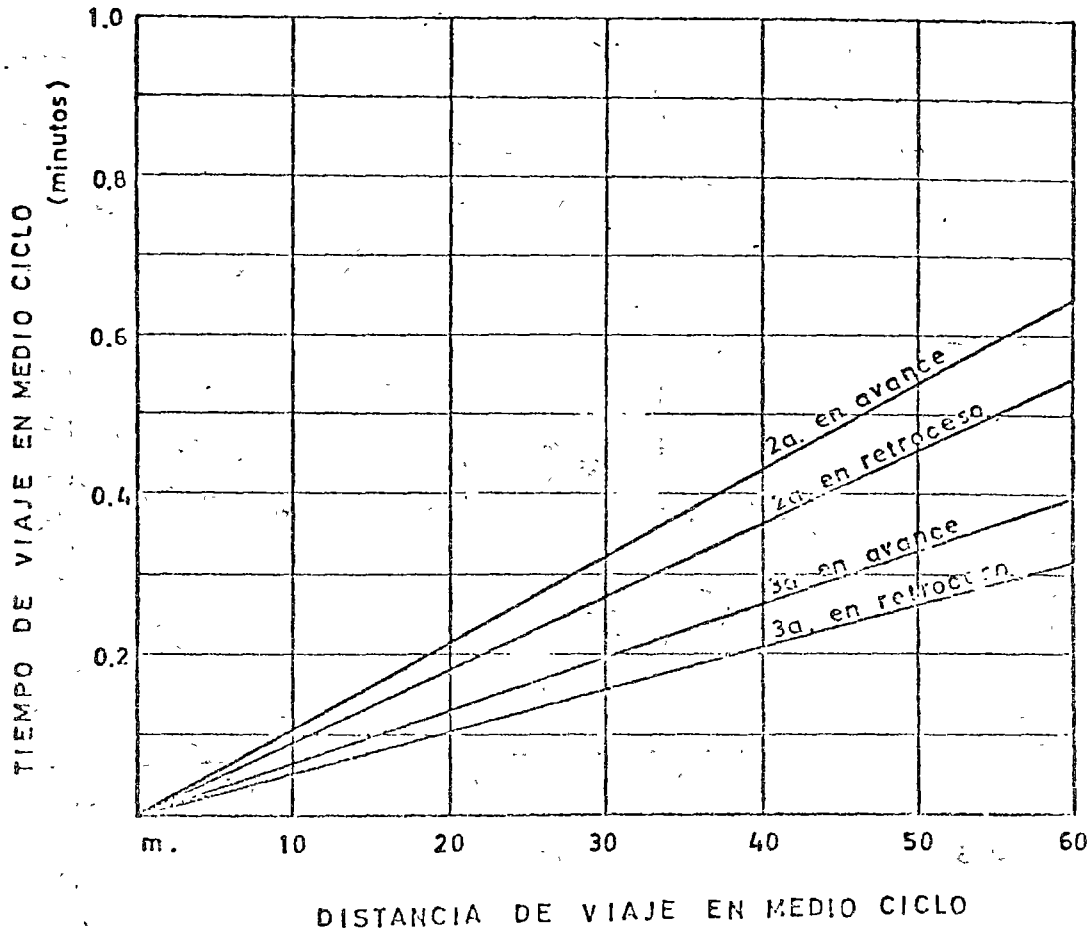
El tiempo de este ciclo de acarreo, si se desconoce, puede tomarse de gráficas hechas por los fabricantes o prepararse con datos estadísticos medidos en la obra en forma apropiada.

A continuación se presentan varias gráficas del tiempo estimado de acarreo o retorno para diversos cargadores, las cuales se han preparado en las siguientes condiciones:

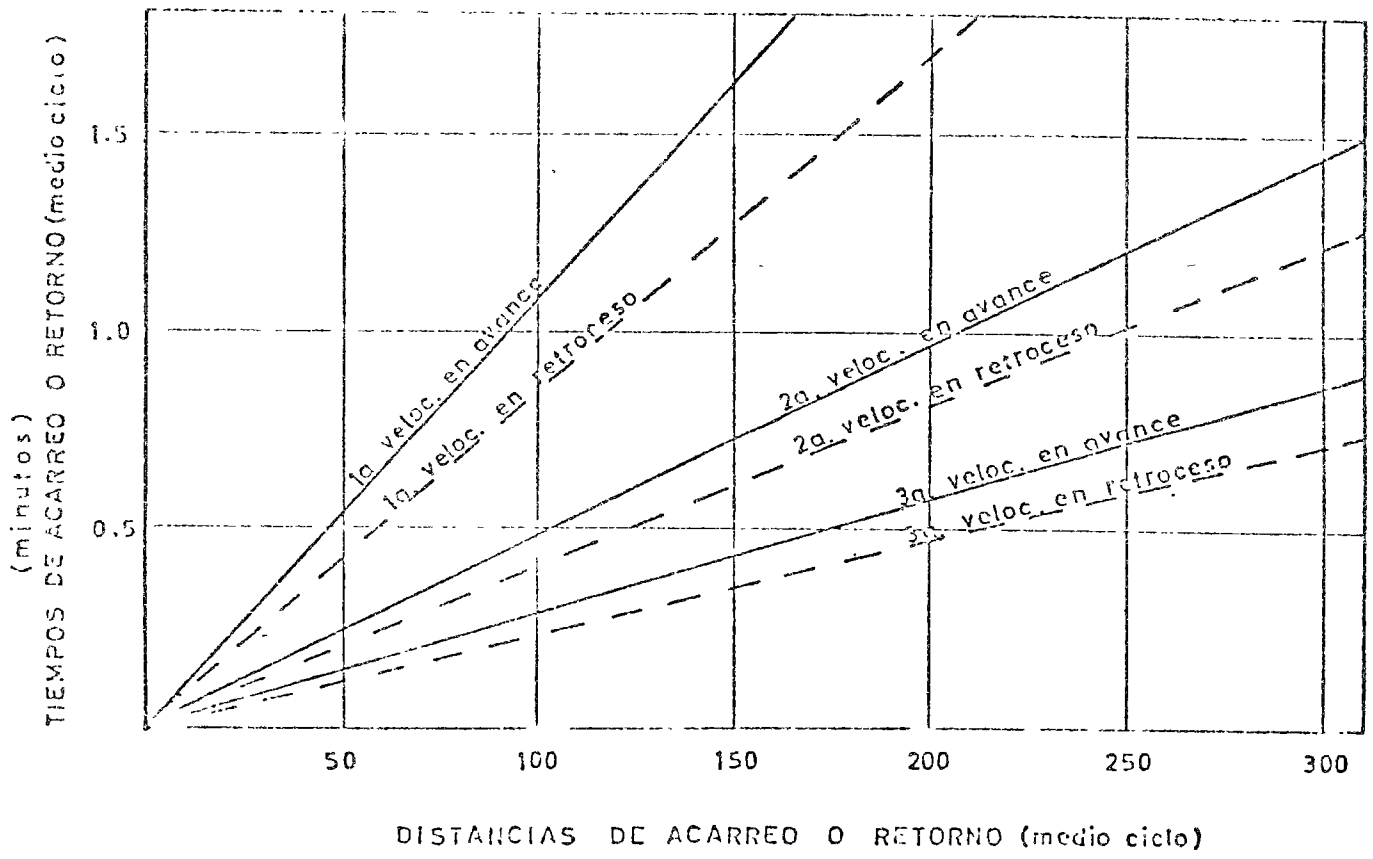
— Sin pendiente

- Las velocidades son prácticamente las mismas con carga o sin ella.
- Se considera el tiempo de aceleración en el tiempo de maniobras.
- La posición del cucharón es constante en el recorrido.
- No se incluye el recorrido efectuado en el tiempo de maniobras

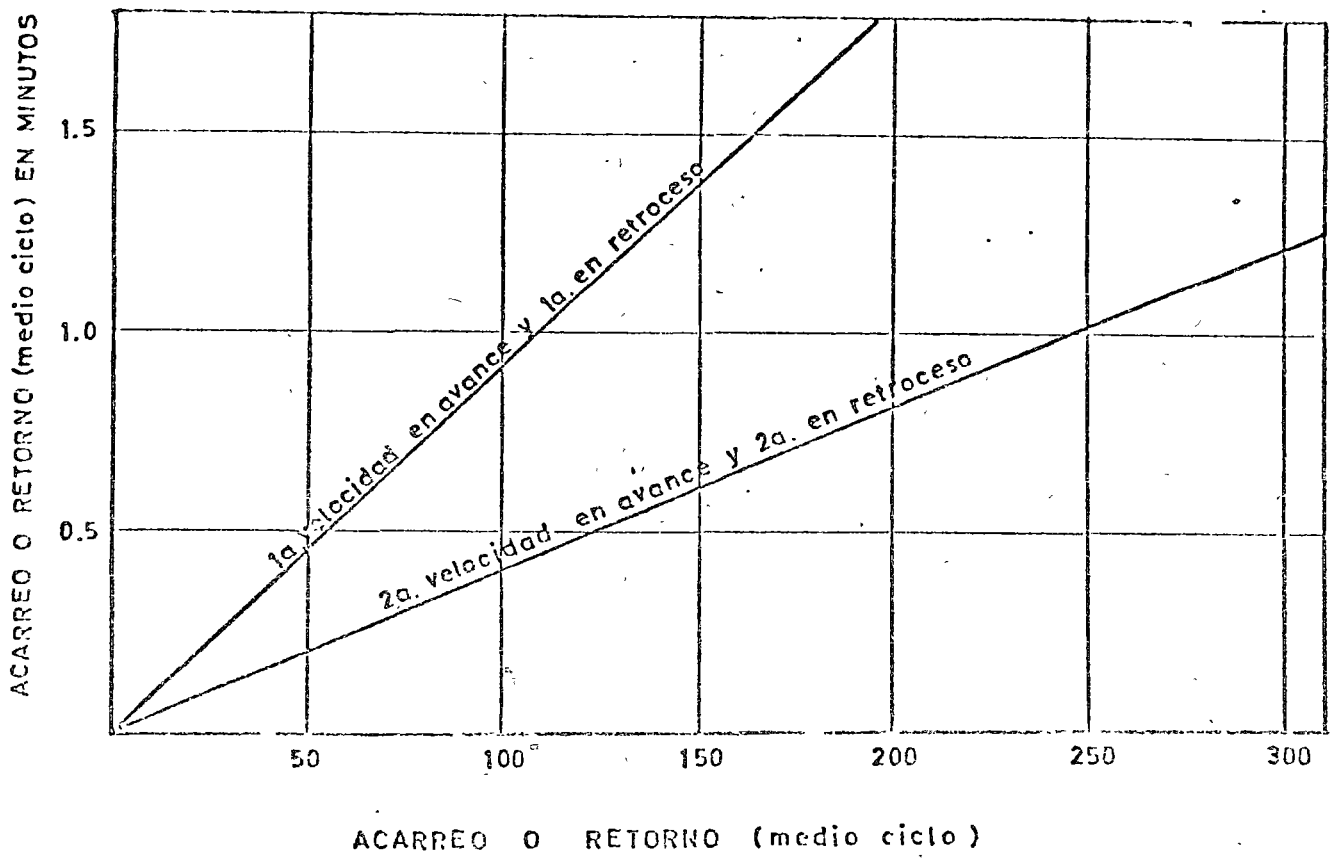
TIEMPO ESTIMADO DE VIAJE PARA UN CARGADOR DE CARRILES DE 2 Yd3.



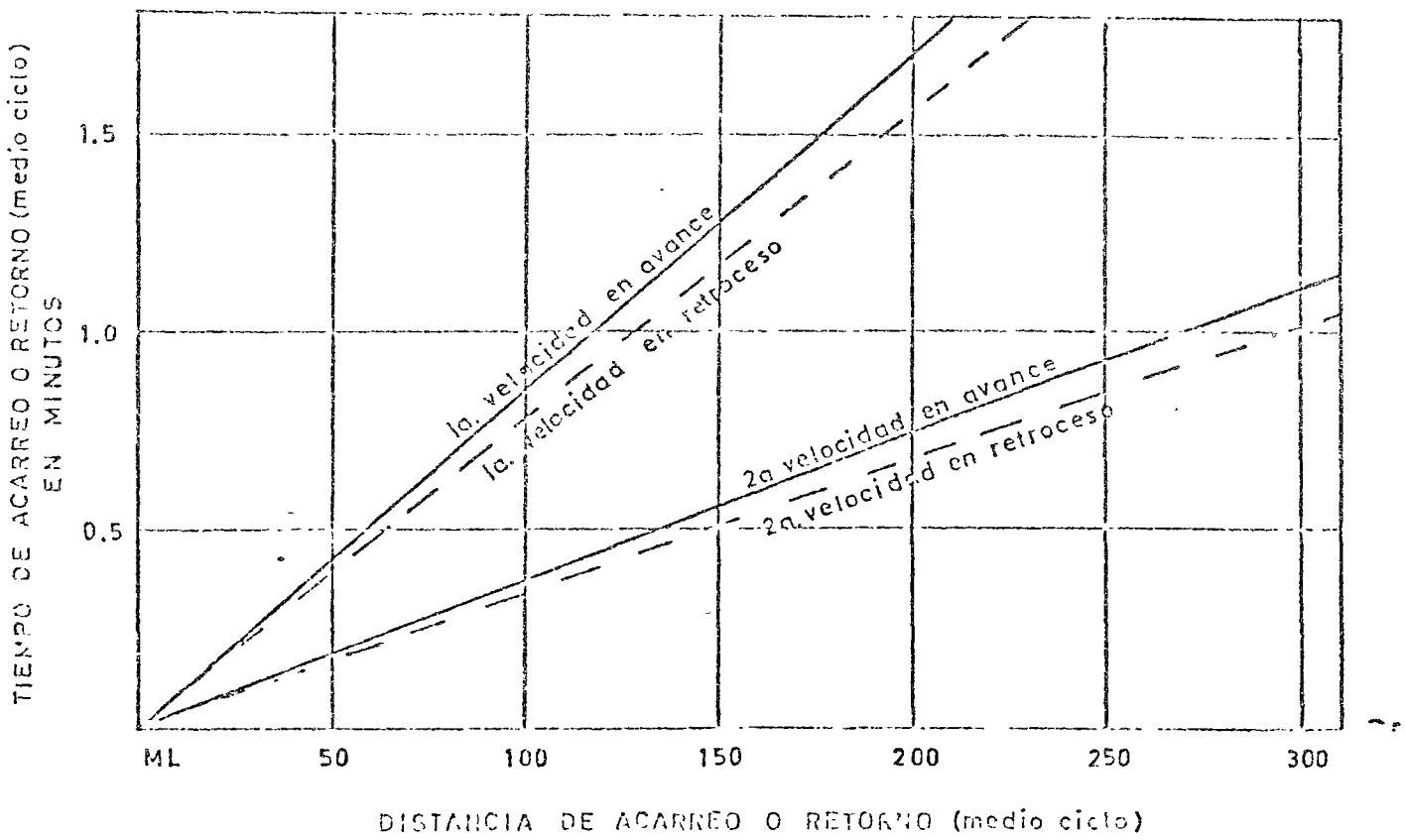
TIEMPO ESTIMADO DE ACARREO O RETORNO PARA UN CARGADOR DE RUEDAS DE 2 Yd3.



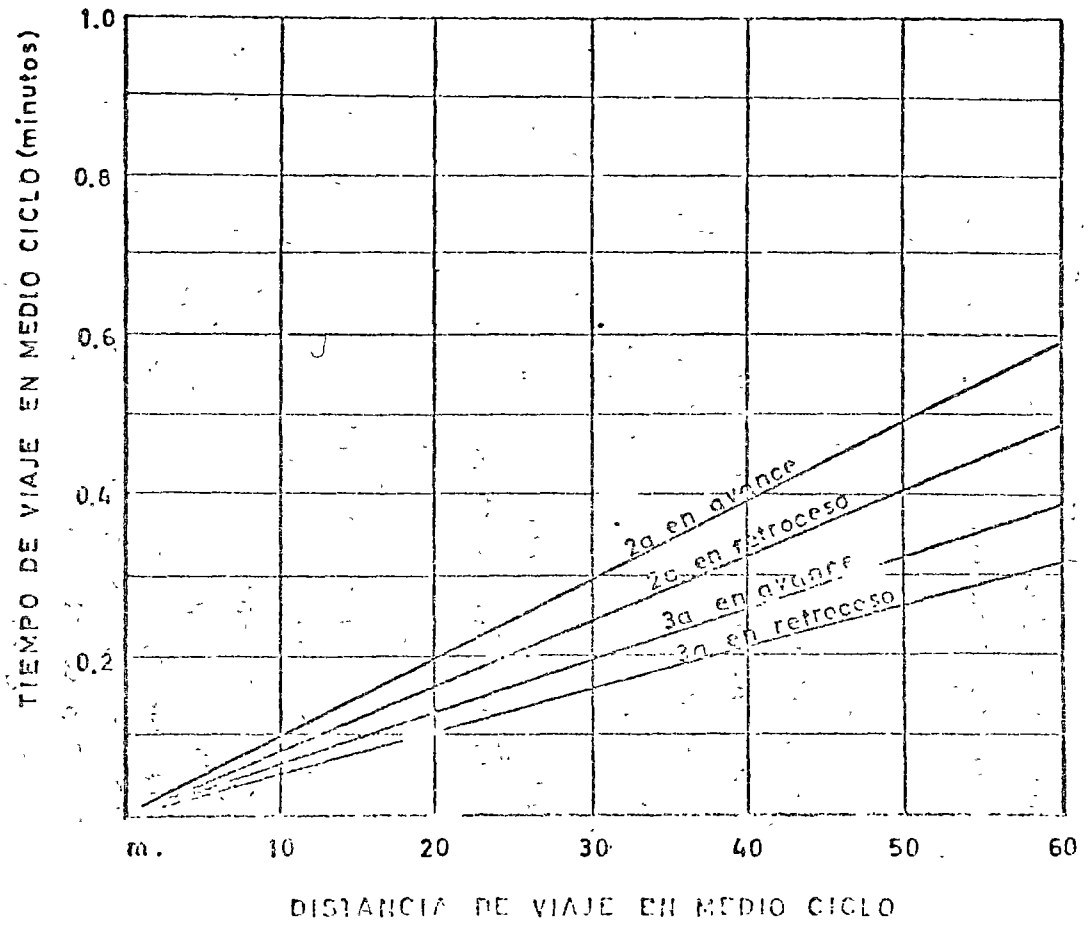
TIEMPO ESTIMADO DE ACARREO O RETORNO PARA UN CARGADOR DE RUEDAS DE 6 Yd3.



TIEMPO ESTIMADO DE ACARREO O RETORNO PARA UN CARGADOR DE RUEDAS DE 10 Yd3.



TIEMPO ESTIMADO DE VIAJE PARA UN CARGADOR DE CARRILES DE 5 Yd3.



C) Calculo del Rendimiento por medio de Tablas proporcionadas por el Fabricante.

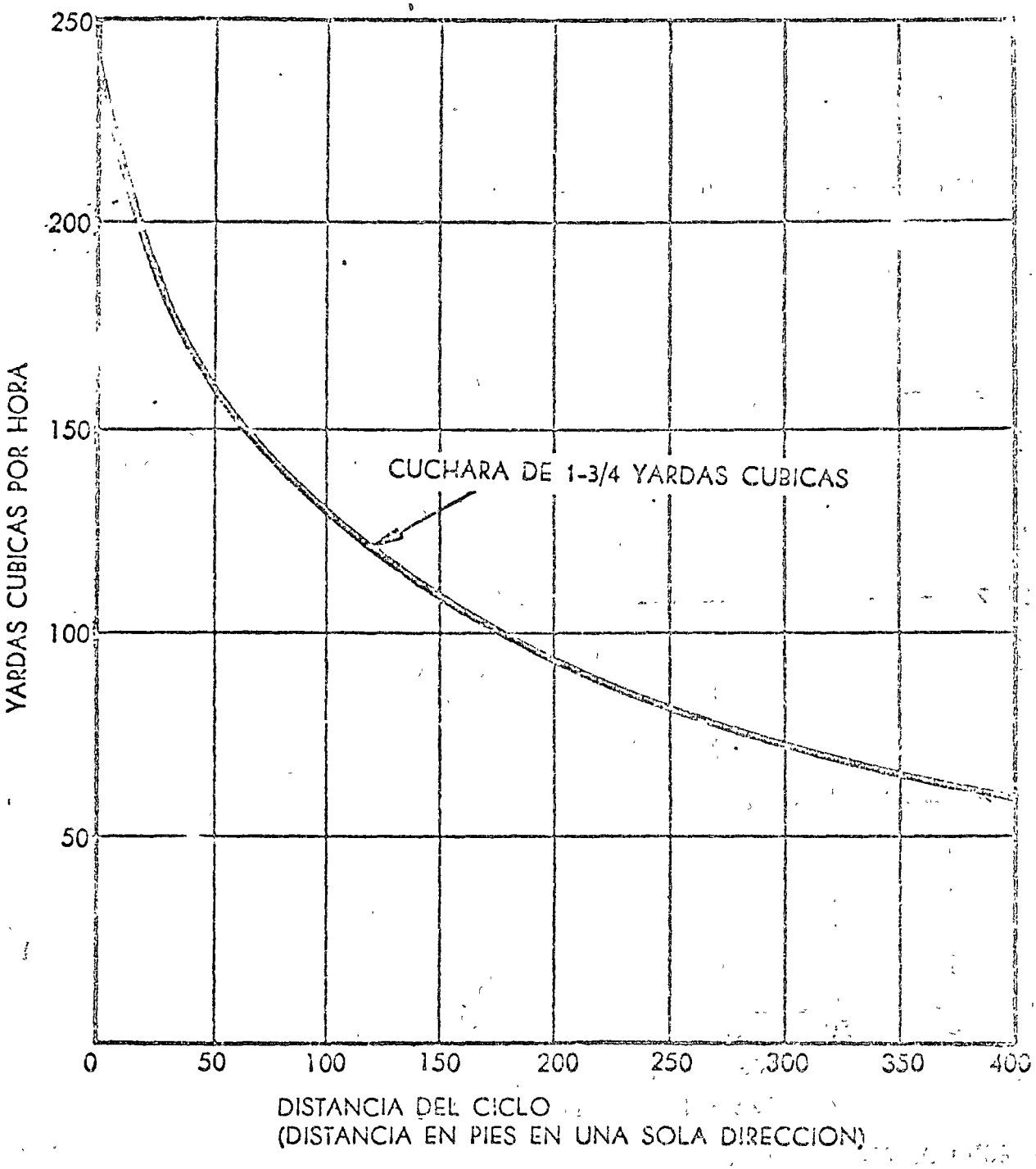
Los fabricantes de equipos cuentan con manuales donde se justifican los rendimientos teóricos de las máquinas que producen para determinadas condiciones de trabajo Los datos se basan en pruebas de campo, análisis en computadora, investigaciones en el laboratorio experiencia, etc. Tomando en cuenta las medidas necesarias para conseguir exactitud.

Debe tomarse en cuenta, sin embargo, que todos los datos se basan en un 100 % de eficiencia, algo que no es posible conseguir ni aún en condiciones óptimas Esto significa, que al utilizar los datos de eficiencia y producción, es necesario rectificar los resultados que se dan en las tablas, mediante factores adecuados a fin de compensar el menor grado de eficiencia alcanzada, ya sea por las características del material, la habilidad del oerador, la altitud y otros sinúmero de factores que pudieran reducir la producción en un determinado trabajo.

Por lo anterior mencionado se puede concluir que antes de utilizar cualquier información sobre rendimientos contenido en determinado manual, es esencial conocer detalladamente las condiciones que pueden afectar el trabajo de la máquina. Luego, el manual de rendimientos es tan solo una ayuda que si no se compara con la experiencia y el conocimiento de las condiciones donde se desarrolla el trabajo, los rendimientos obtenidos de esta manera resultan falsos.

De las investigaciones y pruebas llevadas a cabo por los fabricantes del cargador marca Michigan, sobre el terreno, se obtuvieron gráficas de producción como las siguientes:

PRODUCCION EN YARDAS CUBICAS POR HORA
CARGADOR MODELO 75A, SERIE II

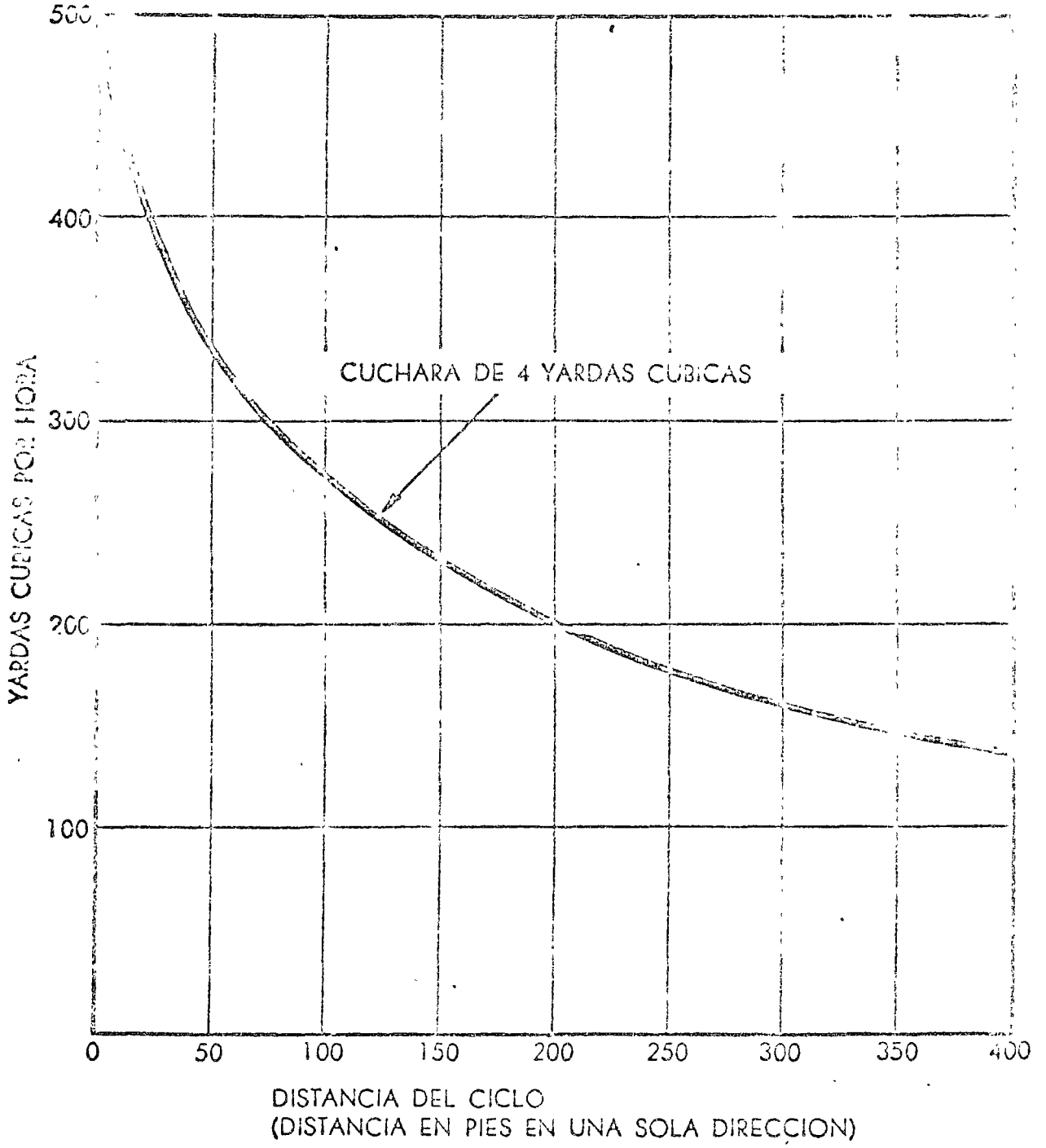


SUPUESTO DE PRODUCCION:

CARGA DE MONTON - TERRENO FIRME Y LLANO
HORA DE TRABAJO - 60 MINUTOS
PESO DEL MATERIAL - 2.800 LBS. POR YARDA CUBICA

PARA PENDIENTES ADVERSAS DE MAS DEL 5%: REDUZCASE LA PRODUCCION EN UN 2% POR CADA 1% ADICIONAL.

PRODUCCION EN YARDAS CUBICAS POR HORA
CARGADOR MODELO 175A, SERIE II

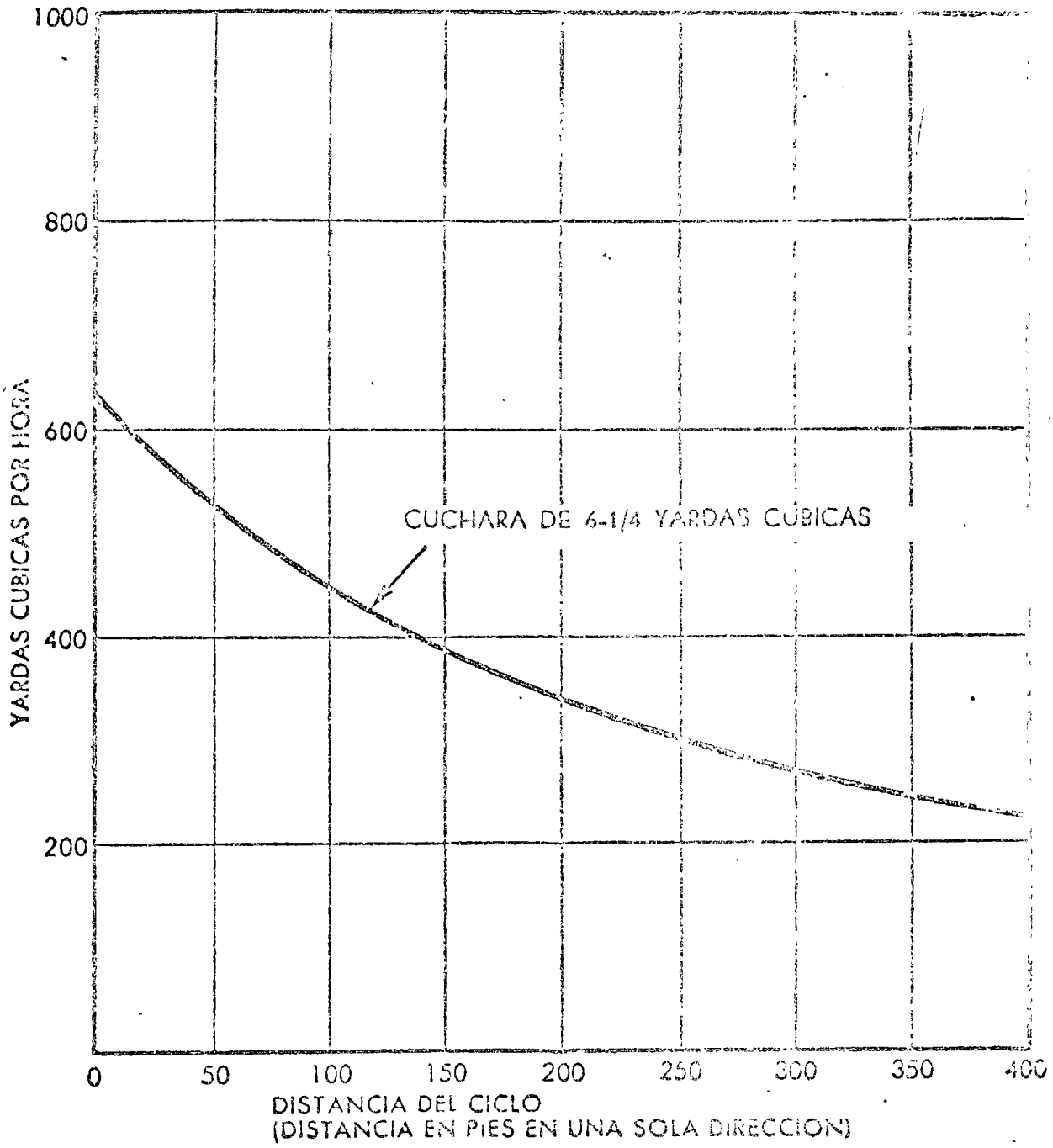


SUPUESTO DE PRODUCCION:

CARGA DE MONTON - TERRENO FIRME Y LLANO
HORA DE TRABAJO - 60 MINUTOS
PESO DEL MATERIAL - 2.800 LBS. POR YARDA CUBICA

PARA PENDIENTES ADVERSAS DE MAS DEL 5%: REDUZCASE LA PRODUCCION EN UN 2% POR CADA 1% ADICIONAL.

PRODUCCION EN YARDAS CUBICAS POR HORA
CARGADOR MODELO 27JA, SERIE II



SUPUESTO DE PRODUCCION:

CARGA DE MONTON - TERRENO FIRME Y LLANO
HORA DE TRABAJO - 60 MINUTOS
PESO DEL MATERIAL - 2.800 LBS. POR YARDA CUBICA

PARA PENDIENTES ADVERSAS DE MAS DEL 5%: REDUZCASE LA PRODUCCION EN UN 2% POR CADA 1% ADICIONAL.

PROBLEMA

a) Datos

Calculemos la producción de un cargador de ruedas equipado con cucharón de 3 1/2 y d3 (2.68 m^3), cargando camiones de 10 m^3 de capacidad propiedad de la misma empresa.

Material: Grava triturada 1 1/2" tam. max.

almacena en pilas de 6m. de altura en operación continua, con horas de 50 minutos efectivos.

Solución:

Paso 1

Capacidad del cucharón	2.68 m^3
Factor de carga	0.85

Volumen por ciclo: 2.68 m^3 x 0.85 = 2.28 m^3

Paso 2

Cálculo del tiempo del ciclo:

Ciclo básico	25.0 seg.
Correcciones:	
- por el material	0.0
- por el montón	0.0
- posesión en común de cargador y camiones	- 2.4
- operación continua	- 2.4
	20.2 seg.

$$\frac{20.2 \text{ seg.}}{60.0 \text{ seg.}} = 0.34 \text{ min}$$

Paso 3

$$\text{Ciclos\_hora} = \frac{50 \text{ min/hora}}{0.34 \text{ min/ciclo}} = 149 \text{ ciclos/hora}$$

Paso 4

$$\text{Producción} = 2.28 \text{ m}^3\text{/ciclo} \times 149 \text{ ciclos/hora}$$

$$= 339.7 \text{ m}^3\text{/hora}$$

La elección del cargador apropiado para un determinado trabajo se puede hacer en la forma inversa de la solución del problema anterior; es decir, ustedes conocen sus necesidades de producción y las condiciones de su obra, su problema es, calcular la capacidad del cucharón; y con esto efectuarán la primera parte de la elección.

Cargador vs. Pala mecánica

Si recordamos la evolución habida en los trabajos de movimiento de roca y analizamos los cambios que ha habido en los últimos años, tanto en la maquinaria como en la utilización de la misma, notamos que la más significativa tendencia es que cada día más y más cargadores reemplazan a las palas mecánicas en el movimiento de rocas.

Históricamente, las palas, además de funcionar como una herramienta de carga, terminaban el trabajo que la barrenación y voladura habían iniciado. Sin embargo, con los avances tecnológicos en barrenación y explosivos, muchas de las necesidades que existían han sido eliminadas; y la utilización de cargadores en los bancos de roca se ha multiplicado rápidamente.

Es decir, las desventajas de las palas (alta inversión, poca movilidad, altos costos de transportación, etc.) aunadas a las

en explotación de bancos de roca, han provocado la declinación de su uso.

Pero esto no es todo; el desenvolvimiento de este nuevo método de movimiento de rocas lo provocaron dos causas muy poderosas para nosotros: Producción y Costo.

Un cargador de 6 yd3 ha probado que puede, por lo menos, igualar la productividad de palas de más de 5 yd3 de capacidad; y que además puede cargar material a un costo comparable al de palas de 4 y hasta 5 yd3 de capacidad.

Veamos un ejemplo comparativo entre un cargador de 10 yd3 y una pala de 6 yd3, en la carga de roca caliza de una cantera, a camiones:

Concepto	Cargador	Pala
Tiempo de carga	0.08	0.08
giro	0.14	0.09
descarga	0.05	0.04
regreso	0.13	0.13
ciclo	0.40	0.34
arreglo de piso	0.10	0.18
espera	0.20	0.20
ciclo total	0.70	0.72
ciclos por hora	85.7	83.3
producción por hora	523.3	305.6
diferencia	71 %	
costo horario	$ 883.66	$ 594.37
Costo por m^3	1.69	1.95
Diferencia	14 %	

Además, el cargador ofrece otras ventajas sobre la pala:

Movilidad.- Un cargador puede moverse fuera del área de voladura rápidamente y con seguridad; y antes que el polvo de la explosión se disipe el cargador puede estar recogiendo la roca regada y preparándose para la entrega de material.

Podemos mover también el cargador hacia el taller para hacerle mantenimiento y reparaciones. Comparen esto con el tener que llevar herramienta y equipo para reparar una pala.

Versatilidad.- El cargador puede mover rápidamente de un lugar a otro el material que se requiera. Es decir, puede realizar la operación de carga y acarreo de roca, en ciertas condiciones, que más adelante discutiremos con detalle.

Sin embargo, los cargadores no están exentos de desventajas.

El problema número uno de los cargadores que trabajan en roca, es el desgaste y rotura de los neumáticos, que ha sido solucionado con el empleo de mallas metálicas y cadenas amortiguadas que protegen la llanta y alargan su vida útil, con el consiguiente abatimiento del costo de operación de la máquina.

Carga y acarreo con cargadores de llantas vs. carga con cargador a camiones volteo

Si un cargador realiza la carga y el acarreo del material del banco hasta la tolva de una planta que lo procesará y elimina el uso de unidades de acarreo tradicionales, se puede obtener, en ocasiones un ahorro de costo considerable.

Este trabajo se puede efectuar con cargadores chicos y grandes, dependiendo de las condiciones del trabajo y requerimientos de producción, con limi

aciones económicas por el costo unitario del material movido.

Es en esta operación donde destacan, sin lugar a dudas, las ventajas del empleo de cargadores de gran capacidad, pues es precisamente su gran producción lo que abate los costos del movimiento de tierras.

Veamos un ejemplo ilustrativo de lo que hasta aquí hemos tratado.

EJEMPLO:

Movamos un volumen de material de un banco a un lugar situado a 200 m. de aquel (condición muy usual en operaciones de trituración). Nuestro problema es elegir el equipo que nos dé un costo más bajo por m^3 de material movido. El volumen a mover es de un material de 3/4" a 6" apilado con tractor en montones de más de 3m. de altura.

El trabajo se puede hacer con:

1.- Cargador y camiones propiedad de la empresa

2.- Cargador propio y camiones de fleteros locales

3.- Cargador de gran producción (propiedad de la empresa), en una operación de carga y acarreo.

Analicemos el costo unitario de cada una de estas tres alternativas:

ALTERNATIVA 1

Operación de carga a camiones:

Equipo propio:

1 cargador sobre llantas de 2 1/4 yd3 (1.72 m^3)

2 camiones de 6.0 m^3

Costo horario cargador: $ 437.59

Costo horario camión: 207.78

Cálculo de la producción:

Factor de carga: 0.90

Volumen por ciclo: 1.72 m^3 x 0.90

: 1.55 m^3/ciclo

Tiempo del ciclo (ciclo básico) 25.0 seg.=0.42 min. Para cargar un camión de 6.0 m^3 son necesarios 4 ciclos de operación del cargador; es decir, son necesarios 0.42 min x 4 = 1.68 min. para cargar 6.0 m^3.

$$\frac{6.0\ m^3}{1.55\ m^3} = 3.87 \text{ ciclos}$$

En una hora de 50.0 min., tenemos una producción de 179 m^3.

1.68 min	-	6.0 m^3
50.0 min	-	X

Cálculo del costo unitario: X = 179 m^3

Costo horario del equipo: $ 853.15

Costo unitario = $\frac{853.15 \text{ / hora}}{179\ m^3\text{/hora}}$

$ 4.76 /m^3

ALTERNATIVA 2

Operación de carga a camiones

Camiones de fleteros locales

Equipo: 1 cargador sobre llantas de 2 1/4 yd3 (1.72 m^3)

2 camiones de 6.0 m3 de fleteros

Costo horario del cargador $ 437.59

Tarifa local de fletes: 2.80 - 1.60

Cálculo de la producción

En este caso, la producción es la misma que en alternativa 1

Producción = 179 m^3/hora

Cálculo del costo unitario

Costo horario del cargador:		$ 437.59
Costo unitario de carga		437.59 /hora
		$ 179.00 m^3/hora
	=	2.45 /m^3
Costo unitario de acarreo	=	2.80/m^3
(1er. km. tarifa de fletes)		
Costo unitario	+	5.25/m^3

ALTERNATIVA 3

Operación de carga y acarreo

Equipo: Cargador sobre llantas de 10 yd3 (7.65 m^3)

Costo horario $ 883.66

Cálculo de la producción:

Factor de carga	0.90
Volumen por ciclo	7.65 x 0.90
:	6.89
Tiempo del ciclo básico: (25.0 seg)	0.42 min
Tiempo del ciclo de acarreo (2a. velocidad en retroceso)	0.68 min
Tiempo del ciclo de retorno (2a. velocidad en avance)	0.74 min
Tiempo total del ciclo	1.84 min

$$\text{Ciclos por hora} = \frac{50.0 \text{ min/hora}}{1.84 \text{ min/ciclo}}$$

$$= 27.2$$

Producción: 27.2 ciclos/hora 6.89 m3/ciclo

= 188 m3/hora

Cálculo del costo unitario

$$\text{Costo unitario} = \frac{\$\ 883.66/\text{hora}}{188\ \text{m3/hora}}$$

= 4.69 $/m3

RESUMEN

Alternativa	Costo unitario
1	$ 4.76/m3
2	5.25/m3
3	4.69/m3

Es decir, la alternativa 3 es la que nos dá un costo más bajo por m3 de material. Hasta aquí, la elección a nivel de obra queda hecha; falta analizar, a nivel gerencia, la aceptabilidad de esta decisión, pues podría suceder que la empresa tuviera disponible un cargador de 2 1/4 yd3 al que podría dársele utilización en esta obra; o si no, revisar si la inversión de la compra de un cargador de 10 yd3 podría amortizarse en ésta u otras obras donde pudiera seguir utilizando esta máquina.

En fin, son éstos y muchos otros los factores que afectan la elección de un cargador para efectuar un determinado trabajo. Los principios básicos para el cálculo de la producción de este equipo y para el cálculo del costo unitario de movimiento de materiales con él, los hemos revisado en esta ocasión; y han oído las razones del uso de cargadores de gran producción en el movimiento de tierra y roca, y la forma cómo se utilizan en operaciones de carga y acarreo. Estos eran los objetivos de esta conferencia.

Analicemos el siguiente problema:

Una empresa adquirió una planta de trituración para procesar fuertes volúmenes de material en tiempos relativamente cortos. La gerencia decidió ya, - que un cargador sobre llantas es el equipo adecuado para alimentar del banco a la planta, la roca que se triturará; se requiere decidir en la obra. El cargador de capacidad adecuada y elegir entre dos disponibles.

Cargador 1

Capacidad 10 yd3

Costo horario $ 883.66

Cargador 2

Capacidad 6 yd3

Costo horario $ 752.00

Trituradora

Producción: 140 m3/hora

Costo horario $ 2,613.00

Operación

- carga y acarreo de roca bien fragmentada
- costo aproximado de un cambio de instalación de la planta trituradora dentro del banco: $ 120,000.00
- Producción requerida en cada banco 200,000.00 m3

Frente del banco 80.0 m. de ancho

12.5 m. de altura

Solución:

Dado que el costo horario de la trituradora es de $2,613.00 es aquella la máquina que debe operar en todo tiempo al 100% de eficiencia.

Cálculo de la máxima distancia de acarreo para cada cargador, para una -

producción de 140 m3/hora. Consideramos un 83% de eficiencia de la operación, es decir, horas de 50.0 minutos.

Cargador 1

Factor de acarreo : 0.80

Volumen por ciclo : 0.80 x 7.65 m3

: 6.12 m3

Ciclos por hora necesarios para producir 140 m3/hora

$$C = \frac{140 \text{ m3/hora}}{6.12 \text{ m3/ciclo}}$$

$$C = 22.7 \text{ ciclos/hora}$$

Tiempo del ciclo total

$$T = \frac{50.00 \text{ min/hora}}{22.7 \text{ ciclos/hora}}$$

$$T = 2.21 \text{ min/ciclo}$$

Tiempo del ciclo básico: (25.0 seg.) 0.42 min

Tiempo del ciclo de acarreo y retornos

$$T = 2.21 - 0.42 = 1.79 \text{ min.}$$

De la gráfica de tiempo estimado de acarreo o retorno para un cargador de ruedas de 10yd3, tenemos que a 255m. de acarreo, los tiempos del ciclo de acarreo y retorno son:

Tiempo del ciclo de acarreo (2a. velocidad en retroceso)	:	0.86 min
Tiempo del ciclo de retorno (2a. velocidad en avance)	:	0.93 min
	SUMA:	1.79 min

Es decir, el cargador de 10 yd3 puede acarrear a 255m., 140 m3/hora de

roca bien fragmentada.

$$\text{Costo unitario} = \frac{\$\ 883.66/\text{hora}}{140\ \text{m3/hora}}$$

$$= \$\ 6.31/\text{m3}$$

Sin necesidad de hacer cambios de instalación de la planta trituradora dentro del banco.

Cargador 2

Factor de acarreo	:	0.80
Volúmen por ciclo	:	0.80 x 4.60 m3
	:	3.68 m3

Ciclos por hora necesarios para producir 140 m3/hora

$$C = \frac{140.\ \text{m3/hora}}{3.68\ \text{m3/ciclo}}$$

$$C = 38.1\ \text{ciclos/hora}$$

Tiempo de ciclo total

$$T = \frac{50.0\ \text{min/hora}}{38.1\ \text{ciclos/hora}}$$

$$T = 1.31\ \text{min/ciclo}$$

Tiempo del ciclo básico: (25.0 seg.) 0.42 min

Tiempo de ciclo de acarreo y retorno

$$T = 1.31 - 0.42 = 0.89\ \text{min}$$

De la gráfica de tiempo estimado de acarreo o retorno para un cargador de ruedas de 6 yd3, para un tiempo de ciclo de acarreo y retorno de 0.89 min., tenemos que la distancia de acarreo es de 105m. (2a. velocidad en avance y 2a. velocidad en retroceso).

Es decir, si instalamos la planta a 30 m. de distancia del frente inicial -- (para protegerla de las voladuras), cada 75m. debemos hacer un cambio de la planta dentro del banco.

Dadas las características del banco (80m. de ancho x 12.5 de altura) cada metro de avance en el banco produce 1,000 m3 de roca.

Así, son necesarios 2 cambios de instalación dentro del banco para producir los 200,000 m3 requeridos.

Costo unitario por carga $= \frac{\$\ 752.00}{140\ m3/hora}$

$= \$\ 5.37/m3$

Costo unitario por cambio de instalación dentro del banco $\frac{2\ cambios \times 120,000 m3/cambio}{200,000\ m3}$

$= \$\ 1.20/m3$

Costo unitario : $= 6.57/m3$

Esto sin considerar el costo de los tiempos perdidos en los cambios de instalación dentro del banco.

En resumen, la elección del cargador de 10 yd3 es la que proporciona una operación más económica.

CONSTRUCTORA	Máquina: CARGADOR	Hoja No:
	Modelo: 72 - 81	Calculó:
OBRA:	Datos Adic: 10 yd^2	Revisó :
		Fecha : 26-VI-76

DATOS GENERALES

Precio adquisición:	$ 3,073.180	Fecha cotización:	15-VI-76
Equipo adicional - llantas 4x88,439	353.256	Vida económica (Ve):	5 años
		Horas por año (Ha):	2000 hr/año
		Motores diesel de	454 H.P.
Valor inicial (Va):	2,719.424	Factor operación:	
Valor rescate (Vr):	0 % =$	Potencia operación:	347.2 HP. op.
Tasa interés (i) :	10 %	Coeficiente almacenaje (K):	0.015
Prima seguros (s):	5 %	Factor mantenimiento (Q):	0.72

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{2,719,424 - 0}{10,000} = \$\ 271.94$

b) Inversión : $I = \frac{Va + Vr}{2\,Ha} i = \frac{2,719.424 + 0}{2 \times 2,000}\ 0.10 = 68.96$

c) Seguros : $S = \frac{Va + Vr}{2\,Ha} s = \frac{2,719.424 + 0}{}\ 0.05 = 34.48$

d) Almacenaje : $A = KD = 0.015 \times 271.94 = 3.71$

e) Mantenimiento : $M = QD = 0.72 \times 271.94 = 195.50$

Suma Cargos Fijos por Hora $ 574.49

I. CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc

Diesel : E = 0.20 x 347.2 HP. op. x $ 0.50 /lt. =$ 34.72

Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op. x $ _____ /lt. =

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pe

Capacidad carter: C = _____ litros

Cambios aceite : t = _____ horas

$a = C/t + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases} \times$ _____ HP. op. = 0.986 lt/hr.

L = 0.986 lt/hr x $ 14 /lt. =13,80

d) Llantas: $Ll = \frac{Vll}{Hv}$ (valor llantas) / (vida económica)

Vida económica: Hv = 1,800 horas

$Ll = \frac{353,756}{1,800}$ horas = 196.50

Suma Consumos por Hora $ 245.02

II. OPERACION.

Salario base : $ _____

Salario real - operador : _____

_____ : _____

_____ : _____

Sal/turno-prom: $ 427.16

Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x 0.83 (factor rendimiento) = 6.6 horas

$$\text{Operación} = O = \frac{S}{H} = \frac{\$\ 427.16}{6.66 \text{ horas}} = \$\ 64.15$$

Suma Operación por Hora $ 64.15

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD) $ 883.66

CONSTRUCTORA	Máquina: CARGADOR	Hoja No: 1
	Modelo: 75 B	Calculó: [illegible]
OBRA:	Datos Adic: 2 1/4 yd^3	Revisó :
		Fecha : 25-VI-76

DATOS GENERALES

Precio adquisición:	$ 1,282,100.00	Fecha cotización:	15-VI-76
Equipo adicional – llantas 4x28,000 20.5 x 25 12 C	122,000.00	Vida económica (Ve):	5 años
		Horas por año (Ha):	2,000 hr/año
		Motores diesel de	145 HP.
Valor inicial (Va):	~~1,170,100.00~~	Factor operación:	
Valor rescate (Vr):	0 % =$	Potencia operación:	130.5 HP. op.
Tasa interés (i) :	10 %	Coeficiente almacenaje (K):	0.015
Prima seguros (s):	5 %	Factor mantenimiento (Q):	0.86

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{1,170,100 - 0}{10,000} = \$\ 117.01$

b) Inversión : $I = \frac{Va + Vr}{2\,Ha} i = \frac{1,170,100 + 0}{2x\ 2,000}\ 0.1 = 29.25$

c) Seguros : $S = \frac{Va + Vr}{2\ Ha} s = \frac{1,170,100 + 0}{2x\ 2,000}\ 0.05 = 14.62$

d) Almacenaje : $A = KD = 0.015x117.01 = 1.76$

e) Mantenimiento : $M = QD = 0.86x117.01 = 100.63$

Suma Cargos Fijos por Hora $ 263.27

I. CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc

Diesel : E = 0.20 x 130.5 HP. op. x $ 0.50 /lt. = $ 13.05

Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op. x $ _____ /lt. =

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pe

Capacidad carter: C = 30 litros

Cambios aceite : t = 1,00 horas

$a = C/t + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases}$ x 130.5 HP. op. = 0.76 lt/hr.

L = 0.76 lt/hr x $ 14.00 /lt. = 10.64

d) Llantas: $Ll = \frac{Vll}{Hv}$ (valor llantas) / (vida económica)

Vida económica: Hv = 1,200 horas

$Ll = \frac{112,000}{1,200}$ horas = 93.33

Suma Consumos por Hora $ 117.02

II. OPERACION.

Salario base : $ _____

Salario real - operador : _____

_____ : _____

_____ : _____

Sal/turno-prom: $ 382.00

Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x 0.83 (factor rendimiento) = 6.66 horas

Operación = O = $\frac{S}{H} = \frac{\$\ 382.00}{6.66}$ horas = $ 57.30

Suma Operación por Hora $ 57.30

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD) $ 437.59

CONSTRUCTORA	Máquina: Camión	Hoja No:
	Modelo: Ford	Calculó: C. C.
	Datos Adic: 6 m^3	Revisó :
OBRA:		Fecha : 25-VI-76

DATOS GENERALES

Precio adquisición:	$ 190,000.00	Fecha cotización:	15-VI-76
Equipo adicional - llantas 6 x 2,300	13,800.00	Vida económica (Ve):	5 años
		Horas por año (Ha):	2,000 hr/año
		Motores gasolina de	250 H.P.
Valor inicial (Va):	176,200.00	Factor operación:	
Valor rescate (Vr):	0 % =$	Potencia operación:	200 H.P. cp.
Tasa interés (i) :	10 %	Coeficiente almacenaje (K):	0.015
Prima seguros (s):	15 %	Factor mantenimiento (Q):	0.9

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{176,200 - 0}{10,000} = \$\ 17.62$

b) Inversión : $I = \frac{Va + Vr}{2\,Ha} i = \frac{176,200 + 0}{2x2000}\ 0.10 = 4.41$

c) Seguros : $S = \frac{Va + Vr}{2\,Ha} s = \frac{176,200 + 0}{2x2000}\ 0.05 = 2.20$

d) Almacenaje : $A = KD = 1.015x17.62 = 0.26$

e) Mantenimiento : $M = QD = 0.9x17.62 = 15.85$

Suma Cargos Fijos por Hora $ 40.34

I. CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc

Diesel : E = 0.20 x _____ HP. op. x $ _____ /lt. = $

Gasolina: E = 0.24 x 200 HP. op. x $ 2.10 /lt. = 101.50

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pe

Capacidad carter: C = 6 litros

Cambios aceite : t = 70 horas

$a = C/t + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases} \times 200$ HP. op. = 0.784 lt/hr.

L = 0.784 lt/hr x $ 14 /lt. = 10.95

d) Llantas: $Ll = \frac{Vll}{Hv}$ (valor llantas) / (vida económica)

Vida económica: Hv = 1,600 horas

$Ll = \frac{13,800}{1,600}$ horas = 8.64

Suma Consumos por Hora $ 121.09

II. OPERACION.

Salario base : $ _____

Salario real - operador : _____

_____ : _____

_____ : _____

Sal/turno-prom: $ 308.23

Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x 0.83 (factor rendimiento) = 6.66 horas

Operación = $O = \frac{S}{H} = \frac{\$\ 308.23}{6.66}$ horas = $ 46.35

Suma Operación por Hora $ 46.35

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD) $ 207.73

Problema

Se requiere cargar 1 000,000 m^3 de roca para la construcción de una cortina. El material es producto dinamitado bien fragmentado en pilas mayores de 3 m hechas por un tractor y se cargarán a camiones de 35 ton. de capacidad.

Equipo disponible:

Cargador 6 yd^3 cat 988 costo - horario 1,028.84

Cargador 9 yd^3 Terex 72-81 costo-horario 1,340.84

Tractor D8K Cat costo-horario 613.21

Tiempo de realización 15 meses

Solución :

Tiempo disponible 25 x 15 x 3 x 8 = 9 000 horas

Producción requerida $\frac{1\ 000,000}{9,000} = 111\ m^3/hora$

Cargador 9 yd^3 (6.9 m^3)

Factor de carga 0.75

Volumen por ciclo 0.75 (6.9) = 5.17 m^3

Tiempo del ciclo básico =	25 seg
Tiempo por material = +	2.4 seg
Tiempo por apilado = -	2.4 seg
Posesión del equipo =	0 seg
ciclo =	25 seg = 0.42 min.

Número de ciclos por hora $\frac{50 \text{ min}}{0.42 \text{ min}}$ = 119 ciclos/hora

Producción teórica = 119 x 5.17 = 615 m^3/hora

Producción real = 130.5 m^3/hora

Factor utilización 21%

$$\text{Costo} = \frac{1340.84}{130.5} = \$10.29/m^3$$

Cargador 6 yd^3 (4.6 m^3)

Factor de carga 0.75

Volumen por ciclo 0.75 (4.6) = 3.45 m^3

Tiempo del ciclo = 0.42 min.

Número de ciclos por hora $\frac{50}{0.42}$ = 119 ciclos/hora

Producción teórica 119 x 3.45 = 411 m^3/hora

Producción real = 112.5 m^3/hora

Factor utilización 19%

$$\text{costo} = \frac{1,028.84}{112.5} = \$9.14 \quad /m^3$$

Formato para el análisis del costo directo [illegible]

CONSTRUCTORA:	Máquina: CARGADOR	Hoja No.
	Modelo: CA 955	Cálculo:
	Datos Adic. 3 yd3	Revisó:
OBRA:		Fecha:

DATOS GENERALES.

Precio adquisición: $ 2,345 000

Equipo de traslado: Llantas - 2,351,400 — 245,600

Valor inicial (Vo): $ 2,099,400

Valor rescate (Vr): 0 % = $ 0

Tasa interés (i): 10 %

Prima seguros (s): 5 %

Fecha cotización: 15-VI-76

Vida económica (Ve): 10,000 años

Horas por año (Ha): 2,000 hr/año

Motor: diesel d. 225 HP

Factor operación.

Potencia operación 268 HP op

Coeficiente almacenaje (K) 0.015

Factor mantenimiento (Q) 0.76

I.- CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{Vo - Vr}{Ve}$ = 2,099,400 − 0 = $ 209.94

b) Inversión. $I = \frac{Vo + Vr}{2\,Ha}\,i$ = $\frac{2099,400 + 0}{2 \times 2000}$ 0.1 = 52.44

c) Seguros. $S = \frac{Vo + Vr}{2\,Ha}\,s$ = 2,099,400 + 0 0.05 = 26.22

d) Almacenaje. A = KD = 0.015x209.94 = 3.14

e) Mantenimiento: M = QD = 0.76 x209.94 = 159.20

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA $ [illegible]

II.- CONSUMOS.

a) Combustible: E = e Pc

Diesel: E = 0.20 x 268 HP op. x $ 0.61 /lt. = $ 32.70

Gasolina: E = 0.24 x ____ HP. op x $ ____ /lt. =

b) Otras fuentes de energía: ____ =

c) Lubricantes: L = a Pc

Capacidad carter: C = ____ litros

Cambios aceite t = ____ horas

a = C/t + 0.0035 / 0.0050 x ____ HP op = 0.986 lt/hr

∴ L = 0.986 lt/hr x $ 14 /lt. = 13.80

d) Llantas: $Ll = \frac{VsL}{Hv}$ (valor llantas / vida económica)

Vida económica: Hv = 550 horas

∴ $Ll = \frac{\$\ 245,600}{550}$ horas = 447.00

SUMA CONSUMOS POR HORA $ [illegible]

III.- OPERACION.

Salarios + S

operador: $ ____

____ : ____

____ : ____

Sal/turno-prom. $ 402.00

Horas/turno-prom.. (H)

H = 8 horas x 0.83 (factor rendimiento) = 6.66 horas

∴ Operación = O = $\frac{S}{H}$ = $\frac{\$\ 402.00}{6.66}$ horas = $ 60.40

SUMA OPERACION POR HORA $ 60.40

COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) $ 1,024.54

CONSTRUCTORA	Máquina: CARGADOR	Hoja No:
	Modelo: 72 - 81	Calculó: c c h
OBRA:	Datos Adic: 9 yd^3	Revisó :
		Fecha : 25-VI-76

DATOS GENERALES

Precio adquisición: $3,073.180
Equipo adicional - llantas 4x88,439 353,756
Valor inicial (Va). 2,719,424
Valor rescate (Vr): 0 % =$
Tasa interés (i) : 10 %
Prima seguros (s): 5 %

Fecha cotización: 15-VI-76
Vida económica (Ve): 5 años
Horas por año (Ha): 2,000 hr/año
Motores diesel de 434 HP.
Factor operación:
Potencia operación: 347.2 HP. op.
Coeficiente almacenaje (K): 0.015
Factor mantenimiento (Q): 0.72

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{2,719,424 - 0}{10,000} = \$271.94$

b) Inversión : $I = \frac{Va + Vr}{2\,Ha} i = \frac{2,719.424 + 0}{2x2000} 0.1 = 68.96$

c) Seguros : $S = \frac{Va + Vr}{2\,Ha} s = \frac{2,719,424 + 0}{2x2000} 0.05 = 34.48$

d) Almacenaje : $A = KD = 0.015x271.94 = 3.71$

e) Mantenimiento : $M = QD = 0.72x271.94 = 195.50$

Suma Cargos Fijos por Hora $ 574.49

II. CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc

Diesel : E = 0.20 x 372 HP. op. x $ 0.61 /lt. =$ 45.4

Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op. x $_____ /lt. =

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pe

Capacidad carter: C = _____ litros

Cambios aceite : t = _____ horas

$a = C/t + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases} \times$ _____ HP. op. = 0.986 lt/hr.

L = 0.986 lt/hr x $ 14 /lt. = 13.80

d) Llantas: $Ll = \frac{Vll}{Hv}$ (valor llantas) / (vida económica)

Vida económica: Hv = 550 horas

$Ll = \frac{353,756}{550}$ horas = 643.00

Suma Consumos por Hora $ 702.20

II. OPERACION.

Salario base : $_____

Salario real - operador : _____

_____ : _____

_____ : _____

Sal/turno-prom: $ 427.16

Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x 0,83 (factor rendimiento) = 6.66 horas

Operación = O = $\frac{S}{H} = \frac{\$\ 427.16}{6.66}$ horas =$ 64.15

Suma Operación por Hora $ 64.15

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD) $ 1,340.84

CONSTRUCTORA	Máquina: TRACTOR	Hoja No:
	Modelo: D8K	Calculó: C C H
OBRA:	Datos Adic:	Revisó :
		Fecha : 25-VI-76

DATOS GENERALES

Precio adquisición: $ 2,300,000
Equipo adicional -
Hoja topadora y desgarrador
Valor inicial (Va): 2,300,000
Valor rescate (Vr): 0 % =$
Tasa interés (i) : 10 %
Prima seguros (s): 5 %

Fecha cotización: 15-VI-76
Vida económica (Ve): 5 años
Horas por año (Ha): 2,000 hr/año
Motores diesel de 300 HP.
Factor operación:
Potencia operación: HP. op.
Coeficiente almacenaje (K): 0.015
Factor mantenimiento (Q): 0.96

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{2,300\,000 + 0}{10\,000} = \$\ 230.00$

b) Inversión : $I = \frac{Va + Vr}{2\,Ha} i = \frac{2,300\,000 \quad 0}{2x2000}\ 0.10 = 57.50$

c) Seguros : $S = \frac{Va + Vr}{2\,Ha} s = \frac{2,300\,000 - 0}{2x2000}\ 0.05 = 28.75$

d) Almacenaje : $A = KD = 0.015x230 = 3.45$

e) Mantenimiento : $M = QD = 0.96x230 = 221.00$

Suma Cargos Fijos por Hora $ 540.70

II. CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc

Diesel : E = 0.20 x _____ HP. op. x $ 0.61 /lt. = $ 18.85

Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op. x $ _____ /lt. =

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pe

Capacidad carter: C = _____ litros

Cambios aceite : t = _____ horas

$a = C/t + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases}$ x _____ HP. op. = 0.497 lt/hr.

L = 0.497 lt/hr x $ 14.00 /lt. = 6.96

d) Llantas: $Ll = \frac{Vll}{Hv}$ (valor llantas) / (vida económica)

Vida económica: Hv = _____ horas

Ll = _____ / horas = 0

Suma Consumos por Hora $ 25.81

II. OPERACION.

Salario base : $ _____

Salario real - operador : _____

_____ : _____

_____ : 311.00

Sal/turno-prom: $

Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x 0.83 (factor rendimiento) = 6.66 horas

Operación = 0 = $\frac{S}{H}$ = $ 311.00 / 6.66 horas = $ 46.70

Suma Operación por Hora $ 46.70

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD) $ 613.21

PROBLEMA

Se requiere cargar 2,650,000 m^3 de grava-arena para la construcción de una cortina. El material se extrae del cauce del río a una profundidad promedio de 3m y un giro de 90° cargándose a camiones de 6 m^3

Equipo disponible

Retroexcavadora	4 yd^3	Koering 1066	costo horario	$1,074.64
Retroexcavadora	1 1/2 yd^3	LS-5000	costo horario	$ 538.72
Draga	3 yd	LS-408	costo horario	$ 915.84

Tiempo de realización 15 meses

Solución

Tiempo disponible 25 X 15 X 3 X 8 = 9000 horas

Producción requèrida $\frac{2,650,000}{9,000} = 294.5\ m^3/hora$

de la operación de las máquinas se obtuvieron los resultados siguientes:

LS-5000 = 84.6 m^3/hora
Koering 1066 = 131 m^3/hora
Draga = 50 m^3/hora

Costos

Retroexcavadora 4 yd^3 $\frac{1,074.64}{131} = \$8.21/m^3$

Retroexcavadora 1 1/2 yd^3 $\frac{538.72}{84.6} = \$6.36/m^3$

Draga 3 yd^3 $\frac{915.84}{50} = \$18.31/m^3$

Como puede observarse el costo más bajo lo da la retroexcavadora.

CONSTRUCTORA	Máquina: Retroexcavadora	Hoja No:
	Modelo: Koeving 1066	Calculó: c c h
OBRA:	Datos Adic: 4 yd^3	Revisó:
		Fecha: 25 - VI - 76

DATOS GENERALES

Precio adquisición: $ 4, 000.000

Equipo adicional -

Valor inicial (Va): 4,000.000

Valor rescate (Vr): 0 % =$

Tasa interés (i) : 10 %

Prima seguros (s): 5 %

Fecha cotización: 15-VI-76

Vida económica (Ve): 5 años

Horas por año (Ha): 2,000 hr/año

Motores diesel de 450 HP.

Factor operación:

Potencia operación: HP. op.

Coeficiente almacenaje (K): 0.02

Factor mantenimiento (Q): 1.00

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{4,000,000 - 0}{10,000} = \$ 400.00$

b) Inversión : $I = \frac{Va + Vr}{2\,Ha} i = \frac{4,000,000 + 0}{2 \times 2000} 0.1 = 100.00$

c) Seguros : $S = \frac{Va + Vr}{2\,Ha} s = \frac{4,000,000 + 0}{2 \times 2000} 0.05 = 50.00$

d) Almacenaje : $A = KD = 0.02 \times 400 = 8.00$

e) Mantenimiento : $M = QD = 1 \times 400 = 400.00$

Suma Cargos Fijos por Hora $ 958.00

II. CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc

Diesel : E = 0.20 x _____ HP. op. x $ 0.61 /lt. = $ 28.3

Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op. x $ _____ /lt. =

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pe

Capacidad carter: C = _____ litros

Cambios aceite : t = _____ horas

$$a = C/t + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases} \times \_\_\_\_\_ \text{HP. op.} = 1{,}295 \text{ lt/hr.}$$

L = 1,295 lt/hr x $ 14 /lt. = 18.14

d) Llantas: $Ll = \frac{Vll}{Hv}$ (valor llantas) / (vida económica)

Vida económica: Hv = _____ horas

$$Ll = \frac{\_\_\_\_\_}{\text{horas}} = 0$$

Suma Consumos por Hora $ 46.44

II. OPERACION.

Salario base : $ _____

Salario real - operador : _____

_____ : _____

_____ : _____

Sal/turno-prom: $ 468

Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x 0.83 (factor rendimiento) = 6.66 horas

$$\text{Operación} = O = \frac{S}{H} = \frac{\$\ 468}{6.66 \text{ horas}} = \$\ 70.2$$

Suma Operación por Hora $ 70.2

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD) $ 1074.64

CONSTRUCTORA	Máquina: Retroexcavadora	Hoja No:
	Modelo: LS - 5000	Calculó: c c n
OBRA:	Datos Adic: 1 1/2 yd³	Revisó :
		Fecha : 25- VI- 76

DATOS GENERALES

Precio adquisición: $ 1, 929,000.00
Equipo adicional -

Valor inicial (Va): 1, 929,000.00
Valor rescate (Vr): 0 % =$ 0
Tasa interés (i) : 10 %
Prima seguros (s): 5 %

Fecha cotización: 15-VI-76
Vida económica (Ve): 5 años
Horas por año (Ha): 2000 hr/año
Motores Diesel de HP.
Factor operación:
Potencia operación: HP. op.
Coeficiente almacenaje (K): 0.015
Factor mantenimiento (Q): 1

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{1,\ 929,000.00 - 0}{10.000} = \$\ 192.90$

b) Inversión : $I = \frac{Va + Vr}{2\,Ha}\,i = \frac{1,\ 929,000 + 0}{2 \times 2000}\ 0.1 = 48.22$

c) Seguros : $S = \frac{Va + Vr}{2\,Ha}\,s = \frac{1,\ 929,000 + 0}{2 \times 2000}\ 0.05 = 24.11$

d) Almacenaje : $A = KD = 0.015 \times 192.90 = 2.89$

e) Mantenimiento : $M = QD = 1 \times 192.90 = 192.90$

Suma Cargos Fijos por Hora $ 459.22

II. CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc

Diesel : E = 0.20 x _____ HP. op. x $ 0.61 /lt. = $ 14.1

Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op. x $ _____ /lt. =

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pe

Capacidad carter: C = _____ litros

Cambios aceite : t = _____ horas

a = C/t + { 0.0035 / 0.0030 } x _____ HP. op. = 0.95 lt/hr.

L = 0.95 lt/hr x $ 14 /lt. = 13.30

d) Llantas: Ll = Vll (valor llantas) / Hv (vida económica)

Vida económica: Hv = _____ horas

Ll = _____ / horas = 0

Suma Consumos por Hora $ 27.4

III. OPERACION.

Salario base : $ _____

Salario real - operador : _____

_____ : _____

_____ : _____

Sal/turno-prom: $ 347.00

Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x 0.83 (factor rendimiento) = 6.66 horas

Operación = O = S/H = $ 347 / 6.66 horas = $ 52.1

Suma Operación por Hora $ 52.1

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD) $ 538.72

CONSTRUCTORA	Máquina: Droga	Hoja No:
	Modelo: LS 408	Calculó: c c h
OBRA:	Datos Adic: 3 yd^3	Revisó :
		Fecha : 25- VI - 76

DATOS GENERALES

Precio adquisición: $ 3, 820,000
Equipo adicional -

Valor inicial (Va): 3, 820,000
Valor rescate (Vr): 0 % =$ 0
Tasa interés (i) : 10 %
Prima seguros (s): 5 %

Fecha cotización: 15-VI- 76
Vida económica (Ve): 5 años
Horas por año (Ha): 2,000 hr/año
Motores Diesel de 230 HP.
Factor operación:
Potencia operación: HP. op.
Coeficiente almacenaje (K): 0.015
Factor mantenimiento (Q): 0.8

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{3, 820,000 - 0}{10,000} = \$ 382.00$

b) Inversión : $I = \frac{Va + Vr}{2\,Ha} i = \frac{3, 820,000 + 0}{2 \times 2000} 0.1 = 95.5$

c) Seguros : $S = \frac{Va + Vr}{2\,Ha} s = \frac{3, 820,000 + 0}{2 \times 2000} 0.05 = 47.75$

d) Almacenaje : $A = KD = 0.015 \times 382 = 5.73$

e) Mantenimiento : $M = QD = 0.8 \times 382 = 305.6$

Suma Cargos Fijos por Hora $ 836.53

II. CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc

Diesel : E = 0.20 x _____ HP. op. x $ 0.61 /lt. = $ 16.99

Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op. x $ _____ /lt. =

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pe

Capacidad carter: C = _____ litros

Cambios aceite : t = _____ horas

$a = C/t + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases}$ x _____ HP. op. = 0.73 lt/hr.

L = 0.73 lt/hr x $ 14 /lt. = 10.22

d) Llantas: $Ll = \frac{Vll}{Hv}$ (valor llantas) / (vida económica)

Vida económica: Hv = _____ horas

Ll = _____ / horas = 0

Suma Consumos por Hora $ 27.21

III. OPERACION.

Salario base : $ _____

Salario real - operador : _____

_____ : _____

_____ : _____

Sal/turno-prom: $ 347.00

Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x 0.83 (factor rendimiento) = 6.66 horas

Operación = $O = \frac{S}{H} = \frac{\$\ 347}{6.66\ \text{horas}}$ = $ 52.10

Suma Operación por Hora $ 52.10

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD) $ 915.84

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

FACULTAD DE INGENIERIA

U N A M

ING. JORGE HUMBERTO DE ALBA C.

SELECCION DE EQUIPO DE CONSTRUCCION

DESARROLLO DE UN PROBLEMA TALLER

El problema ha sido simplificado para facilitar su uso didáctico.

EL GERENTE DE UNA EMPRESA PIDE AL SUPERINTENDENTE QUE ANALICE EL EQUIPO MAS CONVENIENTE PARA REALIZAR UN MOVIMIENTO DE TIERRAS.

SE TRATA DE MOVER 800,000 M^3, DE UN BANCO DE PRESTAMO A UN TIRADERO.

LA EMPRESA CUENTA CON 6 MOTOESCREPAS TEREX TS-14 Y 2 CARGADORES MICHIGAN DE 3 1/2 YD^3, LOS DOS TIPOS DE MAQUINAS EN PERFECTAS CONDICIONES.

EL GERENTE INDICA AL SUPERINTENDENTE QUE LA EMPRESA NO ESTA EN POSIBILIDADES DE ADQUIRIR MAS ACTIVO FIJO.

LA LONGITUD DE ACARREO ES DE 1200 MTS.

CALCULO DEL COSTO POR M^3 DE ACARREO EN MOTOESCREPA

TEREX TS - 14

DATOS:

Material	Limo arenoso seco
Peso volumétrico	160 kg/m^3
Altitud S.N.M.	2000 m
Longitud de acarreo	1200 m
600 m	1% de pendiente adversa
300 m	Tramo horizontal
300 m	4% de pendiente favorable
Camino revestido	
Coeficiente de abundamiento	1.25 ó su recíproco 0.8
Capacidad de la motoescrepa colmada	15 m^3
Peso de la máquina vacía	24.1 ton
Peso de la máquina cargada	24.1 + 1.6 — x 0.8 x 15 = 43.3 ton
Costo directo hora máquina	$ 371.00

(ver la siguiente hoja)

Motoescrepas de tiro y empuje

CONSTRUCTORA	Máquina: Motoescrepa	Hoja No:
	Modelo: Terex TS-14	Calculó:
OBRA:	Datos Adic:	Revisó :
		Fecha :

DATOS GENERALES

Precio adquisición: $ 1'360,590.00
Equipo adicional - Llantas 160,000.00

Valor inicial (Va): $ 1'200,590.00
Valor rescate (Vr): % = $136,059.00
Tasa interés (i) : %
Prima seguros (s): %

Fecha cotización: agosto/74
Vida económica (Ve): 5 años
Horas por año (Ha): 2000 hr/año
Motores Diesel de 160 HP.
Factor operación: 0.7
Potencia operación: 2x7 x 1.60 HP. op.
Coeficiente almacenaje (K): 0.1
Factor mantenimiento (Q): 0.75

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{1200590 - 136059}{10,000} = \$106.45$

b) Inversión : $I = \frac{Va + Vr}{2\,Ha} i = \frac{1\,200590 - 136059}{2 \times 2000} \times 0.12 = 40.10$

c) Seguros : $S = \frac{Va + Vr}{2\,Ha} s = \frac{1200590 - 136059}{2 \times 2004} \times 0.02 = 6.68$

d) Almacenaje : $A = KD = 0.1 \times 106.45 = 10.64$

e) Mantenimiento : $M = QD = 0.75 \times 106.45 = 79.84$

Suma Cargos Fijos por Hora $ 243.71

II. CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc

Diesel : E = 0.20 x 224 HP. op. x $0.50 /lt. =$ 22.40

Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op. x $_____ /lt. =

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pe

Capacidad carter: C = 2 x 16 litros

Cambios aceite : t = 100 horas

$a = C/t + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases} \times$ 224 HP. op. = 1.1 lt/hr.

L = 1.1 lt/hr x $ 7.00 /lt. = 7.70

d) Llantas: $Ll = \frac{Vll}{Hv}$ (valor llantas) / (vida económica)

Vida económica: Hv = 1500 horas

$Ll = \frac{160000}{2500}$ horas = 64.00

Suma Consumos por Hora $ 94.10

II. OPERACION.

Salario base : $_____

Salario real - operador : 200.00

_____ : _____

_____ : _____

Sal/turno-prom: $ 200.00

Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x 0.75 (factor rendimiento) = 6.00 horas

Operación = O = $\frac{S}{H} = \frac{\$\ 200.00}{6.00}$ horas = $ 33.30

Suma Operación por Hora $ 33.30

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD) $ 371.00

S O L U C I O N

A) Resistencia al Rodamiento: 15 kg/por cada ton de máquina por cada 2.5 cm de penetración.

Penetración en camino revestido: 5 cm.

$$15 \times \frac{5}{2.5} = 30 \text{ kg/ton M.}$$

Sumando 20 kg/ton M. por deformaciones de llantas, fricciones internas, etc., tendremos:

Resistencia al rodamiento = 30 + 20 = 50 kg/ton M.

B) Resistencia por Pendiente: 10 Kg/ton M. por cada 1%

Tramo de 600 m de ida = 1% x 10 = 10 kg/ton M.

Tramo de 300 m de ida = 0

Tramo de 300 m de ida = 4% x 10 = 40 kg/ton M.

Tramo de 300 m de regreso = 4% x 10 = 40 kg/ton M.

Tramo de 300 m de regreso = 0

Tramo de 600 m de regreso = 1% x 10 = 10 kg/ton M.

C) Resistencia Total de Ida:

Tramo de 600 m = 50 + 10 = 60 kg/ton M.

Tramo de 300 m = 50 + 0 = 50 kg/ton M.

Tramo de 300 m = 50 - 40 = 10 kg/ton M.

D) Resistencia Total de Regreso: (vacía)

Tramo de 300 m = 50 + 40 = 90 kg/ton M.

Tramo de 300 m = 50 + 0 = 50

Tramo de 600 m = 50 − 10 = 40 kg/ton M.

E) Resistencia Total de la Máquina:

a) Máquina cargada = 43.3 ton

Tramo de 600 m = 60 x 43.3 = 2.6 ton

Tramo de 300 m = 50 x 43.3 = 2.2 ton

Tramo de 300 m = 10 x 43.3 = 0.4 ton

b) Máquina vacía = 24.1 ton

Tramo de 300 m = 90 x 24.1 = 2.2

Tramo de 300 m = 50 x 24.1 = 1.2

Tramo de 600 m = 40 x 24.1 = 1.0

F) Corrección por Altitud:

$$\frac{500 \times 1\% \text{ por cada } 100 \text{ m}}{100} = 5\%$$

por lo que habrá que multiplicar las resistencias totales por 1.05

Máquina Cargada

2.6 x 1.05 = 2.7 tm

2.2 x 1.05 = 2.3 tm

0.4 x 1.05 = 0.4 tm.

Máquina Vacía

2.2 x 1.05 = 2.3 tm

1.2 x 1.05 = 1.3 tm

1.0 x 1.05 = 1.1 tm

Con los datos anteriores se entra a la gráfica proporcionada por el fabricante, la cual anexamos al final del problema.

G) Velocidades:

Velocidades de la motoescrepa cargada

Tramo	Velocidad	Transmisión	Velocidad media 0.65 x velocidad
600 m	12 m/h 19 km/h	4a	12 km/h
300 m	16 m/h 26 km/h	5a	17 km/h
300 m	23 m/h 37 km/h	6a	25 km/h

Velocidad de la motoescrepa vacía

Tramo	Velocidad	Transmisión	Velocidad media 0.65 x velocidad
300 m	16 m/h 26 km/h	5a	17 km/h
300 m	23 m/h 37 km/h	6a	25 km/h
600 m	23 m/h 37 km/h	6a	25 km/h

H) Tiempos

Tiempo de motoescrepa cargada

Tramo	Tiempo
600	3.0 min
300	1.1 min
300	0.7 min
Total	4.8 min

Tiempo de motoescrepa vacía

Tramo	Tiempo
300	1.1 min
300	0.7 min
600	1.5 min
Total	3.3 min

Tiempo total del ciclo

Tiempo fijo	= 1.3
Tiempo ida	= 4.8
Tiempo regreso	= 3.3
Total	9.4

I) Costo del Metro Cúbico de Material Movido en Banco

Tiempo total 9.4

Número de viajes por hora $= \frac{60}{9.4} = 6.4$

Capacidad de la motoescrepa en banco = $15 \times 0.8 = 12\ m^3$

Producción = $6.4 \times 12 = 77\ m^3/h$

Costo por $m^3 = \frac{\text{costo horario}}{\text{producción real}} = \frac{371.11}{77 \times 0.75} = \underline{\underline{6.43}}$

CALCULO DEL COSTO POR M^3 DE ACARREO USANDO CARGADOR FRONTAL MICHIGAN MODELO 8-111-A Y CAMIONES

DATOS

Material	Limo arenoso seco
Peso volumétrico	1600 kg/m^3
Altitud S.N.M.	2000 m
Longitud de acarreo	1200
Camión alquilado a	\$ 2.20 + 1.10/m^3 abund.
Coeficiente de abundamiento	1.25 ó su recíproco 0.8
Capacidad del cucharón	3.5 m^3
Costo directo hora-máquina	\$ 338.13

(Desarrollado en la hoja siguiente)

CONSTRUCTORA	Máquina: Cargador Frontal	Hoja No:
	Modelo: 3 1/2 yd^3	Calculó:
	Datos Adic:	Revisó :
OBRA:		Fecha :

DATOS GENERALES

Precio adquisición: $ 997,104.38
Equipo adicional -
Llantas 120,000.00

Valor inicial (Va): $ 877,104.38
Valor rescate (Vr): % =$ 99,710.40
Tasa interés (i) : %
Prima seguros (s): %

Fecha cotización: Agosto /74
Vida económica (Ve): 5 años
Horas por año (Ha): 2000 hr/año
Motores Diesel de 290 HP.
Factor operación: 0.7
Potencia operación: 203 HP. op.
Coeficiente almacenaje (K): 0.1
Factor mantenimiento (Q): 1.0

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{877104 - 99710}{10000} = \$\ 77.74$

b) Inversión: $I = \frac{Va + Vr}{2\,Ha} i = \frac{877104 + 99710}{2 \times 2000} \times 0.12 = 29.40$

c) Seguros: $S = \frac{Va + Vr}{2\,Ha} s = \frac{877104 + 99710}{2 \times 2000} \times 0.02 = 4.88$

d) Almacenaje: $A = KD = 0.1 \times 77.74 = 7.77$

e) Mantenimiento: $M = QD = 1.00 \times 77.74 = 77.74$

Suma Cargos Fijos por Hora $ 197.53

II. CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc

Diesel : E = 0.20 x 203 HP. op. x $ 0.50 /lt. =$ 20.30

Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op. x $ _____ /lt. =

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pe

Capacidad carter: C = 30 litros

Cambios aceite : t = 100 horas

$a = C/t + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases} \times 203$ HP. op. = 1.0 lt/hr.

L = 1.0 lt/hr x $ 7.00 /lt. = 7.00

d) Llantas: $Ll = \frac{Vll}{Hv}$ (valor llantas) / (vida económica)

Vida económica: Hv = 1500 horas

$Ll = \frac{120}{15}$ horas = 80.00

Suma Consumos por Hora $ 107.30

II. OPERACION.

Salario base : $ _____

Salario real - operador : 200.00

_____ : _____

_____ : _____

Sal/turno-prom: $ 200.00

Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x 0.75 (factor rendimiento) = 6.00 horas

Operación = O = $\frac{S}{H} = \frac{\$\ 200.00}{6.00}$ horas =$ 33.30

Suma Operación por Hora $ 33.30

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD) $ 338.13

S O L U C I O N

Capacidad del cucharón = 3.5 x 0.76 = 2.7

Factor de carga = 0.8

Volumen por ciclo = 2.7 m^3 x 0.8 = 2.1 m^3/ciclo

Tiempo del ciclo (ciclo básico) 35.0 seg = 0.58 min

$$\frac{35 \text{ seg}}{60 \text{ seg}} = 0.58 \text{ min}$$

$$\text{Ciclos/hora} = \frac{60 \text{ min/hora}}{0.58 \text{ min/ciclo}} = 103 \text{ ciclos/hora}$$

Producción = 2.1 m^3/ciclo x 103 ciclos/hora

= 216 m^3/h

$$\frac{338.13}{216 \times 0.75} = 2.10$$

Costo Acarreo

$$\frac{3.80}{0.8} = 4.75$$

Costo total

Carga ——	2.10
Acarreo ——	4.75
	6.85

Quince días después, el Superintendente llega con el Gerente a plantearle la solución y se encuentra con que el Gerente le envía los cargadores, a pesar de la demostración de la bondad del uso de las motoescrepas y el fuerte ahorro en dinero. A insistencia del Superintendente confiesa que se comprometió a rentar las motoescrepas puesto que le signifian una ganancia interesante.

El Superintendente que cree en la toma de decisiones cuantitativa obtiene del Gerente los siguientes datos :

Ganancia neta de motoescrepas/mes = 6,000

Producción mensual = 2 x 6 x 2 x 25 x 172 = 102000

Producción mensual = No. de turnos x horas efectivas por turno x No. de unidades x días laborados en el mes x producción horaria medida en banco.

Tiempo de ejecución $\frac{800\,000}{102\,000} = 8.0$

Ganancia total = 8.0 x 6 x 8 000

Ganancia/m^3 $= \frac{288\,000}{800\,000} = 0.37$

Restando al costo de cargador más camiones 0.37, tendremos como costo neto, tomando en consideración la utilidad de la renta:

$$6.85 - 0.48 = 6.36$$

AHORA LAS TRES ALTERNATIVAS SERIAN ASI

MOTOESCREPA	6.43
CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS	6.85
CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS RENTANDO MOTOESCREPAS	6.36

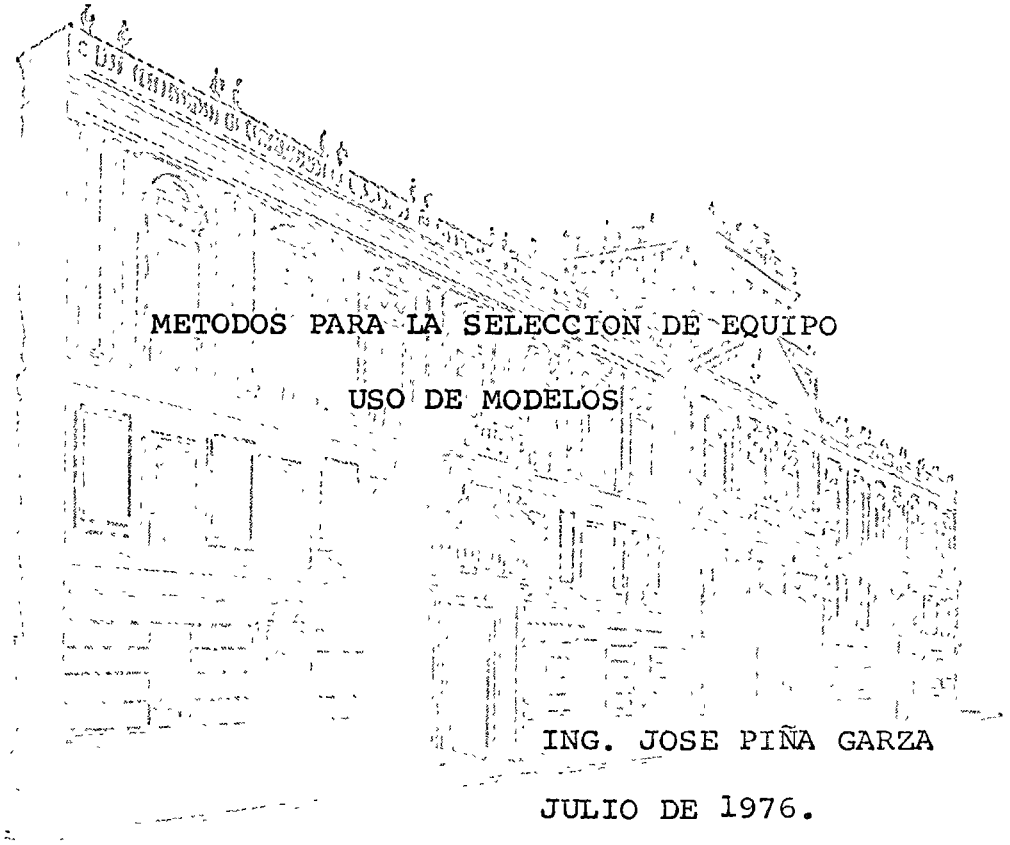
Y COMPARANDO CON LAS ALTERNATIVAS ANTERIORES, TENDREMOS :

MAQUINA	COSTO M^3 EN ENERO DE 1973	COSTO M^3 EN AGOSTO DE 1974
MOTOESCREPAS	5.58	6.43
CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS	6.07	6.85
CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS -- RENTANDO MOTOESCREPAS	5.70	6.36

POR LO QUE PUEDE OBSERVARSE FACILMENTE QUE SI LAS CONDICIONES CAMBIAN CON EL TIEMPO, LA DECISION DE LA ALTERNATIVA ADECUADA SERA TAMBIEN DIFERENTE

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS



METODOS PARA LA SELECCION DE EQUIPO

USO DE MODELOS

ING. JOSE PIÑA GARZA

JULIO DE 1976.

METODOS PARA LA SELECCION DE EQUIPO

USO DE MODELOS

Ing. José Piña Garza.

- Concepto de modelo
- Clasificación de modelos

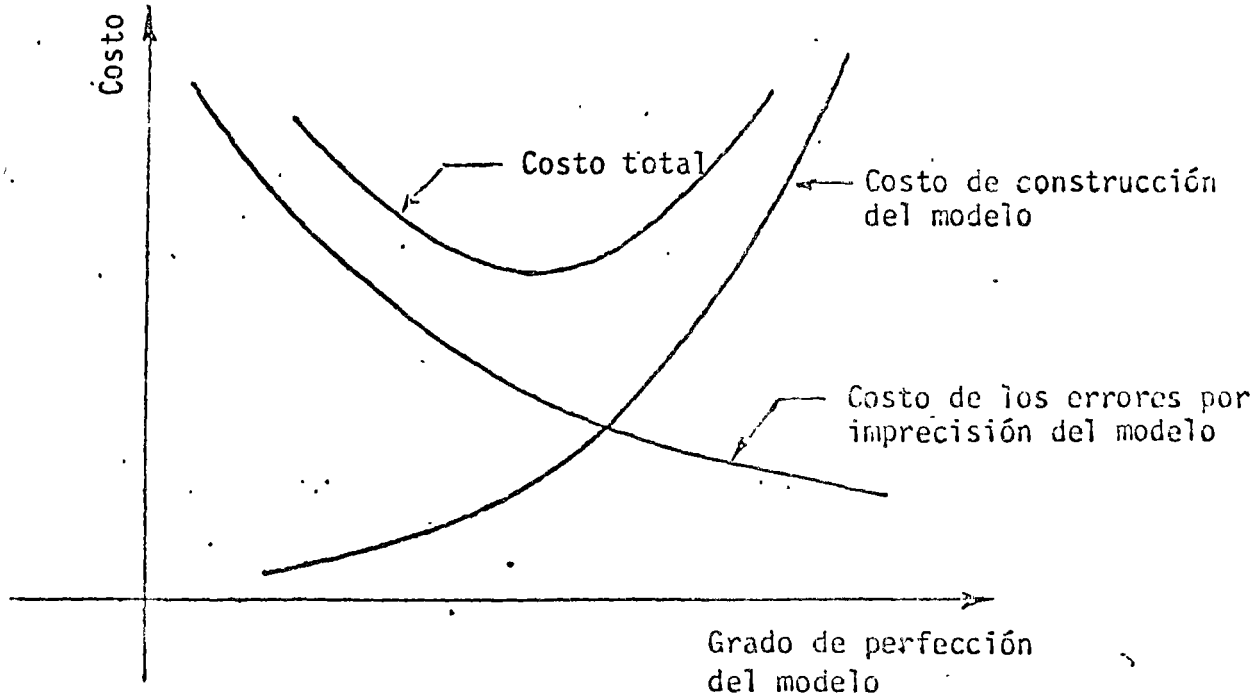
  Por la forma de representación

  Descripción escrita (hablada)
  Económicos
  Lógicos (diagramáticos)
  Analógicos
  Simbólicos (matemáticas)

  Por el uso

  Comunicación
  Análisis
  Predicción
  Control
  Entrenamiento

- Modelo versus realidad



- Actitud ante el uso de modelos matemáticos.
- Preparación matemática del ingeniero

	Materia	Créditos
1	Matemáticas I	9
2	Matemáticas II	9
3	Matemáticas III	9
4	Matemáticas IV	9
5	Algebra Lineal	9
6	Computación Numérica	9
7	Probabilidad y Estadística	9
8	Ingeniería de Sistemas I	6
9	Ingeniería de Sistemas II	6
	Total de créditos	75

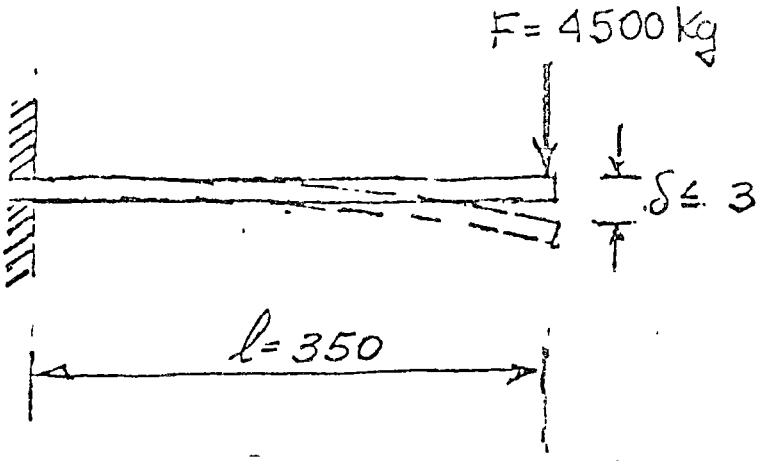
- Objetivos de la formación matemática del ingeniero
- Evolución de las herramientas para el manejo matemático de problemas
- Concepto de sistemas
- Limitaciones para el empleo del instrumental matemático
- Dimensionamiento económico de los problemas de movimiento de tierras
- Costo y valor de la información

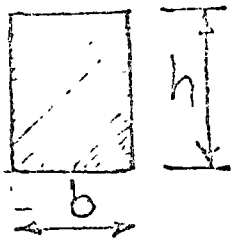
Problema:

Se desea determinar las dimensiones de una viga de madera en voladizo de 3.50 m de longitud, sujeta a una carga en el extremo libre de 4.5 ton.

En atención a las características de trabajo se requiere un desplazamiento vertical menor de 3 cm. en el extremo libre.

Se deberá especificar una sección rectangular en que la relación base/peralte sea de 1:1.5





$$\delta_{máx} \geq \frac{F\ell^3}{3EI} \qquad I = \frac{bd^3}{12}$$

$$\delta_{máx} \geq \frac{4F\ell^3}{Ebh^3} \qquad \frac{b}{h} = \frac{1}{1.50}\ ; \quad b = 0.67h$$

$$\delta_{máx} \geq \frac{6F\ell^3}{Eh^4}$$

$$h \geq \sqrt[4]{\frac{6F\ell^3}{E\,\delta_{máx}}}$$

$$f_{máx} \geq \frac{6M}{bh^2} \qquad \text{para } h \leq 40 \text{ cm.}$$

$$f_{máx} \geq \frac{9F\ell}{h^3}$$

$$h \geq \sqrt[3]{\frac{9F\ell}{f_{máx}}}$$

$$f_{máx} = \frac{6M}{kbh^2} \qquad k = 0.81\left(\frac{h^2+363}{h^2+223}\right)$$

Minimizar costo $\quad C = s \cdot \ell h b$

"Problema de Transporte"

a) Se tienen n orígenes posibles de un determinado artículo.

b) En cada uno de ellos se produce una cantidad conocida de artículos:

$$a_1, a_2, a_3, \ldots, a_i, \ldots, a_n$$

d) Los artículos se deben transportar a m diferentes destinos.

d) En cada destino se requiere una cantidad definida de tales artículos:

$$b_1, b_2, b_3, \ldots, b_j, \ldots, b_m$$

e) Se conoce el costo unitario c_{ij} que resulta de obtener un artículo en cada uno de los j destinos según cada uno de sus n posibles orígenes.

El problema consiste en:

f) Determinar la cantidad X_{ij} de artículos que conviene enviar de cada uno de lo orígenes i a cada uno de los destinos j, de tal manera que el costo total de transporte sea mínimo.

g) Suponiendo que existe una variación lineal de costo de producción y transporte en función del número de unidades requeridas, o sea que si el costo de producir y enviar un artículo del origen i al destino j es c_{ij} el costo de entregar X_{ij} artículo será $c_{ij}X_{ij}$

Formulación del modelo matemático

Variables X_{ij} $\quad i=1,2,\ldots,n$, $j=1,2,\ldots,m$ $\quad m \cdot n$ variables

Función objetivo

$$\text{Minimizar } Z = \underbrace{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} c_{ij} X_{ij}}_{\text{Costo total de transporte}} \qquad (1)$$

Sujeta a los restricciones:

$$\underbrace{\sum_{i=1}^{n} a_i}_{\text{Total de disponibilidades}} = \underbrace{\sum_{j=1}^{m} b_j}_{\text{Total de requerimientos}} \qquad (2)$$

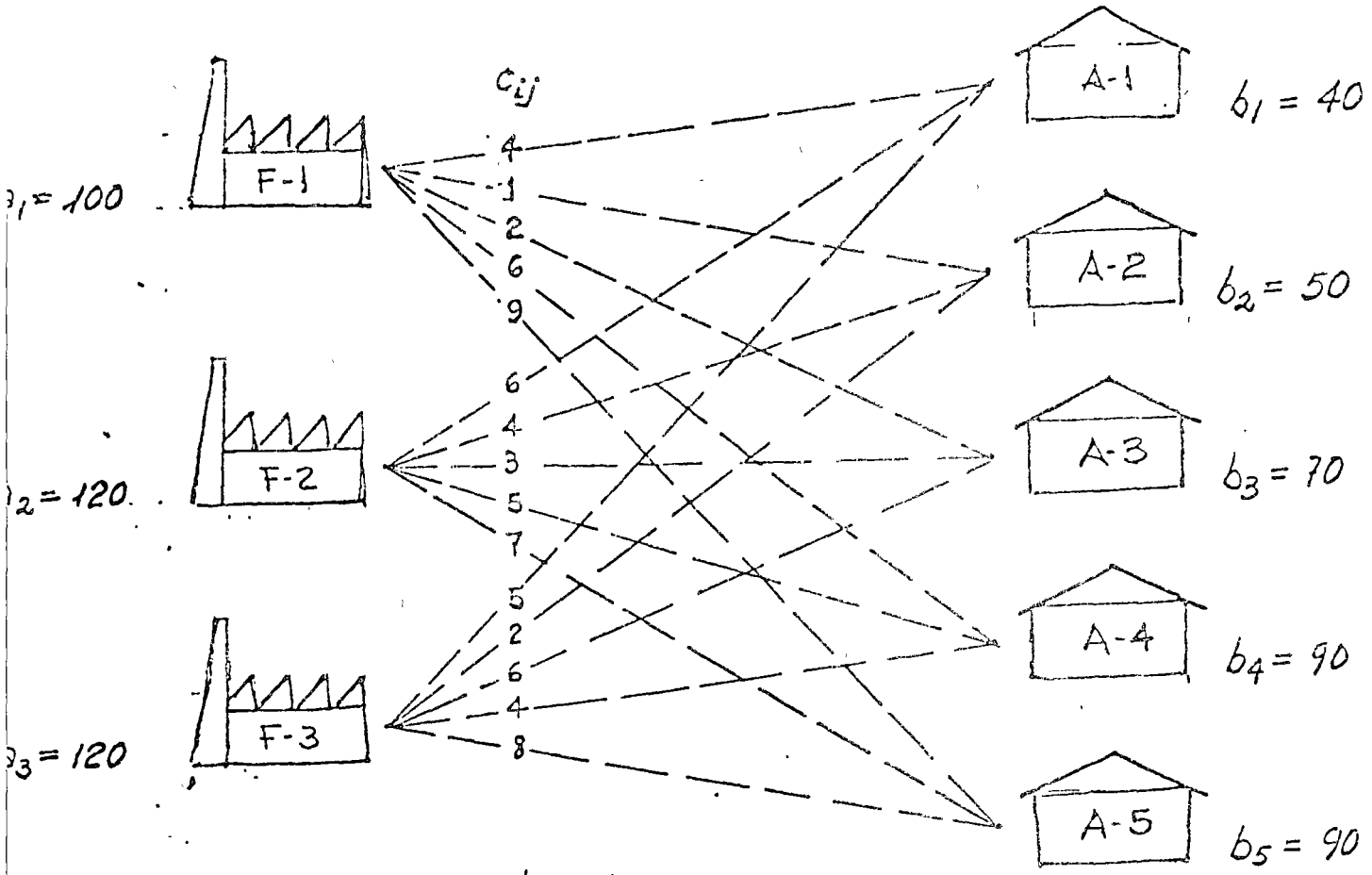
$$\underbrace{\sum_{j=1}^{m} X_{ij}}_{\text{Cant enviada del origen } i \text{ a todos los destinos}} = \underbrace{a_i}_{\text{Cant disp en el origen } i} \quad \text{para } i=1,2,\ldots,n \qquad (3) \text{ a } (n+2)$$

$$\underbrace{\sum_{i=1}^{n} X_{ij}}_{\text{Cant recibida en el destino } j \text{ de todos los orígenes}} = \underbrace{b_j}_{\text{Cant requerida en el destino } j} \quad \text{para } j=1,2,\ldots,m \qquad (n+3) \text{ a } (n+m+2)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad \text{para } i=1,2,\ldots,n;\ j=1,2,\ldots,m \qquad (n+m+3) \text{ a } (n+m+2+nm)$$

(No tiene sentido físico que las variables adquieran valores negativos)

EJEMPLO



Formulación matemática:

1) Minimizar : $Z = 4X_{11} + X_{12} + 2X_{13} + 6X_{14} + 9X_{15} + 6X_{21} + 4X_{22} + 3X_{23} + 5X_{24} + 7X_{25} + 5X_{31} + 2X_{32} + 6X_{33} + 4X_{34} + 8X_{35}$

Sujeta a las restricciones

2) $\sum_{i=1}^{n} a_i = \sum_{j=1}^{m} b_j \qquad 100 + 120 + 120 = 40 + 50 + 70 + 90 + 90 = 340$

3) $X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} = 1$

4) $X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} = 1$

5) $X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} = 1$

6) $X_{11} + X_{21} + X_{31} =$

7) $X_{12} + X_{22} + X_{32} =$

8) $X_{13} + X_{23} + X_{33} =$

9) $X_{14} + X_{24} + X_{34} =$

$X_{15} + X_{25} + X_{35} =$

Solución factible

Orígenes	Destinos 1 (40)	2 (50)	3 (70)	4 (90)	5 (90)	
1 (100)	40 4 160	50 1 50	10 2 20	— 6 —	— 9 —	230
2 (120)	— 6 —	— 4 —	60 3 180	60 5 300	— 7 —	480
3 (120)	— 5 —	— 2 —	— 6 —	30 4 120	90 8 720	840

X_{ij}
c_{ij}
$c_{ij}X_{ij} \rightarrow \Sigma$

Total de costo 1550

Solución óptima

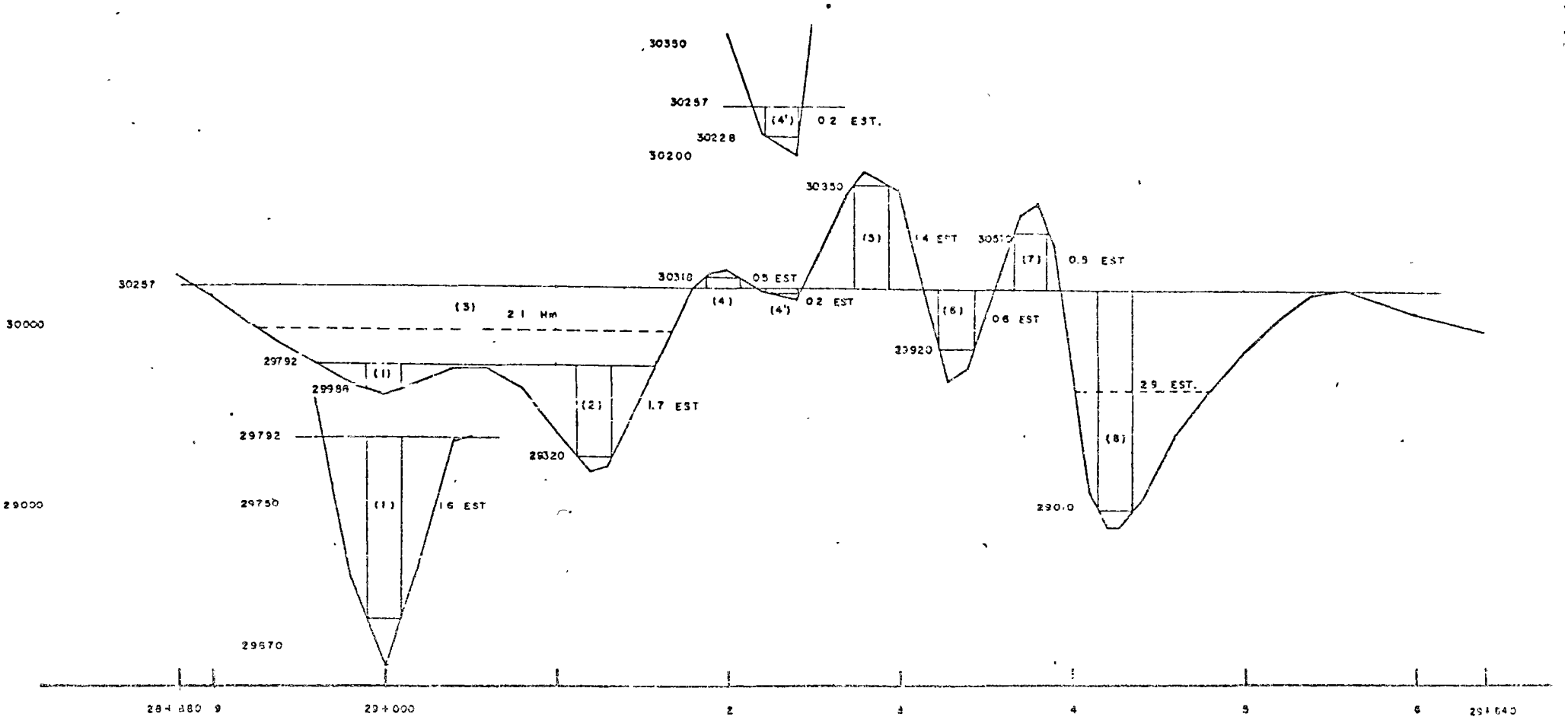
Orígenes	Destinos 1 (40)	2 (50)	3 (70)	4 (90)	5 (90)	
1 (100)	40 4 160	20 1 20	40 2 80	— 6 —	— 9 —	260
2 (120)	— 6 —	— 4 —	30 3 90	— 5 —	90 7 630	720
3 (120)	— 5 —	30 2 60	— 6 —	90 4 360	— 8 —	420

Total de costo 1400

Disposición de datos

X_{ij} c_{ij} $c_{ij}X_{ij}$

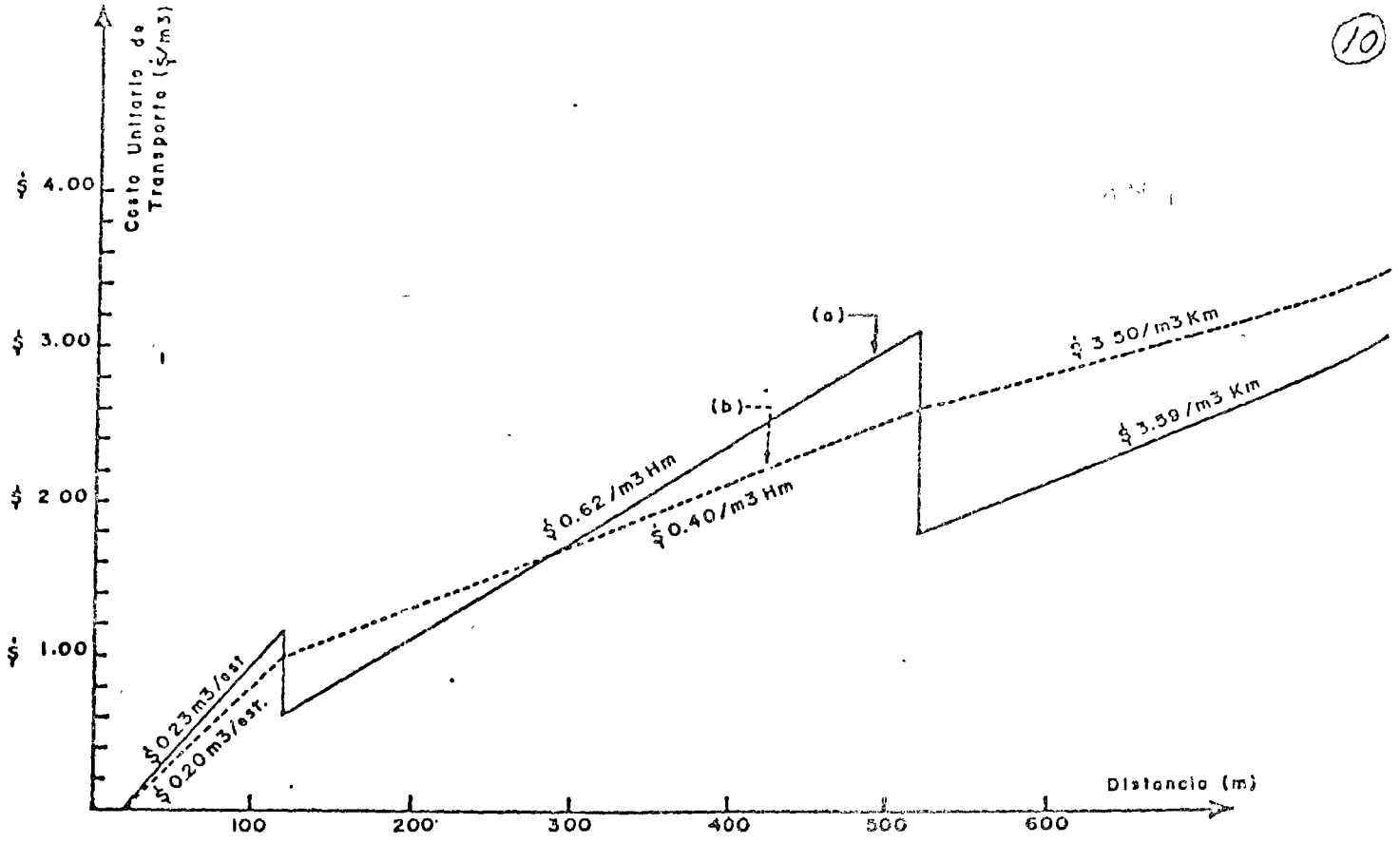
$$\longrightarrow \sum_{j=1}^{5} c_{ij} X_{ij}$$



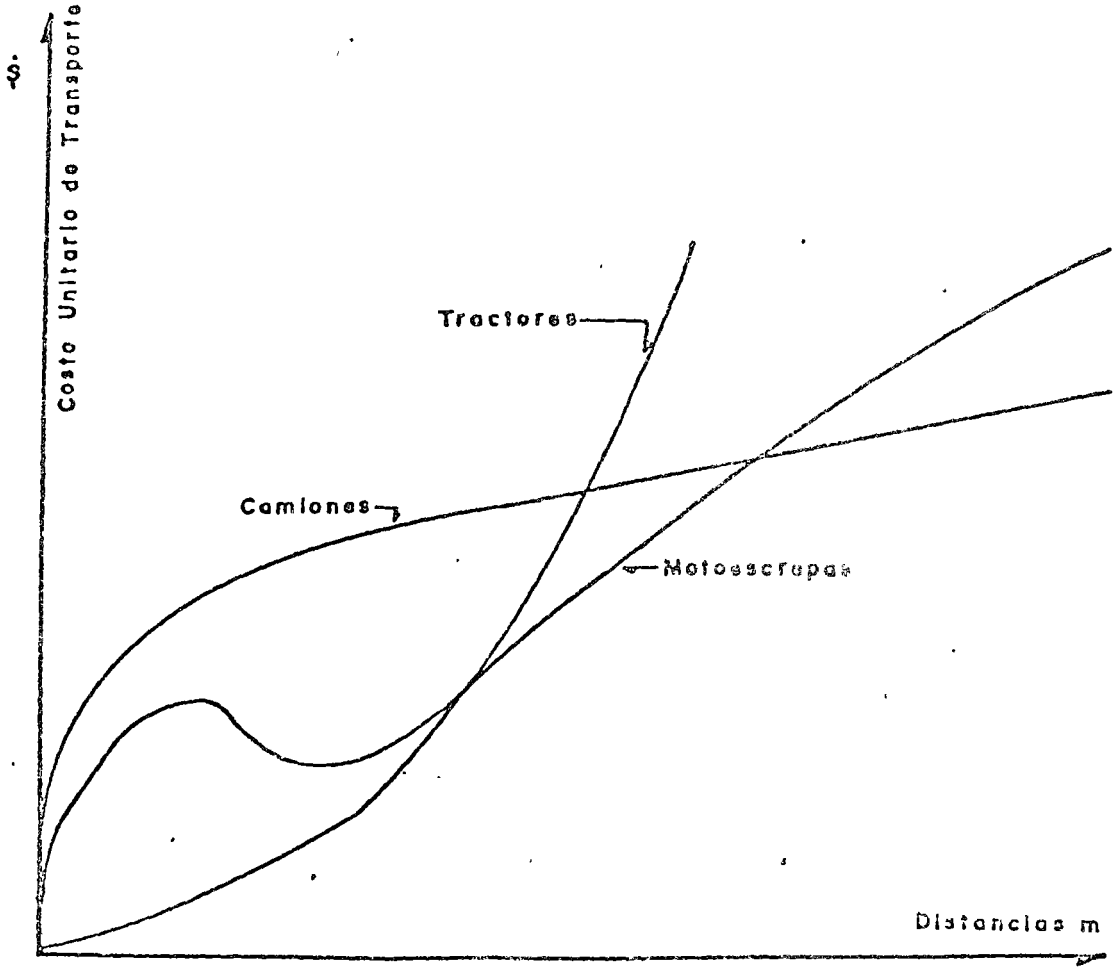
Curva masa y Movimiento de terracerías (Convencional)

VOLUMENES DE TERRAPLEN, CORTE Y BANCOS

UBICACION		CORTE		TERRAPLEN	
		Origen No.	Volumen	Destino No	Volumen
28+880 a	28+900			1	124
28+900	28+920			2	154
920	940			3	118
940	960			4	110
960	980			5	102
28+980	29+000			6	50
29+000	29+020	1	57		
020	040	2	70		
040	060	3	2		
060	080			7	87
28+080	29+100			8	244
29+100	29+120			9	217
120	140	4	203		
140	160	5	406		
160	180	6	392		
29+180	29+200	7	126		
29+200	29+220			10	142
220	240			11	26
240	260	8	386		
260	280	9	344		
29+280	29+300			12	122
29+300	29+320			13	780
320	340			14	217
340	360	10	580		
360	380	11	359		
29+380	29+400			15	985
29+400	29+420			16	849
420	490	12	161		
440	460	13	367		
460	480	14	252		
29+480	29+500	15	201		
29+500	29+520	16	189		
520	540	17	136		
540	560	18	34		
560	580			17	67
29+580	29+600			18	60
29+600	29+620			19	47
29+620	29+640			20	52
Bco a 500 m. der. de est. 33 + 000		19	5000		
Terraplén ficticio				21	4712
Sumas iguales			9265		9265



Costos Unitarios de transporte de terracerías



FUNCION OBJETIVO 433626

COSTOS UNITARIOS DE TRANSPORTE.

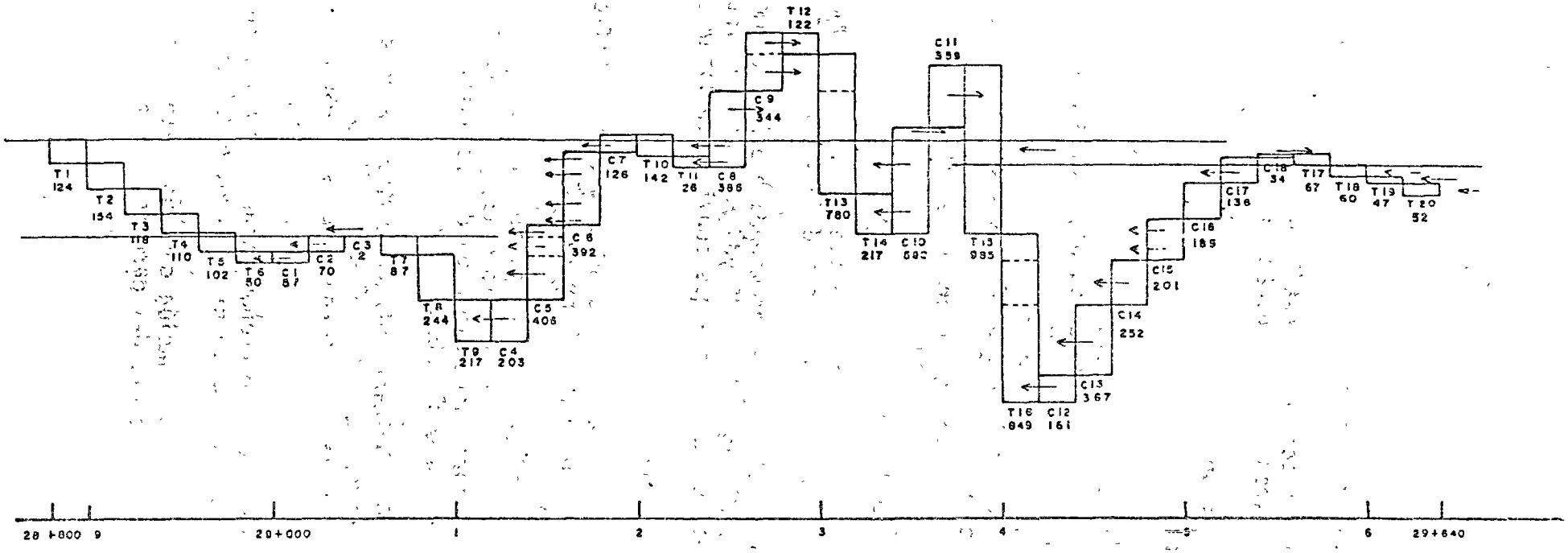
Terraplén/Corte		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	124	100	108	116	148	156	164	172	196	204	236	244	267	274	281	288	295	302	309	1081
2	154	80	100	108	140	148	156	164	188	196	228	236	260	267	274	281	288	295	302	1074
3	118	60	80	100	132	140	148	156	180	188	220	228	252	260	267	274	281	288	295	1067
4	110	40	60	80	124	132	140	148	172	180	212	220	244	252	260	267	274	281	288	1060
5	102	20	40	60	116	124	132	140	164	172	204	212	236	244	252	260	267	274	281	1053
6	50	0	20	40	108	116	124	132	156	164	196	204	228	236	244	252	260	267	274	1046
7	87	40	20	0	40	60	80	100	124	132	164	172	196	204	212	220	228	236	244	1018
8	244	60	40	20	20	39	60	80	116	124	156	164	188	196	204	212	220	228	236	1011
9	217	80	60	40	0	20	40	60	108	116	148	156	180	188	196	204	212	220	228	1004
10	142	132	124	116	60	40	20	0	20	40	108	116	140	148	156	164	172	180	188	969
11	26	140	132	124	80	60	40	20	0	20	100	108	132	140	148	156	164	172	180	962
12	122	164	156	148	116	108	100	80	20	0	40	60	108	116	124	132	140	148	156	941
13	780	172	164	156	124	116	108	100	39	20	20	40	100	108	116	124	132	140	148	934
14	217	180	172	164	132	124	116	108	60	40	0	20	80	100	108	116	124	132	140	927
15	985	204	196	188	156	148	140	132	108	100	20	0	20	40	60	80	100	108	116	906
16	845	212	204	196	164	156	148	140	116	108	40	20	0	19	40	60	80	100	108	899
17	67	274	267	260	228	220	212	204	180	172	140	132	108	100	80	60	40	20	0	843
18	60	281	274	267	236	228	220	212	188	180	148	140	116	108	100	80	60	40	20	836
19	47	288	281	274	244	236	228	220	196	188	156	148	124	116	108	100	80	60	40	829
20	52	295	288	281	252	244	236	228	204	196	164	156	132	124	116	108	100	80	60	822
21	4712	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9265	57	70	2	203	406	392	126	386	344	580	359	151	367	252	201	169	136	34	5000

FUNCION OBJETIVO 433626

SOLUCION AL PROBLEMA DE TRANSPORTE

Terraplén/Corte		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	124	0	0	0	0	0	48	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	154	0	0	0	0	0	154	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	118	0	0	0	0	0	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	110	0	0	0	0	38	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	102	7	70	2	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	87	0	0	0	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	244	0	0	0	0	244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	217	0	0	0	116	101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	142	0	0	0	0	0	0	50	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	26	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	122	0	0	0	0	0	0	0	0	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	780	0	0	0	0	0	0	0	268	222	290	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	217	0	0	0	0	0	0	0	0	0	217	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	359	161	0	160	0	0	103	0	129
16	849	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	367	92	201	189	0	0	0
17	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	34	0
18	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
19	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47
20	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
21	4712	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4712
	9265	57	70	2	203	406	392	126	386	344	580	359	161	367	252	201	189	136	34	5000

(12)



Compensación de terracerías por medio del problema de transporte

SIMULACION

- Otra clasificación de modelos

determinísticos	estático
estocásticos	dinámico

- Concepto de Simulación

- Metodología

Definición de objetivos
Obtención y revisión de datos, análisis del problema
Diseño del experimento
Construcción del modelo
Validación (calibración del modelo)
Simulación
Análisis e interpretación de resultados

Problema de selección de equipo

Se necesita efectuar un movimiento de tierras en un volumen de 400,000 m^3 de un banco a un tiradero; la longitud de acarreo es de 1 200 m.

Se ha analizado el problema y se recomienda efectuar el movimiento utilizando un cargador Michigan de 3 1/2 yd^3 y 8 camiones fleteros, cuando se presenta una opción interesante que conviene analizar.

Características de la opción.

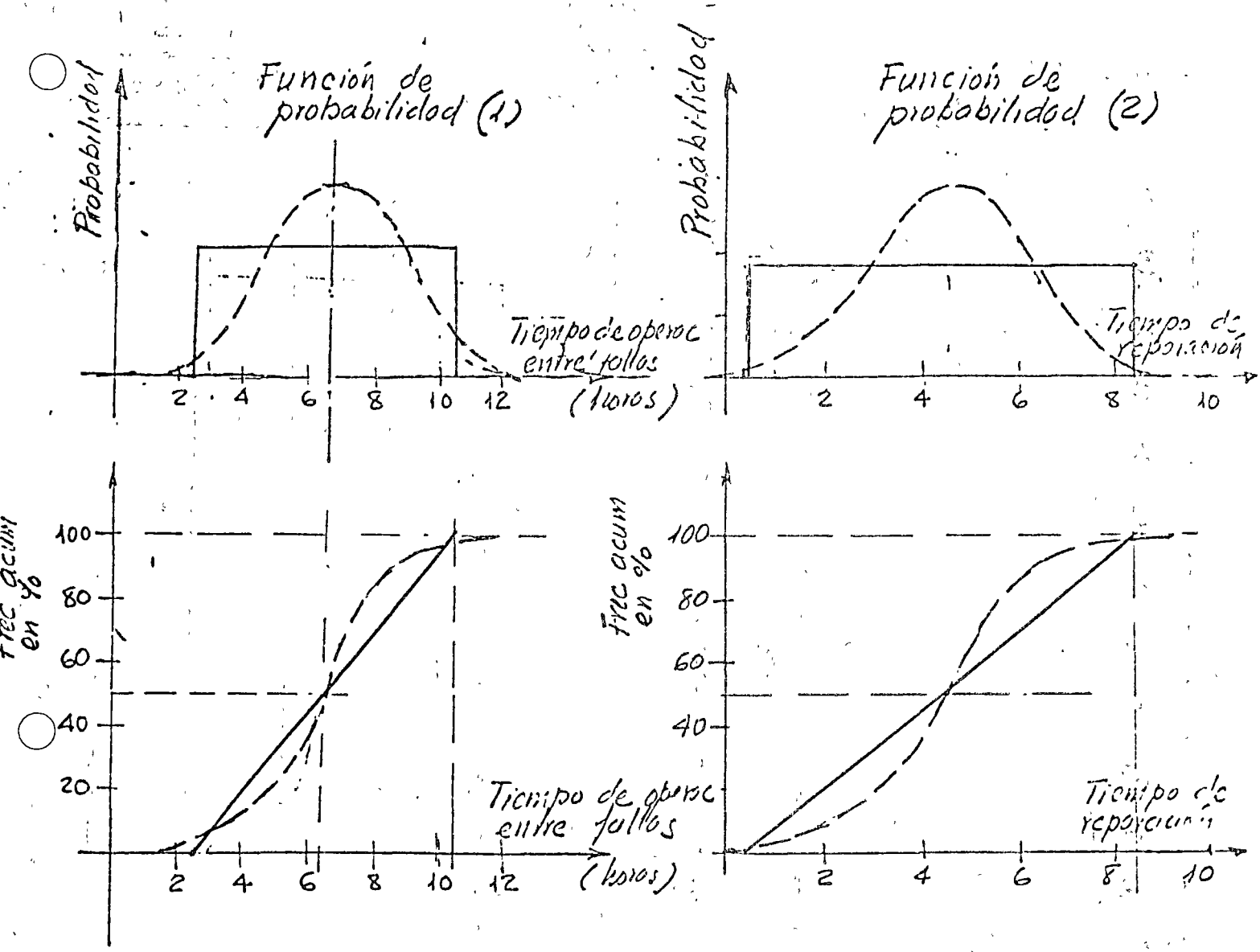
- Cargadores de la misma capacidad a un costo horario efectivo de $ 160.00/hr vs $ 200.00/hora del primero.

- Los cargadores son defectuosos; el tiempo promedio entre fallas es de 6.5 horas según función de probabilidad (1) y el tiempo de compostura promedio es de 4.5 horas según función de probabilidad (2). Esta información se garantiza ampliamente.

- En compensación, el fabricante ofrece enviar sin costo para el constructor, otro cargador igual por el cual sólo se pagará el costo horario efectivo, de manera que cuando uno esté descompuesto entra el otro en operación.

- El fabricante también ofrece proporcionar a un mecánico y cubrir las reparaciones que surjan durante el desarrollo del trabajo.

- El constructor tiene la obligación con los fleteros de pagar $ 60.00/hora en caso de descompostura del cargador, en compensación por tiempo de espera.



1°	2°	3°	Operación	Reparación
A	A	A	3	1
		S	4	2
	S	A	5	3
		S	6	4
S	A	A	7	5
		S	8	6
	S	A	9	7
		S	10	8

Simulación

Cargador	En operación			En reparación			Espera	Espera camiones			
	Inicio	Tiempo operac	Susp	Inicio	Tiempo repar	Term		Inicio	Term	Tiempo esper	Costo
A											
B											
A											
B											
A											
B											
A											
B											
A											
B											
A											
B											

Bibliografía

1.- Invitación a la Investigación de Operaciones - A. Kaufmann - Arnold.

2.- Principles of Operations Research - Harvey M. Wagner Prentice-Hall, Inc.

3.- New Power for Management (Computer Systems and Management Science) - David B. Hertz - Mc Graw Hill

4.- Introduction to Operations Research - C.W. Churchman, R.L. Ackoff, E.L. Arnoff - John Wiley

5.- El Desafío Americano - J.J Servan Schreiber - Plaza & Janes S.A.

6.- Los Técnicos Modernos de Fotogrametría y Cómputo Electrónico Aplicados al Diseño de Carreteras en México - Gerardo Cruickshank García - Revista Fotogrametría, Fotointerpretación y Geodesia. Nº 2, Nov-Dic 1970

[illegible] a Transportes a Costo Mínimo - José Pria G. - Revista Ingeniería Civil

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

METODOS DE SELECCION DE EQUIPO

ING. JOSE PIÑA GARZA

JULIO DE 1976.

Palacio de Minería Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F. Tels: 521-40-23 521-73-35 5123-123

METODOS PARA LA SELECCION DE EQUIPO

USO DE MODELOS

Ing. José Piña Garza.

- Concepto de modelo
- Clasificación de modelos

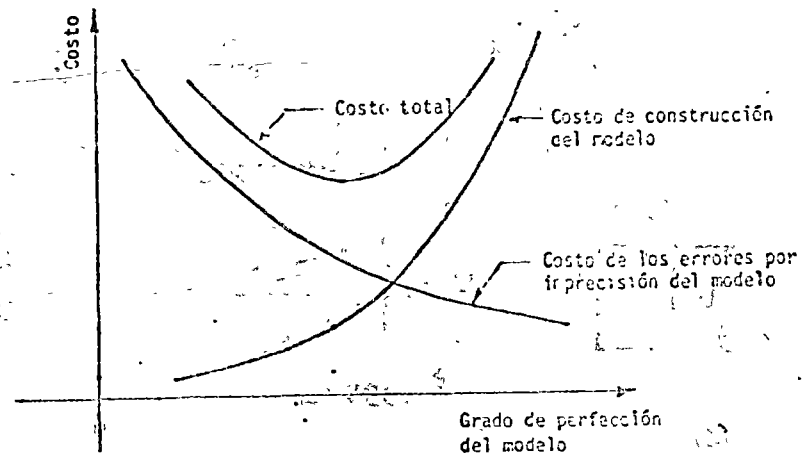
Por la forma de representación

Descripción escrita (hablada)
Económicos
Lógicos (diagramáticos)
Analógicos
Simbólicos (matemáticas)

Por el uso

Comunicación
Análisis
Predicción
Control
Entrenamiento

- Modelo versus realidad



- Actitud ante el uso de modelos matemáticos.
- Preparación matemática del ingeniero

	Materia	Créditos
1	Matemáticas I	9
2	Matemáticas II	9
3	Matemáticas III	9
4	Matemáticas IV	9
5	Algebra Lineal	9
6	Computación Numérica	9
7	Probabilidad y Estadística	9
8	Ingeniería de Sistemas I	6
9	Ingeniería de Sistemas II	6
	Total de créditos	75

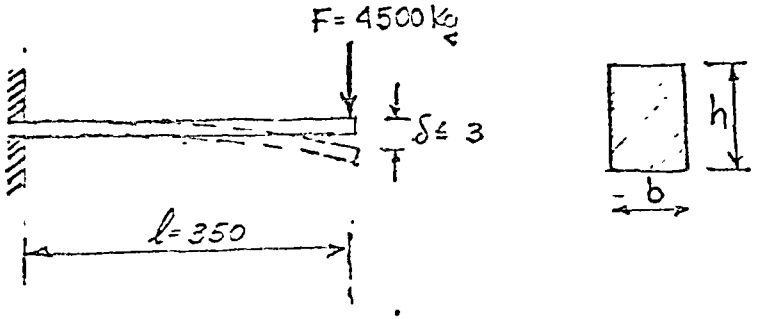
- Objetivos de la formación matemática del ingeniero
- Evolución de las herramientas para el manejo matemático de problemas
- Concepto de sistemas
- Limitaciones para el empleo del instrumental matemático
- Dimensionamiento económico de los problemas de movimiento de tierras
- Costo y valor de la información

Problema:

Se desea determinar las dimensiones de una viga de madera en voladizo de 3.50 m de longitud, sujeta a una carga en el extremo libre de 4.5 ton.

En atención a las características de trabajo se requiere un desplazamiento vertical menor de 3 cm. en el extremo libre.

Se deberá especificar una sección rectangular en que la relación base/peralte sea de 1:1.5



$$\delta_{máx} \geq \frac{F\ell^3}{3EI} \qquad I = \frac{bd^3}{12}$$

$$\delta_{máx} \geq \frac{4F\ell^3}{Ebh^3} \qquad \frac{b}{h} = \frac{1}{1.50}\ ; \quad b = 0.67h$$

$$\delta_{máx} \geq \frac{6F\ell^3}{Eh^4}$$

$$h \geq \sqrt[4]{\frac{6F\ell^3}{E\,\delta_{máx}}}$$

$$f_{máx} \geq \frac{6M}{bh^2} \qquad \text{para } h \leq 40\ cm$$

$$f_{máx} \geq \frac{9F\ell}{h^3}$$

$$h \geq \sqrt[3]{\frac{9F\ell}{f_{máx}}}$$

$$f_{máx} = \frac{6M}{kbh^2} \qquad k = 0.31\left(\frac{h^2 + 363}{h^2 + 223}\right)$$

Minimizar costo $\quad C = s \cdot \ell h b$

"Problema de Transporte"

a) Se tienen n orígenes posibles de un determinado artículo.

b) En cada uno de ellos se produce una cantidad conocida de artículos:

$$a_1, a_2, a_3, \ldots, a_i, \ldots, a_n$$

d) Los artículos se deben transportar a m diferentes destinos.

d) En cada destino se requiere una cantidad definida de tales artículos:

$$b_1, b_2, b_3, \ldots, b_j, \ldots, b_m$$

e) Se conoce el costo unitario c_{ij} que resulta de obtener un artículo en cada uno de los j destinos según cada uno de sus n posibles orígenes.

El problema consiste en:

f) Determinar la cantidad X_{ij} de artículos que conviene enviar de cada uno de lo orígenes i a cada uno de los destinos j, de tal manera que el costo total de transporte sea mínimo.

g) Suponiendo que existe una variación lineal de costo de producción y transporte en función del número de unidades requeridas, o sea que si el costo de producir y enviar un artículo del origen i al destino j es c_{ij} el costo de entregar X_{ij} artículo será $c_{ij} X_{ij}$

Formulación del modelo matemático

Variables X_{ij} $\quad i=1,2,\dots,n \quad j=1,2,\dots,m$ $\quad m\cdot n$ variables

Función objetivo

$$\text{Minimizar } Z = \underbrace{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} c_{ij} X_{ij}}_{\text{Costo total de transporte}} \qquad (1)$$

Sujeta a las restricciones:

$$\underbrace{\sum_{i=1}^{n} a_i}_{\text{Total de disponibilidad}} = \underbrace{\sum_{j=1}^{m} b_j}_{\text{Total de requerimientos}} \qquad (2)$$

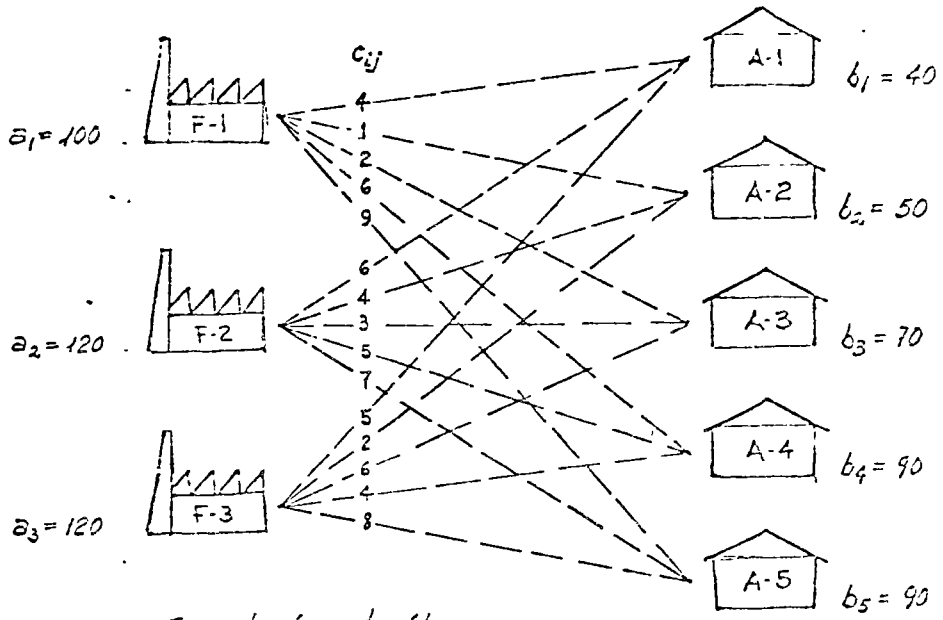
$$\underbrace{\sum_{j=1}^{m} X_{ij}}_{\text{Cant enviada del origen } i \text{ a todos los destinos}} = \underbrace{a_i}_{\text{Cant disp en el origen } i} \qquad \text{para } i=1,2,\dots,n \qquad (3) \text{ a } (n+2)$$

$$\underbrace{\sum_{i=1}^{n} X_{ij}}_{\text{Cant recibida en el destino } j \text{ de todos los orígenes}} = \underbrace{b_j}_{\text{Cant requerida en el destino } j} \qquad \text{para } j=1,2,\dots,m \qquad (n+3) \text{ a } (n+m+2)$$

$$X_{ij} \geq 0 \qquad \text{para } i=1,2,\dots,n \quad j=1,2,\dots,m \qquad (n+m+3) \text{ a } (n+m+2+n\cdot m)$$

(No tiene sentido físico que las variables adquieran valores negativos)

EJEMPLO



Formulación matemática:

(1) Minimizar $Z = 4X_{11}+X_{12}+2X_{13}+6X_{14}+9X_{15}+6X_{21}+4X_{22}+3X_{23}+5X_{24}+7X_{25}+5X_{31}+2X_{32}+6X_{33}+4X_{34}+8X_{35}$

Sujeta a las restricciones

(2) $\sum_{i=1}^{n} a_i = \sum_{j=1}^{m} b_j \qquad 100+120+120 = 40+50+70+90+90 = 340$

(3) $X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+X_{15} = 100$

(4) $X_{21}+X_{22}+X_{23}+X_{24}+X_{25} = 120$

(5) $X_{31}+X_{32}+X_{33}+X_{34}+X_{35} = 120$

(6) $X_{11}+X_{21}+X_{31} = 40$

(7) $X_{12}+X_{22}+X_{32} = 50$

(8) $X_{13}+X_{23}+X_{33} = 70$

(9) $X_{14}+X_{24}+X_{34} = 90$

(10) $X_{15}+X_{25}+X_{35} = 90$

Solución factible

Orígenes	Destinos 1 (40)	2 (50)	3 (70)	4 (90)	5 (90)	
1 (100)	40 4 160	50 1 50	10 2 20	— 6 —	— 9 —	230
2 (120)	— 6 —	— 4 —	60 3 180	60 5 300	— 7 —	480
3 (120)	— 5 —	— 2 —	— 6 —	30 4 120	90 8 720	840
					Total de costo	1550

X_{ij}
c_{ij}
$c_{ij}X_{ij} \rightarrow \Sigma$

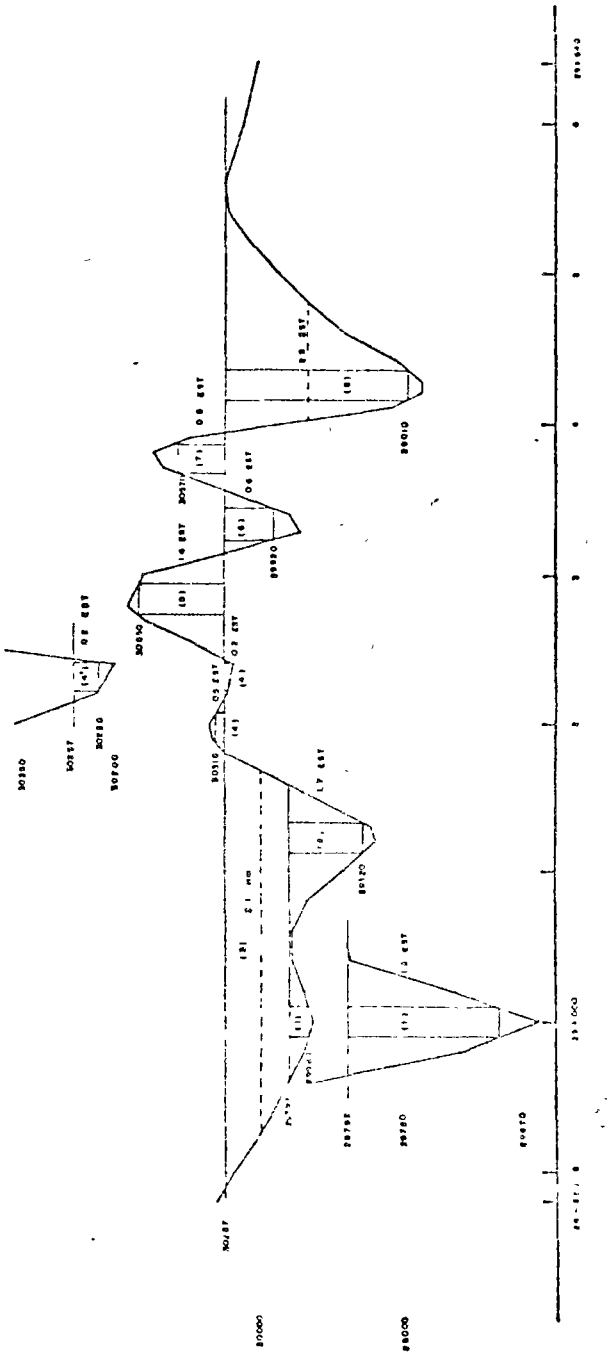
Solución óptima

Orígenes	Destinos 1 (40)	2 (50)	3 (70)	4 (90)	5 (90)	
1 (100)	40 4 160	20 1 20	40 2 80	— 6 —	— 9 —	260
2 (120)	— 6 —	— 4 —	30 3 90	— 5 —	90 7 630	720
3 (120)	— 5 —	30 2 60	— 6 —	90 4 360	— 8 —	420
					Total de costo	1400

Disposición de datos

X_{ij} c_{ij} $c_{ij}X_{ij}$

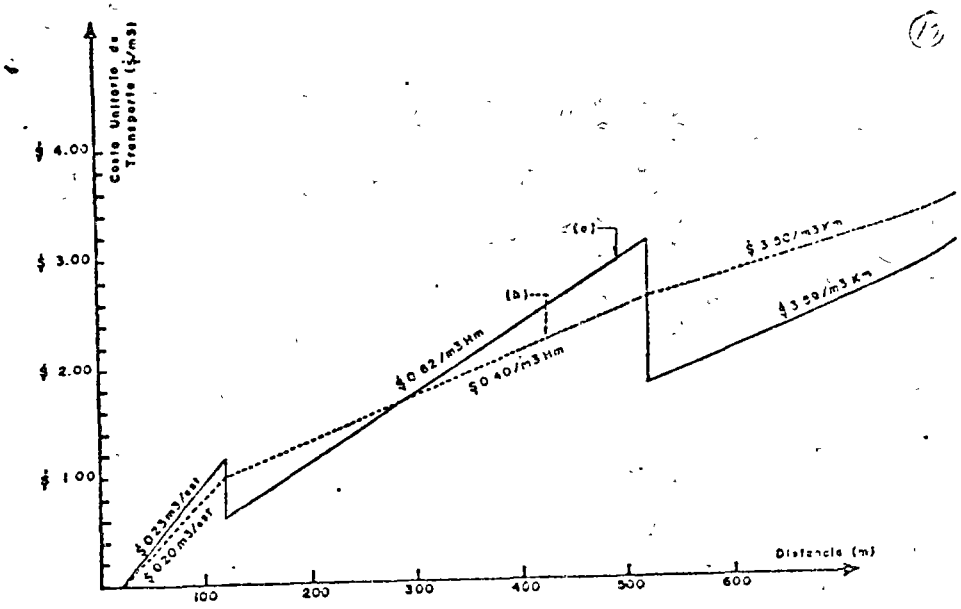
$\longrightarrow \sum_{j=1}^{5} c_{ij} X_{ij}$



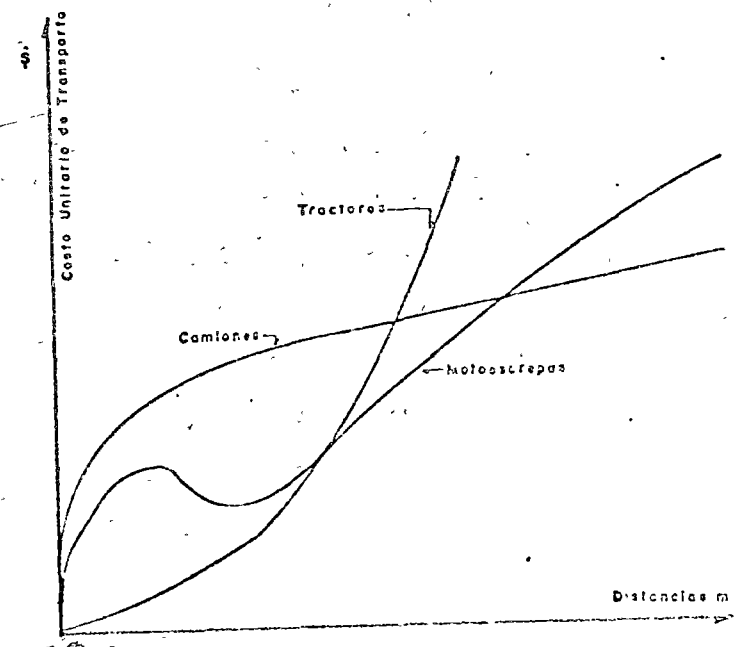
Curva masa y Movimiento de terracerías (Convencional)

VOLUMENES DE TERRAPLEN, CORTE Y BANCOS

UBICACION		CORTE		TERRAPLEN	
		Origen No.	Volumen	Destino No	Volumen
28+880 a	28+900			1	124
28+900	28+920			2	154
920	940			3	118
940	960			4	110
960	980			5	102
28+980	29+000			6	50
29+000	29+020	1	57		
020	040	2	70		
040	060	3	2		
060	080			7	87
28+080	29+100			8	244
29+100	29+120			9	217
120	140	4	203		
140	160	5	406		
160	180	6	392		
29+180	29+200	7	126		
29+200	29+220			10	142
220	240			11	26
240	260	8	386		
260	280	9	344		
29+280	29+300			12	122
29+300	29+320			13	780
320	340			14	217
340	360	10	580		
360	380	11	359		
29+380	29+400			15	985
29+400	29+420			16	849
420	400	12	161		
440	460	13	367		
460	480	14	252		
29+480	29+500	15	201		
29+500	29+520	16	189		
520	540	17	136		
540	560	18	34		
560	580			17	67
29+580	29+600			18	60
29+600	29+620			19	47
29+620	29+640			20	52
Bco a 500 m. der. de est. 33 + 000		19	5000		
Terraplén ficticio				21	4712
Sumas iguales			9265		9265



Costos Unitarios de transporte de terracerías



Costo Unitario de Transporte de terracerías para Diversos Equipos de Construcción

FUNCION OBJETIVO 433626

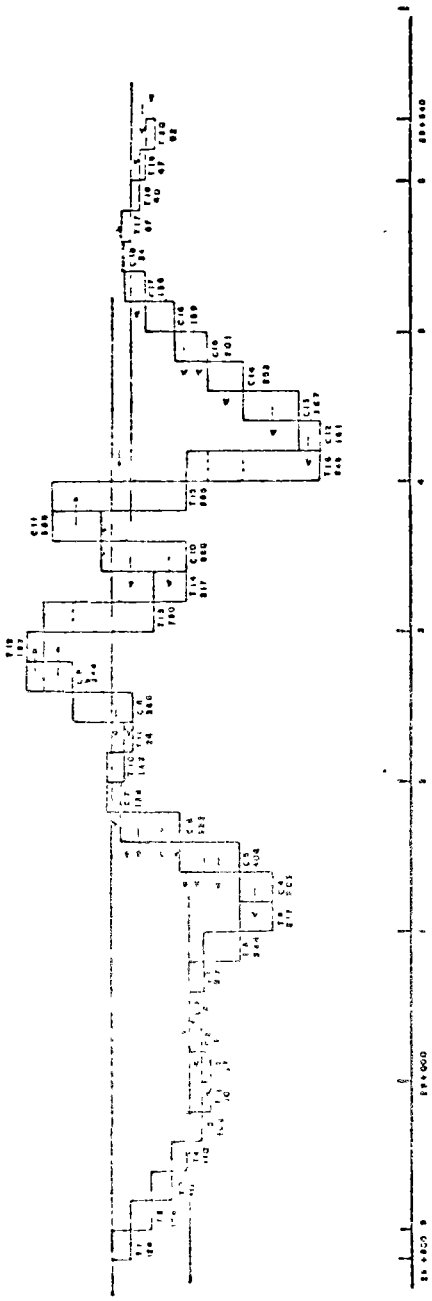
COSTOS UNITARIOS DE TRANSPORTE

Terraplén/Corte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	124	100	138	116	148	156	164	172	196	204	236	244	267	274	281	288	295	302	309	1081
2	154	80	100	108	140	148	156	164	188	196	228	236	260	267	274	281	288	295	302	1074
3	118	60	80	100	132	140	148	156	180	188	220	228	252	260	267	274	281	288	295	1067
4	110	40	60	80	124	132	140	148	172	180	212	220	244	252	260	267	274	281	288	1060
5	102	20	40	60	116	124	132	140	164	172	204	212	230	244	252	260	267	274	281	1053
6	50	0	20	40	108	116	124	132	156	164	196	204	228	236	244	252	260	267	274	1046
7	87	40	20	0	40	60	80	100	124	132	164	172	196	204	212	220	228	236	244	1018
8	244	60	40	20	20	39	60	80	116	124	156	164	188	196	204	212	220	228	236	1011
9	217	80	60	40	0	20	40	60	108	116	148	156	180	188	196	204	212	220	228	1004
10	142	132	124	116	60	40	20	0	20	40	108	116	140	148	156	164	172	180	188	966
11	26	140	132	124	80	60	40	20	0	20	100	108	132	140	148	156	164	172	180	962
12	122	164	156	148	116	108	100	80	20	0	40	60	108	116	124	132	140	148	156	941
13	780	172	164	156	124	116	108	100	39	20	20	40	100	108	116	124	132	140	148	934
14	217	180	172	164	132	124	116	108	60	40	0	20	80	100	100	116	124	132	140	927
15	985	204	196	188	156	148	140	132	108	100	20	0	20	40	60	80	100	108	116	906
16	849	212	204	196	164	156	148	140	116	108	40	20	0	19	40	60	80	100	108	899
17	67	274	267	260	228	220	212	204	180	172	140	132	108	100	80	60	40	20	0	843
18	60	281	274	267	236	228	220	212	188	180	148	140	116	108	100	80	60	40	20	836
19	47	288	281	274	244	236	228	220	196	188	156	148	124	116	108	100	80	60	40	829
20	52	295	288	281	252	244	236	228	204	196	164	156	132	124	116	108	100	80	60	822
21	4712	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9265	57	70	2	203	406	392	126	386	344	580	359	161	387	252	201	189	136	34	5000

FUNCION OBJETIVO 433626

SOLUCION AL PROBLEMA DE TRANSPORTE

Terraplén/Corte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	124	0	0	0	0	0	48	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	154	0	0	0	0	0	154	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	118	0	0	0	0	0	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	110	0	0	0	0	38	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	102	7	70	2	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	87	0	0	0	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	244	0	0	0	0	244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	217	0	0	0	116	101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	142	0	0	0	0	0	0	50	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	26	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	122	0	0	0	0	0	0	0	0	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	780	0	0	0	0	0	0	0	268	222	290	0	0	0	0	0	0	0	0
14	217	0	0	0	0	0	0	0	0	0	217	0	0	0	0	0	0	0	0
15	985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	359	161	0	160	0	0	103	0	129
16	849	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	387	92	201	189	0	0	0
17	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	34	0
18	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
19	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47
20	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
21	4712	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4712
	9265	57	70	2	203	406	392	126	386	344	580	359	161	387	252	201	189	136	34	5000



Compensación de terracerías por medio del problema de transporte

SIMULACION

- Otra clasificación de modelos

determinísticos	estático
estocásticos	dinámico

- Concepto de Simulación

- Metodología

Definición de objetivos
Obtención y revisión de datos, análisis del problema
Diseño del experimento
Construcción del modelo
Validación (calibración del modelo)
Simulación
Análisis e interpretación de resultados

Problema de selección de equipo

Se necesita efectuar un movimiento de tierras en un volumen de 400,000 m^3 de un banco a un tiradero; la longitud de acarreo es de 1 200 m.

Se ha analizado el problema y se recomienda efectuar el movimiento utilizando un cargador Michigan de 3 1/2 yd^3 y 8 camiones fleteros, cuando se presenta una opción interesante que conviene analizar.

Características de la opción.

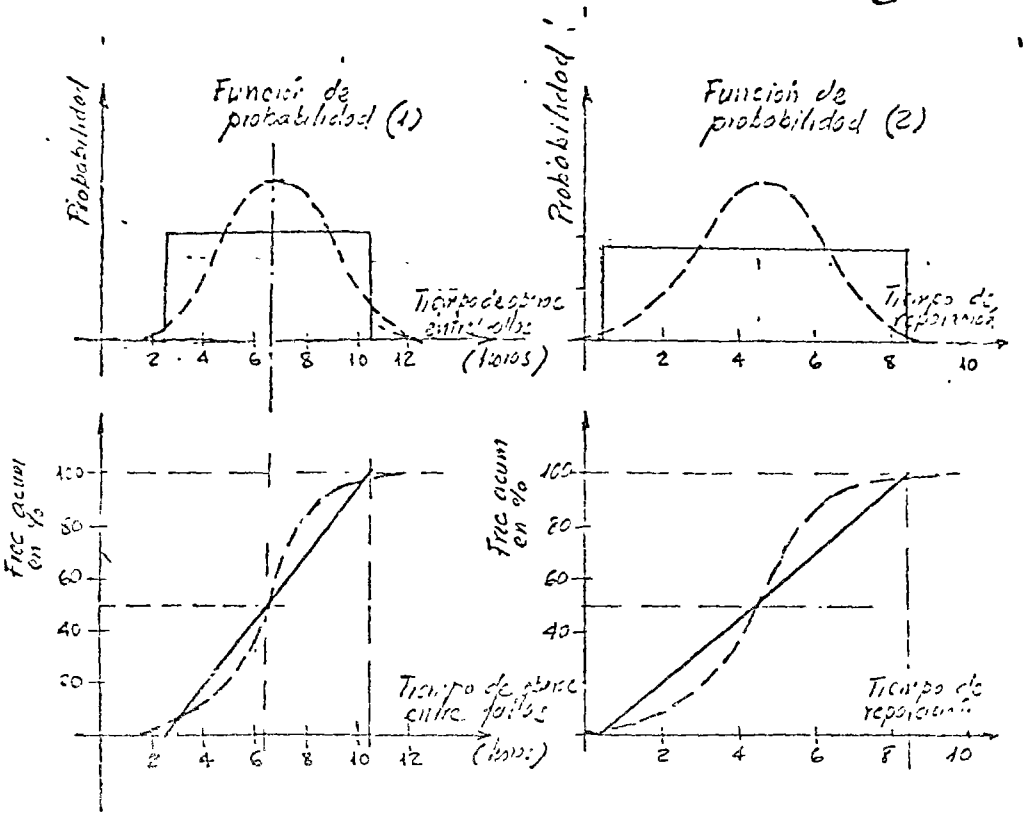
- Cargadores de la misma capacidad a un costo horario efectivo de $ 160.00/hr vs $ 200.00/hora del primero.

- Los cargadores son nuevos; el tiempo promedio entre fallas es de 6.5 horas según función de probabilidad (1) y el tiempo de compostura promedio es de 4.5 horas según función de probabilidad (2). Esta información se garantiza ampliamente.

- En compensación, el fabricante ofrece enviar sin costo para el constructor, otro cargador igual por el cual sólo se pagará el costo horario efectivo, de manera que cuando uno está descompuesto entra el otro en operación.

- El fabricante también ofrece proporcionar a un mecánico y cubrir las reparaciones que surjan durante el desarrollo del trabajo.

- El constructor tiene la obligación con los fleteros de pagar $ 60.00/hora en caso de descompostura del cargador, en compensación por tiempo de espera.



1°	2°	3°	Operación	Reparación
A	A	A	3	1
		S	4	2
	S	A	5	3
		S	6	4
S	A	A	7	5
		S	8	6
	S	A	9	7
		S	10	8

Simulación

Siguiente	En operación			En reparación			Espera	Espera centrales			
	Inicio	Tiempo operac	Susp	Inicio	Tiempo reparac	Term		Inicio	Term	Tiempo espera	Costo
A											
B											
A											
B											
A											
B											
A											
B											
A											
B											
A											
B											

Bibliografía

1.- Introducción a la Investigación de Operaciones - A. Kaufmann - Acad. C.

2.- Principles of Operations Research - Harvey M. Wagner Prentice-Hall, Inc

3.- New Power for Management (Computer Systems and Management Science) - David B. Hertz - Mc Graw H.

4.- Introduction to Operations Research - C.W. Churchman, R.L. Ackoff, E.L. Arnoff - John Wiley

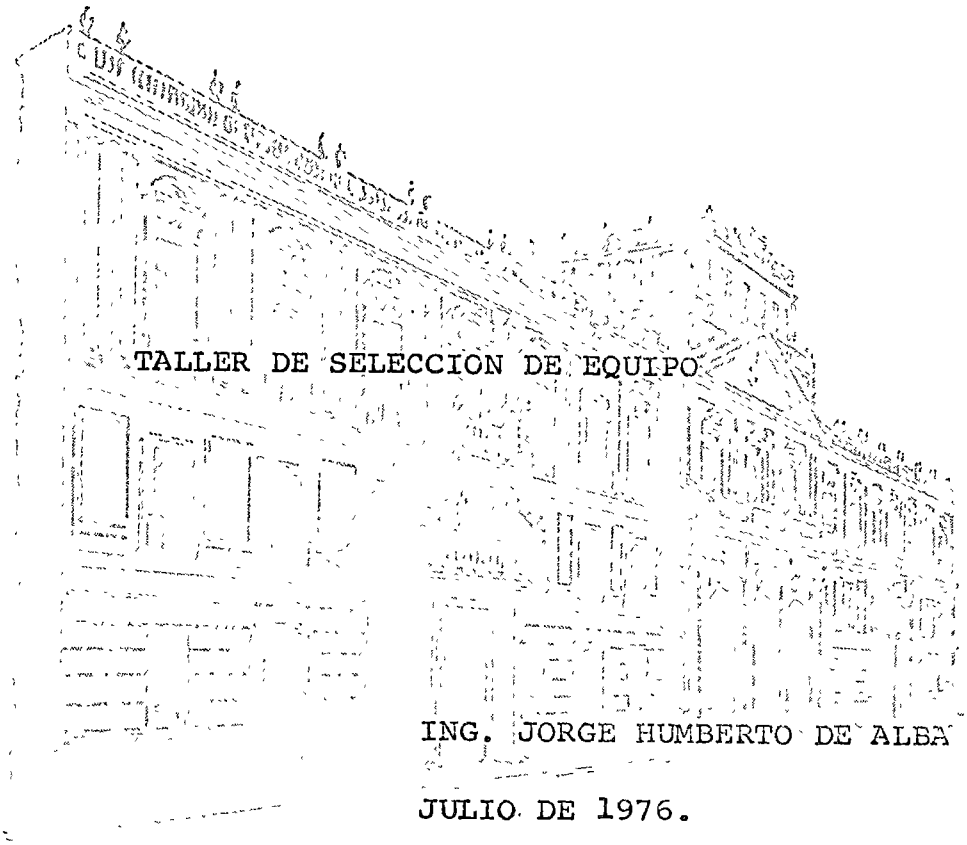
5.- El Desafío Americano - J.J. Serran Schreiber - Plaza de Janés S.A.

6.- Las Técnicas Modernas de Fotografía, Cine y Televisión Editadas al Diseño de Conceptos en Medios Gráficos Crickshank Guido - M.E.S. Fotografía, Fotomontaje y Gráficos Nº 2, Nov-Dic 1975

7.- Manual de Tablas para Cálculo Mineros - José Rivas G - Rocío Ingeniería S.C.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

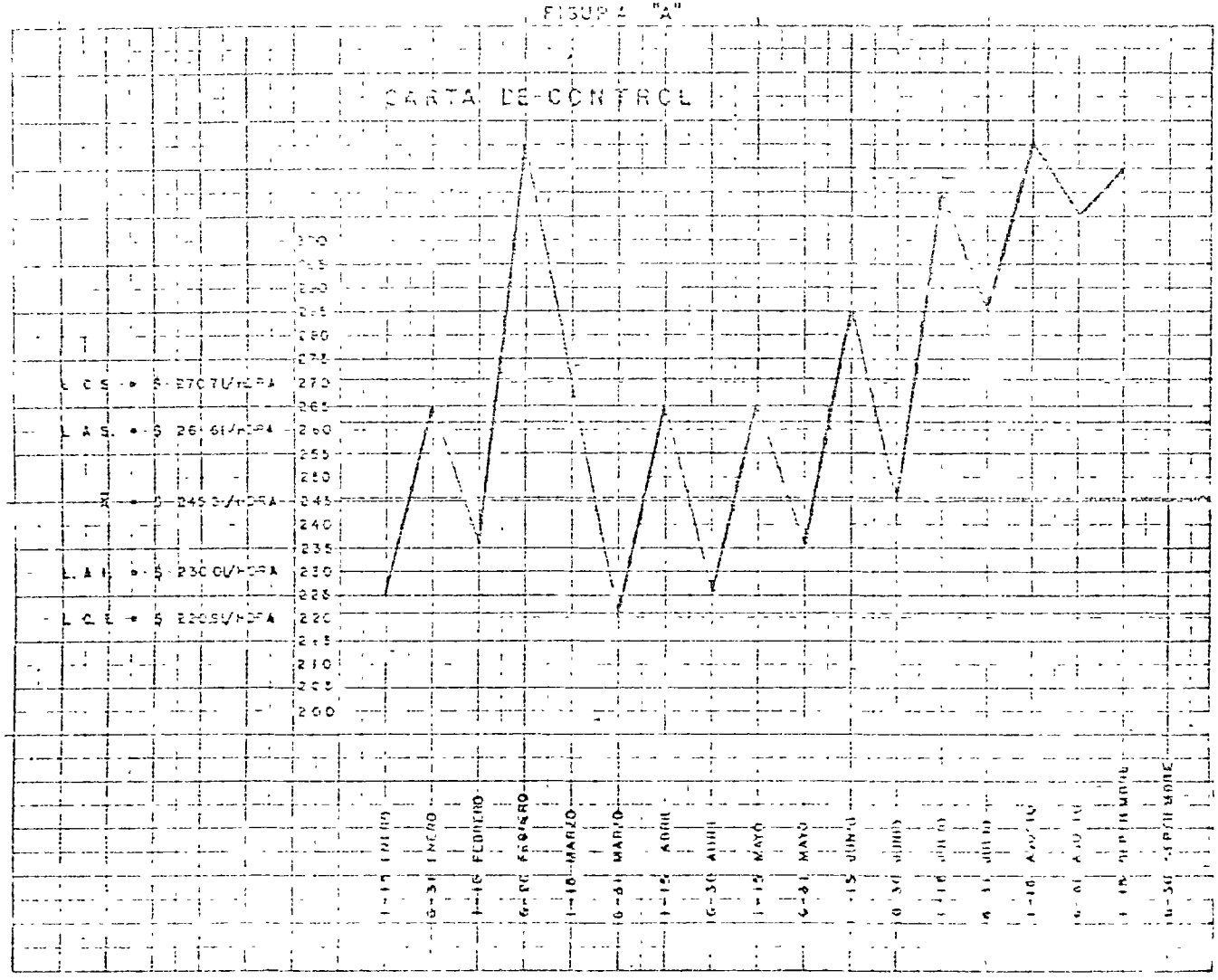


TALLER DE SELECCION DE EQUIPO

ING. JORGE HUMBERTO DE ALBA CASTAÑEDA

JULIO DE 1976.

FIGURA "A"


CARTA DE CONTROL
L.C.S. = $ 270.71/HORA
L.A.S. = $ 261.61/HORA
X̄ = $ 245.51/HORA
L.A.I. = $ 230.00/HORA
L.C.I. = $ 220.91/HORA
270
265
260
255
250
245
240
235
230
225
220
215
210
205
200
1-15 ENERO
16-31 ENERO
1-15 FEBRERO
16-28 FEBRERO
1-15 MARZO
16-31 MARZO
1-15 ABRIL
16-30 ABRIL
1-15 MAYO
16-31 MAYO
1-15 JUNIO
16-30 JUNIO
1-15 JULIO
16-31 JULIO
1-15 AGOSTO
16-31 AGOSTO
1-15 SEPTIEMBRE
16-30 SEPTIEMBRE

Forma de Reporte de costos horarios de maquinaria mayor.

(1) No	(2) Máquina	(3) Operación	(4) Consumo	(5) Mantenimiento	(6) Reparaciones	(7) Llantas	(8) Sumas	(9) Horas

Fecha

Firma

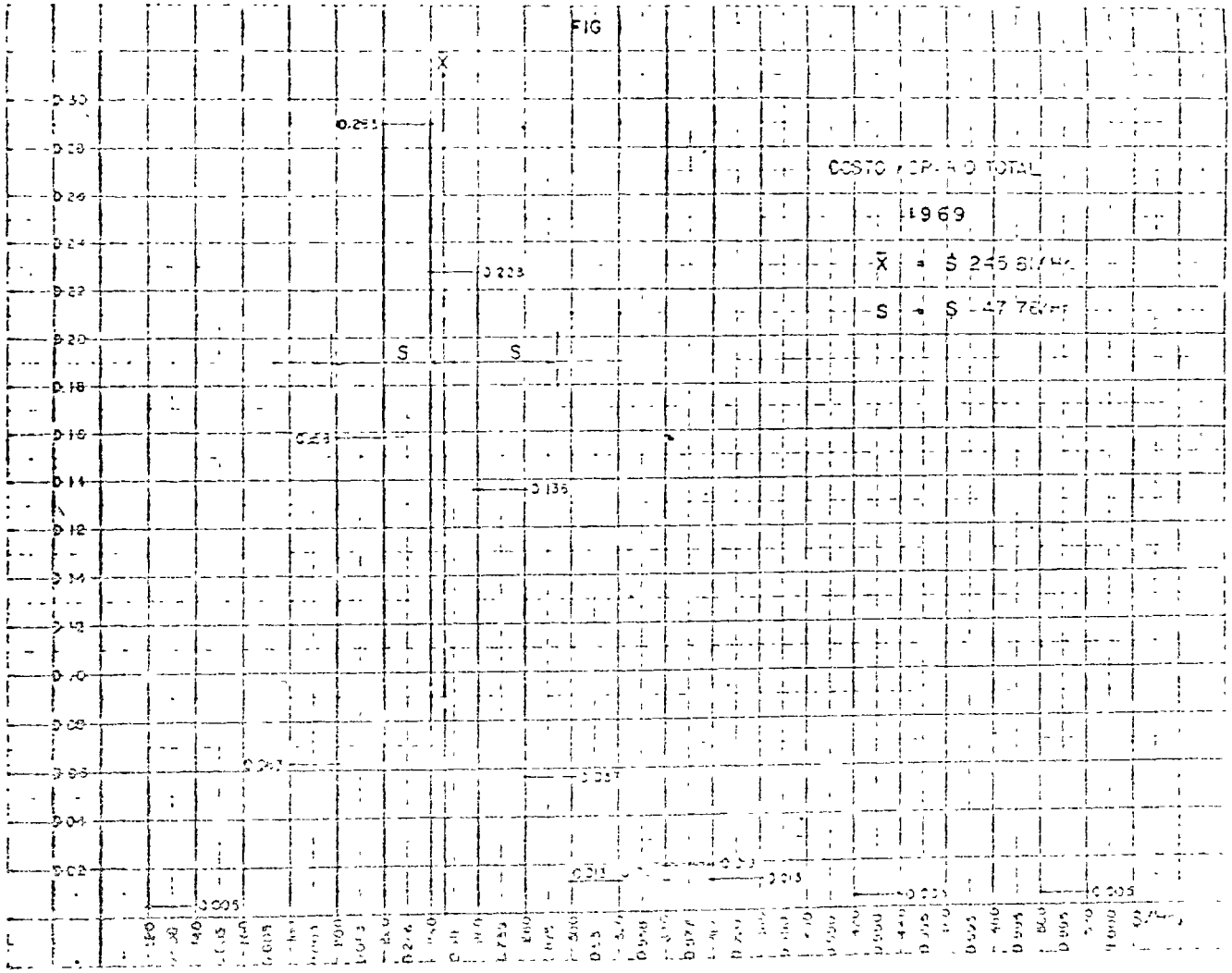


FIG
COSTO
TOTAL
1969
X̄ = $ 245
S = $ 47
X
S
S
0.293
0.223
0.263
0.136
0.057
0.051
0.205
0.005
0.005
0.005

1.2.4. Histograma de costos horarios de un grupo de máquinas tipo 'A'.

Resumén de resultados:

Equipo	Grupo de Máquinas tipo 'A'
Año	1969
Nº de máquinas consideradas	35
Nº de horas trabajadas en el Periodo.	más de 42,500

Resultados:

Costo Horarios	Media ($\bar{X}$)	Desviaciones Standard (S)	Fig.
Total	$245.85/Hr.	$47.76 / Hr.	1
Por Operación	$ 24.46/Hr.	$10.82 / Hr.	2
Por Consumo	$ 40.85/Hr.	$13.90 / Hr.	3
Por Mantenimiento	$ 37.71/Hr.	$45.06 / Hr.	4
Por Renta	$146.00/Hr.	$00.00 / Hr.	-

DIRECTORIO DE ASISTENTES DEL CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS EXCAVACIONES Y TERRACERIAS (DEL 28 DE JUNIO AL 3 DE JULIO DE 1976)

NOMBRE Y DIRECCION	EMPRESA Y DIRECCION
1. ING. HUGO ARECHIGA DIMAS Retorno 812- No. 45 Col. Centinela México 21, D. F. Tel: 5-49-39-09	COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD Rodáno No. 14 Col. Cuauhtémoc México 5, D. F. Tel. 5-53-71-33
2. ING. ANTONIO ARROYO TELLO Norte 81 No. 83 Col. Clavería México 16, D. F. Tel: 5-27-66-17	COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO-S.R.H. Balderas No. 55 México 1. D. F.
3. ING. ANTONIO BAILON CARREON Norte 24-A No. 9 Col. Industrial México 14, D. F. Tel: 5-37-12-33	SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Xola y Av. Universidad México D. F.
4. ING. MANUEL BATES V. México, D. F.	CONSTRUCTORA PROGRESO, S. A. Oklahoma 70-2o. Piso México, D. F
5. ING. ROLANDO BLASI AZCARRAGA Calle 3 No. 62 Eje Satélite Viveros del Valle Edo. de México	CONSTRUCCIONES INTEGRALES, S.A. Dante 36-10o. Piso México 5, D. F. Tel: 5-33-46-98
6. ING. ARTURO ENRIQUE CANTU CABALLERO Comujeros No. 17 Tlalpan México 22, D. F. Tel: 5-73-63-13	PETROLEOS MEXICANOS Av. Marina Nacional No. 329 Col. Anáhuac México 17, D. F. Tel: 5-45-74-60 Ext. 2854
7. ING. JORGE E. CASTILLA CAMACHO Agustin Meljar 1 Depto. M-7 Col. Condesa México 11. D. F. Tel: 5-53-40-18	COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD AugustoRodin 265 Col. Noche Buena México, D. F. Tel: 5-63-37-00 Ext. 26

DIRECTORIO DE ASISTENTES DEL CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS, EXCAVACIONES Y TERRACERIAS (DEL 28 DE JUNIO AL 3 DE JULIO DE 1976)

NOMBRE Y DIRECCION	EMPRESA Y DIRECCION
8. ING. MARIO J. CHAVEZ FIGUEROA Av. Taller Retorno 26 No. 21 Col. Jardín Balbuena México 9, D. F. Tel: 552-61-82	BUFETE INDUSTRIAL, S. A. Tolstoi No. 22 Col. Anzures México 5, D. F. Tel: 5-33-15-00
9. ING. RAFAEL CHAVIRA RUBIO México, D. F.	COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD Ródano No. 14 México, D. F.
10. ING. ARTURO C. DECTOR ORIVE Bécquer No. 37 Col. Nueva Anzures México 5, D. F. Tel: 5-45-90-47	ING. ALEJANDRO DECTOR BELTRAN Bécquer No. 37 Col. Nueva Anzures México 5, D. F. Tel: 5-45-90-47
11. ING. ARQ. FRANCISCO DE LA TORRE Calle 16 No. 675 Col. Libertad Tijuana, B. C. Tel: 3-23-20	SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Xola y Av. Universidad México, D. F.
12. ING. I. JESUS DIAZ BARRIGA CHAVEZ Unidad Habitacional Juan de Dios "B" E-24--A-2 Col. Lindavista México 14, D. F. Tel: 5-36-37-60	SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Xola y Av. Universidad México, D. F. Tel: 5-38-28-38
13. ING. FEDERICO ELIZONDO CANALES Rio Lerma No. 1332 Col. del Valle Obregón, Son.	INGENIEROS Y ARQUITECTOS S.A. Ave. Allende No. 1129 Pte. Col. del Valle Obregón, Son. Tel: 3-64-02
14. ING. JOAQUIN FUENTES ROCHA México, D. F.	CONSTRUCTORA PROGRESO, S. A. Oklahoma No. 70 México, D. F. Tel: 5-36-20-82

DIRECTORIO DE ASISTENTES DEL CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS (DEL 28 DE JUNIO AL 3 DE JULIO DE 1976)

NOMBRE Y DIRECCION	EMPRESA Y DIRECCION
15. ING. RAUL GARAVITO GOMEZ Leonardo Oliva No. 79 Bosques de Tetlameya México 22, D. F. Tel: 5-73-42-39	SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Xola y Av. Universidad México 12, D. F. Tel: 5-38-28-38
16. ING. EDUARDO GARZA DE LA FUENTE Fresno 208 Col. Aguila Tampico, Tam. Tel: 3-46-38	CONSTRUCTORA ALLENDE Aduana y Tamaulipas Tampico, Tam. Tel: 2-67-45
17. FRANCISCO GONZALEZ SANTOYO Durango No. 1146 Col. Madero Nuevo Laredo, Tamp.	INGENIEROS Y ARQUITECTOS, S. A. Minería No. 145 Col. Escandon México 18, D. F. Tel. 5-16-94-60
18. ING. ALBERTO GUISA VAZQUEZ Sol No. 2394 Las Rosas	URBANIZADORA DEL BAJIO Boulevard Díaz Ordaz No. 1030
19. ING. HERMAN GUZMAN MENDEZ A. Periferico Ote. 2636 Rinconada Coapa México 22, D. F. Tel: 5-94-67-57	SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Xola y Av. Universidad México 13, D. F. Tel: 5-30-22 33
20. ING. JULIAN IBARGUENGOYTIA CABRAL Poetas 32-C Cd. Satélite Edo. de México	SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Dr. Barragán No. 779 México, D. F. Tel: 5-90-62-80
21. ING. FRANCISCO G. ITURBIDE RUIZ Cerro Gordo No. 57 Col. Camestre Churubusco México 21, D. F. Tel: 5-44-01-54	SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Paseo del Otoño No. 143 La Florida Edo. de Mexico Tel: 5-60-59-10

DIRECTORIO DE ASISTENTES DEL CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS (DEL 28 DE JUNIO AL 3 DE JULIO DE 1976)

NOMBRE Y DIRECCION	EMPRESA Y DIRECCION
22. ING. CARLOS JINICH México, D. F.	INAR, S. A. México, D. F.
23. ING. RUBEN F. LEAL DE LA LUZ Independencia Ote. 711 Toluca, México	SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA Escuela Nacional de Agricultura Chapingo Texcoco, México
24. ING. FAUSTINO LOBERA ROSAS Calle Nueve No. 2-A Fracc. La Quebrada Cuautitlán Izcalli, México	TOPOGRAFIA APLICADA A EST. Y CONST. Calle Nueve No. 2 Fracc. La Quebrada Cuautitlán Izcalli, México Tel: 5-65-77-45
25. ING. CARLOS A. LOPEZ LOPEZ Calle del Comendador No. 26 Villa Satélite Hermosillo, Son. Tel: 3-39-47	CONSTRUCTORA SATELITE DE HERMOSILLO, S. A. Veracruz y M. Loaiza Hermosillo, Son. Tel: 4-46-08 y 4-03-00
26. MARIO LOPEZ MICHELENA Av. Morelos No. 605 B-4 Col. M. Mixhuca México 8, D. F. Tel: 5-52-54-66	FONDO DE LA VIVIENDA I.S.S.S.T.E. Balderas No. 58-6o. Piso México 1, D. F. Tel: 5-85-59-32-128
27. ING. TEOFILO LUNA SANCHEZ Cuicuilco No. 57-6 Col. Vertiz-Narvarte México 13, D. F.	BUFETE INDUSTRIAL DISEÑOS Y PROYECTOS, S. A. Tolstoi No. 22 Col. Anzures México 5. D. F. Tel: 5-33-15-00 Ext. 121
28. ING. PEDRO MAYORAL MORENO Casas Grandes No. 39-104 Col. Narvarte México 12, D. F.	SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Fernando No. 268 Col. Alamos México 12 D. F. Tel: 5-90-83-52

DIRECTORIO DE ASISTENTES DEL CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS (DEL 28 DE JUNIO AL 3 DE JULIO DE 1976)

NOMBRE Y DIRECCION	EMPPESA Y DIRECCION
29. ING. ERNESTO MAYTIN Republica de Panama Apartado Postal No. 623 Panamá 9-A Panamá, C. A. Tel: 67-41-77	ICA INTERNACIONAL. S. A. SUCURSAL PANAMA Minería No. 145 Col. Escandon México 18, D. F. Tel: 516-25-85
30. ING. JUAN MERIDA DOMINGUEZ Norte 72 "A" 5814-4 Col. Bondojito México 14, D. F.	PETROLEOS MEXICANOS Av. Marina Nacional No. 329 Col. Anáhuac México 17 D. F. Tel: 5-45-74-60 Ext. 344
31. ERNESTO NIÑO ATILANO Valle de Rivas 34-2 Unidad Valle de Aragón México, D. F.	COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO-S.R.H. Balderas No. 55 México 1 D. F.
32. ING. FRANCISCO J. PARADA CORONADO Quebradora No. 3 Garita de Juárez	IASA ACAPULCO S. A. Costera Miguel Alemán No. 3485 Acapulco, Gro. Tel: 4-32-39
33. DAVID PEREZ DE LA GARZA Av. de la Independencia No.610 Ote. Toluca, México	SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Xola y Av. Universidad México 12 D. F. Tel: 5-30 08-92
34. ING. ARTURO PEREZ PAZ Abasolo y H. de Nacozary Morelos, Tampico	CONSTRUCTORA SOTO LA MARINA, S.A Av. Hidalgo 703 Desp. 6 Tampico, Tam. Tel: 2-48-12
35. ING. ARTURO PEREZ SANCHEZ Bosque Real del Monte No. 14 La Herradura México 10, D. F. Tel: 5-89-09-54	COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD Ródano No 14 México 5. D. F. Tel: 5-53-71-33 Ext. 2643

DIRECTORIO DE ASISTENTES DEL CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS· EXCAVACIONES Y TERRACERIAS (DEL 28 DE JUNIO AL 3 DE JULIO DE 1976)

NOMBRE Y DIRECCION	EMPRESA Y DIRECCION
36. JAVIER ROSAS MARQUINA Independencia No. 1403-3 Oaxaca, Oax.	DIRECCION GENERAL DE OBRAS Y SERVICIOS PUBLICOS DEL ESTADO DE OAXACA Dr. Pardo No. 2 Oaxaca. Oax.
37. IGNACIO DE JESUS RUIZ DE CHAVEZ División del Norte No. 24-33 Villa Coapa México 22, D. F. Tel: 5-94-72-59	FACULTAD DE INGENIERIA. UNAM Ciudad Universitaria México 20. D. F. Tel: 5-48-96-69
38. ING. CARLOS F. SALINAS FALERO Retorno 206 No. 47 Unidad Modelo México 13, D. F. Tel: 5-81-34-39	ICATEC, S. A.CONSULTORES González de Cosio No.24 Col. del Valle México 12. D. F. Tel: 5-36-85-60 Ext. 47
39. ING. JOAQUIN SANCHEZ MARTINEZ Calle "D" No. 37 Manzana No. 3 Col. Educación México 21, D. F. Tel: 5-49-52-67	I.A.E., S.A. Baja California No. 284-700 Col. Roma México 7. D. F. Tel: 5-74-65-44
40. MARCO A. SOLANO ORTIZ Lago Esclavos No. 19 Col. Tacuba México 17, D. F. Tel: 5-27-45-42	CONSTRUCTORA ESPAMA S. A. Varsovia 354-10 Col. Juárez México 6, D. F. Tel: 5-14-68-66
41. ALFREDO SUAREZ Cerro Gordo No. 330 Col. Campestre Churubusco México 21, D. F. Tel: 5-49-12-88	CONSTRUCTORA TRACIA, S.A. Lucerna 78-6o. Piso Col. Juarez México 6, D. F. Tel: 5-46-67-31
42. ING. JORGE TORRES AVILA Huichapan No. 53 Edo. de Hidalgo	SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Av. Universidad y Xola México 12, D. F.

DIRECTORIO DE ASISTENTES DEL CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS (DEL 28 DE JUNIO AL 3 DE JULIO DE 1976)

NOMBRE Y DIRECCION	EMPRESA Y DIRECCION
43. CARLOS STAVOLI FONSECA Cerro Malinali No. 23 Col. Campestre Churubusco México 21, D. F. Tel: 5-44-24-27	COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD Río Ródano No. 14 México 5, D. F. Tel: 5-53-71-33 Ext. 20-52
44. ING. LUIS VALDES ARRIAGA Antillas No. 407 Col. Portales México 13, D. F.	PETROLEOS MEXICANOS Av. Marina Nacional No. 329-8o.P. México, D. F. Tel: 5-31-72-22
45. ING. CARLOS VANDE WYNGAERT B. Pradera No. 65 Lomas de Bellavista Tlalnepantla, Edo. de México Tel: 5-62-19-97	CONSTRUCTORA VAME, S. A. Gutenberg No. 51-1er. Piso Col. Anzures México 17, D. F. Tel: 5-31-42-26
46. ING. JOSE VILLAGOMEZ PEREZ Zaragoza No. 6 Atoyac de H. Gro. México, D. F.	SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Xola y Av. Universidad México, D. F.
47. ANGEL VILLAR HIDALGO Malibran 645 Veracruz, Ver.	CONSTRUCTORA GUIA S. A. Ocampo 234-121 Veracruz, Ver. Tel: 2-08-59
48. ING. GUILLERMO VILLEGAS ARNAVA Jericó No. 32 Col. Romero Rubio México 9, D. F. Tel: 7-62-19-13	SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Xola y Av. Universidad México 9, D. F. Tel: 5-30-02-29

DIRECTORIO DE PROFESORES

MOVIMIENTO DE TIERRAS:EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO
GERENTE DE INGENIERIA
SACMAG DEMEXICO S.A.
NEW YORK 310-7°
MEXICO 18, D.F.
Tel. 544.66.02 Y 03

ING. SALVADOR ARRIETA MILAN
GERENTE GENERAL
EQUIPOS NACIONALES S.A.
CALZ LEGARIA 252
MEXICO, D.F.
Tel.: 527.97.44 Y 527.83.89

ING. PEDRO LUIS BENITEZ ESPARZA
COORDINADOR DE INGENIOS
FABRICACIONES INGENIERIA Y MONTAJE, S.A.
GUANAJUATO 163 P.B.
MEXICO, D.F.
TEL.: 584.18.31

ING. JORGE CABEZUT BOO
GERENTE DE PRODUCCION
COCONAL, S.A.
ALCE BLANCO NO. 42
NAUCALPAN DE JUAREZ , EDO. DE MEX.
TEL.: 5 76.08.22

ING. JOSE CARREÑO ROMANI
GERENTE DE CONSTRUCCION
CONSTRUCCIONES PESADAS S.A.
DANTE 26 BIS 2°PISO
MEXICO, D.F.
TEL.: 11.47.88 Y 533.30.80

ING. CARLOS MANUEL CHAVARRI MALDONADO
PROFESOR DE TIEMPO COMPLETO
COORDINADOR DE PRACTICAS DEL DEPTO. DE ING. CIV.
FAC. DE INGENIERIA, UNAM
TEL.: 548.96.69

ING. JORGE HUMBERTO DE ALBA CASTAÑEDA
JEFE DE PLANEACION
ICA INTERNACIONAL
MINERIA 145 EDIF. D-3°
MEXICO, D.F.
TEL.: 516.04.60 EXT. 373

ING. CARLOS DE LA MORA NAVARRETE
JEFE DE MAQUINARIA CONTRUCCION PESADA
CONTROL, ORGANIZACION Y ADMON. DE EQUIPO
DE ICA, SOLUM, IASA Y ENSA
MINERIA 145
TEL.: 516.04.60 EXT. 322

ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA
VICEPRESIDENTE DE ICA
MINERIA 145 EDIF. 2-3°
TEL.: 516.04.60 EXT. 320

ING. EMILIO GIL VALDIVIA
JEFE DEL DEPTO. DE OBRAS
DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS
S. O.P.
XOLA 1755-3°
MEXICO 12, D.F.
TEL.: 519.86.29

ING. VICTOR MANUEL HARDY MONDRAGON

ING. JOSE PIÑA GARZA
GERENTE DE PLANEACION
ICATEC, S.A.
GONZALEZ DE COSSIO NO. 24
COLONIA DEL VALLE
MEXICO 12, D.F.
TEL.: 536.56.14

'edcs.