

17 2/3



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

LA SOLDADURA APLICADA A LA RECONSTRUCCION  
DE MAQUINARIA PESADA PARA LA CONSTRUCCION

T E S I S

Que para obtener el titulo de  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
p r e s e n t a n

RAFAEL BIAGGONI REYES  
MARCO ANTONIO VILLANUEVA MENDOZA



DIRECTOR DE TESIS  
ING. ANDRES RUIZ MIAJARES

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

México, D.

1990



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## INDEX

## INDICE GENERAL

	PAG.
INTRODUCCION	1
CAPITULO I. SOLDADURA DE ARCO	
A.1. Soldadura con arco metálico protegido	1
A.2. Soldadura con arco metálico y gas (MIG o CGM)	4
A.3. Soldadura con arco de tungsteno y gas -- {TIG o CGM}	7
A.4. Soldadura de arco sumergido	7
A.5. Equipos para soldadura con arco	10
B. SOLDADURA CON GAS COMBUSTIBLE	10
B.1. Materiales para soldadura con gas combus- tible	10
B.2. Equipo para soldar con gas combustible	13
C. SOLDADURA POR RESISTENCIA	14
C.1. Soldadura por puntos	14
C.2. Soldadura por costura de rozamiento	15
C.3. Soldadura de partes salientes, o de pro- yección	15
C.4. Soldadura por arco de presión	15
C.5. Soldadura a tope con recalcado	15
C.6. Soldadura por percusión	17
D. SOLDADURA DE ESTADO SÓLIDO	17
D.1. Soldadura en frío por presión	17
D.2. Soldadura por fricción	18

	PAG.
D.3. Soldadura por explosión	19
D.4. Soldadura ultrasónica	19
E. MATERIALES CONSUMIBLES Y METALES DE APORTE	19
E.1. Clasificación AWS-ASTM de los electrodos de acero al carbono	19
E.2. Electrodos de acero aleado	20
E.3. Varillas para soldadura con gas	20
E.4. Electrodos y varillas de soldadura de - acero inoxidable	24
E.5. Metales de aporte para recubrimientos - superficiales	25
E.6. Electrodos para soldadura de arco sume- gido, TIG, y gases de protección para TIG y MIG	27
CAPITULO 11. RECONSTRUCCION DE PARTES MOTRICES	
A. Metales ferrosos, aplicaciones y solda- bilidad	30
A.1. Acero al carbono	31
Sistemas de identificación	32
Designaciones de los prefijos literales	37
Designaciones numéricas de los grados	32
A.1.1. Acero con bajo carbono	38
A.1.2. Aceros con contenido medio de - carbono	39
A.1.3. Aceros con alto carbono	42

	PAG.
8.1.4. Aceras con bajo contenido de aleación	48
8.2. Hierro fundido	54
8.3. Aceras inoxidables	56
8. METALES NO FERROSOS Y SU SOLDADAJE	
LIGERO	59
8.1. Aluminio y aleaciones de aluminio	59
8.2. Cobre y aleaciones de cobre	64
8.2.1 Procesos protegidos con gas	64
<b>CAPITULO III. RECONSTRUCCION DEL TREN DE RODAJE</b>	
A. Descripción, factores de desgaste	70
A.1. Factores que determinan la duración - del tren de rodaje	81
A.2. Factores controlables	81
A.2.1 Ajuste de las cadenas	82
A.2.2 Torno de repatas	82
A.3. Factores que afectan la producción de la máquina	83
A.4. Factores que afectan la resistencia y el desgaste del sistema de tren de rodaje	83
A.5. Alimentación	87
A.6. Vibración causada por las cadenas	88
A.7. Factores no controlables	100
Condiciones del suelo y de tracción	

	PÁG.
8. RECONSTRUCCION	103
8.1 Reconstrucción de repetas para etapas de tractores	103
8.2 Reconstrucción de rodillos	105
8.2.1 Rodillos superiores	105
1. Desgaste de la llanta	110
2. Desgaste lateral desigual de la pestaña y desgaste descentrado de la llanta	111
3. Porciones planas en la llanta	115
8.2.2 Rodillos inferiores	116
Patrones de desgaste de los rodillos	116
1. Desgaste de la llanta	116
2. Desgaste del lado de la pestaña	117
3. Desgaste superior de la pestaña	121
8.3 Reconstrucción de rueda guía	125
8.3.1 Desgaste de la llanta de la rueda guía	125
8.3.2 Límites de desgaste, servicio y destrucción	125
8.3.3 Patrones de desgaste de la rueda guía	126
1. Desgaste de la llanta	126
2. Desgaste del lado de la pestaña	127
4. Reconstrucción de rueda matriz	132

	PAG.	
B.4	Reconstrucción de eslabones	133
B.5	Reconstrucción de bujes y pasadores	135
	B.5.1 Los principales desgastes en los - bujes y los pasadores	136
<b>CAPITULO</b>	<b>IV. REVESTIMIENTO DURO</b>	
A.	Revestimiento duro	147
A.1	Ventajas de los revestimientos duros	147
A.2	Aplicación de los revestimientos duros	148
B.	Selección de las aleaciones para recubri- miento duro	152
B.1.	Recubrimientos de dureros	153
C.1	Factores principales de desgaste	156
D.	Procesos de aplicación de recubrimientos - duros	158
D.1	Criterios para la aplicación de recubi- mientos duros	159
D.2	Preparación de la pieza para aplicar el - recubrimiento	161
<b>CAPITULO</b>	<b>V. CALCULO DE COSTOS EN LA SOLDADURA</b>	
A.	Costos en la soldadura oscilométrica	167
A.1	Costos en la soldadura por arco eléctrico	172
A.2	Cálculo del costo hora - soldador	178
A.3	Caso práctico	181
	A.3.1 Rodillo doble o sencillo	182
	A.3.2 Rueda guía	183

	PAG.
4.3.3 España	
CONCLUSIONES	106
APENDICE	108
BIBLIOGRAFIA	109
	iv

## INTRODUCTION

La idea de la maquinaria en la Ingeniería suele estar asociada con el concepto de adelanto, desarrollo, perfeccionamiento y búsqueda de eficiencia y rapidez. Sin embargo siempre se precisa definir estos elementos de acuerdo con las condiciones que, con alguna frecuencia, pueden modificar la idea tradicional que se tiene de eficiencia.

En el México de los últimos años, por ejemplo, la crisis económica ha determinado que el mercado de la construcción prácticamente se haya detenido. Tal detención ha provocado una serie de dificultades, de las cuales sólo vamos a comentar las referentes a la maquinaria para la construcción.

En el renglón de las máquinas, el problema es singularmente complicado, porque la inactividad genera un deterioro acelerado de cosas buenas que son extraordinariamente costosas. En estas condiciones, la única respuesta posible es reparar y reutilizar la maquinaria existente y crear los medios y las técnicas para la vida de las máquinas que ya se tienen.

Para seguir este camino con buenas expectativas, es necesario desarrollar técnicas nuevas y adoptar formas más responsables de operar el equipo. Tales técnicas deben partir, en lo fundamental, del conocimiento a fondo del equipo, y en México se tiene una base bastante adecuada, porque somos usuarios muy antiguos de la mayoría de las máquinas que están empleando.

Para ser importante subrayar que, en el momento actual,

es necesario darle un nuevo enfoque al conocimiento, ya no se trata solamente de utilizar adecuadamente las máquinas para facilitar su mantenimiento, sino conocer a fondo las funciones de los equipos con miras no sólo a conservarlas, sino también a diseñar técnicas para su posterior reconstrucción. Esta reconstrucción tiende a recuperar la totalidad de las funciones de la máquina. No se puede decir, sin embargo, que el equipo quede como nuevo. La diferencia se aprecia en las horas de vida útil que le quedan, que suelen ser de aproximadamente el 50% de las que tendría un aparato completamente nuevo.

La reconstrucción de una maquinaria, tal como está planteada en estos momentos, no es un proceso sencillo ni económico pero sí una opción viable tomando en cuenta la escasez de dinero que existe en este momento.

En primer lugar, hay que decir que el proceso puede constar entre un 20 y un 30% del valor de reposición de la máquina reconstruida. Esto depende del tipo de maquinaria, de la cantidad de refacciones que necesite, y del porcentaje de refacciones nacionales que le pueden incorporar. Es preciso presupuestar con suma cuidado el costo de la reconstrucción porque, si éste rebasa el 50% del valor de reposición, se empiezan a tener dificultades para justificar la relación costo-productividad, y esto puede ser determinante en la decisión de adquirir un equipo nuevo. La reconstrucción tiene la ventaja de que, en determinadas cosas es posible introducir modificacio-

nos ventajosos en algunas de las funciones, e adaptar nuevas -  
desarrollos tecnológicos, con lo que se logra una máquina "mo-  
dernizada".

El tiempo promedio que se lleva una reconstrucción, -  
fluctúa entre los dos y los cuatro meses, dependiendo de si se  
trata de maquinaria mayor o menor. Dicho tiempo se divide --  
aproximadamente en unas dos o tres semanas para el desmontado y  
el diagnóstico; entre cuatro y ocho semanas para la obtención-  
de refacciones; otras dos o tres semanas para el armado; y -  
una semana más de pruebas de funcionamiento y acabados finales  
como pinturas, etc.. La obtención de refacciones constituye -  
el principal obstáculo para cualquier esfuerzo por reducir los  
tiempos en que se realiza la reconstrucción.

De modo que se abre perspectivas de gran interés pa-  
ra el desarrollo de toda una tecnología destinada a la recon-  
strucción de maquinarias. Como se podrá comprender, todo esto  
sirve para desarrollar la tecnología destinada a la reconstruc-  
ción, que de ésta manera puede acelerar sus procesos e incorpo-  
rar la más reciente de diversas ramas tecnológicas.

Este trabajo tiene la finalidad de exponer la tecnolo-  
gía empleada en la reconstrucción del sistema de revestimiento  
y la aplicación de revestimientos duros en la maquinaria para  
reconstrucción. Estas dos áreas representan por lo menos el 50%  
del costo de reconstrucción, por lo que es muy importante su -  
atenta atención.

## CAPITULO I

### SOLDADURA DE ARCO

A. SOLDADURA DE ARCO

A.1. SOLDADURA CON ARCO METALICO PROTEGIDO

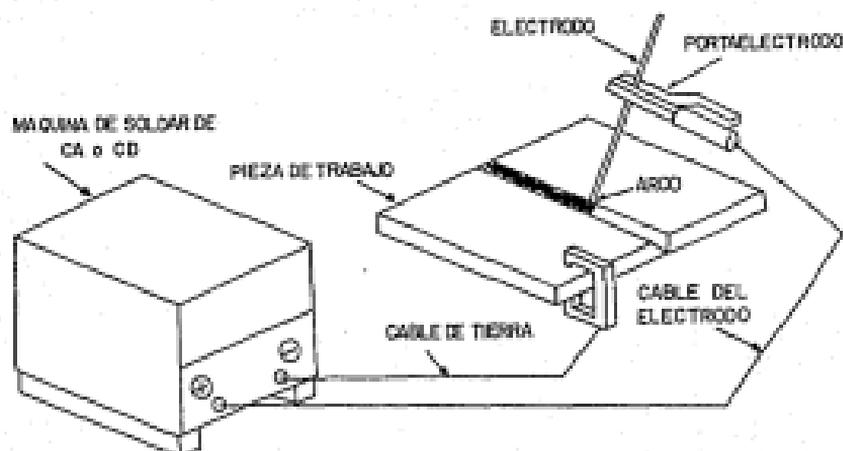
De todos los procesos de soldadura, el de soldadura con arco es el que más se aplica. En esta soldadura, el calor para fundir el electrodo y el metal de la pieza de trabajo, se genera por la resistencia de ambos materiales al paso de la corriente.

Cuando pasa la corriente por un alambre, el movimiento de electrones en el alambre, origina una fricción y dicha fricción calienta el alambre. Como resultado de su resistencia al paso de la corriente eléctrica, es lógico deducir que cuanto mayor sea el flujo de electrones que pasa por un alambre de un diámetro dado, mayor será la fricción que resulte y mayor será el incremento de fricción, dando lugar a un incremento de calor.

Para establecer un circuito de soldadura debe contarse con una fuente de energía eléctrica. En la mayoría de los procesos de soldadura de arco, dicha fuente es la máquina de soldar. Se utilizan dos cables. Uno sirve para conectar el portaelectrodos a una de las terminales de la máquina, y por ello se llama "cable portaelectrodos o terminal del portaelectrodos". El otro cable conecta la pieza de tierra a otra terminal y se conoce como "cable de tierra o cable de la pieza de trabajo".

Una parte importante del circuito de soldadura es la-

FIG. 1 . DISPOSICION DE LOS ELEMENTOS BASICOS PARA SOLDADURA DE ARCO METALICO PROTEGIDO



conexión del cable del electrodo y del cable de tierra. En la soldadura con corriente directa, los cables del electrodo y de tierra pueden conectarse en dos formas diferentes. Una es como conexión en polaridad directa (PD), y la otra como conexión inversa o polaridad inversa (PI). En la conexión de PD, el cable de tierra debe conectarse a la terminal positiva (+), y el cable del electrodo a la terminal negativa (-). En la conexión PI, el cable de tierra debe conectarse a la terminal negativa (-), y el cable del postoelectrodo debe conectarse a la terminal positiva (+).

El proceso principal de soldadura es todo el mundo, sigue siendo la soldadura por arco eléctrico protegida con electrodos recubiertos de fundente. Al igual que en los otros procesos eléctricos, se utiliza el calor del arco para llevar la pieza de trabajo y un electrodo consumible, al estado de fusión. En este proceso, el arco actúa en realidad como un pequeño baño de metal fundido, procedente de la punta del electrodo, en el que la masa fundida que se forma en la superficie de la pieza de trabajo. El principio clave de este proceso es, sin embargo, la protección, la cual se obtiene por la descomposición del recubrimiento del electrodo en el arco. El recubrimiento desempeña una o las tres funciones siguientes:

- 1.- La creación de una atmósfera inerte que protege al metal fundido del contacto con el oxígeno y el nitrógeno (u otros contaminantes) del aire.

2.- La adición de desoxidantes o limpiadores para refinar la estructura granular del metal de la soldadura.

3.- La formación de una película de escoria, de espesor suficiente rápido, que protege la zona fundida de la soldadura.

Como se hace notar más adelante, se han desarrollado diversos electrodos y receptáculos para atacar ciertos problemas específicos de la soldadura. Por tanto, decir que toda el soldador de arco metálico protegido, consiste en seleccionar el electrodo adecuado, ajustar la máquina al empuje adecuado, establecer y mantener el arco, y poder soldar en la posición adecuada para el trabajo.

La soldadura de arco metálico con núcleo fundente es una versión especializada de este proceso, en la cual el electrodo es un alambre hueco relleno de fundente alimentado en forma continua. La ventaja de este proceso radica en su adaptabilidad a los métodos de aplicación semiautomática y automática.

### A.3. SOLDADURA CON ARCO METÁLICO Y GAS (MIG o GMAW).

El proceso GMAW (también conocido como MIG en inglés o como metal y gas inerte) es, en esencia, un proceso de corriente directa con polaridad invertida, en el cual el electrodo consumible sólido y desnudo, es protegido de la atmósfera por medio de una atmósfera proporcionada en forma externa, en general de hidrógeno.

sido de carburo, o de gesso con base de hulla. Existen dos métodos para aplicar este proceso. Un método para todas posiciones, en el cual se utiliza una pistola sujeta a mano, y otro con cabeza automática que se utiliza primordialmente para soldadura plana.

La transferencia del metal en el proceso MIG, se logra por uno de dos métodos:

El método del arco por radio y el método del corto circuito. Los electrodos que se emplean en el método del arco por radio son de mayor diámetro, de 0.045 a 0.125 pulg. contra 0.045 pulg. que los que utiliza el método del corto circuito; el arco está establecido todo el tiempo. Por esta razón, el método de arco de radio produce un depósito pesado de metal de aporte. Por tanto debe restringirse este método a la soldadura de una sola pasada o a la de varias pasadas en posición plana u horizontal, y en conjuntos soldados de 1/8" de espesor o más gruesos. El método del corto circuito, es excepcionalmente adecuado para soldar en secciones delgadas en cualquier posición de aplicación.

La soldadura de arco protegido con fundente es una variante de este proceso, en el cual se utiliza un electrodo recubierto de fundente alimentado de forma continua y a la vez, una protección de bióxido de carbono. Esta doble protección permite lograr soldaduras más seguras y resistentes, en las aplicaciones semiautomáticas y automáticas.

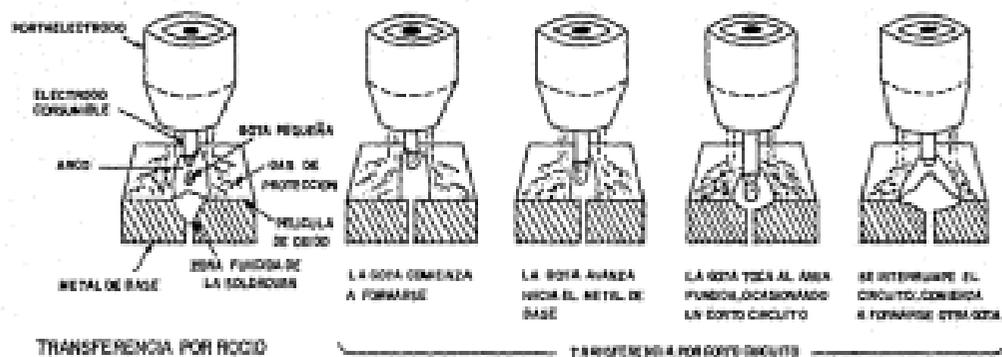


FIGURA 2 METODOS DE TRANSFERENCIA DEL METAL EN LA SOLDADURA DE ARCO METALICO Y GAS.

1.3. SOLDADURA CON ARCO DE TUNGSTENO Y GAS (TIG o --  
GRAU).

El proceso GRAU (también conocido como TIG, tungsteno y gas inerte) es un proceso de arco que utiliza un electrodo de tungsteno prácticamente inconsumible, y una atmósfera protectora de gas inerte suministrada en forma externa, generalmente de helio, argón o una mezcla de ambos.

La alta densidad de corriente eléctrica producida por proceso, hace posible soldar a mayores velocidades y obtener mayor penetración, que con la soldadura de gas combustible o con la de arco metálico protegido. Este proceso puede ser manual, semiautomático o automático.

1.4. SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO.

La soldadura de arco sumergido es un proceso semiautomático o automático. Se emplea uno o dos electrodos metálicos desnudos, y el arco se protege mediante una cubierta, que se suministra independientemente, de un fundente granular fusible. No hay evidencia visible del arco en este método. El arco, el electrodo fundido y el cráter fundido de soldadura están completamente sumergidos en el fundente conductor de alta resistencia.

Una cabeza de soldadura de diseño especial, alimenta el electrodo continuo y el fundente en forma separada. Variando la composición del fundente, pueden soldarse una variedad de metales y aleaciones en diversos tipos de juntas. Sin embargo,

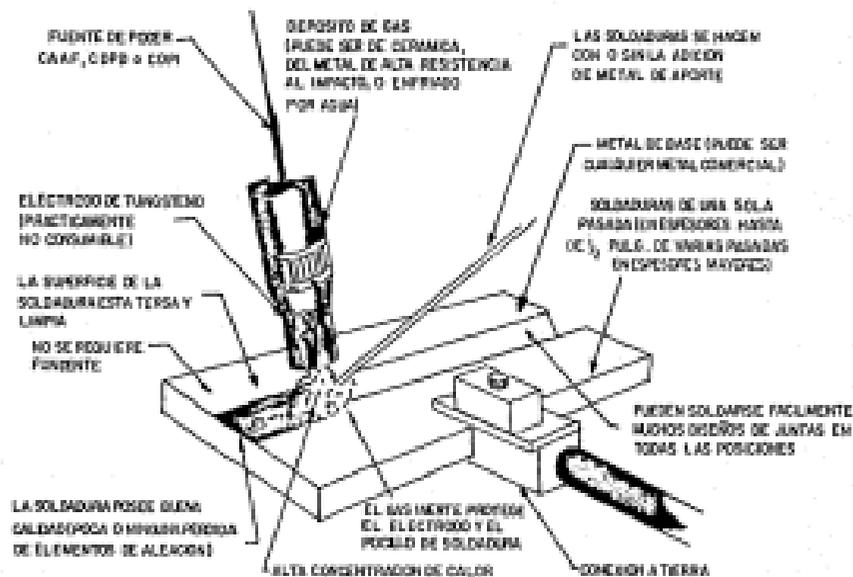


FIG. 3. ELEMENTOS Y ASPECTOS ESENCIALES DEL PROCESO DE SOLDADURA TIG.

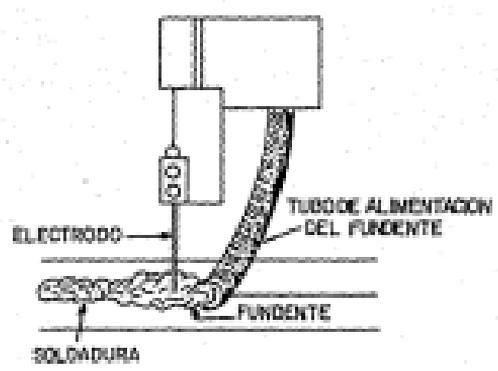


FIGURA 4 PROCESO DE SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO

este proceso se usa principalmente para producción de soldaduras en líneas rectas, especialmente en la fabricación de marcos y tableros de acero.

#### A.5. EQUIPOS PARA SOLDADURA CON ARCO.

Las AWS clasifica las máquinas de soldar, de fabricación comercial, de acuerdo con el tipo de fuentes de energía y el tipo de control. En la tabla No. 1 se muestra una correlación entre los requerimientos de los procesos y el tipo de suministro de energía.

En la tabla No. 2 se muestra según las normas AWS, la clasificación de las máquinas de soldadura por arco con generador de C. D. y con generadores rectificadores de C. D.

#### B. SOLDADURA CON GAS COMBUSTIBLE.

##### B.1. MATERIALES PARA SOLDADURA CON GAS COMBUSTIBLE.

La soldadura con gas combustible, o soldadura a la llama, fue el proceso de soldadura moderna que se desarrolló en segundo lugar. En este proceso de soldadura, se funden las piezas de trabajo con el calor de una llama, sin electricidad. La llama se produce por la combustión de un gas combustible con aire u oxígeno.

Los gases combustibles de uso más común son el acetileno, el hidrógeno, el gas natural, el propano, el butano, y un gas desarrollado recientemente llamado metilacetileno propadi-



MAQUINAS PARA SOLDADURA DE ARCO CON GENERADOR DE CC Y CON GENERADOR RECTIFICADOR DE CC

CAPACIDADES NOMINALES DE ENTREGA-CICLO DE SERVICIO DE 60 POR CIENTO

A LAS SALIDAS INDICADAS

SAL. NOMINAL			M I N I M A			M A X I M A		
AMPERS	A	VOLTS EN LA CARGA	AMPERS	A	VOLTS EN LA CARGA	AMPERS	A	VOLTS EN LA CARGA
150		26	30		20	105		27
200		28	30		21	250		30
250		30	40		22	310		32
300		32	60		23	375		35
400		36	80		25	500		40
500		40	100		24	625		44
600		44	120		25	750		44

TABLA No. 2

no (MAPP). Generalmente se queman estos gases con oxígeno, más que con aire. Todos los gases combustibles que se usan en soldadura, están compuestos tanto por carbono como por hidrógeno, y generalmente se queman con oxígeno puro. Como consecuencia, la soldadura con gas combustible no puede aplicarse a metales que sean dañados por estos elementos.

La temperatura necesaria en la flama, es la que determinan los gases que han de emplearse. La mezcla de oxiacetileno de la temperatura más elevada, de aproximadamente 5,500°F ----- (3,043°C) en el cono. Una flama de acetilénica de alrededor de 4,000°F [2,204 C] como máximo. Las demás combinaciones de gases darán temperaturas menores a las indicadas.

## 8.2. EQUIPO PARA SOLDAR CON GAS COMBUSTIBLE.

El equipo para aplicar soldadura con gas combustible, consta de una fuente de suministro de gas, reguladores para el control de la presión del gas, mangueras, sopletes, un encendedor para sopletes, gafas de protección y varillas de soldadura.

Un soplete para soldar, un regulador y una boquilla para soldar, deben seleccionarse de acuerdo a las recomendaciones del fabricante del equipo. El soplete es la parte más importante del equipo de soldadura a gas. El soplete mezcla y controla el paso de los gases para producir la flama requerida.

Los reguladores o válvulas automáticas de reducción, deben usarse sólo con los gases para los que fueron diseñadas y marcadas.

Los reguladores cumplen dos funciones básicas:

1.- Reducen la presión del cilindro a un nivel aceptable para los sopletes.

2.- Mantienen una presión constante en el soplete.

## C. SOLDADURA POR RESISTENCIA.

### C.1. SOLDADURA POR PUNTO.

La soldadura por puntos es la forma que más se aplica entre las soldaduras por resistencia. En su aplicación más simple, la soldadura por puntos consiste simplemente en prensar dos o más piezas de metal laminado entre dos electrodos de soldar, de cobre o de una aleación de cobre, y pasar una corriente eléctrica de suficiente intensidad por las piezas, para dar lugar a su soldadura o unión.

El ciclo mediante el cual se realiza la soldadura por puntos, es el siguiente:

a) Tiempo de compresión. El tiempo comprendido entre la aplicación inicial de la presión del electrodo sobre la pieza de trabajo y la primera aplicación de corriente.

b) Tiempo de soldadura. El tiempo en el que pasa la corriente de soldar a través de las partes que se están uniendo, el cual se expresa ordinariamente en ciclos.

c) Tiempo de mantenimiento de la presión. El tiempo durante el cual se sigue aplicando presión en el punto de solda-

dura, después de haber cesado el paso de corriente de soldar. Este tiempo tiene por objeto permitir que se enfríe o endurezca la región de soldadura.

#### C.2. SOLDADURA POR COSTURA DE RODAMIENTOS.

La soldadura de costura, como se conoce comúnmente, - consiste en hacer una serie de soldaduras de puntos de traslape. Tal soldadura es necesariamente herética a gases y líquidos. Se emplean dos electrodos circulares rotatorios, o un electrodo rotatorio y otros de tipo de barra para transmitir la corriente. Todas las soldaduras de costura por rodamientos son soldaduras a traslape. Son dos los tipos generales de costura la longitudinal y circular.

#### C.3. SOLDADURA DE PARTES SALIENTES, O DE PROYECCION.

En el proceso de soldadura de proyección, la corriente y el flujo de calor se localizan en puntos predeterminados - por el diseño o la configuración de una o de las dos partes que deben de soldarse. Se emplean salientes esféricos para soldar conjuntos hechos de lámina y placa de acero. Las máquinas para soldadura de salientes son similares en principio a las máquinas para soldadura por puntos de presión.

#### C.4. SOLDADURA POR ARCO DE PRESION.

La soldadura por arco con presión, es un proceso de soldadura a tope por resistencia, en el cual se presionan dos pla-

ras de trabajo mediante dispositivos especiales de sujeción--- adecuados para transmitir corriente, los que sostienen las extremos de ambas en contacto muy ligeros. Se hacen pasar la corriente eléctrica a la pieza de trabajo, para producir un arco, el cual, en combinación con la resistencia eléctrica, calienta los extremos que se encuentran a tope hasta el punto de fusión. Cuando los extremos de ambas piezas alcanzan la temperatura apropiada para la profundidad correcta, con un movimiento súbito se ponen en contacto las piezas de trabajo con la fuerza suficiente para ocasionar una acción de deformación con rebordes. La acción de deformación empuja el metal fundido y a una parte del metal plástico hacia afuera de la zona de unión, originando un reborde de soldadura.

#### C.S. SOLDADURA A TOPE CON RECALCADO.

Este proceso consiste en producir la fusión simultáneamente sobre toda el área de las superficies acomodadas a tope, o bien progresivamente a lo largo de una junta, mediante el calor obtenido por la resistencia al paso de la corriente por la zona de contacto de dichas superficies. La fuerza para soldarse aplica antes de iniciar el calentamiento, y se mantiene durante todo el período de dicha operación.

Los procesos de soldadura a tope con recalcado se clasifican en:

- a) La soldadura a tope con recalcado de partes, solda-

dado extremo con extremo ejemplo en varillas, alambre, etc.

b) Las soldaduras continuas de costuras a tope con recalcado, usando corrientes de baja frecuencia.

c) La soldadura continua de costura a tope con recalcado usando corriente de alta frecuencia.

### C.6. SOLDADURA POR PERCUSIÓN.

La soldadura por percusión es un proceso de soldadura por resistencia en el que se obtiene el calor mediante un arco producido por una descarga rápida de energía eléctrica. La fuerza se aplica percusivamente durante o inmediatamente después de la descarga eléctrica. Por el calor del arco se funde una capa de poca profundidad del metal de las superficies de las piezas de trabajo que están en contacto, y a continuación se hace golpear por impacto una de las piezas de trabajo contra la otra, con lo cual se extingue el arco, se oxigena el metal fundido, y se completa la soldadura. La alimentación del calor es intensa pero extraordinariamente breve y localizada, lo cual permite soldar un componente pequeño a otro, o un componente pequeño a otro más grande.

### D. SOLDADURA DE ESTADO SÓLIDO.

#### D.1. SOLDADURA EN FRÍO POR PRESIÓN.

Este proceso produce soldaduras sin la aplicación general extrema, sometiendo en cambio los metales a soldar a una

presión suficiente para ocasionar su deformación plástica a la temperatura ambiente.

El proceso de soldadura con presión aplicada en frío es especialmente adecuado para la unión de aluminio puros aleados con aluminio, el cadmio, el plomo, el cobre, el níquel, el zinc y la plata e las combinaciones de metales no ferrosos de dureza diferente.

Otras soldaduras que se hacen mediante este proceso son soldaduras onduladas, soldaduras escalonadas, soldaduras de empalmado o sandwich.

### 3.2 SOLDADURA POR FRICCIÓN.

La soldadura por fricción es un proceso en el cual se produce el calor por conversión directa de energía mecánica en energía térmica en las zonas de contacto de las piezas de trabajo, sin la aplicación de calor de fuentes externas. Las soldaduras por fricción se hacen sosteniendo una pieza de trabajo fija en contacto con otra que está girando bajo una presión constante o de crecimiento gradual. La soldadura ocurre bajo el efecto de la presión que se aplica mientras está la zona calentada al intervalo plástico de temperatura.

Hay tres métodos para unir piezas de trabajo por soldaduras de fricción: 1) la soldadura de fricción convencional, 2) la soldadura por inercia y 3) la soldadura por fricción porvolante.

### D.3. SOLDADURA POR EXPLOSION.

En este proceso, los metales a unir se soldan metalúrgicamente mediante un movimiento de alta velocidad (de tipo de choque) producido por la detonación controlada de un explosivo. El explosivo, que puede estar en forma plástica, líquido o granular, se coloca uniformemente sobre uno de los metales que van a unirse, y la otra pieza de metal que ha de soldarse se coloca sobre un yunque, el cual, dependiendo del espesor del metal, puede consistir en un lecho de arena para los metales gruesos, o de acero o concreto armado para los metales delgados.

### D.4. SOLDADURA ULTRASONICA.

Este proceso solda metal mediante la aplicación local de energía vibratoria de alta frecuencia, mientras se sostienen las partes juntas bajo presión. Las presiones varían con el tamaño de la máquina de soldar que se utiliza.

## E. MATERIALES CONSUMIBLES Y METALES DE APORTE.

### E.1. CLASIFICACION AWS-ASTM DE LOS ELECTRODOS DE ACERO AL CARBONO.

Esta clasificación está formada por una serie de cuatro o cinco dígitos que lleva como prefijo la letra E, la letra E indica que se emplea en la soldadura eléctrica. Los números que van a la izquierda de los dos últimos dígitos, multiplicados por 1000, dan la resistencia mínima a la tensión del metal depositado; el dígito situado junto al último número indica el-

suministro de energía, el tipo de fundente, el tipo de arco, la penetración, y la presencia de polvo de hierro.

### E.2. ELECTRODOS DE ACERO ALEADO.

La creciente utilización de los aceros aleados de alta resistencia ha iniciado el desarrollo de electrodos recubiertos, capaces de producir depósitos de soldadura con resistencia a la tensión superior a las 100,000 lbs/pulg.<sup>2</sup>. Las propiedades mecánicas de esta magnitud, se logran mediante el uso de un acero aleado como alambre del núcleo del electrodo. En la mayoría de los diseños, el recubrimiento del electrodo es de naturaleza a la cal y ferrítica, típica de los tipos de bajo hidrógeno, y con frecuencia contienen hierro pulverizado.

En la tabla No. 5 se presenta una lista de los símbolos estándares de la AWS, los que indican las adiciones específicas de los elementos de aleación. En la designación completa de un electrodo, estos últimos símbolos aparecen después del número de cuatro o cinco dígitos básicos.

### E.3. VARILLAS PARA SOLDADURA CON GAS.

Las varillas o alambres para soldadura con gas son varillas de acero que no tienen recubrimiento alguno. La operación de soldadura se determina solamente por la composición de las varillas y la flama de soldar que ha de emplearse. Por ejemplo citaremos los siguientes tipos de varillas.

Las varillas de soldadura de la clase RG85 se emplean

INTERPRETACION DEL ULTIMO DIGITO EN LA CLASIFICACION DE ELECTRODOS AWS-AS1A.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TIPO DE ENCRUSTIA	CA CB PI	CA CB	CA CB	CA CB	CA CB	CA PE	CA CB PI	CA CB	CA CB PI
TIPO DE FUENTE	Organica	Autisla	Autisla	Autisla	Autisla	Bajo Hidrogeno	Bajo Hidrogeno	Mineral	Bajo Hidrogeno
TIPO DE ARCO	Excesiva	Excesiva ra	Regular	Blanda	Blanda	Regular	Regular	Blanda	Regular
PENETRACION		Profunda	Regular	Ligera	Ligera	Regular	Regular	Regular	Regular
PELLO DE -- HIERRO EN -- EL RECURRI- ENTO	0-10%		0-10%	0-10%	10-50%			50%	10-50%

TABLA No. 3

Sistema AMS de clasificación de las electrodos.

DIGITO	SIGNIFICADO	EJEMPLO
Primeros dos o primeras tres	Resistencia mínima a la tensión (alivio de esfuerzos)	[-8000 = 80,000 lb/psiq. <sup>2</sup> [-19000=190,000 lb/psiq. <sup>2</sup>
Último al último	Posición de aplicación	[-XXXX=todas las posiciones [-XXXX =horizontal
Último	Tipo de energía, tipo de excita- ción, tipo de arco, magnitud de la penetración, presencia de golpe de hierro en el resqueamiento.	

TABLA No. 4

Designación RMB de los principales elementos de aleación presente en los electrodos de  
 ya soldadura de arco.

SUFICIO PARA EL ELECTRODO AWS	ELEMENTOS DE ALEACION, %					RMB
	Fe	Cr	Ni	Mn	Si	
A <sub>1</sub>	0.5					
B <sub>1</sub>	0.5	0.5				
B <sub>2</sub>	0.5	1.25				
B <sub>3</sub>	1.0	3.25				
B <sub>4</sub>	0.5	2.0				
C <sub>1</sub>			1.5			
C <sub>2</sub>			1.5			
C <sub>3</sub>			1.0			
D <sub>1</sub>	0.3			1.5		
D <sub>2</sub>	0.3			1.75		
E	0.2	0.3	0.5	1.0	0.1	0.1

para la soldadura oxiacetilénica de aceros al carbono y aceros de bajo contenido de aleación con resistencias comprendidas en el intervalo de 85,000 a 95,000 lb/pulg<sup>2</sup>.

Las varillas de soldadura de la clase RC60 se emplean para la soldadura oxiacetilénica de aceros al carbono comprendido en el intervalo de resistencia de 50,000 a 85,000 lb/pulg<sup>2</sup>.

Las varillas de soldadura de la clase RC45 son de acero simple con bajo contenido de carbono. Estas varillas son de uso general, y pueden usarse para soldar hierro dulce.

#### E.4. ELECTRODOS Y VARILLAS DE SOLDADURA DE ACERO INOXIDABLE.

Existe una gran variedad de electrodos y varillas para soldar aceros inoxidable. Estos pueden depositar un metal de soldadura de composición similar al metal de base.

Los metales de aporte de composición comparable a las series 300, 400 y 500 se encuentran ya en el mercado. La serie 200 de aceros se soldan usando los electrodos e varillas correspondientes a la serie 300.

Debería mencionarse en este punto, la existencia de electrodos e varillas para la soldadura de aleaciones de aluminio, níquel, cobre, magnesio, titanio, etc. que al comentar de tal manera en este trabajo sería demasiado tardada.

### E.3. METALES DE APLICACIÓN PARA RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES.

Para seleccionar la aleación correcta para recubrimientos superficiales en cualquier aplicación en particular, se deben de tener en cuenta las causas del deterioro de la parte. Probablemente intervenga uno o más factores de los siguientes:

Contacto deslizando de metal con metal, con o sin lubricación.

Contacto de rodamiento contra una superficie metálica o no metálica.

Carga intensa de choque o impacto sin deformación ni agrietamiento de metal.

Abrasión térrica variable u otros tipos de desgaste que ocasionen pérdidas de metal.

Corrosión ( atmosférica o de otro tipo ).

Resistencia a la deformación en caliente.

Maquinabilidad.

Ausencia de porosidad en el depósito.

Facilidad de aplicación a un proceso específico o soldadura.

Una vez en la práctica, la correcta aplicación de un

recubrimiento superficial de acero en muchas ocasiones de la aplicación, pues en la mayoría de los casos se presentan como uno o más tipos de desgaste. A continuación se mencionan algunos tipos específicos de recubrimientos así como su mejor aplicación.

Acero de alta velocidad: EFe-A, EFe-B, EFe-C (AUS - ASTM). Estos se usan cuando se requiere dureza a temperaturas hasta de 1100°F (390°C) y cuando se necesita buena resistencia al desgaste y tenacidad.

Acero austenítico al manganeso: EFeMn-A (AUS-ASTM). Su mejor aplicación se encuentra en piezas con desgaste metal-metal y las sujetas a impacto, principalmente a causa de sus características de endurecimiento por trabajo mecánico.

Hierro austenítico de alto contenido de cromo: EFeCr-A (AUS-A STM). Este se emplea para revestir parte de maquinaria agrícola. A causa del impacto asociado, no es muy adecuada para la reparación de la maquinaria que se utiliza en suelos muy rotos. Principalmente resiste a la erosión o a la abrasión por rayado de esfuerzo bajo.

Alcaciones a base de cobalto: ECoCr-A (AUS-ASTM). Esta se usa principalmente para superficies de contacto de válvulas de escape o descarga por su resistencia al calor, a la corrosión y a la erosión.

Alcación a base de cobre: ECoAL-A2 (ASTM-AUS). Esta

se emplea para el recubrimiento de superficies de cojinetes -- dentro del intervalo de dureza Brinell 110 a 130, y para obtener resistencia a la corrosión.

Aleaciones de níquel-cromo-berilio ERICr-A, ERICr-B, - ERICr-C (AMS-A578). Estas son para buena resistencia al desgaste de metal contra metal. Buen esfuerzo bajo y resistencia a la abrasión por rayado.

#### E.3 ELECTRODOS PARA SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO, - TIG, Y GASES DE PROTECCION PARA MIG Y MIG.

En el sistema de clasificación, la letra E indica un electrodo, al igual que en los demás sistemas de clasificación, pero así termina la similitud. La letra siguiente, L, M ó N, indica contenido bajo, mediano o alto de magnesio, respectivamente. El número o los números siguientes indican el contenido aproximado de carbono en centésimas de 1%. Si hay un sufijo E, éste indica un acero al silicio calado.

Para la selección de la soldadura en el proceso TIG, ésta depende del metal que se vaya a soldar. Los metales de -- suerte reales que se emplean para soldar con el proceso de soldadura electrolítica y el proceso MIG, se usan también para soldar con el proceso TIG.

El propósito principal de sustituir de un gas es el de proteger el metal fundido contra la contaminación de oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, gases que existen en el aire. Igual-

que los gases inertes puros protegen al metal de cualquier temperatura, contra su reacción con los elementos de la atmósfera, no son adecuados para todas las aplicaciones de soldadura. Comúnmente se emplea argón, helio, o una mezcla de estos dos gases, en la soldadura con arco de tungsteno y gas. [Tabla No. 6].

SELECCION DEL GAS DE PROTECCION PARA SOLDADURA DE ARCO METALICO CON GAS.

METAL	ARGON	HELIO	ARGON-DIOXIDO	Ar-CO <sub>2</sub>	ARGON-HELIO	Ar-O <sub>2</sub> CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> CO <sub>2</sub>
Aluminio	X	X			X		
Aceros al Carbono			X	X		X	X
Aceros con Baja cont. aleación			X				
Cobre	X	X	X		X		
Aceros Inox.			X				
Aleaciones de Niquel	X	X			X		
Metalos reactivos	X	X					

TABLA No. 8

## CAPITULO 11

### RECONSTRUCCION DE PARTES MATRICES

## RECONSTRUCCION DE PARTES ROTIVAS.

Se referiré en este capítulo como partes rotivas a todos aquellos elementos de máquina, como engranes, piñones, cremalleras, pernos, ejes, etc., que estén sometidos a desgaste por el uso mismo de la máquina y su condición de desgaste sea posible recuperarla con soldadura.

El intentar explicar las diferentes técnicas de recuperación de cada uno de éstos elementos nos llevaría a un trabajo muy extenso, ya que los materiales de fabricación pueden ser: Hierro, Acero al carbono, Acero inoxidable, Bronce, Aluminio, etc., y en la práctica las técnicas de reparación de un mismo elemento pueden variar de un taller a otro en función de las experiencias obtenidas en trabajos similares.

Hemos preferido en este capítulo explicar un poco de la soldabilidad del acero al carbono, hierro colado, aluminio y cobre ya que de no conocer sus propiedades, podemos tener problemas de concentración de esfuerzos, temple, agrietamientos, fracturas, etc., que creemos son más importantes que la reparación de una pieza determinada.

### 1.- METALES FERROSOS, APLICACIONES Y SOLDABILIDAD.

Los metales ferrosos constituyen la espina dorsal de nuestro mundo industrial. La revolución industrial se basó en el hierro, el segundo metal en cuanto a su abundancia es el hierro, siendo el primero el aluminio. El hierro en combinación-

con otros metales y elementos, se transforman en diferentes --  
clases de aceros.

#### A.1. ACERO AL CARBONO.

Los aceros al carbono (los que también se conocen co-  
mo aceros al carbono simple, aceros ordinarios y aceros con con-  
tenido de carbono exclusivamente) están formados por una amplia  
gama de elementos que contienen hasta:

Carbono	1.70% máximo
Manganeso	1.65% máximo
Silicio	0.60% máximo

Estos comprenden las aleaciones de hierro - carbono, -  
con un nivel de carbono casi tan bajo como el hierro dulce, el -  
cual prácticamente no contiene nada de carbono, hasta el de hier-  
ro fundido con más del 1.7% de carbono. Los aceros al carbono-  
que contienen los elementos de aleación en los porcentajes indi-  
cados, pueden soldarse con facilidad por todos los métodos de --  
soldadura.

Carbono	entre 0.13 y 0.20%
Manganeso	entre 0.40 y 0.60%
Fósforo	no más de 0.03%
Silicio	no más de 0.40%
Azufre	no más de 0.035%

## SISTEMA DE IDENTIFICACION.

Se emplea un sistema de símbolos para identificar -- los grados de los aceros normales o estándares. En estos símbolos se usa una letra mayúscula como prefijo, para indicar el proceso de fabricación del acero, y se usan números para indicar los grados o calidades del acero por su composición química, como se describe más abajo.

### DESIGNACIONES DE LOS PREFIJOS LITERALES.

Las letras B y C se usan como prefijos para designar los dos procesos principales de fabricación de acero para los aceros al carbono, como sigue:

B denota acero al carbono de horno Bessemer ácido;

C denota acero al carbono de horno básico de hogar abierto;

E denota acero al horno eléctrico;

### DESIGNACIONES NUMÉRICAS DE LOS GRADOS.

Se usa una serie de cuatro números para designar las proporciones de composición química del acero al carbono. Los últimos dos números indican la parte media aproximada del intervalo de carbono.

Por ejemplo, en la designación de grado 1035, 35 representa un intervalo de carbono de 0.32 a 0.38%.

Es necesario, sin embargo apartarse de esta regla, e interpolar números, en el caso de algunos intervalos de carbono, así como para variaciones en los contenidos de manganeso, fósforo o azufre con el mismo intervalo de carbonos.

Los dos primeros dígitos de la serie de control de -- los distintos grados de acero al carbono, y sus significados, -- son los siguientes:

## DESIGNACION DE SERIES

I I P Q S

1000	Grados de acero al carbono no resulfurizados, de horno básico, de hogar abierto, y ácido Bessemer (acero al carbón simple).
1100	Grados de acero al carbono resulfurizados, de horno básico de hogar abierto, y ácido Bessemer (acero de maquinado - libre).
1300	1.75% de manganeso (acero al carbono con bajo contenido de aleación).
2100	3.50% de níquel (acero al carbono con bajo contenido de aleación).
3100	1.25% de níquel-0.65 a 0.80% de cromo (acero al carbono con bajo contenido de aleación).
3300	1.40% níquel-1.55% de cromo (acero al carbono con bajo contenido de aleación)
4000	0.25% de molibdeno (acero al carbono con bajo contenido de aleación).
4100	0.45% de cromo-0.25% de molibdeno (acero al carbono con bajo contenido de aleación).
4300	1.40% de níquel-0.50 a 0.60% de cromo-0.25% de molibdeno - (acero al carbono con bajo contenido de aleación).
4400	1.40% de níquel-0.25% de molibdeno (acero al carbono con bajo contenido de aleación).

4801	1.00% de alquitran-0.25% de molibdeno (sobre el carbón con bajo contenido de alación).
5001	0.50 ó 0.00% de arsén (sobre el carbón con bajo contenido de alación).
5101	0.50, 0.00 ó 1.00% de cromo (sobre el carbón con bajo contenido de alación).
5201	1.00% de carbón-0.50, 1.00 ó 1.50% de cromo (sobre el carbón con bajo contenido de alación).
5301	0.001 ó 0.005% de arsén-0.50 ó 0.10% molibdeno de vanadio (sobre el carbón con bajo contenido de alación).
5401	0.50% de alquitran-0.50% de cromo-0.50% de molibdeno (sobre el carbón con bajo contenido de alación).
5501	0.50% de alquitran-0.50% de cromo-0.50% de molibdeno (sobre el carbón con bajo contenido de alación).
5601	0.50% de manganeso-2.00% de alquitran (sobre el carbón con bajo contenido de alación).
5701	1.00% de alquitran-1.50% de cromo-0.10% de molibdeno (sobre el carbón con bajo contenido de alación).
5801	1.00% de manganeso-0.40% de alquitran-0.40% de cromo 0.10% de molibdeno (sobre el carbón con bajo contenido de alación).
5901	0.50% de alquitran-0.10% de cromo-0.50% de molibdeno (sobre el carbón con bajo contenido de alación).
6001	1.00% de alquitran-0.80% de cromo-0.70% de molibdeno (sobre el carbón con bajo contenido de alación).

El cambio de los porcentajes de los cinco elementos anteriores o la adición de otros elementos, tienen los siguientes efectos en la soldabilidad:

El carbono es el elemento endurecedor más potente. Al aumentar el contenido de carbono, el acero se vuelve más y más templeable. Si el contenido de carbono es lo suficientemente alto, mayor de 2.25%, el enfriamiento súbito por debajo de la temperatura de soldadura puede conducir a una zona dura y a veces frágil adyacente a la soldadura, y si el metal de la soldadura capta una cantidad considerable de carbono por merceda, el depósito mismo de soldadura puede ser duro y frágil, con tendencia a agrietarse. Los aceros al carbono con contenido de carbono mayor de 0.10% y hasta un 1.2% tienen mayor resistencia a la tensión que los aceros cuyo contenido de carbono es menor de 0.10%. Sin embargo, estos aceros no son tan soldables como los de menor contenido de carbono. La adición de pequeñas cantidades de otros elementos de aleación a los aceros de bajo contenido de carbono, sirven para incrementar su resistencia a la tensión sin reducir su soldabilidad.

**Silicio.** El silicio se agrega principalmente para producir homogeneidad en el acero.

El manganeso aumenta también la templeabilidad y la resistencia a la tensión, el contenido de manganeso entre 0.20 y 0.30%, produce aceros que se agrietan muy fácilmente al ser soldados.

El azufre se agrega al carbono para mejorar su maquinabilidad e aptitud para permitir ser maquinado. Los aceros al carbono a los que se han agregado azufre con este propósito, se conocen como aceros de maquinado libre. Estos aceros tienen tendencia a ser quebradizos en caliente. Al tener esta última tendencia, el depósito de soldadura tiende a agrietarse, porque no tiene la resistencia suficiente para soportar las esfuerzos de contracción desarrollados en la soldadura al comenzar a solidificarse. Además del agrietamiento debido a la fragilidad en caliente, los aceros al carbono con contenido de azufre, en exceso de 0.05%, tienen tendencia a volverse porosos con cualquier técnica de penetración profunda, especialmente cuando se solda con electrodos de las clases AWS E6010 y E6011. Esto se debe al hecho de que el hidrógeno producido por la combustión de estos electrodos, se combina con el azufre presente en el acero que se está soldando. Los aceros de maquinado libre son más baratos, fácilmente soldables con electrodos de bajo hidrógeno.

El fósforo se clasifica principalmente como una impureza en la soldadura, y debe mantenerse al nivel más bajo posible. Un contenido mayor de 0.005% tiende a hacer frágil la soldadura, y reducir los valores al choque a la fatiga. En ocasiones es eficaz para bajar la tensión superficial del metal de soldadura fundido, lo cual dificulta su control, además aumenta la tendencia al agrietamiento. Al agregar otros elementos como cromo, níquel, molibdeno y vanadio, se ven afectadas

otras características de la soldadura. El cambio principal -- radica en el aumento de templeabilidad o aptitud para el endurecimiento, el cual es un resultado usual en tanto no se reduce el contenido del carbono. Este requiere a menudo el precalentamiento, para evitar la formación de zonas agrietadas y duras, o zonas frías, de la soldadura. Es importante saber -- que la adición de algunos de los elementos de aleación antes -- mencionados, pueden ser de gran beneficio si se hace adecuadamente, por ejemplo, pueden retenerse la buena soldabilidad en -- los aceros de alta resistencia, reduciendo el contenido de car -- bono u obteniendo la resistencia de fluencia requerida, median -- te el uso de los elementos de aleación adecuados.

#### 4.1.1. ACERO CON BAJO CARBONO.

Los aceros con bajo carbono pueden unirse por cual -- quiera de los procedimientos de soldadura. En raras ocasiones, los aceros que tienen un contenido menor de carbono de 0.10%, -- muestran tendencia a producir soldaduras porosas, aunque la po -- rosidad no ofrece un serio problema desde el punto de vista de la resistencia, las picaduras superficiales en la soldadura -- son indeseables desde el punto de vista de la apariencia. Pa -- ra reducir al mínimo este problema, debe adquirirse uso a más de los procedimientos que se indican a continuación:

1.- Cambiar el procedimiento de soldadura.

2.- Reducir la cantidad de calor que se está apli-

cando.

3.- Asegúrese de eliminar completamente toda la escoria y el fundente de cada cordón antes de depositar el siguiente.

4.- Pudejar la soldadura, manteniendo el metal fundido suficiente tiempo para permitir que se escapen los gases atrapados.

#### A.1.2. ACEROS CON CONTENIDO MEDIO DE CARBONO.

Se define en las correspondientes especificaciones de la ASTM, tales como: A36, A441, A572.

Un gran porcentaje de los tanques de agua, las formas extracturales, las bases de máquinas, y las partes de maquinaria se fabrican utilizando estos aceros.

Los aceros blandos, en espesores hasta de 5/16" inclusive, son fácilmente soldables sin necesidad de precaución alguna. Las secciones de mayor espesor de estos aceros en las que más de uno de los elementos está hacia el lado alto del límite permitido del contenido de carbono, muestran cierta tendencia al agrietamiento.

Si ocurriera éste se deberá recurrir a una o más de las siguientes técnicas.

1) Utilice las técnicas que produzcan una forma de

cordón plano o ligeramente convexo.

- 2) Funda lo menos posible del metal base hacia el depósito de soldadura.
- 3) En la primera pasada haga un cordón tan grande como resulte práctico, usando una velocidad de avance más lenta. Esto aumenta la sección transversal de la soldadura. El uso de una velocidad de avance más lenta, incrementa también la aportación de calor correspondiente a una longitud dada de la soldadura, lo cual hace que la placa se caliente más, reduciendo con ello el régimen de enfriamiento y endurecimiento de la zona de la soldadura. Aplique la segunda pasada mientras la placa esté todavía precalentada por la primera pasada.
- 4) Deje un espacio de  $1/32''$  entre las placas, para permitir su libre movimiento mientras se trabaja la soldadura durante el enfriamiento.
- 5) Aplique la soldadura hacia el extremo no restringido de una junta. Haga algunas soldaduras de prueba que no deformen excesivamente las juntas.

Si las precauciones anteriores no corrigen completamente la dificultad que se tenga con el agrietamiento, se re-

recomienda el precalentamiento uniforme a las temperaturas siguientes:

TEMPERATURA	ESPESOR
70 °F	hasta 1/4"
150°F	1/4" a 1/2"
300°F	1/2" a 1"
400°F	1" & más

La soldadura de estos aceros puede requerir procedimientos especiales, los que pueden incluir el precalentamiento, el precalentamiento y el relevado de esfuerzos. Sin experiencia previa en la soldadura de estos aceros, es aconsejable verificar el acero en cuanto su tendencia al agrietamiento, haciendo una soldadura de filete, de un largo de 12 a 14 pulgadas, en la placa en cuestión, completando después la soldadura para examinarla visualmente en busca de grietas. En las soldaduras de filete en fractura abierta, las grietas aparecen ordinariamente como rasas de color púrpura, debido a la oxidación de la superficie de los níquel. Esto indica que las grietas son de "agrietamiento caliente", es decir, que se formaron a temperaturas de 800°F o mayores. Sólo raras veces se formará una grieta después de que se haya enfriado la soldadura a temperatura ambiente. Si el acero no muestra tendencia al agrietamiento, pueden aplicarse los procedimientos normales de soldadura. En cambio, si se observa una tendencia al agrietamiento deben seguirse procedimientos para la soldadura de aceros -

con contenido medio de carbono.

Si por causa de agrietamiento se requieren tratamientos de precalentamiento y poscalentamiento, pueden usarse las temperaturas aproximadas de precalentamiento que se enlistan a continuación:

ACERO	ESPESES: 1/4" ó menos	1/2"	1"	2" ó más
SAE1030	300°F	350°F	300°F	400°F
SAE1035	300°F	300°F	400°F	500°F
SAE1040	300°F	400°F	500°F	550°F

Cuando se requiera el poscalentamiento (relevo de esfuerzos), después de efectuada la soldadura, ayuda también a reducir las zonas duras producidas por la soldadura.

#### A.1.3. ACEROS CON ALTO CARBONO

Las partes que se fabrican con los aceros de este grupo, incluyen artículos que se requieren soldadura para su manufactura. Sin embargo, estas piezas se reparan con frecuencia con soldadura. El éxito en la soldadura de estos aceros, requieren el desarrollo de procedimientos específicos de soldadura para cada aplicación. Los problemas que pueden surgir durante la soldadura de los aceros al alto carbono son:

- 1.- Agrietamiento del metal de la soldadura. Las grietas pueden ser transversas al cordón o pueden correr por el centro del mismo. Las grietas

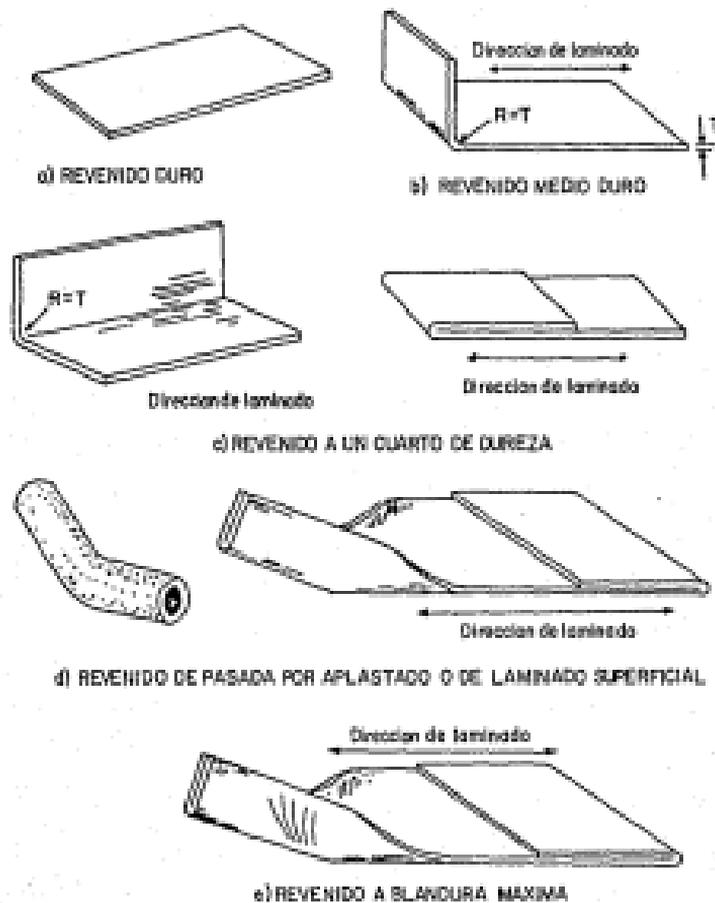


FIG. 5. DIFERENTES REVENIDOS DEL ACERO AL CARBON

Las longitudinales prevalecen más. A veces desaparecen en la superficie del cordón, aunque el interior del mismo sí está agrietado.

- 2.- Porosidad en el metal de la soldadura.
- 3.- Endurecimiento excesivo del metal base.
- 4.- Agrietamiento del metal base: Este comprende - la formación de grietas bajo el cordón, grietas gradualmente abajo de la zona de fusión y grietas radiales en la zona de fusión que se extienden hasta el metal base.
- 5.- Ablandamiento excesivo del metal base.

Para reducir al mínimo la ocurrencia de estos problemas, siga las reglas que se detallan a continuación y haga las correcciones que se describen bajo agrietamiento de las soldaduras en los aceros de contenido medio de carbono.

- 1.- Prepare cuidadosamente la junta de la soldadura mediante maquinado, esmerilado, rebabeado, etc. Elimine todas las irregularidades tales como agallas, grietas y ranuras que pudieran actuar como relevadores de esfuerzo, y asegúrese de eliminar en la junta y en la zona adyacente, toda humedad y toda presencia de material extraño.
- 2.- Evite la penetración excesiva, y mantenga el --

metal de la soldadura con el contenido más bajo de carbono que resulte práctico. El depósito tendrá entonces la misma ductilidad. De lo contrario se producirán sobre esfuerzos de el acero y éste fallará por ruptura o agrietamiento.

- 3.- Avance con la lentitud suficiente para depositar un cordón o capa substancial de metal de soldadura, pero en las soldaduras anchas recurra al ondulado, en vez de hacer cordones rectos paralelos. Hacer las secciones transversales delgadas de soldadura. Un cordón delgado, cóncavo, de filete, aplicado entre dos miembros rígidos, tiene todas las posibilidades de agrietarse. Las grietas de cráter, conocidas también como grietas salientes, se originan en el cráter cóncavo que deja a menudo el soldador en el extremo del cordón de soldadura. Al soldar una junta o al hacer una soldadura de filete, el primer cordón de fondo es el más susceptible a agrietarse.

- 4.- Las juntas que se hacen en aceros de contenido de 1.0% o mayor de carbono, deben llevar un recubrimiento superficial de acero inoxidable austenítico.

Después de terminar la soldadura, el procedimiento usual consiste en relavar de esfuerzos la parte soldada, como se describe en los aceros con contenido medio de carbono.

#### A.1.4. ACEROS CON BAJO CONTENIDO DE ALIACION.

Los aceros estructurales con bajo contenido de aleación se clasifican como se indica en la tabla No. 8. Sin embargo, para los fines de descripción de soldabilidad se han clasificado en cuatro grupos.

Los aceros del grupo 1 se denominan comúnmente aceros estructurales de alta resistencia (45,000 a 70,000 -----  $\text{lb/pulg}^2$ ). La mayoría de estos aceros están cubiertos por especificaciones ASTM, y son de composición patentada.

Los aceros del grupo 2, son fácilmente soldables por todos los procesos normales de soldadura. El proceso de soldadura con haz de electrones puede usarse para soldar cualquier acero de éste grupo que tenga una resistencia a la fluencia de 150,000  $\text{lb/pulg}^2$  o mayor.

## ACEROS ESTRUCTURALES DE BAJO CONTENIDO DE ALEACION

1	2	3	4
AST2 grados 42,	Aceros 13	ASTM A36	ASTM A372
45, 50; A441	y 14	A242 grado	grado 55,
A242		solubles A375	60 y 65.
		A441; A570;	
		AST0 grados 0	
		y E; A372 grados	
		42, 45, 50; A588;	
		Aceros 13 y 14	

TABLA No. 8

Se obtienen resultados óptimos cuando se usan juntas del tipo de ranuras y se precalienta el acero a la temperatura indicada en la tabla No. 8.

ESPEESOR (pulgadas)	TEMPERATURA (°F)
Hasta 5/8"	100
Más de 5/8" y hasta 7/8"	150
Más de 7/8" y hasta 1 1/8"	230
Más de 1 1/8"	280

TABLA No. 9

Los aceros del grupo 3 se usan principalmente para hacer partes tales como levas, rodamientos de rodillos, tuercas

cas tratadas térmicamente, ejes de transmisión y otros elementos. Pueden soldarse fácilmente por todos los procedimientos normales de soldadura. Los aceros con bajo contenido de aleación que más frecuentemente se usan en conjuntos soldados, que deben templearse y revenirse después de soldadas, contienen entre 0.25 y 0.45% de carbono. Los aceros comprendidos en este grupo, que contienen menos del 0.25% de carbono, se templean y revenen antes de soldarse. Sin embargo los aceros del grupo pueden ser precalentados a las temperaturas que se indican en la tabla No. 12. Los aceros al cromo-níobio del grupo 6 son templados al aire y resistentes a la corrosión. Son fácilmente soldables por la mayoría de los procesos de soldadura de aplicación comercial. Por sus características de temple al aire, estos aceros son propensos al desarrollo de grietas, por lo que deben precalentarse y postcalentarse a las temperaturas indicadas en las tablas 13 y 14.

PROCESO DE SOLDADURA

---

ESPEZOR DE LA PARTE MÁS GRIETA EN EL PUNTO DE SOLDADURA PULGADAS	SOLDADURA DE ARCO METÁLICO PROTEGIDO CON ELECTRODOS DIFERENTES DE LOS DE BAJO HIDROGENO		SOLDADURA DE ARCO METÁLICO PROTEGIDO CON ELECTRODOS DE BAJO HIDROGENO, SOLDADURA DE ARCO SINERGIADO SOLDADURA DE ARCO METÁLICO Y GAS,S SOLDADURAS DE ARCO CON NUCLEO DE FUNDENTE	
	ASTM A36, A362, A441, A522	ACEROS 13y14	ASTM A16, A342 GRADO SOLONBLE A375; A441, A522 E; A532 GRANOS 42, A4, y 30; A588 y ACEROS 13 y 14	ASTM A572 GRANOS 55 60 y 65
Hasta 3/8" incl.	ninguno	150	Ninguno <sup>2</sup>	Ninguno <sup>2</sup>
Más de 3/8 y hasta 3/4, incl.	70	250	Ninguno <sup>2</sup>	70°F
Más de 3/4 y hasta 1/2, incl.	No se recomienda	300	70°F	150°F
Más de 1/2 y hasta 1/2, incl.	No se recomienda	No se recomienda	150°F	225°F
Más de 1/2	No se recomienda	No se recomienda	225°F	300°F

TABLA N° 10.

No debe hacerse la soldadura cuando la temperatura ambiente -- sea inferior a 0°F. Cuando el metal de base está por debajo de la temperatura anotada para el proceso de soldadura que se está aplicando y el espesor de material que se está soldando, debe precalentarse (excepto que se indique otra cosa) en forma tal -- que la superficie de las partes que se está soldando, pero no -- menos de 3 pulgadas, tanto lateralmente como hacia adelante -- de la soldadura. Las temperaturas de precalentamiento y entre -- pasadas deben ser suficientes para impedir la formación de -- grietas. Pueden requerirse una temperatura superior a la mínima -- indicada para soldaduras de alta restricción. Cuando la tempera -- tura del metal de base sea inferior a 32°F, y mantenga esta -- temperatura mínima durante la aplicación de la soldadura.

Origen: American Welding Society, Welding Handbook 6ª ed., Sección 4

Tratamiento térmico y microestructura para aceros estructurales selectos - bajo contenido de aleación.

GRADO	TRATAMIENTOS	MICROESTRUCTURA
A533 Grado B	Enfriamiento rápido en agua desde 1550°F, y templado a 1100°F.	Bainita templada y martensita templada (placas delgadas); ferrita y bainita templadas (placas gruesas).
Aceros A	Enfriamiento rápido en agua desde 1625/1675°F y templado a 1050°F	Ferrita y bainita templada, y/o martensita templada.
A537 Grado B	Enfriamiento rápido en agua desde 1525/1675°F, y templado a 1100°F	Ferrita y bainita templadas y/o martensita templada.
A516/517	Enfriamiento rápido en agua desde 1650°F y templado a 1150°F	Bainita templada y martensita templada.
A543 Grado B	Enfriamiento rápido en agua desde 1650°F y templado a 1100°F.	Bainita templada y martensita templada.
HT-130	Enfriamiento rápido en agua desde 1475/1525°F y templado a 1000°F	Bainita templada y martensita templada.
HPS-6-20	Normalizado desde 1675° enfriamiento rápido en agua desde 1550°F, y templado a 1000°F.	Martensita templada.
1081-Cr-Mn-Co	Enfriamiento rápido en agua desde 1700°F Enfriamiento rápido en agua desde 1500°F, y envejecido a 950°F durante 10 horas.	Martensita templada

TABLA N° 11.

TEMPERATURAS APROXIMADAS DE PRECALENTAMIENTO PARA ACEROS GRUPO 3.

N° AISI	Espesor de placa ( pulgadas )			
	1/4" o menor	1/2"	1"	2" & mas
1330	95°F	200°F	400°F	450°F
1335	150	400	450	500
1340	300	450	500	550
1345	400	550	600	60
2315	Temp. amb.	Temp. amb.	250	400
2515	Temp. amb.	100	300	400
2517	Temp. amb.	250	450	500
3140	550	625	650	700
3310	200	425	500	550
3314	250	475	550	600
4027	Temp. amb.	150	400	450
4068	750	800	850	900
4130	100	350	450	525
4320	300	450	525	550
4335	400			
4430	Temp. amb.	150	300	450
5120	600	300	400	450
5150	Temp. amb.	750	750	750

TABLA N° 12.

TEMPERATURAS MÍNIMAS DE PRECALENTAMIENTO RECOMENDADAS PARA SOLDAR ACEROS AL CARBONO-ESTRIBADO.

Acero C-Mn	Espesor en pulgadas.		
	Hasta 1/2"	1/2" a 2 1/4"	Más de 2 1/4"
1/2Cr-1/2Mn	70°F	100°F	100°F
1Cr-1/2Mn	250	300	300
1 1/4Cr-1/2Mn	250	300	300
2Cr-1/2Mn	300	300	300
2 1/4Cr-1Mn	300	300	300
3Cr-1Mn	300	300	300
5Cr-1/2Mn	300	300	300
5Cr-1/2MnSi	300	300	300
5Cr-1/2MnTi	300	300	300
7Cr-1/2 Mn	400	400	400
9Cr-1Mn	400	400	400

TABLA Nº 13.

INTERVALOS DE TEMPERATURA RECOMENDADOS PARA TRATAMIENTOS TERMICOS DEL POST-SOLDADURA PARA ACEROS AL CROMO-NIOBENO.

---

Aceero Cr-Nb	Intervalo de temperatura , °F.
1/2Cr-1/2Nb	1100-1300
1Cr-1/2Nb	1100-1350
1 1/4Cr-1/2Nb	1100-1375
2 1/4Cr-1Nb	1250-1400
3Cr-1Nb	1250-1400
5Cr-1/2Nb	1250-1400
5Cr-1/2NbSi	1250-1400
5Cr-1/2NbTi	1250-1400
7Cr-1/2Nb	1250-1400
9Cr-1Nb	1250-1400

---

TABLE Nº 14.

## 3.2. HIERRO FUNDIDO.

La expresión hierro fundido describe una amplia variedad de materiales a base de hierro, los que contienen carbono, silicio, manganeso, fósforo, azufre, níquel, molibdeno, titanio, vanadio, cromo, magnesio, cobre y aluminio. Esta expresión se aplicará sólo a las fundiciones gris maleable, nodular o austenítica. La fundición blanca no se examinará porque no se considere "insoluble". Hay dos tipos de hierro maleable: el tipo de hogar negro, llamado así porque al fracturarse, presenta una apariencia oscura y el tipo de hogar blanco, llamado así porque su fractura es de color claro, lo que significa que se descarburizó el hierro durante el proceso de vaciado.

El hierro nodular, llamado también hierro dúctil, -- que se produce por los mismos procesos y con los mismos materiales que la fundición, con la particularidad de que se agregan magnesio y/o cesio. Los hierros vaciados se soldan con facilidad mediante los procedimientos normales de soldadura. Los procedimientos están planeados para restringir la penetración a la profundidad mínima requerida para la fusión, con lo cual se reduce al mínimo o se impide la transformación del metal de base en una zona frágil en la soldadura, ocasionada por el enfriamiento rápido del metal de la soldadura y el enfriamiento rápido de ese mismo metal en la zona afectada por el calor. Los precalentamientos a altas temperaturas producen microestructuras más blandas y menos frías que los precalenta-

lentos a baja temperatura. Sin embargo, con los primeros se dificulta más la soldadura. La pieza vaciada debe aislarse para que no sufra una pérdida rápida de calor, de manera que pueda mantenerse la temperatura de precalentamiento durante toda la operación de soldadura. El calor aportado por la soldadura puede usarse para ayudar a mantener las temperaturas entre pasadas en las piezas de tamaño pequeño y mediano. En las piezas fundidas grandes, deben evitarse los gradientes térmicos de gran pendiente, para que no haya agrietamiento. Para asegurar el control apropiado, la temperatura debe medirse por medio de pirómetros de contacto o de crayones indicadores de temperatura, en el borde de la zona de soldadura y en tantos otros lugares como puedan facilitar el tamaño de la pieza vaciada y el método de calentamiento.

Además de precalentar, es importante preparar correctamente la creura de soldadura. Por ejemplo, para soldadura a tope con el proceso de arco metálico protegido, o para reparar una pieza fundida defectuosa, se prepara una ranura con un ángulo incluido de 60°, mediante el corte de rebanadas, a esmeril o por maquinado.

Debe tenerse en cuenta dejar una abertura de fondo lo suficientemente amplia, para permitir la manipulación interrumpida del electrodo y la fusión con las caras de la raíz y la placa de respaldo. Por otra parte, si la soldadura es a hacerse por el proceso oxiacetilénico, no satisfactorio un án-

gulo incluido de la ranura de 90° si se ha de usar una ranura en doble V. Cuando la soldadura puede hacerse desde un lado, el ángulo incluido de ranura puede aumentarse hasta 120°.

### A.3. ACEROS INOXIDABLES.

La composición de los aceros inoxidable se han normalizado ya, y cada aleación se le ha asignado un número específico según normas AISI.

Los aceros inoxidable que se soldan más comúnmente por los procesos normales de soldadura son los de cromo-níquel y los de cromo solamente.

Todos los aceros inoxidable son fácilmente soldables mediante los procesos normales de soldadura, pero difieren sus tratamientos térmicos de pre-soldadura y post-soldadura. Los aceros inoxidable austeníticos (serie 300), con excepción de los grados de maquinado libre, son más soldables que los ferríticos martensíticos.

Los aceros inoxidable martensíticos templables (serie 400), pueden soldarse en estado recocido, templado o templado y revenido. Cualquiera que sea el estado previo del acero, la soldadura produce una zona martensítica endurecida adyacente a la soldadura. La dureza de la zona afectada por el calor, depende principalmente del carbono del metal de base. Al aumentar la fuerza disminuye la tenacidad, y la zona se vuelve más susceptible al agrietamiento. El precalentamiento y el --

SOLDABILIDAD				CARACTERÍSTICAS SOBRESALIENTES
ARCO	GAS	RESISTENCIA		
301	1	2	1	Acero inoxidable de uso general que trabaja con facilidad. Se fabrica fácilmente, para aplicaciones decorativas o resistentes a la corrosión.
302	1	3	1	Acero inoxidable para servicio general que se trabaja con facilidad.
304, 304LC	1	3	1	Se usa cuando se requiere mejor resistencia a la corrosión que la del acero 18-8.
308	1	3	1	Alta resistencia a la formación de escamas, y buena resistencia a altas temperaturas.
309	1	3	1	Más cromo y níquel para mayor resistencia a la formación de escamas en alto calor.
310	1	3	1	Excelente resistencia a la corrosión química.
316, 316LC	1	2	1	Mayor contenido de níquel que el 316, para una mejor resistencia a la corrosión.
321	1	2	1	Estabilizado al titanio para impedir la precipitación del carburo.
347	1	2	1	Estabilizado al cobalto para impedir la precipitación del carburo.
403	2	2	2	Se usa para álabes de turbinas forjados.
410	2	3	2	Uso general, bajo precio, tratable térmicamente.
414	2	3	2	Se usa agregado níquel, para hojas de cuchillo, resortes.
416	4	3	4	Se maquinado libre.
420	2	3	2	Se más alto contenido de carbono para cuchillería e instrumentos de cirugía.
431	2	2	2	Propiedades mecánicas altas.
440A	5	3	4	Para instrumentos, cuchillería, válvulas.
440B	5	3	4	Con mayor contenido de carbono que el 440A
440C	5	3	4	Con mayor contenido de carbono que el 440A o B para alta dureza.
502	2	3	2	Mayor resistencia a la corrosión que los tipos al cromo-níquel.
605	2	3	2	No templable cuando se enfria al aire desde temperaturas elevadas.
406	2	3	2	Para resistencias eléctricas.
430	2	3	2	Aliación de fácil conformado, para soldarlas
430F	2	3	2	Verdad de maquinado libre del grado 430
446	2	3	2	Alta resistencia a la corrosión y formación de escamas hasta 2150F.

TEMPERATURAS PARA EL RECOCIDO SUBCRITICO Y COMPLETO DE LOS ACEROS INQUEJABLES MARTENSITICOS.

TIPO AISI	Temperatura de recocido subcritico (°F)	Temperatura de recocido completo (°F)
403, 410, 416	1400	1600
410	1400	1650
414	1250	---
431	1300	---
440a, 440b, 440c	1400	1650

TABLA N° 16.

control de las temperaturas entre pasadas, son los medios más eficientes para evitar el agrietamiento. Para obtener resultados óptimos se requiere el tratamiento térmico de postsoldadura.

Los aceros inoxidable ferríticos no templables (serie 400) producen uniones soldadas con menor resistencia al impacto a causa del crecimiento del grafito que tiene lugar a la temperatura de soldadura. El intervalo de temperatura de precalentamiento recomendado para los aceros inoxidable ferríticos, es de 300 a 450°F. Los aceros inoxidable ferríticos no deben dejarse enfriar dentro del horno por debajo de 1100°F., porque entre 1050 y 1300°F. estos aceros son susceptibles de lo que se conoce como fragilización de los 450°F. a la temperatura ambiente, es decir, a por enfriamiento rápido en agua.

## B. METALES NO FERROSOS Y SU SOLDABILIDAD.

### B.1. ALUMINIO Y ALEACIONES DE ALUMINIO.

Las clasificaciones de soldabilidad de las aleaciones de aluminio seleccionadas que se ofrecen en el comercio aparecen en la lista de la Tabla No. 21.

La limpieza del aluminio previa a la soldadura, es---

esencial para obtener una calidad óptima. Los requisitos de -  
 preliminaria son especialmente estrictos antes de la soldadura -  
 de polaridad directa y la de arco de tungsteno con gas (TIG), -  
 porque bajo tales condiciones el arco no ejerce acción limpia-  
 dora alguna.

Los contaminantes de la superficie deben removerse -  
 del metal de base, como la mugre, las partículas metálicas, el  
 aceite la grasa, pintura, la humedad, y los recubrimientos --  
 gruesos de óxido. Otra fuente de contaminación es la película  
 de óxido que se forma sobre el metal de aporte. Cuanto más --  
 gruesa es el recubrimiento de óxido, mayor es el efecto adver-  
 so sobre la fluidez del metal de la soldadura y sobre la sold-  
 ificación, y mayor es el riesgo de porosidad. Para obtener -  
 los resultados óptimos, toda la limpieza y separación de óxido  
 debe hacerse dentro de las 24 horas para la soldadura por res-  
 sistencia, y dentro de dos o tres días para soldar por fusión,  
 siempre que la superficie que se va a soldar se limpie con ce-  
 pillo de alambre antes de soldar. En la tabla No. 18 se pre-  
 senta un resumen de los procedimientos generales de limpieza.  
 Las uniones que se usan más comúnmente para soldar aluminio -  
 aparecen en la figura No. 8 y las condiciones de soldadura --  
 aplicables se dan en la tabla No. 19.

Para obtener una resistencia de junta de alrededor -  
 del 20% de la del metal de base, las juntas a treslepe y las -  
 juntas en T, deben hacerse usando soldadura de fillete pequeño y

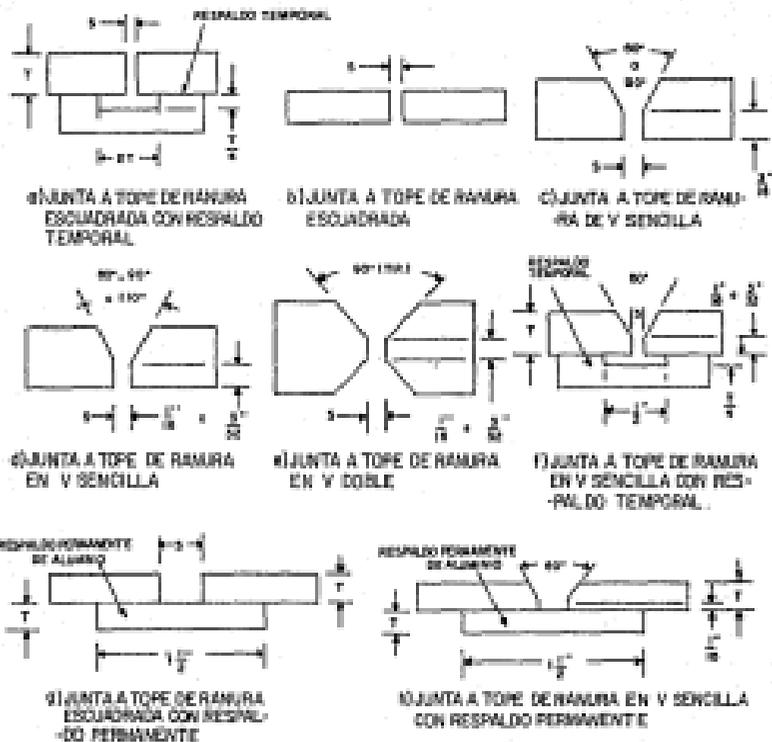


FIG. 6 . JUNTAS DE USO COMÚN EN LA SOLDADURA DEL ALUMINIO.

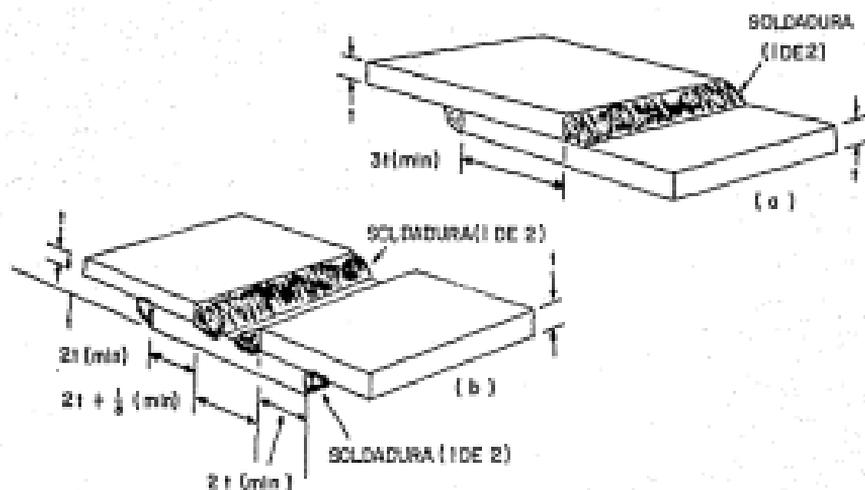


FIGURA 7 a) JUNTA A TRASLAPE DISEÑADA PARA RESISTENCIA MÁXIMA.  
 b) JUNTA EN T DISEÑADA PARA RESISTENCIA

continúa en cada lado de la junta.

Los defectos de soldadura que con más frecuencia se presentan en soldaduras de aluminio comprenden: grietas de carácter, grietas longitudinales, fusión incompleta, penetración incompleta, porosidad y socavamiento. Las grietas de carácter son pequeñas grietas o defectos del tipo de pata de cuervo que ocurren durante la solidificación. Estas grietas pueden ser pequeñas, pero son muy nocivas, ya que generalmente ocurren al terminar una soldadura, cuando es más pronunciada la concentración de esfuerzo o efecto final. Deben tenerse en cuenta y tomarse gran cuidado en determinar si hay presentes grietas de carácter. Si se encuentran, deben eliminarse por rebabeado antes de soldar. La presencia de grietas de carácter puede determinarse por rayos X, pruebas ultrasonidas, de debiles guiado, y/o metalográficas. Las grietas longitudinales pueden ocurrir a veces cuando el metal está pasando entre las temperaturas de líquido a sólido. Estas grietas se forman generalmente por el uso del metal de aporte incorrecto, por velocidad incorrecta de aplicación inapropiada de la junta. La penetración incompleta se ocasiona generalmente por una corriente de soldadura demasiado alta, por no haber suficiente preparación de los bordes o preparación de la junta, o por una velocidad de avance de aplicación demasiado alta por la alimentación de calor que se emplea.

La fusión incompleta ocurre cuando la película re-

fractura de óxido de aluminio que se forma sobre la superficie, no se elimina completamente por buenos procedimientos de limpieza previos a la soldadura. La porosidad se debe al hidrógeno atrapado. Ocurre más frecuentemente en la ENMG, por la alta característica de solidificación de este proceso. El socavamiento es un defecto sumamente serio, porque reduce --- el área de sección transversal de la zona de soldadura y con ello su capacidad de carga. Ocurre con mayor frecuencia cuando se aplican técnicas inapropiadas o procedimientos inadecuados de soldadura. Las inclusiones pueden ser de dos tipos: metálicas y no metálicas. El uso incorrecto de los cepillos de alambre o de las ruedas abrasivas, la eliminación inapropiada de los óxidos, o los procedimientos incorrectos de soldadura de arco metálico protegido con fundente, puede ocasionar también el depósito de inclusiones en la soldadura.

### 8.1 COBRE Y ALEACIONES DE COBRE.

En la figura No. 8 se presentan parámetros representativos aceptables para la soldadura de diversas clases de cobre y aleaciones de cobre.

Los procesos de soldadura que pueden usarse para unir los diferentes tipos de cobre y sus aleaciones aparecen en la tabla No. 23.

#### 8.2.1 PROCESOS PROTEGIDOS CON GAS

Los procesos protegidos con gas que se emplean co---

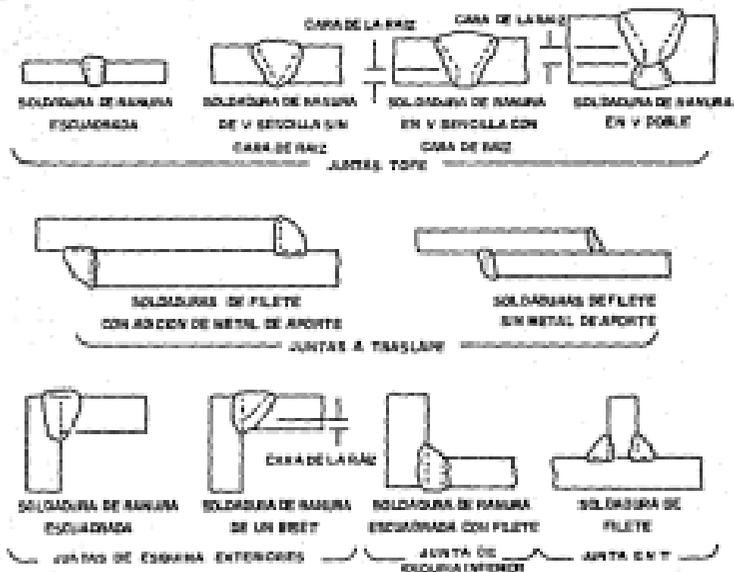


FIG. 8 CONFIGURACION DE LAS RANURAS PARA LA SOLDADURA CON ARCO DEL COBRE Y SUS ALEACIONES.

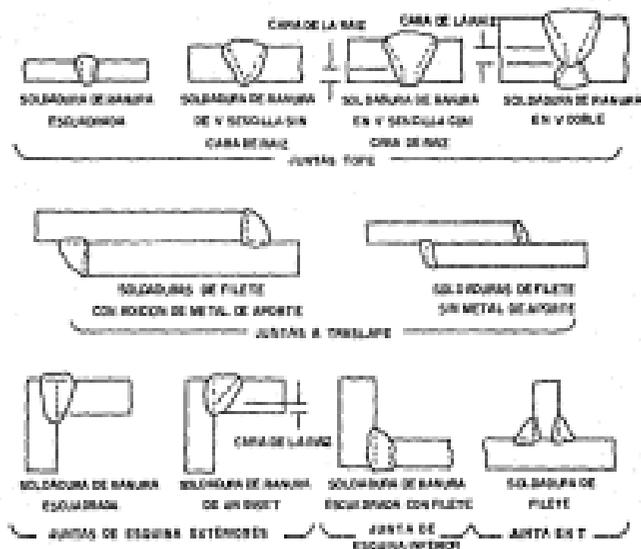


FIG. 8 CONFIGURACION DE LAS BANURAS PARA LA SOLDADURA CON ARCO DEL COBRE Y SUS ALEACIONES.

ónmente para soldar el cobre y sus aleaciones son:

- 1) El proceso GTAW - argón
- 2) El proceso GMAW - argón y
- 3) Los procesos GTAW y GMAW con helio.

Cuando se une una aleación de cobre a una aleación ferrosa o de níquel, debe tenerse cuidado de evitar la dilución y la captación de hierro, respectivamente. El efecto más serio de una dilución excesiva es la falta de soldar y confiabilidad, la que se manifiesta en forma de grietas de contracción que pueden iniciarse en el metal de la soldadura o de aporte y continuar hasta el metal de base. El método que se espina más comúnmente para prevenir la dilución y la captación de hierro, al soldar por el proceso MIG cobre, bronce al aluminio o aleaciones de cobre y zinc a acero con bajo carbono, acero alado, acero inoxidable, hierro fundido o aleaciones de níquel, consiste en soldar con soldadura fuerte un lado de la junta, y por el proceso seleccionado el otro lado.

Otras aleaciones de cobre se unen a los metales ferrosos y a las aleaciones y a las aleaciones de níquel por el método de sobreposición. Este método consiste en aplicar un recubrimiento de metal, seleccionado por su capacidad para actuar como amortiguador o separador entre dos metales incompatibles, a una o a ambos lados de la junta. El metal amortiguador mitiga o elimina la mezcla de los metales incompatibles.

## CLASIFICACION DE SOLDABILIDAD DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO FORJABLE

ALICION	CSL	ACQ CSE ENFTL	SOLDADURA POR RESISTENCIA	SOLDADURA POR PRESION	WELDA- DESA FUSION	SOLDADURA BLANCA (CON FUNDOME TEMP. TEMP.	ESP. DE RIPPERA A TENSIOJ (LBS/PLG")	RESISTENCIA A LA FLECCION POR TENSIOJ (LBS/PLG")	
1000-0	A	A	B	A	A	A	A	30,000	4,000
1000-014	A	A	A	A	A	A	A	34,000	13,000
100-0	A	A	B	A	A	A	A	12,000	4,000
100-019	A	A	A	A	A	A	A	27,000	24,000
1100-0	A	A	B	A	A	A	A	15,000	5,000
1100-018	A	A	A	A	A	A	A	24,000	22,000
3000-0	A	A	B	A	A	A	A	16,000	6,000
3000-010	A	A	A	A	A	A	A	29,000	27,000
Aliclad									
3000-0	A	A	B	A	A	A	A	16,000	6,000
3000-018	A	A	A	A	A	A	A	29,000	27,000
Aliclad									
3000-0	A	A	B	A	A	A	A	16,000	6,000
Aliclad									
3000-010	A	A	A	A	A	A	A	29,000	27,000
3004-0	A	A	B	A	B	B	A	26,000	10,000
3004-002A	A	A	A	B	B	B	A	41,000	24,000
2011-T3	D	D	D	D	D	D	D	55,000	43,000
2011-T6	D	D	D	D	D	D	D	59,000	45,000
2014-T4	D	C	B	C	B	D	D	62,000	42,000
2014-T6	D	C	B	D	D	D	D	70,000	60,000
Aliclad									
2014-T3	D	B	A	C	D	B	C	63,000	40,000
Aliclad									
2014-T6	D	D	A	C	D	B	C	68,000	60,000
2017-T4	D	C	B	D	D	D	D	62,000	40,000
2018-T64	D	C	B	D	D	D	D	61,000	46,000
2004-T3	D	C	B	C	D	D	D	70,000	50,000
2004-T36	D	C	B	C	D	D	D	73,000	57,000
Aliclad									
2004-T3	D	B	A	C	D	B	C	65,000	45,000
Aliclad									
2004-T36	D	B	A	C	D	B	C	67,000	55,000
2219-031	D	A	A	C	D	D	B	50,000	37,000
2219-081	D	A	A	C	D	D	B	70,000	50,000
4032-T6	D	B	C	C	D	D	B	55,000	46,000
5005-0	A	A	B	A	B	B	A	18,000	6,000
5005-008	A	A	A	B	B	B	A	29,000	27,000
5050-0	A	A	B	A	B	C	B	21,000	8,000
5080-008	A	A	A	B	B	C	B	32,000	28,000
5052-0	A	A	B	A	C	C	C	28,000	13,000
5052-008	A	A	A	B	C	C	C	42,000	37,000
5056-0	C	A	B	B	D	D	B	42,000	22,000

5056-808	C	A	A	C	D	D	D	60,000	50,000
5060-0	C	A	B	B	D	D	D	43,000	31,000
5063-8013	C	A	A	C	D	D	D	46,000	33,000
5068-0	C	A	B	B	D	D	D	38,000	17,000
5069-804	C	A	B	A	D	D	D	47,000	37,000
5124-0	C	A	B	A	D	D	D	35,000	17,000
5124-804	C	A	A	B	D	D	D	42,000	33,000
5124-808	C	A	A	B	D	D	D	48,000	39,000
5424-0	C	A	B	B	D	D	D	36,000	17,000
5424-804	C	A	A	B	D	D	D	44,000	35,000
5426-0	C	A	B	B	D	D	D	45,000	33,000
5426-8020	C	A	A	C	D	D	D	51,000	37,000
6053-74	A	A	A	B	A	B	B	30,000	22,000
6053-76	A	A	A	B	A	B	B	37,000	32,000
6061-74	A	A	A	B	A	B	B	35,000	31,000
6061-76	A	A	A	B	A	B	B	45,000	40,000
6062-74	A	A	A	D	A	B	B	35,000	31,000
6062-76	A	A	A	D	A	B	B	45,000	40,000
6063-75	A	A	A	B	A	B	B	27,000	21,000
6070-74	B	A	A	B	B	A	A	49,000	30,000
6070-76	B	A	A	B	B	A	A	57,000	50,000
6071-74	B	A	A	B	B	A	A	49,000	30,000
6071-76	B	A	A	B	B	A	A	57,000	50,000
6131-76	A	A	A	B	B	B	B	48,000	43,000
6751-0	A	A	B	A	A	B	A	14,000	7,000
6751-76	A	A	A	B	A	B	A	-----	-----
7026-763	B	A	B	D	C	D	C	64,000	55,000
7073-76	D	C	B	D	D	D	D	83,000	73,000
At least									
7073-76	D	C	B	D	D	B	C	35,000	67,000

TABLE N° 17.

## MÉTODOS COMÚNES PARA LA LIMPIEZA DE LAS SUPERFICIES DE ALUMINIO PARA SOLDABILAS

TIPO DE SOLUCIÓN	CONCENTRACION	TEMPERATURA	TIPO DE RECIPIENTE DE CONTENCIÓN	PROCEDIMIENTO	OBJETIVO
Acido Sulfúrico grado técnico	50% agua, 50% ácido Nítrico, grado técnico	Ambiente  1.5MPF	Acero inoxidable 34.7	Inmersión de 15 min. Enjuague en agua fría. Enjuague en agua caliente y secado.	Para quitar la película delgada de óxido de hierro para solda- duras por fusión.
1. Hidróxido de sodio (sosa clorato) o sosa caústica	1.5%		1. Acero común	1. Inmersión 10-60 segundos Enjuague en agua fría	Quita la peli- cula de óxido para toda solda- duras y para los procesos de soldadura bur- do.
2. Acido nítrico, grado técnico	Concentrada (usar como se recibe)	2. Ambiente	2. Acero inoxidable 307	2. Inmersión durante 30 segundos. Enjuague en agua fría. En- juague en agua caliente y secado.	
Sulfúrico-Crómico	1.50 - 1 gal. CrO <sub>3</sub> - 45 oz agua - 9 gal	160-180°F	Tanque de acero revestido de plomo antibiótico	Inmersión du- rante 2-3 min. Enjuague en agua fría. En- juague en agua caliente y se- cado.	Para la elimi- nación de peli- cula de óxido de tratamientos térmicos y recocido, tal como manchas y para el desmenuzamiento de óxi- daciones de óxido.
Fosfórico-crómico	1.10 (75%) 2.7 gal. CO <sub>2</sub> - 1.75 lbs. agua - 10 gal	200°F	Acero inoxidable 307	Inmersión du- rante 5-10 min. Enjuague en agua fría. En- juague en agua caliente y se- cado.	Para eliminar contaminantes ácidos.

TABLA N° 18.

ESPECIE DEL METAL, $\alpha(\rho/g)$	POSICION DE SOLDADURA	SOLDADURA SEMIAUTOMATICA CON ARCO METALICO Y GAS			SOLDADURA MANUAL CON ARCO DE ELECTRODO Y GAS	
		DISEÑO DE JUNTA	APERTURA DE BAZO, $\alpha(\rho/g)$	POSICION DE SOLDADURA <sup>a</sup>	DISEÑO DE JUNTA	APERTURA DE BAZO, $\alpha(\rho/g)$
1/16	F	a, g	0-3/32	F, H, V, O	1	0
3/32	F	a	0	F, H, V	1	0
	F, H, V, O	g	1/8	O	1	0
1/8	F, H, V	a	0-1/32	F	2	0
	F, H, V, O	g	3/16	H, V, O	2	0
3/16	F, H, V	b	0	F	4-60°	0-1/8
	F, H, V, O	f	0-1/16	H	4-90°	0-3/32
	F, V	b	3/32-1/2	V	4-60°	0-3/32
	F, V	b	3/16	O	4-110°	0-3/32
1/4	F	b	0	F	4-60°	0-1/8
	F, H, V, O	f	0-3/32	H	4-90°	0-3/32
	F, V	h	1/8-1/4	V	4-60°	0-3/32
	H, O	h	1/4	O	4-110°	0-3/32
3/8	F	c-90°	0-3/32	F	4-60°	0-1/8
	F, V	f	0-3/32	F	5	0-3/32
	H, V, O	f	0-3/32	V	4-60°	0-3/32
	F, V	h	1/4-3/8	H, V, O	5	0-3/32
	H	h	3/8	H	4-90°	0-3/32
	O	h	3/8		4-135°	0-3/32
3/4	F	c-60°	0-3/32			
	F	h	0-1/8			
	H, V, O	h	0-1/8			
	F, H, V, O	h	0-1/8			

TABLA N° 11

CONDICIONES TÍPICAS PARA LA SOLDADURA SEMIAUTOMÁTICA DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO

CORRIENTE DEL METAL (kg)	POSICIÓN DE SOLDADURA	ALAMBRE ELÉCTRICO			AMPER		VOLTAJE		SOLDADURA		
		NÚMERO DE ALAMBRE (FLE) (mm)	ALUMINIO (g/100mm)	100 IN LA PUN (100 FLE)	RECORRIDO DE PUN (FLE/INCH)	100 IN LA PUN (100 FLE)	CONEXIÓN (V/cm) (V/INCH)	VOLTAJE (V)	PUN (INCH)	VOLTAJE (V/cm) (V/INCH)	NÚMERO DE PASADAS
SISTEMA DE TOPE											
30	F	3/64	120	2	10	34	150	20	5.15	24	1
	H,V	3/64	120	2	10	35	160	20	5.17	24	1
	Ø	3/64	120	2/27	40	38	160	20	5.16	24	1
1/16	F	5/64	210	4/17	10	57	175	20	5.40	24	1
	H,V	5/64	210	4/12	15	75	150	20	5.00	20	1
	Ø	5/64	210	1	40	60	160	20	5.25	20	1
1/8	F	7/64	330	8	40	105	200	25	5.45	24	1
	H,V	7/64	330	8	45	135	170	25	5.00	24	1
	Ø	7/64	330	10	50	125	180	25	5.45	24	1
1/4	F	1/16	495	18	50	160	260	35	5.80	24	2
	H,V	1/16	495	15	50	170	275	35	5.25	24	2
	Ø	1/16	495	18	50	175	260	35	6.20	24	2
1/2	F	1/8	750	45	50	200	310	35	5.20	24	2
	H,V	1/8	750	25	50	200	300	25-28	5.55	24	2
	Ø	1/8	750	30	50	205	290	25-28	5.07	20	2
10	F	1/2	1400	90	50	245	520	35-38	5.27	20	2
	H,V	1/2	1400	70	50	275	500	35-38	5.40	20	2
	Ø	1/2	1400	90	50	275	490	35-38	5.00	20	2
20	F	3/8	2100	120	50	305	600	35-38	5.13	20	2
	H,V	3/8	2100	90	50	305	590	25-28	5.00	20	2
	Ø	3/8	2100	120	50	305	580	25-28	5.17	20	2
30	F	1/2	2800	150	50	340	650	35-38	5.10	20	2
	H,V	1/2	2800	120	50	375	630	25-28	5.10	20	2
	Ø	1/2	2800	150	50	375	620	25-28	5.42	20	2
50	F	5/8	4200	200	60	400	800	35-38	5.20	20	2
	H,V	5/8	4200	150	60	400	780	25-28	5.10	20	2
	Ø	5/8	4200	200	60	400	780	25-28	5.10	20	2
100	F	1	8400	300	60	460	900	35-38	5.40	20	2
	H,V	1	8400	225	60	460	880	25-28	5.10	20	2
	Ø	1	8400	300	60	460	870	25-28	5.40	20	2

TABLA Nº 10

1/2	F	1/23	180	280	80	2185	425	25-31	21-33	12	10
	H	1/16	255	385	80	1849	280	25-31	21-32	24	26
2/8	H	2/22	150	385	80	1380	150	25-31	17-22	24	14
	V	1/16	225	280	80	1985	280	25-31	44-15	24	20
3	V	2/22	145	280	80	2215	328	25-31	31-23	24	12
	F	2/22	180	315	80	2465	425	25-31	43-19	12	12
2/2	H	1/16	215	385	80	2845	215	25-31	48-28	24	24
	V	2/22	170	385	80	3148	425	25-31	38-18	24	24
2/2	V	1/16	215	280	80	3248	280	25-31	37-27	20	28
	V	2/22	150	380	80	1925	150	25-31	49-19	20	14
1	F	2/22	215	370	80	3515	425	25-31	47-25	24	15
	H	2/22	150	270	80	3615	215	25-31	28-18	24	12
1	F	2/22	150	280	80	3580	150	25-31	44-27	24	28
	H	2/22	150	280	80	3180	420	25-31	44-17	20	28

JEMBERS ES 1 V A BRASLARE

1/2	F	1/16	150	2	38	21	125	28	1-04	20	1
	H,F	2/24	180	2	30	33	115	28	1-10	24	
1/16	F	2/24	175	2	40	45	118	30	1-13	24	
	F	2/24	225	4/2	30	35	180	30	1-15	24	
1/4	H,V	2/24	230	4/2	25	28	185	28	1-24	20	
	F	2/24	245	4/2	40	25	180	28	1-22	20	
1/4	H,V	1/16	185	7	40	80	225	25	2-01	24	
	H,V	1/16	150	7	45	180	200	25	2-10	28	
3/8	F	1/16	120	7	50	115	210	25	2-30	28	
	F	1/16	225	17	50	125	200	25	2-29	24	
1/2	H,V	1/16	120	17	50	280	200	25	2-29	24	
	F	1/16	185	17	60	280	210	23	2-29	24	
1/2	F	2/12	145	18	60	285	240	25	2-31	16	
	H,V	1/16	200	28	60	385	225	25	2-29	12	
2/4	F	1/16	205	29	60	435	230	25	2-29	18	
	F	2/22	180	46	60	430	275	25	2-21	16	
1	H,V	1/16	220	46	60	445	260	25	2-29	18	
	F	2/22	180	80	60	425	425	25	2-11	16	
1	F	2/22	180	120	80	425	260	25	2-29	16	
	H	1/16	265	120	80	2025	280	25	2-29	18	

EMPRESA DEL METAL (PIE)	POSICION DE SOL- BARRERA	MATERIA ELECTRODA		MATERIA		MATERIA		MATERIA
		DIAMETRO PIE	USO DE UN PIE	USO DE UN PIE	USO DE UN PIE	USO DE UN PIE	USO DE UN PIE	
176	F	1044	1	30	100	200	30	1
	R,Y	1044	1	30	100	200	30	1
	F	1044	1	30	100	200	30	1
	R,Y	1044	4 82	50	170	200	50	1
	F	1044	4 82	75	170	200	75	1
174	F	1044	4 82	60	160	200	60	1
	R,Y	1044	4 82	60	160	200	60	1
	F	1044	1	45	175	250 250 25	45	1
	R,Y	1044	1	45	175	250 250 25	45	1
	F	1044	1	50	180	250 250 25	50	1
175	F	1044	1	50	180	250 250 25	50	1
	R,Y	1044	1	50	180	250 250 25	50	1
	F	1044	1	50	180	250 250 25	50	1
	R,Y	1044	1	50	180	250 250 25	50	1
	F	1044	1	50	180	250 250 25	50	1
172	F	1044	1	50	180	250 250 25	50	1
	R,Y	1044	1	50	180	250 250 25	50	1
	F	1044	1	50	180	250 250 25	50	1
	R,Y	1044	1	50	180	250 250 25	50	1
	F	1044	1	50	180	250 250 25	50	1
173	F	1044	1	50	180	250 250 25	50	1
	R,Y	1044	1	50	180	250 250 25	50	1
	F	1044	1	50	180	250 250 25	50	1
	R,Y	1044	1	50	180	250 250 25	50	1
	F	1044	1	50	180	250 250 25	50	1

PIESES DE BARRERA

PIESES DE BARRERA		MATERIA		MATERIA		MATERIA	
POSICION DE SOL- BARRERA	USO DE UN PIE						
176	F	1044	1	30	100	200	30
	R,Y	1044	1	30	100	200	30
	F	1044	1	30	100	200	30
	R,Y	1044	4 82	50	170	200	50
	F	1044	4 82	75	170	200	75
174	F	1044	4 82	60	160	200	60
	R,Y	1044	4 82	60	160	200	60
	F	1044	1	45	175	250 250 25	45
	R,Y	1044	1	45	175	250 250 25	45
	F	1044	1	50	180	250 250 25	50
175	F	1044	1	50	180	250 250 25	50
	R,Y	1044	1	50	180	250 250 25	50
	F	1044	1	50	180	250 250 25	50
	R,Y	1044	1	50	180	250 250 25	50
	F	1044	1	50	180	250 250 25	50
172	F	1044	1	50	180	250 250 25	50
	R,Y	1044	1	50	180	250 250 25	50
	F	1044	1	50	180	250 250 25	50
	R,Y	1044	1	50	180	250 250 25	50
	F	1044	1	50	180	250 250 25	50
173	F	1044	1	50	180	250 250 25	50
	R,Y	1044	1	50	180	250 250 25	50
	F	1044	1	50	180	250 250 25	50
	R,Y	1044	1	50	180	250 250 25	50
	F	1044	1	50	180	250 250 25	50

PROCESOS DE SOLDADURA QUE PUEDEN USARSE PARA SOLDAR EL COBRE Y SUS ALIACIONES

NUMEROS DE SERIE	PROCESOS DE UNION APLICABLES							
	SOLDADURA BLANCA	SOLDADURA FUERTE	GAS COMBUSTIBLE	ARCO PROTEGIDO CON GAS	ARCO METALICO CON RECUBRIMIENTO	POR PUNTOS	RESISTENCIA DE COSTURA	A TOPE
101-107	E	E	F	G	N/R	N/R	N/R	G
109	E	E	G	G	N/R	N/R	N/R	G
110-116	E	G	N/R	F	N/R	N/R	N/R	G
119-121	E	E	F	F	N/R	N/R	N/R	G
122	E	E	G	E	N/R	N/R	N/R	G
123-130	E	G	N/R	F	N/R	N/R	N/R	G
140-143	E	G	G	E	N/R	N/R	N/R	G
145	E	G	F	F	N/R	N/R	N/R	F
147	E	E	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	G
150	E	E			N/R			G
153	E	E	N/R	N/R	N/R	G	N/R	N/R
162	E	E	G	G	N/R	N/R	N/R	G
163	E	E	N/R	F	N/R	N/R	N/R	E
170	G	G	N/R	G	G	C	F	F
175	G	G	N/R	F	F	C	F	F
182-185	G	G	N/R	C	N/R	N/R	N/R	F
187	E	G			N/R			F
189	E	E	E	E	G	F	N/R	E
190	E	E	G	G	N/R	F	F	G
191	E	G	F	F	F	P	P	F
192-194	E	E	G	E	N/R	N/R	N/R	G
195	E	E	F	G	F	F	C	G
210-220	E	E	G	G	N/R	N/R	N/R	G
226, 230, 240	E	E	G	G	N/R	F	N/R	G
260, 268, 270, 280	E	E	G	F	N/R	G	N/R	G
304, 316	E	G	N/R				N/R	G
330	E	G	F	F	N/R	F	N/R	F
332	E	G					N/R	F
335	E	G	F	F	N/R	F	N/R	F
340, 342, 353	E	G	N/R				N/R	F
349	E	G	F	F	N/R	F	N/R	F
350, 354, 360	E	G	N/R				N/R	F
365, 366, 367, 368	E	G	F	F			N/R	F
370	E	G	N/R				N/R	F
377, 378	E	G	N/R				N/R	F

TABLA N° 21

## PROCESOS DE UNION APLICABLES

NUMERO DE SERIE	SOLDADURA BLANCA	SOLDADURA FUERTE	CAS COMESTIBLE	ACABO METALICO CON RECORRIDO	ACABO BRONCEADO CON CAS	RESISTENCIA		
						FOR PUMPS	DE CORONA	A TORN
411	E	E	F	G	N/R	F	N/R	G
413	E	E	G	F	N/R	F	N/R	G
425	E	E	G	G	N/R	F	N/R	G
435	E	E	G	F	N/R	G	N/R	G
443, 444, 445	E	E	G	F	N/R	G	N/R	G
464, 467	E	E	G	F	N/R	G	F	G
482, 485	E	G	N/R				N/R	F
505	E	E	F	G	N	N/R	N/R	E
510, 511, 521, 524	E	E	F	G	N	G	F	E
544	E	G					N/R	F
608	N/R	F	N/R	G	-	-		G
610	F	N/R	N/R	G	G	G	F	G
613	N/R	F	N/R	E	G	G	G	G
614, 618	N/R	F	N/R	G	G	G	G	G
619	F	F	N/R	E	G	G	G	G
623, 624	N/R	F	N/R	G	G	G		G
625	N/R	F	N/R	G	G	F	F	F
630	N/R	F	N/R	G	G	G	F	F
632	F	F	N/R	E	G	G	F	E
638	F	G	G	E	-	-	-	E
642	N/R	F	N/R	F	F	E	E	F
651	E	E	G	E	F	E	E	E
655	E	E	G	E	F	E	E	E
667	E	E	G	F	N/R	E	E	E
674	F	G	N/R	F	N/R	G	G	G
675	E	E	G	F	N/R	G	F	G
687	F	G	F	F	N/R	G	F	G
688	F	F	N/R	N/R	N/R	G	G	G
694	E	E	G	N/R	N/R	G	G	G
706	E	E	F	E	G	G	G	E
710	E	E	F	E	G	E	E	E
715	E	E	G	E	G	E	E	E
724	E	E	F	E	G	E	E	E
745	E	E	G	F	N/R	G	G	G
782	E	G	N/R	-	-	-	N/R	F

TABLA N° 21

## PROCESOS DE UNION APLICABLES

NUMERO DE SERIE	SOLDADURA BLANCA	SOLDADURA FUENTE	CAS COMESTIBLE	ARCO DE CARBONO	ARCO PROTECTIVO CON GAS	ARCO METALICO CON RECUBRIMIENTO
801-811	E	E	NR	F	F	NR
813, 814, 815	EE	GG	NR	F	F	F
817	GG	GG	NR	NR	F	NR
818, 820	GG	GG	NR	F	F	F
821	GG	GG	NR	NR	F	NR
822	GG	GG	NR	F	F	F
824, 828	F	F	NR	F	F	F
833	NR	GG	NR	NR	F	NR
834	EE	EE	F	NR	F	NR
836, 848	EE	GG	NR	NR	NR	F
852	EE	F	F	NR	NR	NR
852	EE	EE	C	F	GG	NR
852	EE	EE	C	F	GG	NR
854	EE	EE	F	F	F	F
855, 857	CC	FF	NR	NR	NR	NR
858	GG	GG	NR			NR
861, 862	FF	FF	G	NR	F	GG
863	FF				F	GG
864-868	F	F	F	-		F
872	NR	F	C	F	F	F
874, 895	NR	GG	F	NR	NR	NR
876	NR	F	G	P	F	F
878	NR	F	NR			NR
879	G	GG	NR	-	-	NR
902, 903, 905	E	GG	F	-	-	F
907-913	EE	GG	F	-	-	F
915	EE	GG	NR	-	-	NR
916	EE	GG	F	-	-	F
922	EE	EE	NR	-	-	NR
923-932	EE	GG	NR	-	-	NR
934, 935, 937	GG	GG	NR	-	-	NR
938, 939, 943	GG	FF	NR	-	-	NR
944	GG	GG	NR	-	-	NR
945	GG	FF	NR	-	-	NR
947	E	E	F	NR	GG	C

TABLA N° 23

NUMERO DE SERIE	PROCESOS DE LA UNION APLICABLES					
	SOLDADURA BLANDA	SOLDADURA FUERTE	GAS CONSUSTIBLE	ARCO DE CARBONO	ARCO PROTEGIDO CON GAS	ARCO METALICO CON RECUBRIMIENTO
948	E	C <sup>1</sup>	N/R			N/R
952,953,954	C	F	C	E		C
955	C	F	N/R	C	C	C
956	C	C	N/R	F	C	F
958	C	F	N/R	F	C	C
962	E	E	N/R	N/R	F <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>
963	E	E	N/R	N/R	F <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>
964	E	E	N/R	N/R	C <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>
966	E	E	C	F	F	F
973-978	E	F	N/R			N/R
983	N/R	C	N/R	F	C	C

TABLA N° 23

**CAPITULO III**  
**RECONSTRUCCION DEL TREN DE RODAJE**

## RECONSTRUCCION DEL TRÉN DE RODAJE

### A. DESCRIPCION, FACTORES DE DESGASTE

El tren de rodaje de un tractor está formado por más de un millar de piezas interdependientes; las ruedas catarreas hacen mover el conjunto tirando de los bujes de las cadenas -- que a su vez mueven a las pernos insertados dentro de ellas. -- esos pernos también están sujetos dentro de las arjetas de los eslabones y por consiguiente tiran de ellas, los eslabones consecutivos van moviendo las zapatas que están atornilladas a ellas y a la vez hacen girar los rodillos del carril, los rodillos cargadores y las ruedas guía. Esta interdependencia significa que cada vez que se mueve un componente del tren de rodaje se mueven todos rozando siempre metal contra metal lo que ocasiona calentamiento y desgaste.

El tren de rodaje de un tractor es sin duda el más costoso de sus componentes ya que representa alrededor de un 25% del costo de un tractor nuevo y la conservación de un tren de rodaje es también sumamente costosa puesto que está formado por piezas que sufren mucho desgaste por lo que cuando se hace un 50% de los gastos de conservación de un tractor se deben precisamente a su sistema de rodaje.

A continuación mencionaremos varios aspectos o factores que ayudarán a conservar el tren de rodaje para después pasar a analizar cada uno de sus componentes, las causas de su desgaste y su reconstrucción.

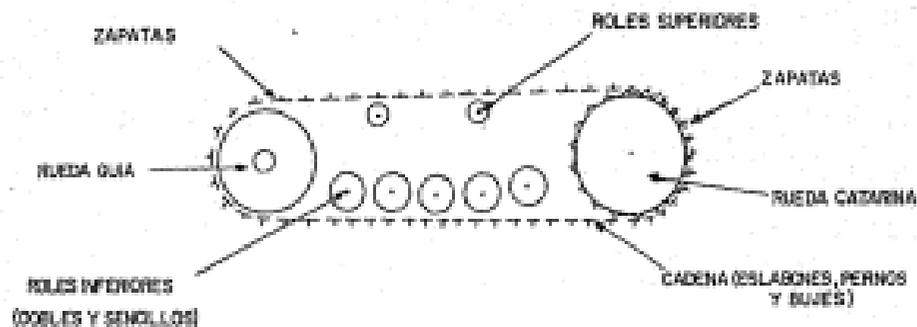


FIG. 9 REPRESENTACION DE UN TREN DE RODAJE DE UN TRACTOR

ESTA SALIDA DE LA BIBLIOTECA  
 2025 OCT 10 10:20 AM

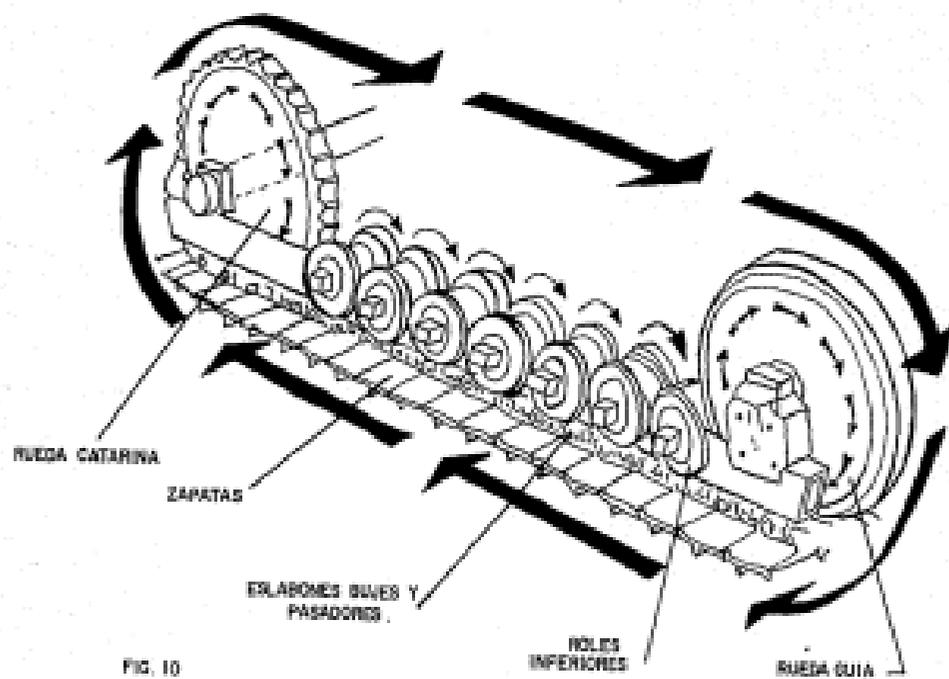


FIG. 10

## A.1. FACTORES QUE DETERMINAN LA DURACION DEL TIEMPO DE RODAJE.

Los factores que determinan la vida útil del tren de rodaje y desgaste equilibrado entre componentes se pueden dividir en tres grupos. En el primero están aquellos que se pueden controlar.

Estos son: Ajuste de la tensión de las cadenas, ancho de las repetas y en algunos casos alineación.

En el segundo grupo o factores no controlables, de que trataremos más tarde, están aquellas variables llamadas "supuestas" son los que dependen de la obra, están determinadas en su totalidad por las condiciones del suelo e incluyen: Impacto, abrasivos, compactación, humedad, terreno y aplicación de la máquina.

El último grupo, llamado a veces factores controlables parcialmente, se relaciona con los hábitos o costumbres del operador de la máquina.

## A.2 FACTORES CONTROLABLES.

El ajuste de las cadenas es de vital importancia en el desgaste externo de los bujes; puede aún determinar si es necesario, un volteo para poder utilizar el sistema de rodillos y eslabones.

El ancho de las repetas puede también controlarlo --

el usarlo. El ancho de las zapatas puede relacionarse con efectos tan distantes entre sí como integridad en la lubricación y pelio de la cadena, rajadura de los eslabones, desgaste de pestañas de rodillos y ritas de desgaste de bujes.

La alineación, el tercer factor y el menos crítico, lo veremos aquí también por que, particularmente en las máquinas con rueda motriz baja, se le culpa sin razón debido a muchos síntomas. Trataremos también de la vibración causada por las cadenas aunque el control de este aspecto depende exclusivamente del diseño de la máquina.

#### A.2.1 AJUSTE DE LAS CADENAS

Aunque el método de medir la curva de referencia y el ajuste de las cadenas varíe con cada tipo de máquina, la importancia que tiene para estos diferentes tipos no varía. Como se dijo antes, las cadenas demasiado tensas pueden disminuir la vida externa de los bujes y por esta sola razón figura como causa o acelerador bajo la sección relacionada con problemas estructurales y de desgaste de componentes.

#### A.2.2 ANCHO DE ZAPATAS

Como el ancho de las zapatas y los chequeos a que están sometidos influyen en la vida útil del tren de rodaje, se recomienda para obtener más rendimiento y vida útil, escoger el ancho de zapatas que convenga a cada aplicación.

#### A.3 FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCCION DE LA MAQUINA

**FLOTACION.** Seleccione una zapata que dé la flotación adecuada para todos sus trabajos. Cuanto más ancha sea la zapa ta mayor flotación ofrece. Sin embargo, no debe exceder los límites de flotación necesaria. Lo importante es seleccionar una zapata del ancho que impide el hundimiento de la máquina.

**PENETRACION-TRACCION.** Si la zapata es más ancha, no quiere decir que tenga mejor penetración o tracción, ni que la producción de la máquina sea mayor. Lo que se busca con el mayor ancho de zapatas es la flotación adecuada.

**MANIOBRABILIDAD.** Cuando más ancha sea la zapata tanto más resistencia al giro. Es decir, la máquina tiene menos maniobrabilidad y menor capacidad de producción.

**VERSATILIDAD.** Con las zapatas más anchas la máquina puede trabajar igualmente en suelos duros y en suelos blandos. Sin embargo, cuanto más ancha sea la zapata más acelerado es el desgaste.

#### A.4 FACTORES QUE AFECTAN LA RESISTENCIA Y EL DESGASTE DEL SISTEMA DE TRIN DE RODAJE.

**VIDA UTIL DE LA ZAPATA.** El desgaste de una zapata -- es el mismo cualquiera que sea su ancho. Las garras más anchas ofrecen ligeramente más duración. El patinaje de las cadenas es el principal factor que afecta el desgaste de la zapata.

**RESISTENCIA A LA DEFORMACION.** La resistencia de una zapata a la deformación, es proporcional a la distancia entre el borde exterior del eslabón y el extremo de la zapata. Cuanto más ancha sea la zapata mayor es el riesgo de que se agriete, tuerca y se afloje la tornillería.

**VIDA ÚTIL DE PASADORES Y BUJES.** En la actualidad se cuenta con dos tipos diferentes de cadenas para tractores.

- a) Cadena sellada.
- b) Cadena sellada y lubricada.

Está dotada con un aceite lubricante en su interior que le permite reducir fricciones internas.

En un terreno dado, las zapatas demasiado anchas aceleran el desgaste externo de los bujes de los dos tipos de cadenas, y también el desgaste interno de la cadena sellada. Esto se debe al aumento de esfuerzos, carga y torsión.

**VIDA ÚTIL DE ESLABONES, RODILLOS Y RUEDAS GUIA.** A zapatas más anchas mayor desgaste de los lados del riel del eslabón, rodillos y pestaña de la rueda guía, por que los esfuerzos son mayores. Con zapatas más anchas los eslabones corren también más riesgo de rajarse. El uso de zapatas demasiado anchas pueden hacer que los pasadores y bujes ensanchen el recordado del eslabón. Esto es más frecuente con zapatas de una sola garrilla alta. En este caso el volteo o reemplazo del pasador puede

## TABLA PARA LA SELECCION ADECUADA DE LAS ZAPATAS

ESTO CUANDO ESTO AUMENTA	FACTORES DE PRODUCTIVIDAD DE LA MAQUINA				FACTORES DE LA VIDA UTIL Y ESTRUCTURAL DEL TREN DE R.		
	FLUTACION	PENETRAC. TRACCION	MANIOBRA- BILIDAD.	VERSATILI- -DAD.	ZAPATA VU VE	PASADORES Y BUJES VU VE	ESLABONES Y RODILLOS VU VE
ANCHO ZAPATA	↑	→	↓	↗	→ ↓	↓	↘
GROSOR SECCION ZAPATA	→	↘	→	→	↑ ↑	↘	↘
MATERIAL ENDURECIDO PARA DESGASTE DE ZAPATA	→	→	→	→	↑ ↑	→	→
NUMERO DE GARRAS	→	↘	↗	↘	↑ ↑	↗	→
ALTURA DE LAS GARRAS	→	↑	↓	→	↑ ↑	↘	↘

VU = VIDA UTIL

VE = VIDA ESTRUCTURAL

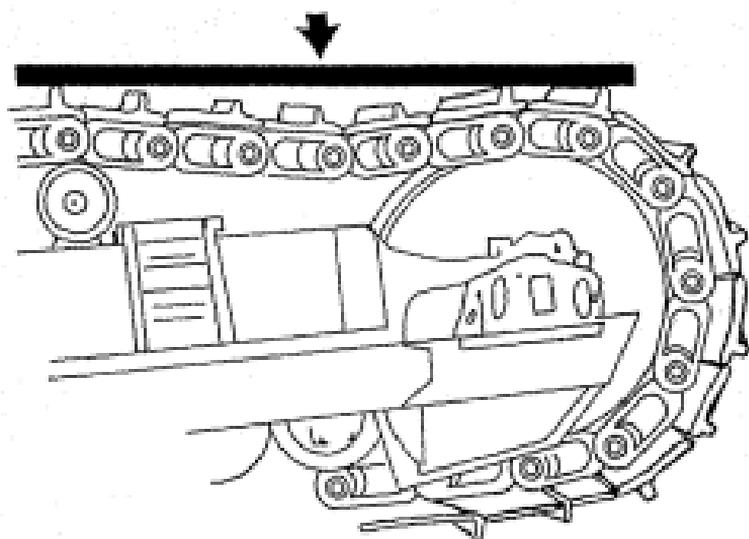


FIG. 11. FACTORES CONTROLABLES.  
MÉTODO DE AJUSTE CORRECTO PARA LA TENSION  
DE LA CADENA.

ser ineficaz.

### A.3 ALINEACION.

La alineación apropiada del bastidor de rodillos, rueda guía y rueda dentada es importante para evitar el desgaste acelerado y desigual en los componentes móviles del tron de rodaje. Como regla general, cualquier diferencia en el patrón de desgaste entre izquierda y derecha, interior y exterior o delantero y trasero puede ser por la alineación indebida de una o más partes del bastidor de rodillos, rueda guía o rueda matriz.

A continuación exponemos una descripción de los problemas más comunes de alineación, su causa, efecto y las acciones necesarias para corregirlos.

#### BASTIDOR DE RODILLOS, CONVERGENCIA HORIZONTAL Y/O DIVERGENCIA HORIZONTAL.

Es cuando vistas desde arriba una o ambas bastidores de rodillos no están paralelos con la línea del centro del tractor.

**Causa.** El refuerzo diagonal o el bastidor de rodillos está temporal o permanentemente doblado.

**Efecto.** Desgaste desigual cuando se compara la parte interior con la parte exterior del rodillo, y los patrones de la rueda guía y lados de los rieles. El estado de los rodillos empeora progresivamente, desde los delanteros hasta los poste-

fibres.

Solución. Enderezar los refuerzos diagonales y reparar los cojinetes de montaje.

INCLINACION. Cuando, visto desde la parte delantera o trasera, el bastidor de rodillos está inclinado hacia el tractor o viceversa.

Causa. El refuerzo diagonal está debilitado permanentemente y los montajes o cojinetes están rotos.

Efecto. Desgaste desigual cuando se compare la parte interior con el exterior de la rueda guía, rodillo, banda y pestañas del eslabón. Desgaste desigual en los rodillos, desde los delanteros hasta los traseros.

Solución. Enderezar el refuerzo diagonal y/o reparar los cojinetes de montaje.

ARCO. Es similar a la convergencia y divergencia horizontal, pero el bastidor de rodillos está doblado hacia afuera o hacia adentro con relación al tractor.

Causa. El bastidor de rodillos está doblado.

Efecto. Es similar al de convergencia y divergencia horizontal, excepto que no afecta los rodillos posteriores.

TORCIMIENTO. Es similar a la inclinación pero el bastidor de rodillos está torcido, causando la inclinación en el -

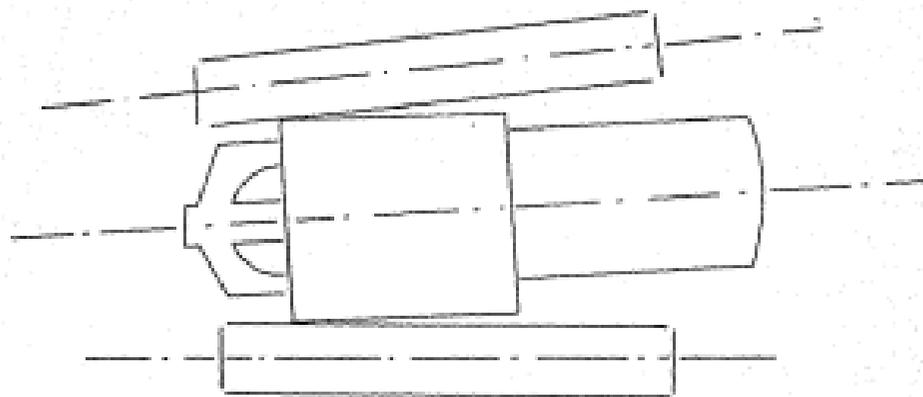
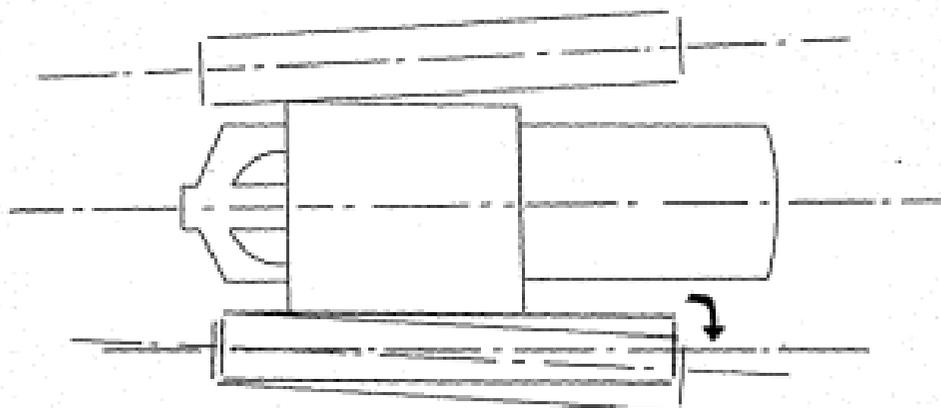


FIG. 12 FACTORES CONTROLABLES  
CONVERGENCIA O DIVERGENCIA HORIZONTAL EN EL  
BASTIDOR DE RODILLOS.

FIG. 13 FACTORES CONTROLABLES.  
ARCO EN EL BASTIDOR DE RODILLOS.



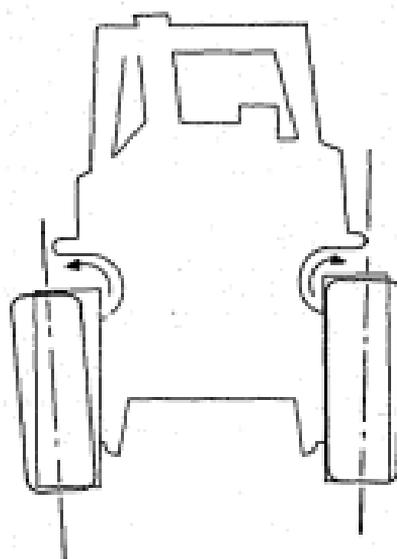


FIG.14 FACTORES CONTROLABLES.  
TORCIMENTO EN EL  
BASTIDOR DE RODILLOS.

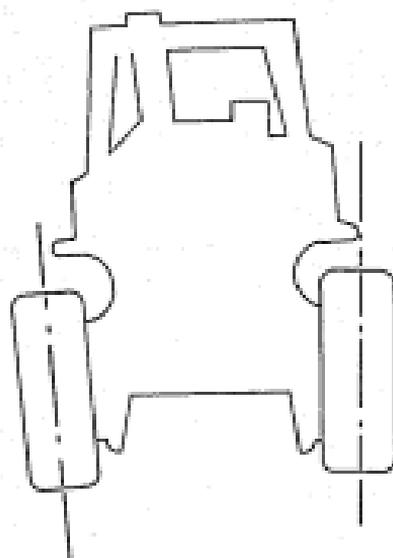
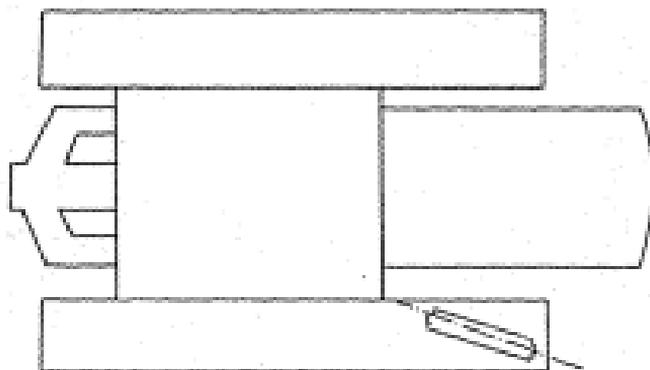


FIG. 15 FACTORES CONTROLABLES.  
INCLINACION EN EL BASTIDOR  
DE RODILLOS.



**FIG. 18 FACTORES CONTROLABLES  
CONVERGENCIA O DIVERGENCIA HORIZONTAL EN EL MONTAJE  
DE LA RUEDA GUIA.**

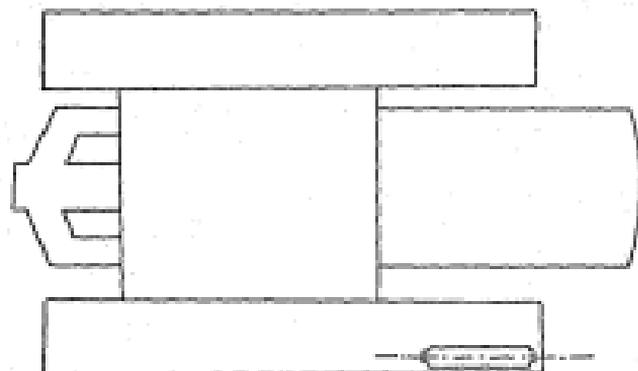


FIG.17 FACTORES CONTROLABLES.

DESPLAZAMIENTO LATERAL EN EL MONTAJE DE LA  
RUEDA GUIA.

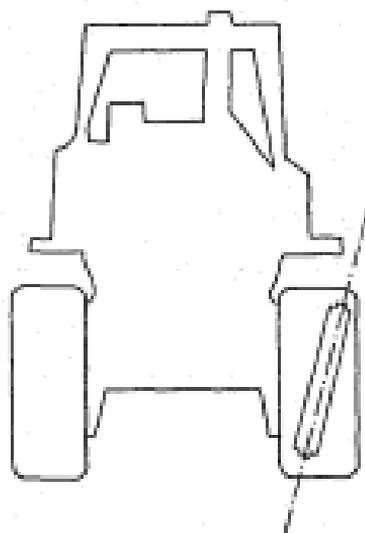


FIG. 18 FACTORES CONTROLABLES  
TORCIMENTO Y/O INCLINACIÓN EN EL  
MONTAJE DE LA RUEDA GUIA.



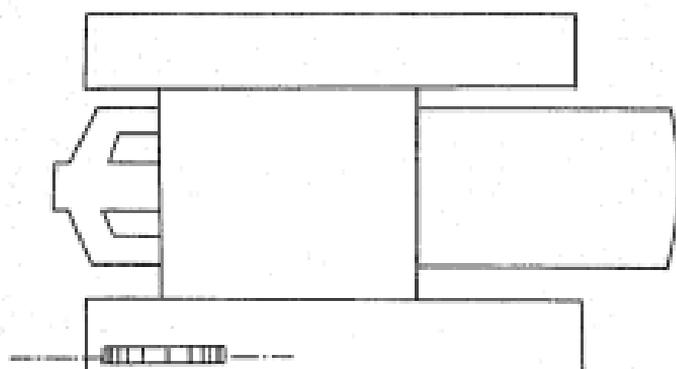


FIG. 20 FACTORES CONTROLABLES.

DESPLAZAMIENTO LATERAL EN EL MONTAJE DE LA RUEDA  
CATARINA .

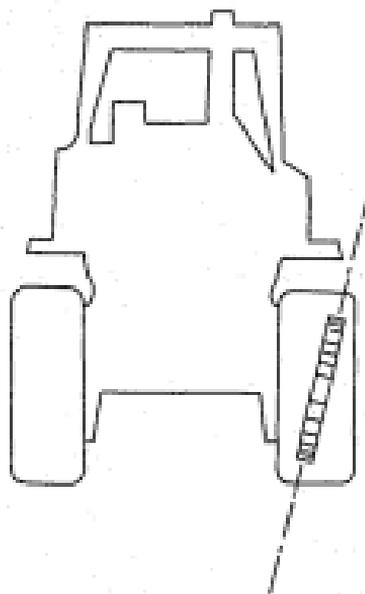


FIG. 21 FACTORES CONTROLABLES.  
TORCIMENTO EN EL MONTAJE DE LA  
RUEDA MOTRIZ O CATARINA.

extremo delantero del rodillo únicamente.

**Eje.** El bastidor de rodillos está sostenido alrededor de un eje horizontal paralelo al tractor.

**Estructura.** Es similar al de inclinación, excepto que no afecta los rodillos posteriores.

#### 3.2 VIBRACION CAUSADA POR LAS CADENAS.

A medida que la máquina se mueve, cada eslabón, como parte de un riel sin fin, hace contacto con dos superficies cuyas radios de curvatura son diferentes: la rueda guía y los rodillos inferiores. El contacto entre eslabones, rueda guía y rodillos provoca desgaste en la superficie recta de los eslabones. Los rodillos inferiores tienen un efecto sobre los extremos de los eslabones, que son más delgadas para que se traslapen en el punto en que se unen entre sí. Como este traslape no es del 100%, la mayor parte del desgaste ocurre cerca de los extremos de los eslabones, y el tamaño del área desgastada tiene un radio similar al de los rodillos inferiores. Como resultado de este desgaste, se forman ondas en la superficie de cada eslabón. Tres factores pueden acelerar este tipo de desgaste, abrasivos y contenido de humedad del terreno, velocidad de recorrido y peso de la máquina, y condiciones del suelo.

Dos factores determinan la intensidad de las vibraciones: La velocidad de la máquina y la profundidad de las ondas. La velocidad de la máquina afecta la frecuencia de las vibraciones y la profundidad de las ondas controla la amplitud de las

vibraciones.

La vibración puede disminuirse reemplazando los montajes aislantes deteriorados, cambiando los pedres quebrados e poniendo nuevos si faltan y por lo general, manteniendo la sísmica en buen estado.

#### A.7 FACTORES NO CONTROLABLES CONDICIONES DEL SUELO Y DE TRACCION.

**ABRASION.** La congelación abrasiva de los terrones es la más difícil de medir con exactitud, excepto por sus efectos. Para identificar el grado abrasivo en términos de alto, moderado y bajo usamos estas descripciones.

**Alto.** Suelos mojados saturados que contienen una mayoría de partículas de arenas duras, angulares o afiladas.

**Moderado.** Suelos ligeros e intermitentemente húmedos que contienen una pequeña porción de partículas duras, angulares o afiladas.

**Bajo.** Suelos secos o rocosos que contienen una porción muy pequeña de partículas duras, angulares o afiladas, o de fragmentos de roca.

**IMPACTO.** El impacto no es afectado por otras condiciones variables como la humedad o el endurecimiento de las partículas que componen el suelo. El impacto se suele definir como alto, moderado o bajo.

Alto. Superficies duras impenetrables que constantemente presentan protuberancias de 15 cm. o más altas.

Mediada. Superficies parcialmente penetrables que constantemente presentan protuberancias más pequeñas.

Bajo. Superficies completamente penetrables, que proporcionan apoyo completo a la plancha de la zapata, con muy pocas protuberancias.

El efecto más conmensurable del impacto está en los problemas estructurales como, por ejemplo, doblamiento, rajaduras, rotura, descomposición, astillado, arrollamiento y retención de los herrajes, pasadores y bujes.

Ideales de estos factores no controlables debemos considerar los siguientes:

a) Acumulación de material en las cadenas, o en los componentes móviles de la misma, que causa desgaste interno, fricción y desajuste de las cadenas.

b) Trabajo cuesta arriba. El equilibrio y peso de la máquina se concentra en la parte trasera causando mayor desgaste en los rodillos traseros y rueda catarina.

c) Trabajo cuesta abajo. El equilibrio y peso de la máquina se encuentra en los rodillos superiores y rueda guía.

d) Trabajo en laderas. El equilibrio y peso se con-

centro en el lado que se encuentre vacante abajo causando mayor desgaste en los componentes que se encuentran vacante arriba.

e) Trabajo en abovedados. Los componentes interiores soportan más carga, lo cual provoca mayor desgaste.

f) Trabajo en depresiones. Los componentes exteriores soportan y se desgastan más.

g) Empuje con la hoja. El peso de la máquina cambia hacia delante ocasionando mayor desgaste en los rodillos delanteros y rueda guía.

h) Trabajo de desgarriamiento. El peso de la máquina cambia hacia la parte trasera ocasionando mayor desgaste en los rodillos traseros y rueda motriz.

i) Carga. El peso de la máquina cambia alternadamente de la parte delantera a la trasera ocasionando desgaste en los rodillos de los extremos comparándolos con los del centro.

j) Excavación lateral. El peso cambia de izquierda a derecha lo cual provoca mayor desgaste en las bandas exteriores del estrión y pestañas exteriores de los rodillos.

k) También podemos encontrar factores parcialmente controlables como son velocidades, virajes, giros en falso de las bandas, operación con hoja de empuje para un sólo lado, etc. - los cuales se deben evitar para no aumentar más el desgaste.

## B. RECONSTRUCCION

### B.1 RECONSTRUCCION DE LAPATAS PARA DRUMS DE TRACTORES.

El desgaste es normal en las zapatas, este se previene con el patinaje de carril sobre el terreno, al reducirse la altura de la goma se reduce la penetración en el terreno, la zaga pierde resistencia y puede debilitarse habiendo tendencia a rajarse los eslabones. Soldando un acento en las gomas gastadas se restablece la altura original. El adelgazamiento de la plegcha no puede evitarse y al llegar a determinadas extremos la zaga se raja y provoca rajaduras de los eslabones, no hay otra solución que cambiar las zapatas.

FOTO No. 1 Soldadura del acento a la goma de la zapata. Proceso semi-automático. Soldadura-  
Burkin # 3 resistencia a la tensión ----  
123,500 lb/pulg.<sup>2</sup>.

FOTO No. 2 Zapata terminada.

FOTO No. 3 Se observa cadena de tractor con zapatas reconstruidas.

### B.2 RECONSTRUCCION DE RODILLOS

#### B.2.1 RODILLOS SUPERIORES.

Los rodillos superiores son aros de acero forjado que deben ser reconstruibles, siempre y cuando el desgaste o daños en las pestañas no sean críticos.

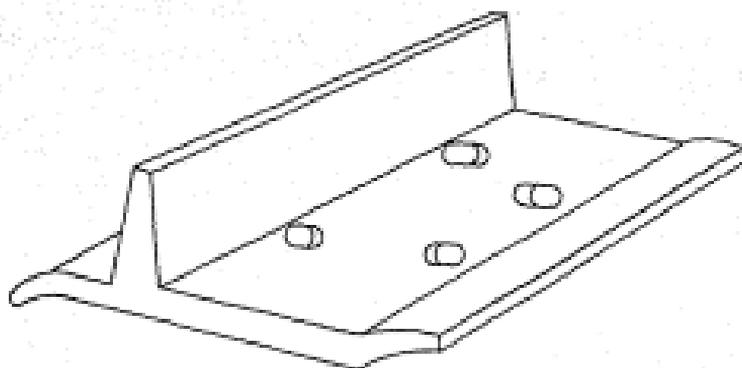


FIG. 22  
AGRANDAMIENTO DE LOS AGUJEROS DE LOS TORNILLOS  
DE FIJACION CON EL ESLABON.

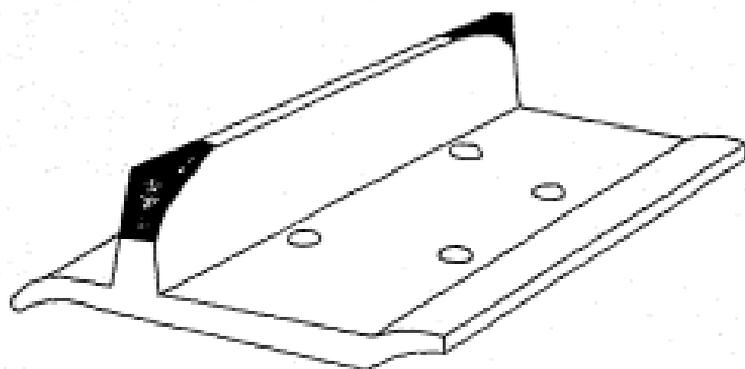


FIG.23 DESGASTE DE LA ESQUINA DE LA GARRA DE LA ZAPATA.

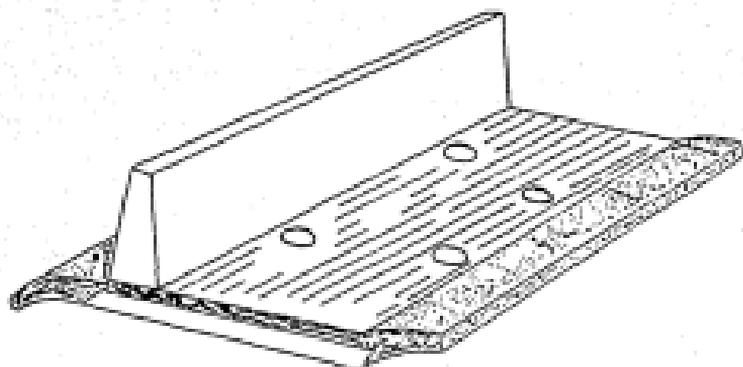


FIG. 24  
DESGASTE DE LA PLANCHA Y DE LOS REBORDES DELANTEROS Y TRASEROS  
DE LA ZAPATA.

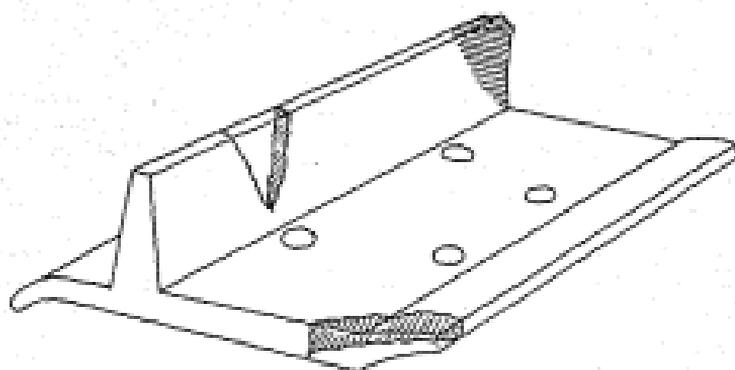


FIG. 25 ZAPATA DOBLADA, AGRIETADA, ROYA.

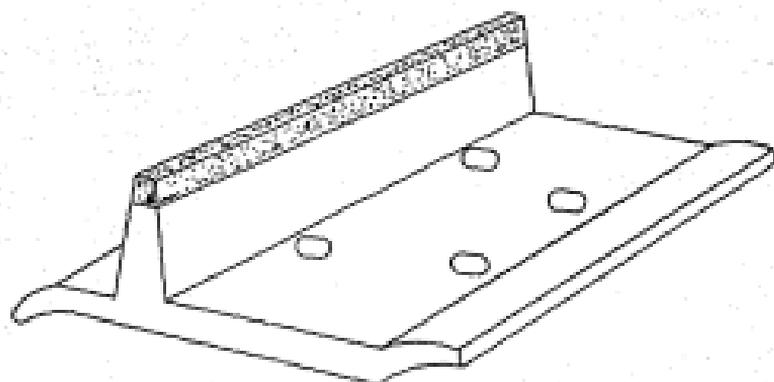


FIG. 26 DESGASTE DE LA GARRA EN LA ZAPATA



FOTO No. 1

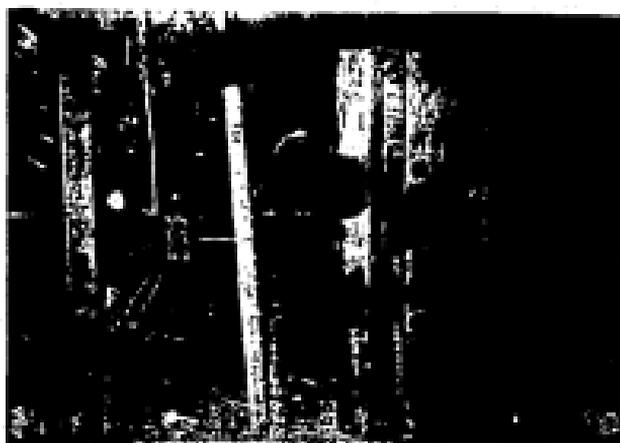


FOTO No. 2

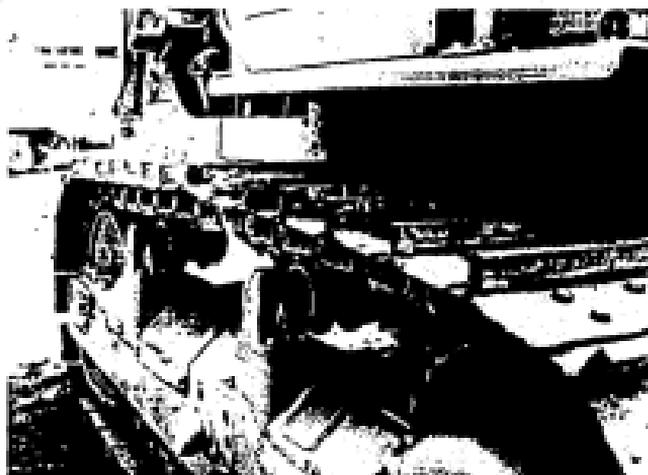


FOTO No. 3

La causa principal de no poder reconstruir los rodillos superiores, son las porciones planas de desgaste que se forman en la llanta. Esto lo causan los rodillos al resbalar por la llanta usualmente bajo condiciones de acumulación severa de material.

El desgaste permisible de los rodillos superiores y los límites de desgaste resultantes se basan en dos factores principales: Primero, para evitar la interferencia de la pestaña con los bujes y segundo, para asegurar la resistencia restante y el éxito en la reconstrucción del propio casco del rodillo superior. Cuando llega al desgaste del 100% hasta el límite de servicio, las pestañas no harán contacto con los bujes ni siquiera con los eslabones desgastados en un 100% para más allá de este punto, y ciertamente al 120% de desgaste, pueden resultar averías estructurales en los bujes y rodillos superiores.

Los rodillos superiores pueden intercambiarse desde la parte delantera a la trasera, y de la izquierda a la derecha, para ayudar a equilibrar su vida útil cuando ciertas condiciones han hecho que se desgasten desigualmente.

Existen tres factores principales de desgaste en los rodillos superiores.

#### 1. DESGASTE DE LA LLANTA.

CAUSA. (1) Resquebrajamiento de rodadura y resbalamiento con las superficies del riel de los eslabones, (2) contacto de

resbalamiento con el material acumulado en el bastidor de los rodillos.

ACCELERADORES DE DESGASTE. Velocidad de la máquina, peso de la cadena, la cual es "dominada" por el ancho de las patas, incluyendo el material acumulado, la tensión de la cadena es una condición de desgaste principalmente controlable, -- pues la cadena muy ajustada causa impacto entre los eslabones y la superficie de las llantas, particularmente en movimientos de suena.

EFFECTO. Se afecta la vida útil de los rodillos superiores y eslabones.

SOLUCION. Mantener la tensión adecuada de la cadena y reducir o eliminar otros aceleradores de desgaste controlables. Reestructurar o reemplazar los cascotes de los rodillos superiores cuando se llegue al límite de servicio.

## 2. DESGASTE LATERAL DESIGUAL DE LA PESTAÑA Y DESGASTE DESCENTRADO DE LA LLANTA.

CAUSA. Contacto de rodadura y resbalamiento con la pata superior del riel de los eslabones y lados que no están alineados con los rodillos superiores.

ACCELERADORES DE DESGASTE. Los mismos del primer párrafo, además de las condiciones del terreno y operación en ladg ras.

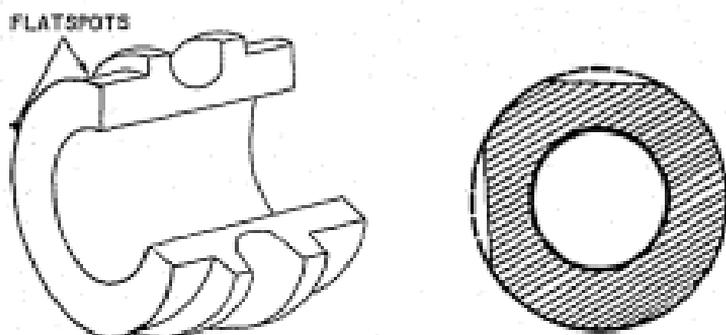


FIG. 27  
PORCIONES PLANAS EN LA LLANTA DE UN RODILLO SUPERIOR .

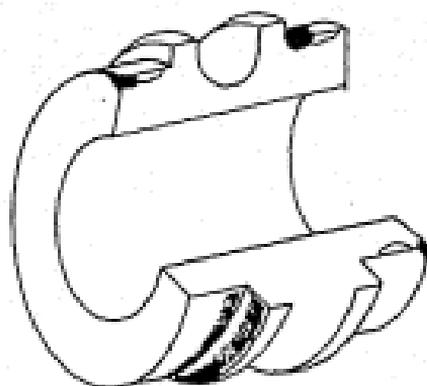


FIG. 29  
DESGASTE LATERAL DESIGUAL DE LA PESTANA Y DESGASTE  
DESCENTRADO DE LA LLANTA EN UN RODILLO SUPERIOR .

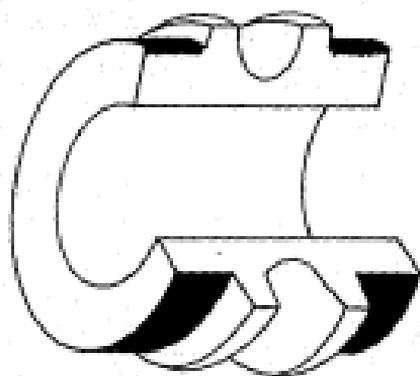


FIG. 29  
DESgaste DE LA LLANTA DE UN RODILLO SUPERIOR .

**EFECTO.** Se pierde parte del potencial de vida útil, la capacidad de reconstrucción de los rodillos superiores y eslabones se vean.

**SOLUCIONES.** Reajustar e afinar los aceleradores de desgaste controlables. Intercambiar los rodillos para equilibrar el desgaste.

### 3. PORCIONES PLANAS EN LA LLANTA.

**CAUSAS.** Contacto de rozamiento con las partes superiores del riel cuando los rodillos no giran.

**ACELERADORES DE DESGASTE.** Los mismos del primer punto. La acumulación de materiales entre el bastidor de los rodillos y los rodillos superiores es la principal causa de adherencias.

**EFECTO.** Se reduce la vida útil y la capacidad de reconstrucción de los rodillos superiores. Se acelera el desgaste de los eslabones.

**SOLUCIONES.** Limpiar y regular el material acumulado en las rodillas superiores.

### 3.2.2 RODILLOS INFERIORES.

El criterio principal para determinar la reconstrucción de la llanta de los rodillos, es la condición de la pestaña exterior y/o interior. Debido a que no es posible suminis-

trar información en tablas de desgaste y a que las mediciones son difíciles de realizar, la condición de las pastas debe describirse en términos subjetivos y comparativos. Los rodillos se pueden reconstruir si el desgaste máximo de la llanta está entre 70 y 100%.

Debido al desgaste desigual entre los rodillos traseros, delanteros y centrales bajo una gran diversidad de condiciones, con frecuencia resulta conveniente intercambiar los rodillos centrales con los delanteros y/o traseros durante su vida útil promedio. El resultado es que todos los rodillos lleguen al límite de servicio al mismo tiempo.

Entre todos los desgastes, el de los rodillos inferiores es el más difícil de medir e interpretar. Los rodillos delanteros y/o traseros generalmente son los más desgastados y, por lo tanto, serán la condición crítica para hacer decisiones sobre conservación y servicio.

El desgaste permisible en las llantas de los rodillos y los límites de desgaste han sido determinadas como en el anexo, y la pasta del rodillo según corresponda.

#### PATRONES DE DESGASTE DE LOS RODILLOS.

##### 1. DESGASTE DE LA LLANTA.

CAUSA. Contacto de rodadura con materiales abrasivos atrapados entre las llantas del rodillo y la superficie del

rial. Contacto de resbalamiento lateral entre el riel y la ---  
lianta.

ACCELERADORES DE DESCASTE. Peso, potencia, velocidad de la máquina, impacto, abrasión y hasta cierto punto acumulación de materia).

EFECTO. Interferencia de la masa del pasador con la pestaña del rodillo cuando los eslabones y rodillos combinadamente llegen a exceder el límite de servicio.

SOLUCIONES. Reducir o eliminar los aceleradores de desgaste controlables, particularmente los virajes improductivos y las ranuras demasiado anchas, intercambiar los rodillos para equilibrar las vidas útiles finales. Reconstruir (soldar) los rodillos a las dimensiones originales.

## 2. DESCASTE DEL LADO DE LA PESTANA

CAUSA. Contacto de rodadura y resbalamiento con los lados del riel.

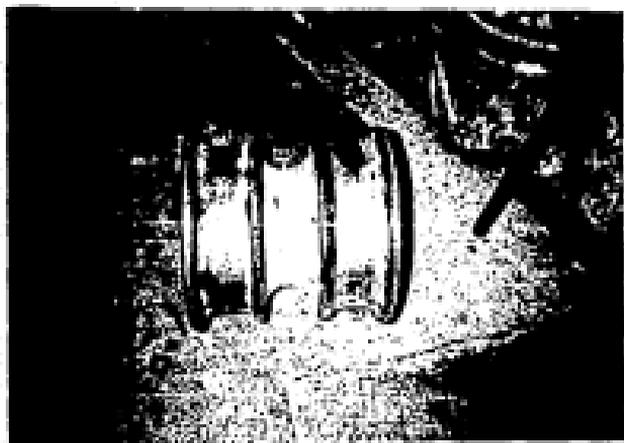
ACCELERADORES DE DESCASTE. Los mismos que en el punto anterior.

EFECTO. Reduce las características de guía y capacidad de reconstrucción de los rodillos.

SOLUCIONES. Las mismas que en el punto anterior.



F010 No. 4



F010 No. 5

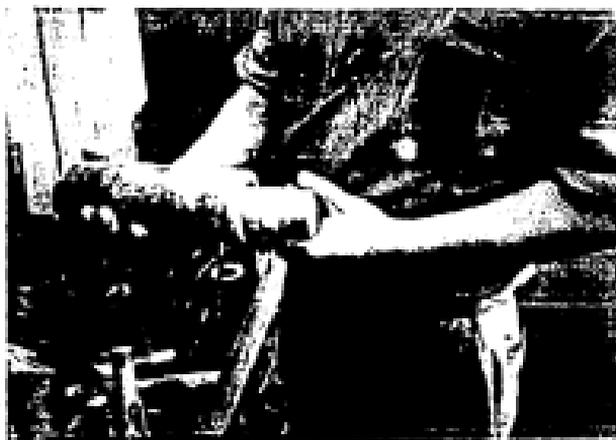


FOTO No. 6

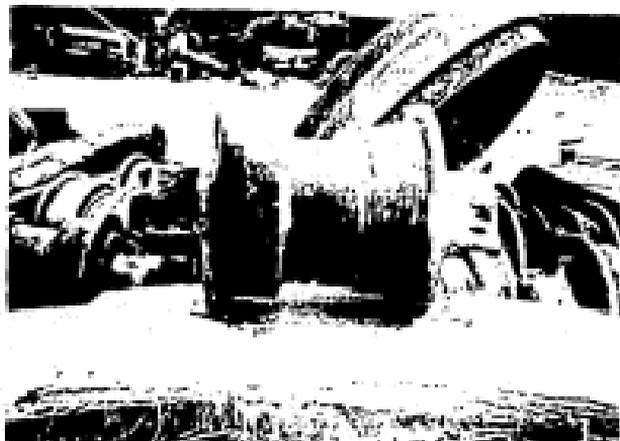
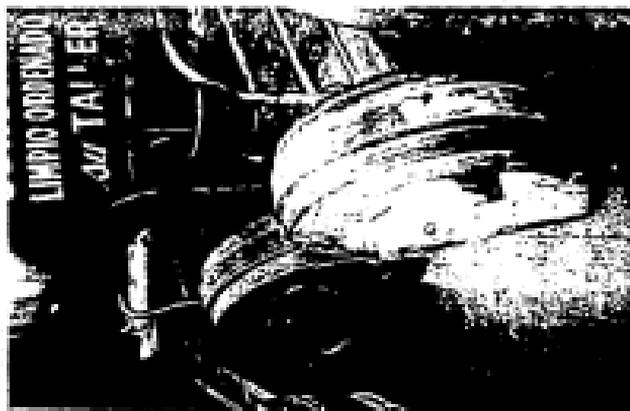


FOTO No. 7



### 1. DESGASTE SUPERIOR DE LA PESTAÑA.

**CAUSA.** Contacto de rodadura y resbalamiento con las masas de los pasadores del eslabón después de perder el espacio efectivo.

**ACCELERADORES DE DESGASTE.** Los mismos que en el punto 1.

**EFFECTO.** Reduce la capacidad de reconstrucción de los refillos. Daña las masas de los pasadores del eslabón, con la pérdida resultante de la retención del pasador y de la capacidad de reconstrucción.

**SOLUCIONES.** Las mismas que en el punto 1.

**FOTOS No. 4 y 5.** Se observa primeramente un rodillo doble desgastado y segunda un rodillo sencillo reconstruido.

**FOTOS No. 6 y 7.** Se observa el desgaste interno entre el pasador y el buje de la cadena. Segunda se observa el desgaste desigual de un rol sencillo.

**FOTOS No. 8 y 9.** Se observan dos ruedas guías reconstruidas.

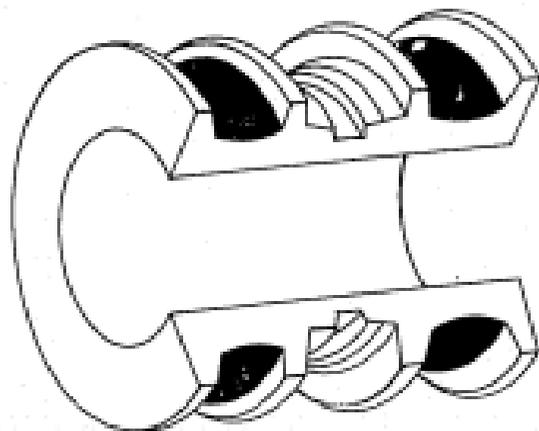
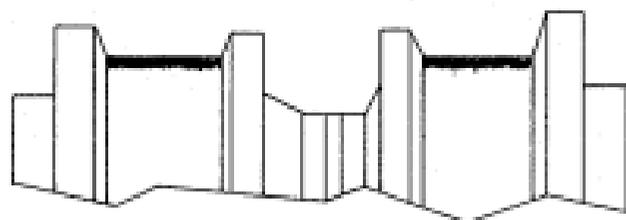


FIG. 30-DESgaste DE LA LLANTA DE UN RODILLO INFERIOR.

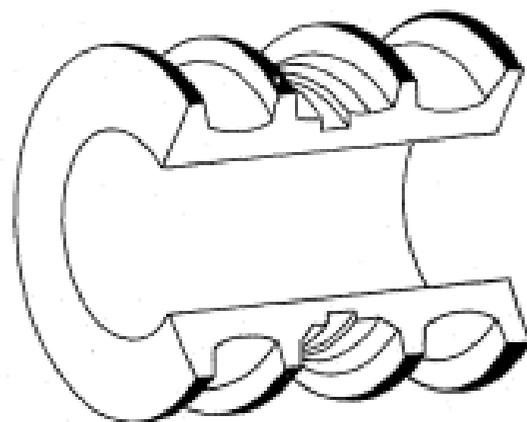
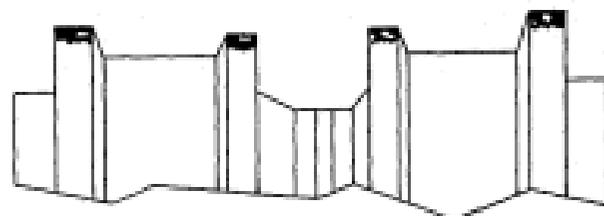


FIG. 31 DESGASTE EN LA PARTE SUPERIOR DE LA PESTAÑA DE UN BODILLOINFERIOR

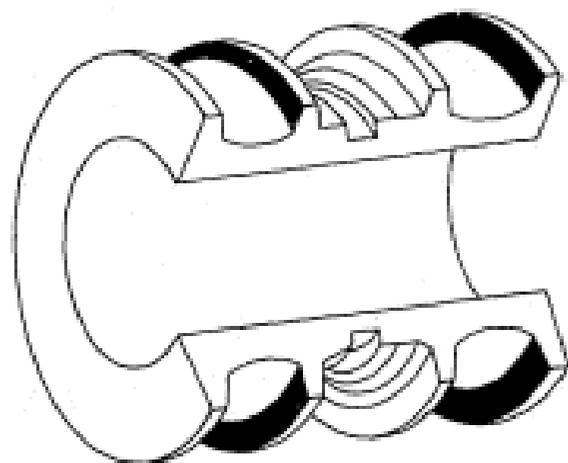
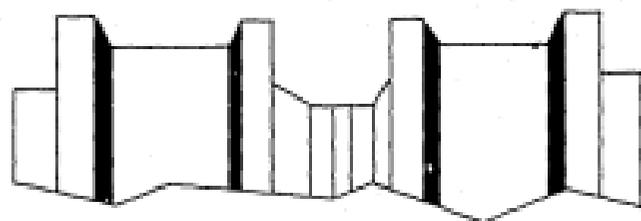


FIG. 32 DESGASTE DEL LADO INTERIOR O EXTERIOR DE LA PESTANA DE UN RODILLO INFERIOR

## B. 3 RECONSTRUCCIÓN DE RUEDA GUÍA

### B.3.1 DESGASTE DE LA LLANTA DE LA RUEDA GUÍA.

El desgaste de la llanta es la única posición de desgaste que puede medirse en la rueda guía. Este desgaste se determina midiendo con el medidor de profundidades, desde la pestaña central de la rueda guía hasta la superficie de la llanta. El mayor error cometido al medir el desgaste de la rueda guía está en el desgaste de la parte superior de la pestaña central, lo cual altera el punto de referencia. Condiciones de acumulación de materiales abrasivos, usualmente causan la mayor cantidad de desgaste en la pestaña central. Si se observa este desgaste es necesario hacer algo para compensarlo al efectuar la lectura de medición.

### B.3.2 LÍMITES DE DESGASTE, SERVICIO Y DESTRUCCIÓN.

El desgaste permisible de la llanta de la rueda guía y los límites de desgaste resultante se basan en dos conceptos fundamentales: La posibilidad de reconstrucción de la superficie de la llanta, más el espacio entre la pestaña central y los bujes. Cuando el desgaste continúa después del 100%, cada una de las condiciones puede resultar un daño a otras piezas. Si la rueda guía se desgasta hasta el 720%, la llanta se adelgazaría demasiado para poder reconstruirla bien. El 720% de desgaste o límite de destrucción realmente se alcanzaría en un 20% -- más horas que las necesarias para alcanzar el límite de servicio bajo condiciones similares.

La llanta y la pestaña de la rueda guía pueden reconstruirse (revidarse) con éxito varias veces, si no están desgastadas más allá de los límites de servicio, y si se considera que está adentro de este punto de servicio.

Por lo general las ruedas guía reconstruidas tienen una vida útil igual a la de la llanta original, con los mismos límites si se reconstruyen a las dimensiones originales.

Las ruedas guía pueden intercambiarse de lado a lado o entre delanteras y traseras para compensar el desgaste. Considere el intercambio cuando el porcentaje medio de desgaste es menor del 50%.

### 8.3.3 PATRONES DE DESGASTE DE LA RUEDA GUIA.

Los patrones de desgaste de la rueda guía pueden servir de ayuda para interpretar causas anormales de desgaste en la pieza de unión, eslabones de cadena, y también para interpretar otros aceleradores de desgaste controlables e incontrolables que pueden afectar las piezas que no son de unión, como los rodamientos, los cuales son difíciles de ver e inspeccionar.

La tensión de la cadena influye considerablemente en el desgaste de la llanta de la rueda guía.

#### 1. DESGASTE DE LA LLANTA.

CAUSA, Movimiento de resbalamiento lateral con la superficie del riel del eslabón de cadena.

**ACELERADORES DE DESGASTE.** Paso de la máquina, potencia, velocidad, y aplicaciones en las que se pone más peso en la parte delantera de la máquina. Impacto, abrasión, acumulación de materiales y virajes. La cadena muy ajustada o sinuosa y la desalineación son los principales aceleradores de desgaste controlable.

**EFFECTO.** Si la llanta se desgasta más del 100% en la parte más ancha, pueden reducirse las posibilidades de reconstrucción, y probablemente se agriete al 120% de desgaste, o más.

**SOLUCIONES.** Reducir o eliminar la condición de cadena demasiado ajustada y resolver el problema de la desalineación. Reconstruir las llantas cuando se alcance el límite de servicio.

### 3. DESGASTE DEL LADO DE LA PESTAÑA.

**CAUSA.** Movimiento de escape con el lado interior del riel del eslabón de cadena.

**ACELERADORES DE DESGASTE.** Los mismos del "Desgaste de la llanta", excepto que el terreno como laderas, virajes y desalineación tiene más efecto en el lado de la pestaña. La tensión y la sinuosidad de la cadena y el desgaste de las guardas guía delanteras también tiene en el lado de las pestañas un efecto mayor que en las llantas. A esta condición también contribuyen las zapatas demasiado anchas.

**EFFECTO.** Reduce las posibilidades de reconstruir la

llante de la rueda guía debido a dificultades en la conducción. No obstante, el efecto en la parte interior del riel de deslizamiento es más importante que el efecto sobre la propia rueda motriz.

**SOLUCIONES.** Reducir o eliminar los aceleradores de desgaste controlables, incluyendo la desalineación, guías -- guías delanteras, cadena sinuosa, cadena muy ajustada, y repetas demasiado anchas.

### 3. DESGASTE DE LA PARTE SUPERIOR DE LA PESTANA.

**CAUSA.** Contacto de resbalamiento con cualquier material abrasivo acumulado en el área interior del conjunto de la rueda guía. Contacto y movimiento de impacto con los eslabones de cadena los cuales se han salido del área de la llanta.

**ACELERADORES DE DESGASTE.** Velocidad, acumulación, adhesión y abrasión del material acumulado. La cadena demasiado floja o sinuosa aumenta la probabilidad de dañar los salientes.

**EFFECTO.** Reduce la distancia para medir el desgaste y la consiguiente precisión de la medición. En casos extremos reduce las posibilidades de reconstrucción.

**SOLUCIONES.** Si el estado es crítico, hacer la reconstrucción, limpiar y expulsar el material acumulado en el área detrás de la rueda guía. Si este desgaste ocurre sin que haya

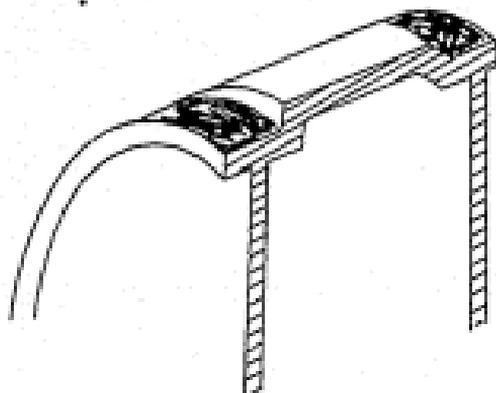
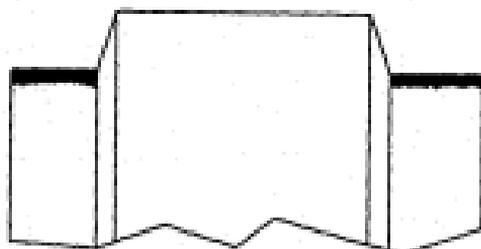


FIG. 33  
DESGASTE DE LA LLANTA  
EN LA RUEDA GUIA.



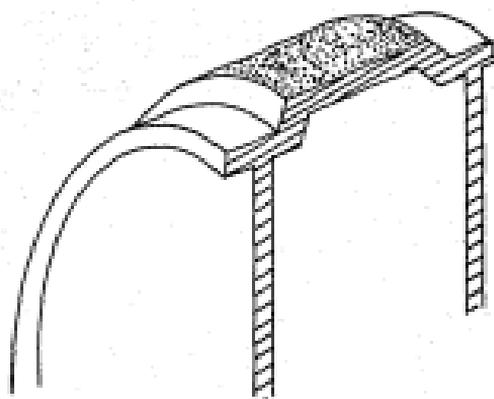


FIG. 34  
DESgaste EN LA PARTE  
SUPERIOR DE LA PESTAÑA  
EN LA RUEDA GUIA.



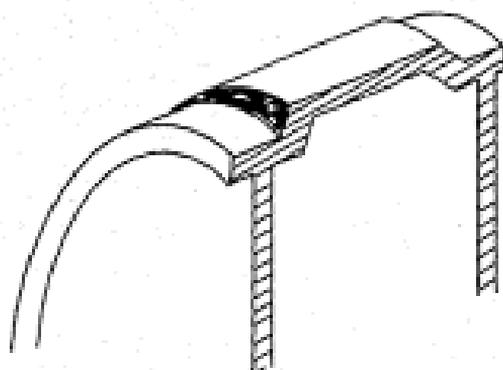
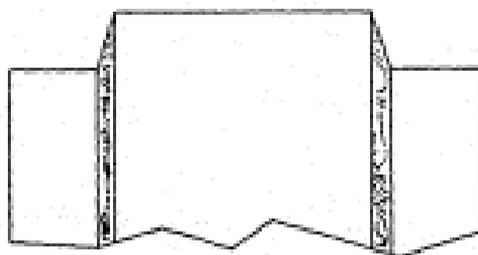


FIG 35  
DESGASTE DEL LADO DE LA  
PESTARÁ EN LA RUEDA GUIA.



acumulación del material, corregir la causa que hace saltar los eslabones fuera de la llanta y deslízense por la pestaña central.

#### 4. RECONSTRUCCION DE RUEDA MOTRIZ.

Desgaste de la rueda motriz. El desgaste en los segmentos es normal, aunque en la mayoría de los casos existen aceleradores de desgaste. La función principal de la rueda motriz es impulsar los bujes de la cadena, por lo que al haber un desgaste excesivo en el rueda motriz, causará desgaste anormal en el buje.

La mayoría de los fabricantes no recomiendan su reconstrucción ya que no tienen una dureza uniforme (43 Rc en la superficie) y tiende a disminuir con la profundidad, al igual que los bujes (60 Rc en la superficie y 38 Rc en el núcleo).

Sus patrones de desgaste son los siguientes:

1. DESGASTE DE LA RAIL. Es un patrón de desgaste normal.

CAUSA. Contacto de resbalamiento en la posición vertical del buje durante los cambios de dirección de avance a retroceso.

2. DESGASTE DEL LADO DE PROPULSION DE RETROCESO Y/O AVANCE. Se trata de un desgaste normalmente esperado en la cadena sellada y lubricada con acumulación de materiales, y con

extensión del paso de la cadena sellada, con o sin acumulación de materiales.

CAUSA. Contacto de resbalamiento en la posición correspondiente al buje.

3. DESGASTE EN LA PUNTA DEL LADO DE PROPULSION DE RETROCESO.

CAUSA. Efecto severo de acumulación de materiales al no haber extensión del paso en la cadena sellada y lubricada en el comienzo del fin de la vida útil en la cadena sellada.

#### 8.4 RECONSTRUCCION DE ESLABONES.

Usualmente los eslabones pueden reconstruirse con el la ayuda mediante soldadura por arco sumergido y/o automática, para reemplazar la superficie superior desgastada del riel. el eslabón deberá reunir las condiciones siguientes:

a) El desgaste del riel en un punto arriba de la marca del eslabón no es menor del 80% o más del 100%.

b) la desigualdad del alto riel no es excesiva.

c) El desgaste de los lados del riel causada por la pestaña del rodillo o por la guardaguisa, o la malla en la superficie interior del riel causada por la rueda dentada no ha reducido notoriamente el ancho del riel.

d) la boca del eslabón no se ha desgastado debido a-

que la pastaña del rodillo o querragones están causando una reducción en la retención del pasador.

e) El desgaste de profundidad y alargado del abocardado no afectan el resello de pasadores y bujes.

f) El desgaste de la cara que rodea el estribo, buje y abocardados no ha reducido el grosor del riel en sus áreas más del 20%.

g) El astillado del riel no ha causado la remoción de más del 30% de la superficie del riel.

h) Los eslabones no están agrietados de parte de parte, en el riel, pasadores y agujeros del buje o secciones de los sacacaderas de las zapatas.

i) Los agujeros de los pernos no están deformados o alargados de manera que impiden la retención adecuada de la zapata.

j) Los agujeros de los pasadores y bujes no están dañados de manera que impiden la retención adecuada de pasadores y bujes.

Con las técnicas de soldadura y materiales adecuados, el riel totalmente reconstruido deberá proporcionar aproximadamente el 80% de vida original hasta el límite de servicio.

Los principales desgastes que sufren los eslabones son

1. **DESgaste NORMAL.** Solamente se quita el riel por la fricción con los rodillos y rueda guía. La reconstrucción no ofrece problemas si se efectúa antes de que el desgaste exceda del límite de servicio.

2. **DESgaste EN LAS BRILLAS DEL RIEL.** Este desgaste obedece a un excesivo roce de las cajas de los rodillos debido a desalineamientos o a que se está trabajando en laderas. Este desgaste reduce considerablemente la vida de los eslabones y la posibilidad de reconstrucción. Es urgente realizar el alineamiento.

3. **COLIDOS EN LA CARA INTERNA DEL RIEL.** Los dientes de la rueda dentada golpean los eslabones debido a desalineamiento o bien a que la cadena ya se encuentra muy alargada y ag delante. Se reduce muy considerablemente la posibilidad de reconstrucción. Es urgente realizar alineamiento y paso de la cadena.

#### 8.5 RECONSTRUCCION DE BUJES Y PASADORES.

Normalmente los bujes y pasadores de la cadena no tienen o no es posible su reconstrucción, pero es conveniente conocer los tipos de desgaste que sufren éstos y la causa que lo provoca.

Existen dos tipos de cadenas: la sellada y la sellada y lubricada. Su diferencia radica precisamente en que la última lleva un lubricante entre el pasador y el buje, lo que re-

perrote en la duración de la cadena al no haber desgaste interno en los bujes y el perno lo cual ayuda a mantener más tiempo el peso de la cadena.

### 8.5.1 LOS PRINCIPALES DESGASTES EN LOS BUJES Y LOS PASADORES.

1. DESGASTE NORMAL DE LOS PASADORES. Solamente hay desgaste en una parte de la superficie del perno; como consecuencia de ese desgaste aumenta el peso de la cadena. Si se vuelve a 180° hará contacto con el buje en la parte de la superficie que no se ha gastado y se restablecerá el peso de la cadena.

2. DESGASTE DEL EXTREMO DEL PASADOR. Los guardas de los roles, catarinas o roles están golpeando el extremo de los pasadores, se aflojan los pernos de los eslabones y se dificulta la reconstrucción de los eslabones.

3. DESGASTE INTERNO NORMAL DEL BUJE. Solamente hay desgaste interno de un lado del buje. Coincidente con la zona de desgaste del pasador, ocasionando el alargamiento de la cadena. Deben voltearse 180° para que el contacto con el pasador sea en la parte no gastada.

#### 4. DESGASTE EXTERNO DEL LADO DE PROPULSION DE AVANCE.

EE. Desgaste normal resultante del roce de la catarina. Si se vuelve el buje cambiará la zona de contacto con la catarina aumentando la vida de ambos elementos.



FIG. 36 a) DESGASTE EXTERNO DEL LADO DE PROPULSION DE RETROCESO



b) DESGASTE EXTERNO RADIAL



c) DESGASTE INTERNO NORMAL DEL BUJE



d) DESGASTE EXTERNO DEL LADO DE PROPULSION DE AVANCE



e) ZONA DE TRABAJO O DE DESGASTE

5. DESGASTE EXTENSO DEL LADO DE PROPULSION DE RETRO-

CESO. Desgaste normal resultante del roce con la catarina. Normalmente es mayor que el desgaste del lado de avance sobre todo si opera a altas velocidades en reversa.

6. DESGASTE EXTENSO RADIAL. Si el paso del carril -

corresponde exactamente con el de la rueda dentada, solamente deberá haber desgaste radial; normalmente se presenta junto con los desgastes del lado de propulsión de avance y retroceso.

7. DESGASTE DE LA MAZA DEL PERNO. Los cojos de los

rodillos pegan contra la maza del perno. El barreno se ovala y el perno se sale, lo que hace dudoso el éxito de la reconstrucción. Deben reconstruirse tanto los eslabones como los rodillos inferiores.

8. DESGASTE EN EL EXTREMO DE LA MAZA DEL PERNO. Los

guarda teles o guardaquiás rozan con los eslabones. Disminuye el apriete del perno que puede llegar a salirse y hacer dudosa la reconstrucción. Debe revisarse el paso de la cadena que puede estar muy ondulante.

9. BARREROS DESAJUSTADOS. No se ha tenido cuidado de re-

visar que los tornillos que sostienen a las repetas estén bien apretados a su correcto par. No es posible conseguir que los tornillos no se aflojen y se sumitan las repetas. La reconstrucción en estos casos no es posible.

10. DESGASTE LATERAL. Es debido a la presencia de un

terial abrasivo entre los eslabones y es un desgaste normal solamente que si adelgazarse el eslabón en determinadas partes se producen desgastes irregulares en el riel.

11. **DESGASTE IRREGULAR EN EL RIEL.** Este desgaste se debe a dos principales razones: el adelgazamiento del eslabón por desgaste lateral y el roce con la rueda guía. Si el desgaste en las partes señaladas no excede del límite, se debe reconstruir.

12. **CHACONES DEBILITADOS.** Normalmente estas roturas obedecen a flexiones y torceduras y se hace muy difícil decidir si se debe reconstruir una cadena en ese estado. Una medida inmediata debemos soldar las roturas con electrodos E-7018.

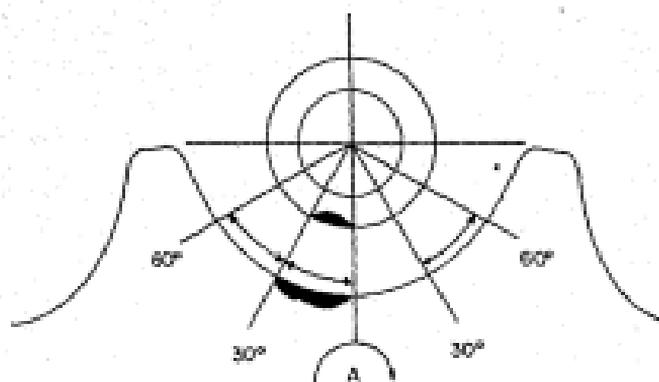


FIG. 37.  
DESGASTE CRÍTICO DEL LADO DE PROPULSION DE RETROCESO.

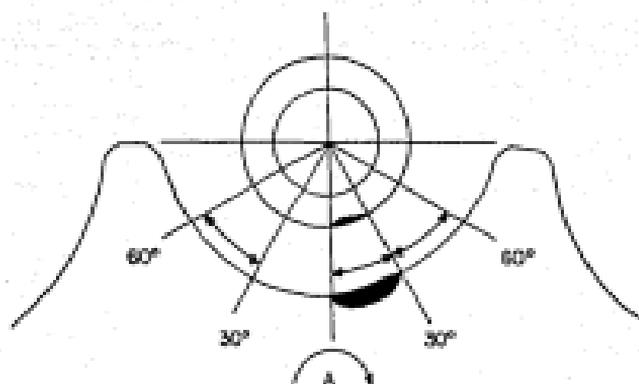


FIG. 38  
DESGASTE CRÍTICO DEL LADO DE PROPULSIÓN DE RETROCESO.

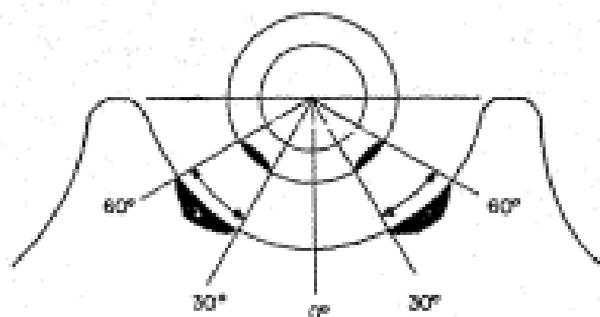


FIG. 39 DESGASTE EN LOS LADOS DE PROPULSION DE AVANCE Y RETROCESO CRITICOS EN COMPARACION A LA POSICION VERTICAL.

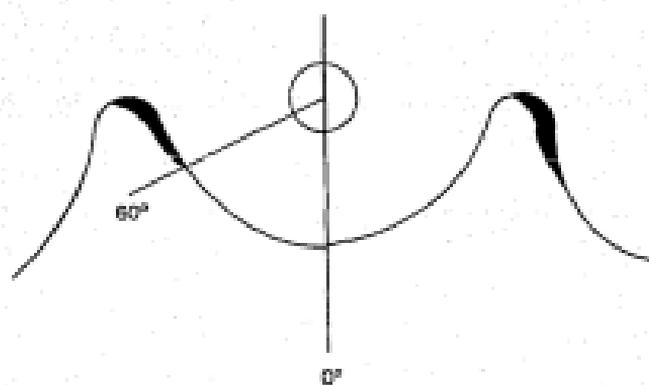


FIG. 40 DEBASTE DE LA PUNTA DEL LADO DE PROPULSION DE AVANCE

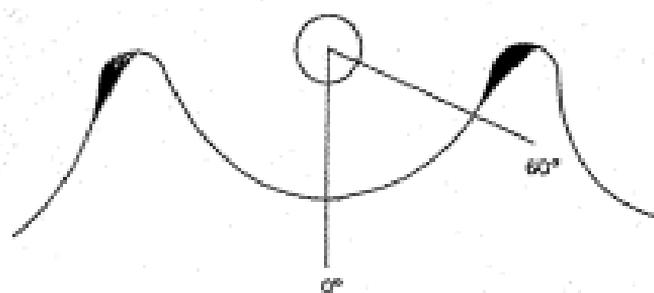


FIG. 41 DESGASTE DE LA PUNTA DEL LADO DE PROPULSION DE RETROCESO

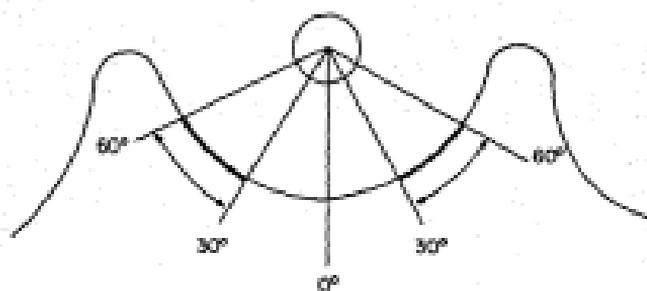


FIG.42. DESGASTE DEL LADO DE PROPULSION DE RETROCESO Y/O AVANCE  
[DE  $30^\circ$  A  $60^\circ$  DESDE LA VERTICAL] EN LA RUEDA MOTRIZ O  
CATARINA.

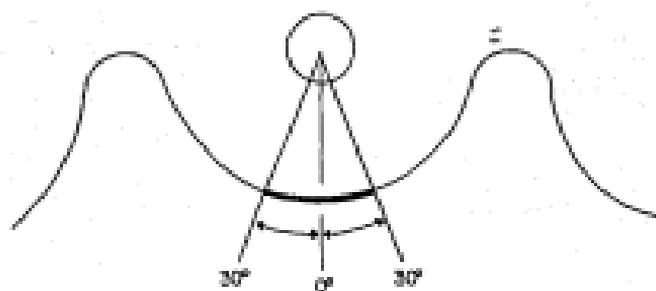


FIG. 43 DESGASTE DE LA RAIZ (DE 0° A 30° DESDE LA VERTICAL)

- EN LA RUEDA MOTRIZ O CATARINA.

CAPITULO IV  
REVESTIMIENTO DURO

#### A. REVESTIMIENTO DURO.

La producción de una capa superficial dura y resistente al desgaste sobre metales, por soldadura, con el fin de formar una superficie protectora para resistir la abrasión, la corrosión y el calor, el impacto o una combinación de estos factores se conoce como revestimiento duro.

Este método es relativamente fácil de trabajar, la elección puede aplicarse mediante soldadura de oxiacetileno, arco metálica, arco sumergida o arco protegida con gas, o con el método de recubrimiento de metal. Pueden revestirse las partes nuevas antes de usarse, o pueden compensarse las partes gastadas a su largo uso original y recuperarse.

##### A.1 VENTAJAS DE LOS REVESTIMIENTOS Duros.

La economía más importante derivada del revestimiento, resulta por la prolongada duración de las partes. Las partes revestidas pueden durar mucho más que las partes simples, lo cual depende del metal duro usado y del servicio a que sean sujetas. Para satisfacer los varios requerimientos de dureza, tenacidad, impacto, abrasión-corrosión, resistencia al calor y otras cualidades, hay muchas aleaciones para revestimiento.

Las ventajas del revestimiento duro son:

- a) Puede aplicarse en áreas sujetas a desgaste.
- b) Están disponibles compuestos duros y resistentes.

al desgaste.

- c) Proporciona el uso efectivo de aleaciones caras y una protección a fondo.

El material de revestimiento duro se proporciona en forma de un electrodo o varilla para soldar, la cual generalmente se utiliza sin revestir para soldadura con gas oxiacetileno y está cubierta con un fundente para la soldadura con arco eléctrico.

El revestimiento de fundente contiene materiales para la estabilidad del arco, protección a la oxidación de la soldadura fundida, limpieza de impurezas, alineamiento térmico y eléctrico y control de transferencia de metal. La soldadura por oxiacetileno produce depósitos más uniformes que pueden colocarse más precisamente, en tanto que las velocidades de calentamiento y enfriamiento son más lentas. La soldadura por arco eléctrico es menos costosa, puede ser más rápida y se presta mejor a un equipo automático.

Los depósitos por arco, generalmente son más ásperos y lo más probable es que sean porosos; tienden a desarrollar la presencia de fisuras debido a los agudos gradientes de temperatura causados por el rápido calentamiento y enfriamiento.

### 2.3 APLICACION DE LOS REVESTIMIENTOS Duros.

El metal de revestimiento duro se funde y sepepea so-

Se el metal base y se liga a él para formar una superficie rugosa que varía desde 1/8" hasta 1/4" de espesor, dependiendo de la aplicación. Solo la superficie del metal base se lleva a la temperatura de fusión, lo cual evita la merma de la aleación con el metal base y de ese modo también las propiedades del revestimiento y del metal base.

Los revestimientos duros pueden aplicarse a la mayoría de los metales ferrosos, pero, con pocas excepciones, no es aconsejable para revestir aleaciones no ferrosas que tienen puntos de fusión inferiores a 2000°F (1093°C). Los aceros al carbono son relativamente fáciles de revestir en forma dura, sobre todo para aquellas con menos del 0.35% de carbono. La soldadura se hace más difícil al aumentar el contenido de carbono. -- Los aceros al alto carbono y aleados deben calentarse antes y después del revestimiento duro. Los aceros inoxidables, el níquel fundido, el hierro dúctil y los aceros de alta velocidad -- también pueden revestirse en forma dura, con tal de que se observen las apropiadas técnicas de soldadura.

El cobre puede revestirse en forma dura fácilmente, pero el latón y el bronce no son tan fáciles de revestir en esta forma, debido a sus bajos puntos de fusión y alta conductibilidad.

El revestimiento duro se utiliza más extensamente donde la lubricación sistemática para reducir la abrasión es impo-

sible, como en herramientas para perforación de pozos petroleros, equipos para agricultura y movimiento de tierras, herramientas para minería, válvulas para motor, y equipo de procesamiento químico e de refinación. El revestimiento duro también aumenta la vida de piezas lubricadas, como troqueles para trabajo de metales y áreas de piezas de máquinas que tienen gran rapidez de desgaste. Los revestidos en forma dura suelen ser más resistentes al desgaste, al calor y a la corrosión, que las superficies externas endurecidas por deposición o difusión o endurecidas por flama. También áreas críticas locales de componentes grandes pueden revestirse en forma dura, donde sería impráctico o imposible endurecer la componente por tratamiento térmico. Como el revestimiento duro es un proceso de soldadura puede utilizarse para reparar piezas sobre sitios de difícil acceso sin desmontar el equipo. El revestimiento duro sirve para incrementar la eficacia de operación aumentando la vida del equipo, disminuyendo el costo de reemplazo y la pérdida de tiempo de producción, permitiendo emplear un metal base de bajo costo para piezas que se desgastan o corromen.

Existen más de 150 composiciones diferentes de metales de revestimiento duro comercialmente disponibles, que varían desde aceros con sólo 2% de aleación total, hasta aleaciones con base níquel y base cobalto y carburo de tungsteno. Los revestimientos duros de carburo de tungsteno, tienen la dureza más alta y la mejor resistencia al desgaste y aunque son relativamente costosos esto puede no ser un factor importante, porque

el material tiene una vida larga y puede aplicarse en forma de insectos solo donde sea necesario, como en el caso de brocas para taladrar roca.

Los hierros al alto cross que contienen de 1% a 3% de cromo, están disponibles en muchas composiciones de aleación diferentes. Los tipos austeníticos son relativamente baratos y óptimos para aplicaciones de desgaste metal contra metal o de abrasión con bajo esfuerzo, tales como equipos para granja empleada en tierras arenosas. Los grados endurecibles son más ligeros que los austeníticos y tienen excelente resistencia al desgaste. Las adiciones de tungsteno, molibdeno y vanadio se utilizan algunas veces para incrementar la dureza en caliente y para agregar resistencia a la abrasión. Los hierros martensíticos son principalmente aleaciones cromo-níquel, cromo-molibdeno y cromo-tungsteno. La combinación de martensita y una matriz de carbono, proporcionan una estructura compuesta y dura con buena resistencia a la abrasión. Las aleaciones de base cobalto contienen de 4% a 8% de cobalto, de 2% a 20% de cromo, de 2.5 a 13.5% de tungsteno y de 1.0 a 3.3% de carbono. Estas aleaciones se utilizan donde se requiere resistencia al desgaste y a la abrasión combinadas y con resistencia al calor y a la oxidación. Se han utilizado como materiales de revestimiento duro para recubrimientos de cuchara de colada y conducto de vaciado para resistir gases y líquidos calientes. Las aleaciones de base níquel contienen de 7% a 80% de níquel, de 1% a 17% de cromo, de 2.5 a 3.7% de boro y menores cantidades de cobalto y-

alicio. Tienen ligeramente mejor resistencia al desgaste y a la oxidación que las aleaciones de base cobalto y han tenido aplicaciones a temperaturas hasta de 1800°F (983°C). Algunas aplicaciones típicas son para revestimientos duros, de troquel en caliente, mandriles de penetración y hojas de cizalla expuestas a metales sólidos calientes.

Los aceros martemíticos tienen la ventaja de bajo costo inicial, buena dureza y resistencia en general, resistencia a la abrasión y tenacidad. Se han utilizado principalmente para depósitos sobre los cuales depositar otras composiciones de aleación que tienen mejor resistencia al desgaste relativamente bajas, y por tanto, rara vez se usan como revestimiento duro, siendo que se usan principalmente como refuerzo antes de soldar o como base para revestimiento duro. Los aceros austeníticos, sobre todo el grado al alto manganeso, se han utilizado para condiciones de servicio moderado, como el triturado y pulverizado de carbón, piedra caliza y agregados. Los aceros austeníticos al manganeso son muy tenaces y endurecen por trabajo rápidamente bajo cargas aplicadas con impacto. Esta aleación se utiliza como base para revestimientos duros debido a su tenacidad, así como para recubrimientos.

#### 6. SELECCIÓN DE LAS ALEACIONES PARA RECUBRIMIENTO DURO.

La selección de una aleación para recubrimiento duro en una superficie metálica, tratándose de cualquier aplicación,

se basa en los ahorros y ventajas que se obtienen por la aplicación de la elección. Tales ahorros y ventajas provienen del aumento de producción, del uso de un menor número de partes de repuesto, y de la reducción de tiempos muertos. Los salarios, la producción perdida durante los tiempos muertos, y las tasas de sobrecoste administrativo, son mucho más importantes.

De acuerdo con esto, las elecciones que se han mencionado anteriormente, son las que han demostrado ser por centenares de ocasiones el mejor método. En algunos casos, sin embargo, puede resultar conveniente usar otra elección diferente de las mencionadas. Por ejemplo en los equipos grandes, la seguridad del recubrimiento puede aconsejar el uso de un electrodo de codo más bajo; la soldadura "fuera de posición" puede requerirse en otros casos, o bien, las condiciones de desgaste que prevalezcan en una zona determinada, pueden indicar la conveniencia de usar una elección para recubrimiento de menor o mayor resistencia al desgaste o al impacto, que la que es recomendada.

### 3.1. RECOMENDACIONES DE SURTIDA.

Debido a que en la industria en general existen piezas metálicas que sufren desgastes de tipo muy variado por las condiciones de trabajo, que en muchos casos se debe a la combinación de varios factores, es complicado hacer una recomendación exacta de los electrodos o soldadura necesaria para la recuperación de piezas desgastadas.

Los mejores resultados se obtienen después de hacer un análisis completo de las condiciones de trabajo, así como de la cantidad de desgaste sufrido.

En la mayoría de los casos vale la pena retatar los desgastes en las piezas de maquinaria, pues resulta menos costoso que sustituirlas por nuevas. A este procedimiento se le llama "recubrimiento de dureza" y se puede dividir en la siguiente forma:

- a) Reconstrucción.
- b) Revestimiento.

a) Reconstrucción: Se define como el relleno de material desgastado hasta aproximarse a  $1/4$ " de las dimensiones originales de la pieza; esta parte del recubrimiento se debe hacer con electrodos que tengan alta resistencia a la compresión, para evitar la deformación, rebalque o achatamiento de los detalles que la pieza recibe fuertes cargas durante el trabajo.

Existen electrodos para la reconstrucción que pueden seleccionarse dependiendo del material base y de las condiciones de trabajo, por lo tanto es incorrecto utilizar electrodos comunes y corrientes que no resisten a la compresión, por que son muy blandos y el recubrimiento que por lo general es duro, al actuar, por las cargas que recibe se reviente, se fractura o se desprende al deformarse la base blanda.

- b) Revestimiento: Es el material que se deposita por

ra terminación de la pieza que va a estar en contacto con los materiales que provocan el desgaste, esta parte por lo general se daña por los alientos de que está compuesto y se recomienda levantar hasta  $1/8"$  como máximo por economía y porque además la fuerte contracción de los materiales, hacen que un revestimiento mayor se desprenda; Los desgastes que sufre, las piezas metálicas en las diferentes industrias, son debidas a determinadas causas, que podemos también llamarlas "tipos de desgaste".

#### C. TIPOS DE DESGASTE.

- a) Desgaste por abrasión
- b) Desgaste por corrosión
- c) Desgaste por fricción
- d) Desgaste por impacto
- e) Desgaste por calor
- f) Desgaste por cavitación
- g) Desgaste por erosión

Para piezas que trabajan en contacto con tierras, polvos, minerales, etc. los cuatro primeros desgastes son los más usuales. En la mayoría de las ocasiones, estos desgastes se presentan en combinación unas con otras, el conocimiento a fondo de estas diferentes combinaciones de tipos de desgaste, influyen mucho en los resultados que se desean obtener y que son por lo general duración y economía.

## 2.1 FACTORES PRINCIPALES DE DESGASTE.

Antes de pasar al estudio detallado de los factores -- de desgaste más importantes, es necesario explicar los conceptos -- mes y las falacias en boga en relación con la dureza de los depósitos de material aplicado a superficies y su relación con el desgaste. La dureza del depósito, como se indica en la tabla -- No. 31, no constituye un criterio real aplicable al desgaste.

**ABRASIÓN.** La abrasión de los metales se ha clasificado en tres tipos generales: rayadura, esmerilado y corte a filo o ranurado. La mayoría de las situaciones abrasivas comprenden combinaciones de los tres.

La abrasión por rayadura o abrasión a esfuerzo reducido es la menos severa de los tres tipos de abrasión. Son las -- partículas duras y generalmente agudas las que ocasionan el desprendimiento del metal. En este tipo de abrasión son importantes la dureza original y la agudeza del abrasivo. A mayor dureza del abrasivo y mejor agudeza de los filos de corte, mayor será la severidad del proceso abrasivo. El aumento de velocidad -- de la partícula abrasiva, como en el proceso de limpieza por chorro de aire y arena, o en el flujo de un líquido turbulento cargado por abrasivo, incrementa rápidamente la acción abrasiva. Las fuerzas de impacto son generalmente despreciables. Los entreses que trabajan en arena, los impulsores de las bombas de dragas, los ventiladores, los sopladores, las hojas de corte de los stados las bocas de tolas para coque, las boquillas de paso para

**GRAFICA QUE INDICA LA RESISTENCIA RELATIVA A LA ABRASIÓN Y LA RESISTENCIA  
RELATIVA AL IMPACTO DE DIFERENTES DEPOSITOS Duros EN SUPERFICIES**

<b>MATERIALES PARA CONCRETEAMIENTOS.</b> Para restaurar las almiraciones antes de aplicar recubrimiento duro; también se emplea en ocasiones como recubrimiento final	Stoody para engrasamiento	00 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
	Stoody 210	0000 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
<b>MATERIALES CON BAJO CONTENIDO DE ALUMINIO.</b> Para impacto duro acompañado por abrasión de moderada a intensa	Stoody 8105	0000000000000000 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
	Stoody 8827	0000000000 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
<b>MATERIALES CON ALTO CONTENIDO DE ALUMINIO.</b> Para abrasión moderada a dura acompañada por impacto de moderada a intensa	Stoody 21	0000000000000000 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
	Stoody 31	0000000000000000 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
	Stoody en tubo recubierto	0000000000000000 XXXXXXXXXXXX
	Stoody 2134	0000000000000000 XXXXXXXXXX
	Stoody en tubo	0000000000000000 XXXXXXXX
	Stoody en tubo	0000000000000000 XXXXXXXX
<b>MATERIALES EN CARBONO DE TURBOSTERNA.</b> Para abrasión dura acompañada por impacto de ligero a moderada	Barod eléctrica	000000000000000000000000 XXXXXX
	Barod en tubo eléctrico	000000000000000000000000 XXXXXX
	Barod para estático	000000000000000000000000 XXXXXX

88.1A

ALTA



cargadores frontales, al excavar en roca y las operaciones de -  
texturación de la roca, son dos buenos ejemplos de equipo suje-  
to a abrasión por corte.

**CORROSIÓN Y CALOR.** Los dos últimos factores: corro-  
sión y calor, o combinación de los dos, o la deposición simultá-  
nea a la corrosión, al calor y a la abrasión por oscilado sig-  
uen lugar generalmente en las herramientas y cables para trabajo  
en caliente, en las matrices para forja a martinetes, en las --  
guías de los rollos de laminación y en las herramientas cortan-  
tes con acero de alta velocidad.

#### D. PROCESOS DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS Duros.

Los procedimientos de soldadura que se emplean para -  
la aplicación de recubrimientos duros son:

- a) Manual: Por oxiacetileno o por arco eléctrico.
- b) Semiautomático: Con arco eléctrico resistenté, ag-  
ua sumergida o arco metálico protegido.
- c) Automático: Con arco eléctrico revestido, o sume-  
rgido.
- d) Se rocía con polvo.

#### D.1 CRITERIOS PARA LA APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS - Duros.

Para una aplicación dada de recubrimiento duro, las -  
selección del proceso de soldadura más adecuado puede ser tan -

importante como la selección de la aleación. Al escoger dicho proceso junto a los requerimientos de servicio deben considerarse las características físicas de la pieza de trabajo, las propiedades metalúrgicas del metal de base, la forma y composición de la aleación para el recubrimiento, los requisitos en cuanto a las propiedades y el costo de la operación.

Deben considerarse por lo menos tres factores en la selección: el metal de base, la composición y forma de la aleación de recubrimiento, y el proceso de soldadura. La explicación siguiente aclara lo anterior: Las partes pesadas o muy grandes, difíciles o imposibles de transportar, requieren generalmente la selección de un proceso de soldadura que pueda llevarse hasta el sitio en que está la pieza de trabajo. En tales aplicaciones, lo más frecuente es hacer la soldadura por medios manuales o semiautomáticos, particularmente cuando se trata de recubrimientos duros en zonas difíciles de alcanzar. Por consiguiente, las partes que pueden llevarse hasta el equipo de soldadura fácilmente, y las que son procesadas en grandes cantidades, pueden trabajarse en forma más eficientemente por métodos automáticos o semiautomáticos.

Las propiedades del metal base determinan el precalentamiento y el calentamiento en proceso, y los regímenes de calentamiento posteriores a la soldadura. En resumen, el procesamiento del metal base que ha de recubrirse es necesario a veces para minimizar la deformación para prevenir el desastre.

siento a el agrietamiento y para evitar el choque térmico. Con objeto de determinar la temperatura correcta de precalentamiento, debe conocerse o determinarse la composición del metal al que ha de aplicarse un recubrimiento duro.

En general, de acuerdo con las hojas de la obra Welding Engineer Data Sheets 3ª edición, se hace necesaria el calentamiento, al cambiar los factores siguientes:

1. Cuanto mayor sea la masa que se está soldando.
2. Cuanto menor sea la temperatura de las piezas que se estén soldando.
3. Cuanto más baja sea la temperatura atmosférica o ambiente.
4. Cuanto menor sea el diámetro de la varilla de soldadura.
5. Cuanto mayor sea la velocidad de aplicación.
6. Cuanto mayor sea el contenido de carbono en el acero.
7. Cuanto mayor sea el contenido de manganeso en los aceros al carbono simple o con bajo contenido de aleación.
8. Cuanto mayor sea el contenido de aleación en los aceros de temple al aire.

9. Cuanto mayor sea la capacidad de temple al aire -  
del acero.

10. Cuanto más complicada sea la forma o la sección -  
de las partes a soldar.

Algunas aleaciones para recubrimientos de superficies, especialmente las más duras y frágiles, se producen en forma de mezcla de polvos. Para ofrecer estos polvos en forma de alambre sólido, se introducen en un alambre tubular de acero el cono. Los polvos pueden aplicarse con equipo estándar de recubrimiento electrolítico, y fundirse, después de recubrir, con un equipo estándar electrolítico.

Además de la composición de la aleación misma que han de servir para aplicarse el recubrimiento, debe tenerse en cuenta el grado de dilución del metal de base en la parte recubierta. Dilución es la interrelación del metal de recubrimiento con el metal de la pieza de trabajo, y se expresa ordinariamente como porcentaje del metal de base que hay en el depósito de recubrimiento duro.

Por ejemplo: una dilución del 10% significa que el depósito contiene 10% del metal de base y 90% de la aleación para recubrimiento duro. Al aumentar la dilución se reduce la dureza, la resistencia al desgaste, y otras propiedades deseables del depósito de aleación. A veces para poder controlar la composición y contrastar los efectos adversos de las diferencias

de dilatación térmica-contracción entre la pieza de trabajo y la aleación para recubrimiento duro, se deposita una capa amortiguadora de acial de soldadura entre la pieza de trabajo y la aleación para recubrimiento duro. La tabla número 24 relaciona el proceso de soldadura con la forma de aplicación, con la forma de aleación para recubrimiento duro y con otros factores en la dilatación del metal de la soldadura.

Es también importante relacionar los requerimientos de la parte, a la que se va a aplicar el recubrimiento, con la destreza del soldador que aplica dicho recubrimiento. No es necesario, por ejemplo, utilizar soldadores altamente calificados para hacer recubrimientos duros en equipos de energía y movimiento de tierras. El recubrimiento duro de las válvulas de los motores de combustión, por otro parte, requieren soldadores sumamente experimentados y un control preciso en la operación de soldadura.

#### 0.2 PREPARACIÓN DE LA PIEZA PARA APLICAR EL RECUBRIMIENTO.

Para hacer mínimas las probabilidades de porosidad y/o descostreamiento, la superficie de trabajo que ha de recibir la capa de material duro, debe limpiarse perfectamente de toda suciedad, óxidos, grasa y todo material extraño. La limpieza puede efectuarse por esmerilado, limado o cepillado mecánico.

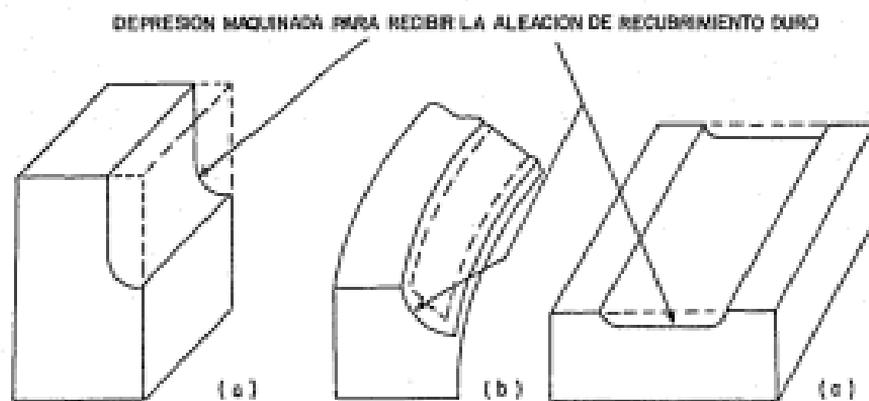
Partes tales como las hojas de cizallas, los guarnones

CARACTERÍSTICAS DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA QUE SE EMPLEAN PARA LA APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS DEPOSITO EN SUPERFICIE

PROCESO DE SOLDADURA	TIPO DE APLICACIÓN	TIPO DE ASOCIACIÓN DE ELECTRODOS	DISEÑO DEL METAL DE LA SOLDADURA, 2	DEFECTOS METÁLICOS (% POR META)	ESPESES METÁLICAS (mic.) <sup>1</sup>	ALICIONES DE RECUBRIMIENTOS APLICADOS <sup>3</sup>
De arco sumergido	Manual	Varilla fundida desnuda	1 a 10	1 a 5	10	total <sup>3</sup>
		Varilla tubular				
	Automática	Varilla	5 a 10	1 a 10	5 a 10	total <sup>3</sup>
De arco eléctrico protegido	Manual	Varilla fundida desnuda	5 a 10	1 a 5	10	total <sup>3</sup>
		Varilla fundida recubierta con fundente	5 a 10	1 a 5	10	total <sup>3</sup>
		Varilla fundida recubierta con fundente	5 a 10	1 a 5	10	total <sup>3</sup>
De arco eléctrico	Electrodo-óxido	Varilla tubular con núcleo de aluminio	5 a 25	5 a 25	50	4 tipos de hierro
	Automática	Varilla tubular con núcleo de aluminio	5 a 25	5 a 25	50	4 tipos de hierro
De arco de tungsteno y gas	Manual	Varilla fundida desnuda	5 a 20	1 a 5	100	total <sup>3</sup>
		Varilla tubular				
De arco sumergido	Automática	Varilla fundida desnuda	5 a 20	1 a 5	50	total <sup>3</sup>
	Automática	Varilla tubular	25 a 50	10 a 20	50	4 tipos de hierro
	Automática	Varilla fundida desnuda	5 a 50	5 a 25	50	4 tipos de hierro
	Automática	Varilla fundida desnuda	5 a 25	25 a 50	100	4 tipos de hierro
	Automática	Varilla fundida desnuda	5 a 25	25 a 50	100	4 tipos de hierro
De arco y gas	Automática	Varilla <sup>3</sup>	5 a 10	1 a 5	100	total <sup>3</sup>
		Varilla <sup>3</sup>				

a las matrices que están sujetas a choques duros durante su uso, deben maquinarse como se indica en la figura No. 44a. Otras partes tales como las muñones de las molinos de cemento, los collarines de empuje, los dientes de ruedas y los tornillos de expulsores deben maquinarse como se ilustra en la figura No. 44b. Las partes sujetas a abrasión por calor o impacto, como las herramientas, dados para trabajo en caliente, las hojas para cilindros en caliente, los dados para forja a martinete, las guías de los molinos de laminación y los ejes a flechas, deben prepararse como se indica en la figura 44c.

FIG. 44. PREPARACION DE SUPERFICIES PARA RECUBRIMIENTOS DUROS.



LAS LINEAS PUNTEADAS INDICAN LAS DIMENSIONES TERMINADAS A ESMERIL.

**CAPITULO V**  
**CALCULO DE COSTOS EN LA SOLDADURA**

## CÁLCULO DE COSTOS EN LA SOLDADURA

El objetivo de este capítulo es el conocer los costos de reparación de algunos componentes sometidos a desgaste de la maquinaria para construcción. Un estudio de los costos de reparación nos puede dar la pista para tomar una decisión acerca de cambiar o reparar. Para esta toma de decisión haremos la comparación entre el costo de adquisición y el costo de reparación.

En este capítulo estudiaremos primeramente los costos en la soldadura oxiacetilénica, soldadura por arco eléctrico, - cálculo del costo hora-soldador, para finalmente hacer un caso práctico y exhibir una tabla comparativa de los costos obtenidos de reparación y los costos de adquisición.

Básicamente los costos se dividen en directos e indirectos. Los costos directos son los que intervienen directamente sobre el producto como la mano de obra, materiales y el equipo. Los costos indirectos serán los costos administrativos, impuestos, teléfonos etc. En este caso no los incluiremos en nuestro análisis ya que para cada empresa son diferentes y varían según el tamaño de la industria y por lo tanto podría llegar a desvirtuar nuestro estudio de costos.

### A. COSTOS EN LA SOLDADURA OXIACETILÉNICA.

El costo de la soldadura es la suma de los siguientes parciales:

- a) Consumo de acetileno.
- b) Consumo de oxígeno.
- c) Consumo del metal de aportación.
- d) Consumo del fundero.
- e) Salario del soldador.
- f) Interés u amortización.

El costo de la soldadura se puede calcular con relativa facilidad y bastante aproximación, puesto que se puede obtener el consumo de los principales materiales y el tiempo empleado en la soldadura en función del espesor de las placas a soldar.

El salario del operador se considera como un dato ya conocido. El cálculo y la integración de este salario como un costo horario por hora/soldador lo realizaremos más tarde en este mismo capítulo.

Intereses y amortización. El costo por equipos, herramientas, local, terrenos, etc. se calcula como los intereses y amortización del capital empleado en la adquisición de éstos. Un cálculo detallado de estos sería impráctico por lo que se agota por prorratesarlos de la siguiente manera:

5% más del costo por las instalaciones y accesorios.

10% más del costo para amortización de las instalacig

nes.

20% más del costo para amortización de los accesorios.

En la práctica se acostumbra a incrementar el costo total final entre un 30 y un 40% por los costos de intereses y amortización del capital.

Cuando no se requiere una gran precisión en la evaluación del costo de la soldadura, se puede simplificar mucho el cálculo hallando el consumo de los materiales en función del consumo del oxígeno, pues para las soldaduras comunes la relación de consumos de oxígeno, acetileno y metal de aporte se encuentra consultando la tabla N° 25.

Es decir que por cada 1.1 litro que se consume de oxígeno, se consumen 1 litro de acetileno y 1.1 gramos de metal de aporte. Ejemplo: Si al iniciar una soldadura el manómetro indica 150 kg/cm<sup>2</sup> y al finalizar indica 170 kg/cm<sup>2</sup>, tendremos:

Oxígeno	20 x 40 = 800 lts. = 1.2 m <sup>3</sup>
Acetileno	1.2/1.1 = 1.1 m <sup>3</sup>
Metal de aporte	1.2 kg.

NOTA: Se considera que el cilindro tiene una capacidad de 40 litros de agua.

Para algunos casos, este método aproximado puede ser de gran ayuda. Veamos otro ejemplo explicativo. Se tiene que-

soldar un sistema de escape directo de un automóvil con motor de 8 cilindros.

Los tubos tienen un diámetro de 30 mm. y se deben regular des soldaduras completas alrededor de cada tubo. Resolver este problema sin usar el método de función de consumo de oxígeno puede ser engorroso y tardoso. Se complicaría aún más si el diámetro de cada tubo fuera diferente, pues habría que obtener una medida lineal del trabajo por realizar, es decir, se tendría que calcular la longitud total a soldar y el consumo se podría obtener a partir del peso del material aportado por unidad de longitud. En cambio, si disponemos de la cantidad de oxígeno consumido en la operación el problema se facilita. Supongamos que el tanque, de 40 litros estaba lleno al empezar la operación (  $150 \text{ kg/cm}^2$  ) y que al terminar, el manómetro marcaba  $50 \text{ kg/cm}^2$ , entonces el consumo de materiales será como sigue.

Oxígeno

$$(150 \text{ kg/cm}^2 - 50 \text{ kg/cm}^2) \times 40 \text{ lts.} \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{lts.} = 4.0 \times 10^6 \text{ cm}^3 = 4.0 \text{ m}^3.$$

Acetileno

$$4.4/1.1 = 4 \text{ m}^3.$$

Metal de aporte

$$4.4 \text{ kgs.}$$

Espesor mm. a	potencia del soplete l/h $C_2H_2$ p=12/8	vel. de avance m/h V=12/e	tiempo tardado Min/m T=5e	consumo por m. sol.			Ø varilla mm. d=c/2 + 1
				Acetileno lts. Ca=8.5e	Ox. lts. CO=10e	Metal aportación p=10e	
0.5	50	24	2.5	2.12	2.5	2.5	1.25
1	100	12	5	4.5	10	10	1.5
1.5	150	8	7.5	19.1	22.5	22.5	1.75
2	200	6	10	34	40	40	2
2.5	250	4.8	12.5	53.1	62.5	62.5	2.25
3	300	4	15	76.5	90	90	2.5
3.5	350	3.4	17.5	103.5	122	122	2.75
4	400	3	20	136	160	160	3
4.5	450	2.7	22.5	172	203	203	3.25
5	500	2.4	25	212	250	250	3.5
5.5	550	2.2	27.5	254	302	302	3.75
6	600	2	30	306	360	360	4

TABLA N° 26.

Espesor mm. e	potencia del soplete l/h C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> p=12/8	Vel. de Avance m/h V=12/a	tiempo tardado Min/m T=5e	consumo por m. sol.			# virilla mm. d=ø/2 e 1
				Acetileno	Ox.	Metal	
				lit. <sub>2</sub> CA=8.5e <sup>2</sup>	lit. <sub>2</sub> CO=10e <sup>2</sup>	aportacjón p=10e <sup>2</sup>	
0.5	50	24	2.5	2.12	2.5	2.5	1.25
1	100	12	5	8.5	10	10	1.5
1.5	150	8	7.5	14.1	22.5	22.5	1.75
2	200	6	10	24	40	40	2
2.5	250	4.8	12.5	53.1	62.5	62.5	2.25
3	300	4	15	76.5	90	90	2.5
3.5	350	3.4	17.5	103.5	122	122	2.75
4	400	3	20	136	160	160	3
4.5	450	2.7	22.5	171	203	203	3.25
5	500	2.4	25	213	250	250	3.5
5.5	550	2.2	27.5	256	302	302	3.75
6	600	2	30	304	340	340	4

TABLA N° 26.

### A.1 COSTOS EN LA SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO.

El precio del costo por metro lineal del cordón de soldadura eléctrica por arco viene dado por la suma de los siguientes valores:

$$P = P_p + P_o + P_g$$

$P$  = Costo por metro lineal de soldadura

Donde:  $P_p$  = Costo de preparación;

$P_o$  = Costo de soldadura;

$P_g$  = Costo proporcional de los gastos del taller.

El costo de preparación es un valor que debemos calificar de acuerdo con nuestra experiencia en el trabajo. El costo proporcional de los gastos del taller es similar a los gastos por intereses y amortización del capital que estudiamos en el punto anterior.

El costo de soldadura se subdivide en los siguientes conceptos:

$$P_g = P_n n + P_t t + P_u M$$

$P_n$  = Precio del electrodos

$n$  = Número de electrodos necesarios para un metro lineal de cordón de soldadura.

Donde:  $P_t$  = Costo horario del soldador

$t$  = tiempo invertido en la soldadura de

un metro lineal de cordón de soldadura  
dura:

$P_u$  = Precio del  $Ku/hr.$ .

$M$  = Consumo de  $Ku/hr$  de energía eléctrica por metro lineal de cordón de soldadura.

Donde consideramos como datos conocidos el precio de los electrodos, el costo horario del soldador y el precio del  $Ku/hr.$  Para determinar  $n$ ,  $t$  y  $M$  expectaremos por calcular el  $pg$  es por metro lineal de cordón de soldadura del metal de aportación. Este peso viene determinado por la fórmula.

$$M = C e^2$$

Siendo "e" el espesor de las piezas a soldar y "C" un coeficiente que depende del tipo de cordón y viene en la tabla N° 37.

Determinación del número "n" de electrodos necesarios por metro de cordón de soldadura. El peso de metal aportado por un metro de cordón de soldadura, por el electrodo de acero de diámetro "D" de varilla metálica y longitud "l", expresado en gramos, viene dado por la fórmula.

$$n = \frac{M}{\frac{\pi}{4} D^2 l \rho}$$

y expresando  $D$  y  $l$  en centímetros

$$a = \frac{0.0001 D^2}{4000} l \times d$$

Como conocemos el peso del metal necesario por metro de cordón de soldadura, el número de electrodos por metro lo obtendremos dividiendo "M" entre "a".

$$n = \frac{0.0001 D^2}{\frac{0.0001 D^2}{4000} l \times 7.8} = \frac{4000 C \cdot \pi^2}{D^2 \cdot 17.8}$$

$\alpha$  es el rendimiento gravimétrico del electrado, es decir, el porcentaje de su peso que se deposita en el cordón, que puede calcularse conociendo el electrado de peso inicial  $a_1$  y del peso del cable  $a_2$  y pesando las piezas antes de soldar  $P_1$  y después de depositar el cordón  $P_2$ .

$$\alpha = \frac{P_2 - P_1}{a_1 - a_2}$$

En general, el valor de  $\alpha$  oscila alrededor de ---- 0.80, pero en determinadas casos puede ser superior a la unidad por incorporarse elementos metálicos del relleno al cordón de soldadura.

Suponiendo:  $\alpha = 0.80$

$l = 300$  mm.

$a = 3.24$

$d = 7.0$  ( acero, peso específico )

$$n = \frac{C \cdot a^2}{1.5 \cdot d^2}$$

Determinación del tiempo necesario para la ejecución de un metro lineal de soldadura. El tiempo "T" para depositar  $1 \text{ cm}^3$  de soldadura viene dado en la tabla N° 25, cuyos valores obtenidos experimentalmente comprenden el tiempo empleado en cobrar el arco, el tiempo para depositar el cordón, para picarla escoria y cambiar el electrodo.

-----							
Diámetro del electrodo							
en mm.	2	2.5	3.25	4	5	6	8
-----							
Tiempo elemental							
en segundos.	120	86	60	42	31	24	18
-----							

TABLA N° 25

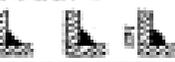
VALOR DE C.	α = ANGULO DE ACHAFLANADO					CORDON		
	50°	60°	70°	80°	90°	CONCAVO	PLANO	CONVEXO
1 							10	
2 	4.3	5.4	6.6	7.8	9.4			
3 	2	2.6	3.2	3.8	4.5			
4 						2.5	4	5
5 	2.3	2.9	3.5	4.2	5			

TABLA No 27

Como el peso del metal depositado por metro lineal de soldadura "M" lo conocemos, el tiempo total necesario para depositar este peso será:

$$t = \frac{M}{a} = \frac{C \cdot \pi^2}{7.8}$$

Si suponemos que la varilla es de acero de densidad  $d=7.8$ , la fórmula anterior se convierte en:

$$t = \frac{C \cdot M^2}{7.8}$$

El consumo de energía "W" para depositar un metro lineal de soldadura; se ha determinado experimentalmente que para depositar  $1 \text{ cm}^3$  de metal de aportación son necesarios 0.03 kw/hca. Por tanto para depositar el volumen  $M/d$  del metal contenido en un metro de cordón de soldadura será necesario:

$$W = 0.03 \frac{M}{d} = 0.03 \frac{C \cdot \pi^2}{d}$$

Si la varilla es de acero:

$$W = 0.03 \frac{C \cdot \pi^2}{7.8}$$

Ejemplo: Supongamos que se trata de soldar 2 chapas de 3mm. de espesor, con electrodos de 3.25 mm. de diámetro y 100 mm. de longitud, sobre la varilla de acero y el rendimiento gravimétrico de 0.80.

$$n = \frac{C \cdot e^2}{1.58^2} = \frac{10 \cdot 3^2}{1.5 \cdot 1.25^2} = 6 \text{ electrodos}$$

$$T = \frac{1 \cdot C \cdot e^2}{7.8} = 60 \cdot \frac{10 \cdot 3^2}{7.8} = 690 = 11.5 \text{ seg.}$$

$$W = 0.03 \cdot \frac{C \cdot e^2}{7.8} = 0.03 \cdot \frac{10 \cdot 3^2}{7.8} = 0.345 \text{ kw/hrs.}$$

#### A.2 CALCULO DEL COSTO HORA - SOLDADOR

Cuando hablamos del salario de un trabajador normalmente nos referimos a sus ingresos mensuales o a su salario diario. Pero cuando hablamos del costo hora-soldador es diferente. La diferencia básica se encuentra en lo que el patrón paga a su trabajador vía salario, gratificaciones, vacaciones y todas las prestaciones que paga y el trabajo real desempeñado por el trabajador, es decir.

##### a) Días no laborados

	52 Domingos
	7 Festivos por ley
	6 Festivos convencionales
	6 Vacaciones
	3 Por enfermedad
<b>Total</b>	<b>74 Días</b>
	365 - 74 = 291 Días trabajados

Días pagados	385	Días calendario
	15	Aguinaldo
	<u>1.5</u>	Prima vacacional
Total	381.5	

<u>Días pagados</u>	<u>381.5</u>	= 1.5109 = 31.08%
Días laborados	291	

b) Por incrementos sobre remuneraciones pagadas

$$381.5 \times 0.01 = 3.8$$

$$\frac{3.8}{291} = 0.0131 = 1.31\%$$

c) Por costo patronal al Seguro Social

<u>Días que se pagan al año con cargo al seguro</u>	<u>365</u>	= 1.2542
Días laborables al año	291	

El I. M. S. S. fija sobre este factor los porcentajes de 18.8875 para salario mínimo y de 15.9375 para salario superior al mínimo.

$$\text{Salario Mínimo } 1.2542 \times 18.8875 = 23.69\%$$

$$\text{Salario Superior al mínimo } 1.2542 \times 15.9375 = 19.98\%$$

Finalmente tenemos:

Por días no trabajados	31.00%	31.00%
Por remuneraciones	1.31	1.31
Por I. M. S. S.	24.89	19.89
	57.00	52.19
Factor	1.57	1.52

Es decir que por cada día trabajado se paga 1.57 ó -- 1.52 el salario diario.

Si fijamos el salario diario en \$ 11,520.00 que es el salario mínimo para soldador con arco y sepiete según la comisión de salarios mínimos, y calculemos una eficiencia del trabajador del 80%, entonces el costo hora-soldador será.

$$P_1 = \$ 11,520 \times 1.52/\text{hora} \times 80\% \text{ eficiencia} = \$ 2,736$$

$$P_1 = \$ 2,736.00$$

Tal vez la pregunta ahora sea el salario que debe ganar un soldador calificado, y al mismo tiempo saber, qué tan calificado es un soldador.

Es decir que procesos como, en que posición solda, si sabe leer planos y diagramas, etc.

En cuanto a los salarios, en México tenemos un salario mínimo fijado por la Comisión Nacional de salarios mínimos, pero esta no opera en todos los casos como es el caso de Poma,

CFE y Empresas privadas con altos niveles de Ingeniería, por lo tanto se manejan otros tabuladores. Por ejemplo en E. U. en 1972 el salario promedio por hora era de \$ 4.50 U. S. 016. --- ( \$ 11.250.00 ) y llegaba a ser para operadores calificados de \$ 12.00 U. S. 015. ( \$ 30,000.00 x hora ).

En lo referente a la calificación o certificación de un soldador la AWS ha fijado una serie de pruebas que ayudan a tener una calidad estándar sobre los soldadores. Estas normas de certificación así como una explicación más extensa de la certificación las incluimos al final de este trabajo en el apéndice 1.

#### A.3 CASO PRACTICO,

En el punto 2 de este capítulo tenemos la fórmula general para el cálculo del costo por metro lineal de soldadura que es:

$$P_s = P_n S + P_t T + P_w W$$

$$P_n = 516,100 \text{ kg} \text{ --- } 16 \text{ var/kg} \text{ --- } 84,103 \text{ var.}$$

$$P_t = \$2,716 \text{ por hora}$$

$$\text{Donde: } P_w = \$ \quad 78 \text{ Cu. M}$$

$$S = ?$$

$$T = ?$$

$$W = ?$$

Considerando que se usan electrodos donde parte del revestimiento pasa a formar parte del peso del metal de aporte,

el rendimiento gravimétrico será de 1.10. Por lo tanto las fórmulas del punto 2 quedan de la siguiente manera:

$$H = \frac{c \cdot W^2}{2.02 D^2} \dots\dots\dots ( 1 )$$

$$T = \frac{c \cdot W^2}{7.6} \dots\dots\dots ( 2 )$$

$$W = 0.03 \frac{c \cdot H^2}{7.6} \dots\dots\dots ( 3 )$$

#### A.3.1. MODILLO DOBLE O SENCILLO.

Para recuperar las dimensiones originales de un rodillo, por ejemplo, de un tractor Cat. 80-H, con un porcentaje de desgaste del 100%, se necesitan 13.65 mm. de espesor de soldadura. Si usamos un electrodo Gridur 10 (A57N-AWS E FeCr-M1) de 5mm. Ø. Duraca del material depositado 60-80 RC. Espesor del cordón 0.031 mm. [1/8"]. Ancho del cordón 25.4 mm. [1"].

$$\text{De (1) } \dots\dots\dots H = \frac{10 (13.7)^2}{2.02 (5)^2}$$

$$H = 31.93 \text{ electrodos}$$

$$\text{De (2) } \dots\dots\dots T = 31 \frac{10 (13.7)^2}{7.6}$$

$$T = 6,410.24 \text{ s.} = 1.78 \text{ hrs.}$$

$$\text{De (3) } \dots\dots\dots W = 0.03 \frac{10 (13.7)^2}{7.6}$$

$$W = 6.20 \text{ kw.H}$$

$$\text{Finalmente } P_s = 31.93 (1,123) + 1.78 (2,735) + 5.20 (38)$$

$$P_s = \$43,446.17 \text{ por metro lineal}$$

Considerando 4 cordones y 4 pasadas en cada cordón, la longitud total a soldar será de 10.90 m.

$$P_s = 43,446.17 \times 10.90$$

$$P_s \text{ total} = 473,563.26$$

### 8. 3.2 SELLAR GUIA.

Para revestir una rueda guía, por ejemplo, de un tractor Cat-98-H, con un porcentaje de desgaste del 100%, se necesitan 2.4 m. de espesor de revestimiento. Si usamos la misma soldadura que en el caso anterior, tendremos los mismos costos por metro lineal sólo cambiará la longitud total de soldadura, por tanto:

$$N = 31.93 \text{ electrodos}$$

$$T = 1.78 \text{ hrs.}$$

$$M = 5.20 \text{ Kw.H}$$

$$P_s = \$43,446.17$$

Considerando 4 cordones y 160 pasadas en cada cordón, la longitud total a soldar será de 28.37 m.

$$P_s \text{ total} = 43,446.17 \times 28.37$$

$$P_s \text{ total} = \$ 1,230,233.22$$

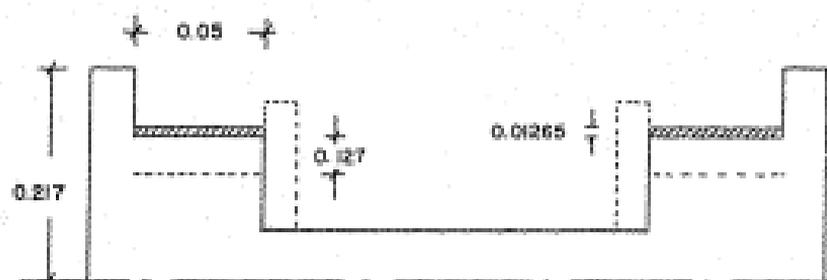


FIG. 45 PERFIL DE UN ROLLLO  
(dimensiones en metros)

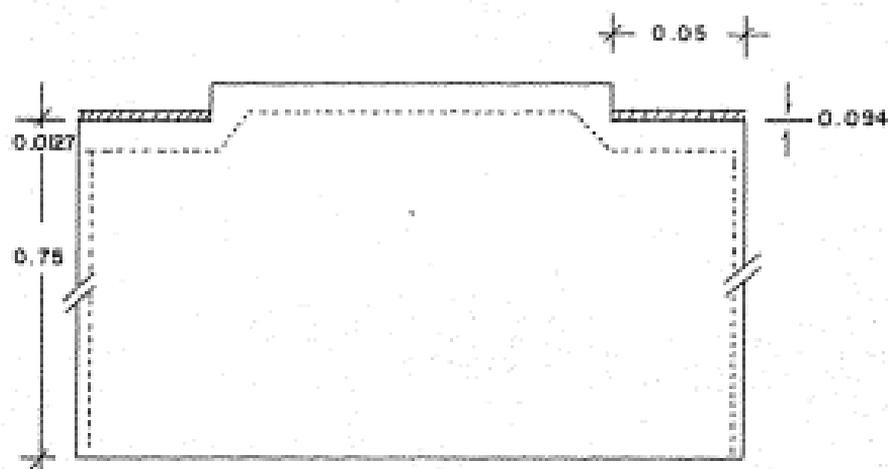


FIG. 16 PERFIL DE UNA RUEDA GUIA.

(dimensiones en metros)

## 4.3.3 ZAPATA

Cuando se requiere reparar una zapata de la oruga de un tractor, y esta se encuentra en el límite de desgaste, lo más recomendable es colocar un "aumento de zapata". El cálculo del costo de esta operación es el siguiente:

$$a = 37.3 \text{ mm.}$$

$$c = 2$$

$$\text{Longitud total a soldar} = 40 \text{ cm} \times 2 = 80 \text{ cm.}$$

$$M = \frac{2 ( 37.3 )^2}{1.6 ( 5 )^2}$$

$$M = 74.20 \text{ varillas}$$

$$T = 31 \frac{2 ( 37.3 )^2}{7.6}$$

$$T = 11.050.97 \text{ seg.} = 3.07 \text{ hrs.}$$

$$W = 0.03 \frac{2 ( 37.3 )^2}{7.6}$$

$$W = 10.70$$

$$P_a = 74.20 (576.12) + 3.07 (2,134) + 10.70 (76)$$

$$P_a = \$52,131 \text{ por metro lineal}$$

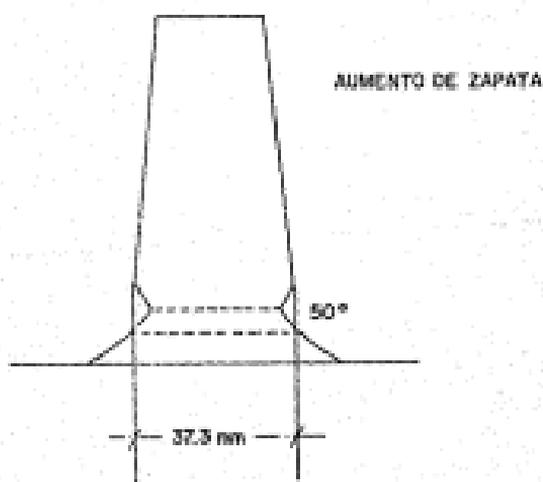
$$P_a \text{ Total} = \$52,131 \times .80 = \$41,704.80$$

En este ejemplo tomemos que consideramos el precio del "aumento de zapatas" al precio final.

$$P_a = 41,704.80 + 22,000 = \$63,704.80 \text{ por pieza}$$



FIG. 47. PERFIL DE UNA ZAPATA.



## CONCLUSIONES

Si comparamos los costos de adquisición de un rodillo, rueda guía, o una zapata, contra los costos de reparación calculados en el último capítulo, obtendremos los siguientes datos. Reparar un rodillo representa el 37% del costo de adquirir uno nuevo; una rueda guía representa el 43% y finalmente una zapata representa un 50%.

Con estos índices tal vez podamos pensar que es más conveniente reponer que reparar, pero es necesario recordar que el costo parcial de la reparación del tránsito de un tractor, representa el 50% o más del costo total de la reposición de un tractor completo.

Al principio de este trabajo dijimos que había que tener extrema cuidado al calcular los costos de reparación de un tractor, y que estas no sobrepasaran el 50% del costo de adquisición de un similar o una maquinaria reparada, pero considerando la época actual de falta de liquidez, que las piezas reparadas nos darán un 50% de la vida útil de una nueva, de un virtual ahorro de cuando menos un 50% del costo de compra, la opción de reparar se vislumbra como la más adecuada o por lo menos la más económica.

## APPENDICE

## ¿QUE ES LA CERTIFICACION ?

¿Qué es la certificación, y qué significa realmente?

Significa que un individuo, se encuentre capacitado - para un determinado trabajo, después de haber pasado un exámen-determinado.

La certificación, es la documentación, que corrobora- los resultados de ese exámen, es el documento donde aparecen -- las calificaciones del individuo.

## ¿PORQUE SE NECESITA EL CERTIFICADO?

Porque en él aparecen las condiciones que se tomaron- en los exámenes, el grado de dificultad, y las calificaciones - obtenidas. Se demuestra que la persona está capacitada para -- efectuar buenas soldaduras. El certificado sirve para probar - la capacitación de la persona.

Cuando los ingenieros diseñan algo, y se requieren -- soldaduras en el producto, lo soldadura está ya calculado por - ellos, por lo cual se necesita gente para realizar esas soldadur- as tal y como el ingeniero lo planeó, pues una mala ejecución- en la soldadura, puede afectar de una manera muy seria, pelli- grosa la integridad ya sea de un producto, un puente o un edifi- cio. Por medio del certificado, se asegura a los ingenieros, - que los soldadores son calificados para realizar el trabajo.

## ¿CUANTOS CERTIFICADOS EXISTEN?

La calificación y la certificación pueden ser en línea, tubería, acero suavo, acero inoxidable, cobre, aluminio, y otro tipo de metales, también puede ser en placa, en posición horizontal, vertical sobre la cabeza etc.

Puede darse con SMAW, SHAW, CIAW, OFW, SAW, y otros = proceso de soldadura.

#### ¿CUANTOS CERTIFICADOS HACEN FALTA?

Las diferentes combinaciones de proceso, materiales, posiciones, metales etc. son conocidos como variables. Si ya cambia en la variable requiere una certificación, a ésta se le conoce como una variable esencial.

Cada trabajo del soldador, requiere un cambio en las variables esenciales, se necesita, tener otra calificación mediante un exámen, para obtener el certificado.

Existen trabajos que requieren de una sola certificación, mientras que otros requieren varias. Algunas compañías requieren soldadores calificados en la posición de tubería HC, la cual cubre todas las otras posiciones.

#### ¿QUÉ SE NECESITA PRATICAR O ESTUDIAR PARA OBTENER EL CERTIFICADO?

La mayoría de los exámenes para la obtención del certificado son prácticos, además que otros empleos requieren el comprender los símbolos de soldadura, y por lo tanto se incluye

un examen de éste tipo.

Los exámenes escritos son inusuales, pero de lo que se puede estar segura, es que se tendrá que soldar algún tipo de unión por lo tanto hay que practicar éste último.

#### ¿QUE SON LAS VARIABLES ESSENCIALES?

Las variables esenciales son aquellas que al cambiar, requieren de una nueva calificación para cubrir las variables--nuevas.

Por ejemplo; si se está certificando en la posición de pie, y el trabajo que se requiere ahora es el de soldar en posición vertical. La posición es usualmente una variable esencial, por lo tanto, cada vez que haya que efectuar un cambio de posición se necesitará de un nuevo certificado. Lo mismo se requiere para cambios en el proceso de soldadura, tipos de metales y otras variables esenciales.

Las variables esenciales en un trabajo dependen del código de orden (y recomendamos la consulta de su código específico, que fija su trabajo). Ahora echemos un vistazo, a las variables esenciales más comunes:

-Cambio de materiales soldados (acero dulce, inoxidable, aluminio, etc.).

-Cambio en las posiciones de soldado

-Cambio en los tipos de unión

-Cambio en la dirección del viaje (cuesterrriba, cuestabajo)

-Cambio en el proceso de soldadura

Otros cambios, pueden incluir la alta variación en el porcentaje voltaje o velocidades de soldado.

Si se está calificado en un acero nuevo A-36, usualmente está capacitado para trabajar con ese acero y otros aceros - aceros similares, pero no se está calificado para poder trabajar con materiales como acero inoxidable, aluminio y cobre.

El código ASME (American Society of Mechanical Engineers). Por ejemplo, tiene una lista para metales similares o conocidos como "P" si se está calificado en metales de tipo P1, - se está calificado para soldar todos los metales del grupo P1, - pero no de los grupos P2 y P3.

Si usted usa un electrodo E6010 SMAW para su examen de calificación, usted estará calificado para usar los electrodos E6011 pero no puede usar electrodos no peligrosos, como el E7018.

Algunos códigos clasifican a los metales como F.

F1.- E6020	F2.- E6012	F3.- E6010	F4.- E7018
E7027	E7014	E6011	E7019

Si usted está calificado, en algunas de las clasificaciones "F" usted puede soldar con cualquiera de las electrodos que incluyen esa clasificación F, pero no los demás.

Ahora describiremos el sistema de calificación en varias posiciones:

F = Fillete

E = Acanalada

1 = Piso

2 = Horizontal

3 = Vertical

4 = Por encima, sobre la cabeza

Por ejemplo 2F = Fillete Horizontal

3E = Acanalado Vertical, etc.

Respecto a la soldadura en tuberías, la situación varía un poco:

1E = Posición horizontal, tubería móvil.

2E = Tubería en posición vertical, (Acanalado horizontal), tubería asentada.

3E = Posición horizontal, tubería asentada.

4E = Tubería a 45° de la vertical, tubería asentada.

## ¿CUALES SON LAS LIMITACIONES POR POSICION?

Los códigos varían pero, para hacernos un análisis general:

Si usted está certificado en ensamblado de planchas

Su posición de calificación también está calificado en

1G..... 1G y 1F

2G..... 1G, 2G y 1F, 2F

3G..... 1G, 3G y 1F, 2F, 3F

4G..... 1G, 4G y 1F, 3F, 4F

2G, 3G, 4G..... Todos los filetes y ensamblados

Si usted está certificado en soldadura ensamblada de tubería

Su posición de calificación también está calificado para:

1G..... 1G, 2G y 1F, 2F, 4G y todos los filetes

2G..... Todos los filetes y ensamblados

2G, 3G..... Todos los filetes y todos los ensamblados

Por ejemplo: Si usted está calificado en plancha 3G- (ensamblado vertical), usted también cubre las posiciones 1G, 3G

(piso y acanalado vertical), así como las posiciones 1F, 2F y 3F (filetes en piso, horizontal y vertical).

#### ¿QUE HAY SOBRE EL DISEÑO DE UNIONES?

Si usted está calificado en soldadura acanalada, usualmente está calificado para la soldadura de filetes en las mismas posiciones. De todas maneras, si usted está calificado en soldaduras de filetes, puede no estar calificado para los correspondientes acanalados de las mismas posiciones.

#### ¿QUE HAY SOBRE LOS PROCESOS DE SOLDADURA?

Usted debe de estar calificado, para cada proceso de soldadura que utilice. Si tomó un examen de calificación en SMAW, sólo será certificado por SMAW (varillas). Si necesita calificación en otro proceso, tendrá que presentar exámenes. Puede usted estar calificado en una combinación de procesos como GTAW y SMAW, pero puede quedar limitado por la soldadura depositada y el espesor del metal por cada proceso.

#### LIMITACIONES DE ESPESOR

Su calificación en examen de espesor	Rango en espesor en el que se encuentra calificado
3/8.....	1/16 mín .....2t max
sobre 3/8 pero menor 3/4..	3/16 mín .....2t max
sobre 3/4.....	max. de ser soldado

(2t = 2 veces el espesor de su calificación en lámina)

Por ejemplo, si su calificación en lámina es de 3/8", usted está calificado para 1/16" y el doble de espesor de su calificación en lámina que en éste caso es de 3/4".

El código estructural AWS, sección 5, le permite tomar un examen de calificación, llamado "I" ilimitado. Esto le permite tomar un examen de soldadura asociada en materiales de "I", - si lo aprueba estará usted calificado para soldar materiales de espesor limitado.

#### CODIGOS MAS COMUNES

**AWS/** (American Welding Society) (Sociedad Americana de Soldadores). La AWS D1.1 habla de la estructura de soldadura (Construcciones y puentes). - La sección 5 habla de los exámenes.

**ASME/** (American Society of Mechanical Engineers) (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos). Este código cubre: boilers, recipientes de presión y algunos componentes de reactores nucleares. La sección IX habla sobre las calificaciones.

**API/** (American Petroleum Institute) (Instituto Americano del Petróleo). La parte API 1104, cubre la parte de tuberías petrolíferas, así como la calificación de soldadura en tuberías para petróleo.

**ANSI** (American National Standards Institute). La parte ANSI B31.1 es el código de tuberías a presión. Aquí se usa la sección II de ASME para la calificación de soldaduras.

**MIL STD/** (Military Standards). Se refiere a muchos tipos de códigos.

#### EXAMEN DE SOLDADURA ESCALADA

Puede realizarse en lámina o en tubería. El examen consiste en depositar soldadura en la unión, hasta que esa sección quede llena y bien unida.

#### EXAMEN DE SOLDADURA DE FILETE

Es más fácil que el anterior, se aplica generalmente a soldaduras ovales. Consiste en soldar un lado de la unión, detenerse y reparar de nuevo, es usualmente requerido en el centro de la unión.

#### ¿COMO SE CALIFICAN LOS EXAMENES?

- 1.- El grado en las curvas (cara, base y lados curvados)
- 2.- Examen de solera
- 3.- Examen radiográfico (rayas X)
- 4.- Rotura de la soldadura de filete exámenes de grado

de.

Los exámenes de curva son usados en los códigos ASME, AWS, API, mientras que API, es el único que se aplica en el examen de rotura.

#### NIVELES DE APROBACIÓN DE EXÁMENES

Cara, base y curvaturas de lados. Puede tener defectos (no abiertos) no más largos de  $1/8$ , medidos en cualquier dirección sobre la cara de la superficie curvada.

#### EXAMEN DE ROTURA

La posición interior de la soldadura, no debe tener más de  $1/16$  de porosidad.

#### ROTORA DE SOLDADURA DE FILETE

No debe tener grietas o espacios no fusionados. Si hay fracturas en caso claro de fusión incompleta, grietas, y el total de porosidad e inclusiones en el área fracturada no debe exceder  $1/8$ .

#### EXAMEN DE MACROSCRABADO

Sin grietas o espacios no fusionados. La convexidad de la soldadura no debe ser más grande de  $1/16$ .

#### RADIOGRAFIAS

##### 1.- Grietas

- 2.- Fusión incompleta o penetraciones
- 3.- Grupos de inclusiones más grandes que el espesor de la lámina, en cualquier longitud de 12 veces el espesor
- 4.- Porosidad que exceda el 30% del espesor de la lámina, o plancha a 1/8, que es aún menor

LAS PREGUNTAS, SON PREGUNTAS QUE SE HACEN ANTES DE UN EXAMEN.

- 1.- EN QUÉ PROCESO QUIERE CALIFICARSE?
- 2.- QUÉ RANGO DE ESPESOR QUIERE PARA CALIFICAR?
- 3.- QUÉ POSICIONES?
- 4.- EN QUÉ CÓDIGO?
- 5.- CON QUÉ ELECTRODOS Y METALES?
- 6.- PLÁMINA O TUBERÍA?
- 7.- TIENE ALGÚN PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA?

Los procedimientos de soldadura se diseñaron para comprobar las cualidades mecánicas y que el soldado sea efectivo.

Los certificados pueden ser indefinidos (AWS, ASME) o por unos meses.

Para presentar los exámenes la persona debe ir preparada y si llega a fallar en los exámenes puede retomarlos las veces que sean necesarias, hasta aprobar.

## BIBLIOGRAFIA

**PROCEDIMIENTOS DE FABRICACIÓN Y CONTROL**

Tomo I

Manuel R. Lasheras

**SOLDADURA. APLICACIONES Y PRÁCTICA**

Henry Horwitz

Representaciones y Servicios de Ingeniería, S. A.

**MANUAL DEL SERVICIO ESPECIAL DE ENDEMAS**

Novena edición

Caterpillar Tractor Co.

**MANUAL DE RECUBRIMIENTOS DE DUREZA**

AGA de México