

T
623.8432
y 237
e.2.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias
del Mar



” Optimización de la Productividad de la
Soldadura en Construcción Naval en el
ECUADOR “

Tesis de Grado

**Previa a la obtención del Título de
INGENIERO NAVAL**

Presentado por:

MILTON EDUARDO GAROFALO RIBADENEIRA

Guayaquil - Ecuador
1991

DEDICATORIA

Aquel que un día dio su vida para
salvar a la humanidad:

J E S U C R I S T O

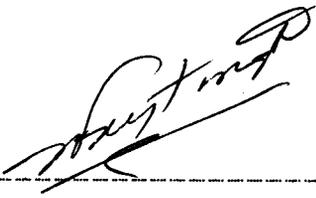
A mis P A D R E S, en quienes
siempre he encontrado el apoyo
para alcanzar mis metas, a ellos
sea mi gratitud por siempre.

A mi E S P O S A K A T Y,
quien siempre me acompañará por
este mundo con su amor y
fidelidad.

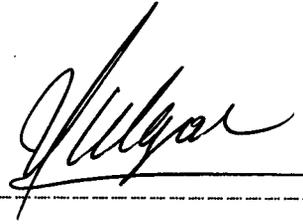
AGRADECIMIENTO

Al ING. NESTOR ALEJANDRO
Director de Tesis, por su
sincera, desinteresada e
invalorable colaboración brindada
para la realización de este
trabajo.

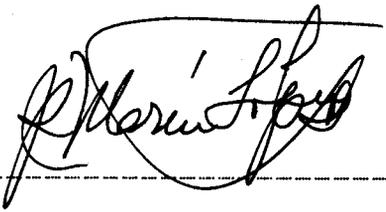
A todos MIS AMIGOS que en el
transcurso de esta etapa
estudiantil me brindaron su
sincera colaboración.



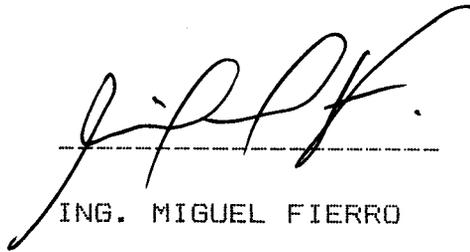
ING. JORGE FAYTON DURANGO
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
MARITIMA Y CIENCIAS DEL MAR



ING. NESTOR ALEJANDRO
DIRECTOR DE TESIS



DR. JOSE R. MARIN
MIEMBRO PRINCIPAL DEL TRIBUNAL



ING. MIGUEL FIERRO
MIEMBRO PRINCIPAL DEL TRIBUNAL



BIBLIOTECA

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL)



MILTON EDUARDO GAROFALO RIBADENEIRA

RESUMEN

La siguiente tesis estudia la productividad de la soldadura en construcción naval, partiendo de un análisis de producción en nuestro medio pasamos a presentar algunas técnicas o alternativas para incrementar la productividad de la soldadura en construcción naval.

Comienza describiendo algunos conceptos básicos de soldadura, productividad y la forma como determinar la productividad de la soldadura en construcción naval, además el porque del análisis de la productividad de la soldadura en nuestro medio.

En el capítulo dos se exponen algunos factores que van a influir en la producción de la soldadura, como son el rendimiento por fusión, la selección de los materiales, el tipo de acero, el tipo de procedimiento, etc. Sirviendonos de base para partir al enfoque del problema en el capítulo tres.

En este capítulo se presentan los datos estadísticos tomados en la zona de trabajo que servirán para medir la productividad de la soldadura en función de los kilogramos de metal depositado y el rendimiento por fusión de varios tipos de electrodos.

En el capítulo siguiente, esto es, cuatro se presenta la propuesta para incrementar la productividad de la soldadura en nuestro medio en base a los problemas observados y los cálculos realizados en el capítulo anterior.

El capítulo V tiene como finalidad presentar dos nuevos procedimientos de soldadura que pueden ser aplicados en nuestro medio, además, se recomienda en este capítulo un método que facilitará la solución de los problemas que son detectados en el astillero.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	V
INDICE GENERAL.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	XV
INDICE DE TABLAS.....	XVI
INTRODUCCION.....	18
 <u>CAPITULO I</u>	
GENERALIDADES.....	
1.1 Definiciones.....	21
1.2 Soldadura: Historia - Concepto.....	21
1.3 Concepto de Productividad.....	24

1.4 Costo del Kilogramo de Metal Depositado en Soldadura.....	27
1.4.1 Tiempo de Fusión de un kg.m.d. (Tf).....	28
1.4.2 Tiempos específicos del procedimiento (Te)..	29
1.4.3 Los tiempos auxiliares del procedimiento(Ta)	30
1.4.4 Costo de una hora de trabajo del soldador (Ct).....	32
1.4.5 Costo de consumibles (Cc).....	32
1.4.6 Costo de amortización de la máquina (Cm)...	32
1.4.7 Costo de energía consumida (Ce).....	33
1.5 Importancia de la Soldadura en Construcción Naval..	34
1.5.1 Productividad en la Industria Naval local...	36

CAPITULO II

ELEMENTOS QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCION DE LA SOLDADURA CON ELECTRODOS MANUALES.....

2.1	El Rendimiento por Fusión (Rf).....	39
2.1.1	Factores que influyen en el rendimiento por fusión.....	42
2.2	El Tipo de Electrodo Seleccionado.....	44
2.2.1	Características tecnológicas de un electrodo	45
2.2.2	Características económicas de un electrodo..	46
2.2.3	El revestimiento del electrodo.....	46
2.3	El Tipo de Planchas y Refuerzos.....	48
2.4	El Tipo de Unión.....	49
2.5	La Secuencia de Soldadura.....	50

2.6	Los Tiempos del Soldador.....	51
2.7	El Estimulo en el Soldador.....	51

CAPITULO III

MEDICION DE LA PRODUCTIVIDAD EN LOS ASTILLEROS LOCALES..

3.1	Presentación de Datos Estadísticos.....	54
3.1.1	Tiempos de fusión de los electrodos.....	54
3.1.2	Número de electrodos por día.....	65
3.2	Cálculos.....	68
3.2.1	Cálculo del rendimiento por fusión.....	68
3.2.2	Cálculo del kilogramo de metal depositado...71	
3.3	Análisis de Resultados.....	74
3.4	Problemas Observados en Nuestros Astilleros.....	77



3.4.1	Uso de un mismo tipo de electrodo.....	77
3.4.2	Las sobras de los electrodos.....	78
3.4.3	Control de calidad.....	79
3.4.4	Las máquinas de soldar.....	79
3.4.5	Los tiempos empleados por el soldador.....	80
3.4.6	Poco interés del personal en su trabajo.....	81
3.4.7	La seguridad en el área.....	82

CAPITULO IV

PROPUESTA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA SOLDADURA CON ELECTRODOS MANUALES.....

4.1	Presentación de la Propuesta.....	83
4.2	Una Correcta Elección de los Electrodos.....	83
4.3	Reducción de las Puntas Sobrantes.....	87

4.4	Selección Adecuada de Refuerzos.....	89
4.5	Selección Adecuada de Planchas.....	91
4.5.1	Longitud de las planchas.....	91
4.5.2	Ancho de las planchas.....	92
4.5.3	El tipo de acero.....	92
4.6	Buena Selección de las Uniones.....	93
4.6.1	La distribución de las uniones.....	94
4.6.2	El tipo de chaflán.....	95
4.6.3	El tipo de unión de soldadura.....	96
4.7	Reducción de los Tiempos Auxiliares.....	96
4.7.1	Principios Generales para Reducir los Tiempos Auxiliares.....	96
4.7.2	Plan de Acción para Reducir los Tiempos Auxiliares.....	102

4.8	Aplicación de los Estímulos.....	106
4.8.1	Aplicación.....	106
4.8.2	Ventajas de aplicación.....	114
4.8.3	Posibles reacciones al aplicar los estímulos	116

CAPITULO V

PERSPECTIVAS PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA SOLDADURA.....

5.1	Propósito de las Perspectivas.....	118
5.2	Aplicación de un Nuevo Procedimiento de Soldadura..	118
5.2.1	Soldadura por una sola cara.....	119
5.2.2	Soldadura por dos electrodos.....	122
5.3	Método Recomendado en la Presente Tesis.....	125

5.3.1 Alcance del método..... 126

5.3.2 Secuencia para su aplicación..... 126

5.3.3 Elementos que intervienen..... 131

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 133

BIBLIOGRAFIA. 137

INDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1	Rendimiento de Fusión versus Intensidad de Corriente.	40
Fig. 2.2	Rendimiento de Fusión versus Intensidad de Corriente y Diámetro del Electrodo.	41
Fig. 4.1	Mamparos Coarrugados y Refuerzos Prefabricados.	90
Fig. 5.1	Elementos utilizados en este procedimiento.	120
Fig. 5.2	Dimensiones del Soporte Refractorio.	121
Fig. 5.3	Vista del Porta Electrodo utilizado en el nuevo procedimiento de soldadura.	123
Fig. 5.4	Organigrama Funcional de una Empresa.	131

INDICE DE TABLAS

Tabla I	Datos para calcular el Rf. (Sold. A)	56
Tabla II	Datos para calcular el Rf. (Sold. B)	57
Tabla III	Datos para calcular el Rf. (Sold. C)	58
Tabla IV	Datos para calcular el Rf. (Sold. D)	59
Tabla V	Datos para calcular el Rf. (Sold. E)	60
Tabla VI	Datos para calcular el Rf. (Sold. F)	61
Tabla VII	Datos para calcular el Rf. (Sold. G y H)	62
Tabla VIII	Datos para calcular el Rf. (Sold. I)	63
Tabla IX	Datos para calcular el Rf. (Sold. J)	64
Tabla X	Datos para calcular los Kg.m.d. (Ast. Ecuat.)	66

Tabla XI	Datos para calcular los Kg.m.d. (Ast. Bras.)	67
Tabla XII	Sumatoria para determinar Rf. por cada soldador.	68
Tabla XIII	Rendimiento de Fusión y Sobra Promedio por por cada soldador.	70
Tabla XIV	Kilogramos de Metal Depositado por Soldadores Ecuatorianos.	72
Tabla XV	Kilogramos de Metal Depositado por soldadores Brasileños.	73

INTRODUCCION

En los Astilleros Ecuatorianos se presentan problemas en el área de producción, donde los trabajos son realizados con soldadura, interviniendo en ésta actividad soldadores, materiales y equipos. Los resultados de estos problemas son molestias para la empresa y consecuentemente para el personal.

Conociendo que la productividad de la soldadura tiene algún efecto sobre los costos de producción de una embarcación, se a planteado algunas técnicas y métodos para incrementar la productividad de la soldadura en base al análisis de los problemas observados y los datos tomados en algunas empresas de construcción naval, donde se ha realizado un muestreo que nos revela la situación en nuestro medio, motivando a la ejecución del presente trabajo.

En la producción de la soldadura encontramos distintos procedimientos de soldadura, como son: manual, semi-automática, automática, entre otros. Considerando que en nuestro medio la gran parte de los trabajos son realizados con soldadura manual, el objetivo de este trabajo es optimizar el uso de los materiales, equipos y personal, elementos fundamentales de este procedimiento.

La propuesta presentada en este estudio analiza algunas alternativas para optimizar la producción de la soldadura, sin que esto represente incremento en las inversiones de dinero, personal, etc., solamente será necesaria una planificación previa y la participación activa de todo el personal. Dentro de los resultados a obtenerse en el presente estudio tendremos que:

- a) Nos permitirá cuantificar la productividad de la soldadura en nuestro medio y realizar comparaciones con otros astilleros.

- b) Detectar algunos problemas que inciden directamente en la productividad de la soldadura manual y plantear soluciones a los problemas observados.

c) Finalmente se desarrolla un método basado en la presente tesis, el cual, puede ser aplicado en el área de producción para la solución de cualquier problema detectado.

CAPITULO I

GENERALIDADES.

1.1. DEFINICIONES.

En este capitulo se enfocan definiciones que van a ser tomadas como base dentro del desarrollo de la presente tesis, tales como: que es la soldadura, concepto de productividad, costo del kilogramo de metal depositado, importancia de la misma en la industria naval local.

1.2. SOLDADURA: HISTORIA - CONCEPTO.

Se define la soldadura como "un proceso metalúrgico para la unión de metales o aleaciones metálicas" (7) independiente del proceso empleado, sea este: por fusión, por presión o cualquier otro.

El arte de unir metales se remonta a unos 3000 a 4000 A.C. donde se fundían piezas de oro, cobre, estaño usando como únicas fuentes de energía la leña y el

carbón vegetal. Otra manera por la cual se fundía los metales era con una especie de tobera soplado por la boca usando alcohol como combustible, técnica usada por el año 1000 A.C. en Egipto.

La fase propiamente histórica de la soldadura comienza en el siglo XIX, algunas fechas relacionadas con ellas son:

1856 , Joule accidentalmente realiza una soldadura por resistencia por hilos de acero.

1877 Thomson sistematiza y estudia la soldadura por resistencia eléctrica con el auxilio de presión mecánica.

1891 Slavianoff realiza la primera soldadura de planchas de acero con electrodo metálico sin revestimiento.

1907 Kjellberg realiza la soldadura con electrodo revestido.

Así, se inician los procedimientos de soldadura y se desarrollan de una manera tal, que hasta la presente

década ha sido participe de los avances de la ciencia y tecnología.

A principios del siglo XX vemos uno de los primeros procesos de soldadura, esto es por fusión, el cual ha sido usado grandemente debido a que el tipo de unión es fuerte y duradera, tan resistente o más que los metales fundidos.

Dentro de la soldadura por fusión el proceso por arco eléctrico con electrodo revestido es el más empleado actualmente. En este proceso, el electrodo consiste de un alambre cubierto con el revestimiento adecuado, el cual es consumido a través de un arco generado entre su extremidad libre y el material que se desea soldar, el arco representa la fuente de energía que es utilizada para promover la fusión de las dos partes (7).

El electrodo que se funde es transformado en gotas, debido a la acción del arco eléctrico depositado sobre la pieza a soldar; estas gotas serán finas y numerosas en el caso de soldar con corriente de alta intensidad y gruesas si la intensidad de corriente es baja.

1.3. CONCEPTO DE PRODUCTIVIDAD.

Primeramente daremos una definición de productividad en forma general, para luego establecer una relación con la soldadura; de igual manera definiremos las unidades adecuadas para medir la productividad de la soldadura en construcción naval.

Se entiende por productividad a la relación entre el producto terminado y los recursos necesarios para su fabricación, sean humanos o no, donde el reto más grande para el factor humano es cómo economizar el uso de estos recursos para un producto determinado, es decir, cómo elevar en forma tangible el factor total de productividad. Esto envuelve innovaciones en los métodos de producción creando, adaptando y aplicando nuevas tecnologías con el fin de obtener mejores resultados para un mismo costo real.

Ahora vamos a definir la productividad en la soldadura, siendo conceptuada como la relación entre el valor de los resultados de los trabajos de soldadura y todos los costos que son necesarios para su realización, por lo cual, si el producto soldado está bajo las normas de control de calidad, podemos afirmar que: el valor del

resultado de los trabajos de soldadura es un número determinado de uniones soldadas o bien una cantidad fija de metal fundido sobre la unión.

Para medir la productividad de la soldadura intervienen cuatro elementos fundamentales, éstos son :

1) Costo de la mano de obra: en la actualidad el costo de mano de obra representa la proporción más significativa del costo total, con ciertas excepciones como en el caso de la soldadura semi-automática.

El costo necesario para producir una estructura soldada depende de algunos factores tales como: salarios que perciben los obreros, velocidad de deposición, gastos generales de la empresa. .

2) Costos de los consumibles de soldadura: debemos considerar que existen numerosos procesos de soldadura y cada uno tiene rendimientos diferentes, por tanto, el costo de los consumibles es variado.

Dentro de los consumibles tenemos: electrodos, gases y materiales de protección.



3) Costos de la energía consumida para la soldadura: para todo proceso de soldadura por fusión se puede considerar el costo por consumo de energía eléctrica como la cantidad de Kw.hr consumidos durante el proceso de soldadura.

Aproximadamente se ha calculado que para 1 kg. de soldadura depositada será necesario de 4 Kw.hr (5).

4) Amortización de los equipos o máquinas para soldar: se calcula en función de la vida útil de la máquina o equipo, este tiempo de servicio viene determinado por el fabricante y nos permite encontrar el gasto por depreciación de la máquina durante un periodo de uso.

De todos los costos necesarios para la soldadura, el más importante es la mano de obra en razón de que cada vez los salarios son más elevados, lo que origina un incremento en los gastos generales del astillero.

Por lo expuesto, si fundimos el metal depositado en menor tiempo estamos hablando de ahorro de hombres/hora, siendo favorable para el astillero, pues, representa una reducción en los gastos generales de fabricación del buque permitiendo con esto participar

en el mercado de la construcción naval con mayores oportunidades de ganar un concurso de ofertas (4).

Cantidad de Metal Depositado

$$N = \frac{\text{Cantidad de Metal Depositado}}{\text{Costo Mano Obra} + \text{Costo Consumibles} + \text{Costo Energia} + \text{Costo de Amortización}} \quad 1.1$$

Costo Mano Obra + Costo Consumibles +
Costo Energia + Costo de Amortización

Para establecer el rendimiento de un proceso de soldadura, se debe medir la productividad de la soldadura en función de la cantidad de metal depositado en una unidad de tiempo (kg.m.d./hr.), al expresar el rendimiento de un proceso según la relación anterior encontramos que el aspecto más importante es el tiempo de fusión.

1.4. COSTO DEL KILOGRAMO DE METAL DEPOSITADO EN SOLDADURA.

Para calcular el costo de las uniones soldadas en nuestro medio donde la soldadura manual es el procedimiento más utilizado, existe una forma rápida de realizar y es en función de la cantidad de electrodos consumidos, permitiendo así tener una idea parcial del costo real de las uniones soldadas, a pesar de que algunos factores no son considerados, tales

como: tiempo de fusión de cada electrodo, kilogramos de metal depositado sobre la unión y otros.

Por lo tanto, si queremos conocer el gasto real del Astillero en cuanto a las uniones soldadas, debemos calcular necesariamente el verdadero costo del kilogramo de metal depositado.

Los factores que intervienen son:

Tf: Tiempo de fusión de un Kg.m.d. (hr).

Te: Tiempos específicos del procedimiento (hr).

Ta: Tiempos auxiliares del procedimiento (hr).

Ct: Costo de una hora del soldador (\$/hr).

Cc: Costo de consumibles (\$/hr).

Cm: Amortización de la máquina de soldar (\$/kg).

Ce: Costo de energía consumida (\$/Kw.hr).

1.4.1. Tiempo de fusión de un Kg.m.d. (Tf).

Depende fundamentalmente de la intensidad de la corriente de la soldadura y está limitado por el espesor de la plancha soldada, el diámetro del electrodo, la posición de la unión y el tipo de revestimiento del electrodo.

A la inversa del tiempo de fusión de 1 kg.m.d. se lo denomina rendimiento de fusión ($1/T_f$) y se mide en kg.m.d./hora. Esta magnitud se utiliza en todos los estudios de productividad de un procedimiento.

1.4.2. Tiempos específicos del procedimiento (T_e).

Es la suma de aquellos tiempos necesarios y típicos de cada procedimiento que se emplean, poco antes de soldar, para iniciar la soldadura y transcurren durante la fusión de 1 kg.m.d. y los podemos dividir en:

a) Tiempos de fusión que dependen principalmente de:

- La intensidad de corriente.
- El diámetro del electrodo.
- La longitud libre del electrodo hasta el contacto eléctrico.
- El revestimiento del electrodo.
- La polaridad en el caso de usar corriente continua.

b) Tiempos complementarios a los tiempos de fusión:

- Cambio de la máquina de un lugar a otro.
- Cambio o repuesto de consumibles.
- Limpieza de la unión de óxidos, gases, etc.
- Preparación de las condiciones operatorias.
- Preparación de los medios de protección contra el arco eléctrico.
- Preparación de soportes en la unión, etc.

En soldadura manual se puede considerar aproximadamente igual a la mitad del tiempo de fusión.

1.4.3. Los tiempos auxiliares del procedimiento (T_a).

Son aquellos que por diversas causas no son empleados directamente en los trabajos propios de soldadura y los podemos dividir como:

- 1) Tiempo de preparación del personal.- Son aquellos tiempos utilizados en la distribución del trabajo, recogida de herramientas, etc.

2) Tiempo de traslado del personal.- Son aquellos tiempos que el soldador emplea para movilizarse a la zona de trabajo, realizar consultas y reponer electrodos.

3) Tiempo de espera del personal.- Son tiempos perdidos por imprevistos tales como; falta de material, energía eléctrica, medios de transporte, malas condiciones metereológicas y otros.

4) Tiempo de corregir imprevistos.- Son aquellos tiempos causados por mala preparación de la unión, defectos de soldadura o deformación en la secuencia de soldadura.

5) Tiempos perdidos por deficiente información técnica, bajo nivel del personal o por accidentes.

Considerando que durante un proceso de soldadura un alto porcentaje del tiempo total representan los tiempos auxiliares, por lo tanto, tomaremos muy en cuenta en el presente trabajo la manera de reducir estos tiempos.

1.4.4. Costo de una hora de trabajo del soldador (Ct).

Depende del salario del trabajador, el cual está en función de los gastos generales e indirectos del Astillero .

1.4.5. Costo de consumibles (Cc).

Este costo puede ser determinado en base a los precios de venta de los consumibles tomando en consideración que existen diferentes distribuidores.

Dentro de los consumibles de soldadura tenemos: electrodos, oxígeno, acetileno, materiales de protección y otros.

En el caso de la soldadura manual, los gastos por consumibles representa aproximadamente el 25% de los gastos generales.

1.4.6. Costo de amortización de la máquina (Cm).

Se lo puede calcular por la fórmula que sigue:



BIBLIC

$$C_m = \frac{P_m \times T_f}{H_a} \quad 1.2$$

Donde:

P_m = Precio de venta de la máquina

H_a = Es el tiempo previsto de vida de la máquina (horas útiles de trabajo).

T_f = Tiempo de Fusión

Se considera un 3% del costo total de la soldadura.

1.4.7. Costos de energía consumida (C_e).

De 1 kg.m.d. es pequeño considerado con los costos de mano de obra y los consumibles, se estima de 3% a 8% del costo total de soldadura.

La fórmula para calcular este costo es:

$$C_e = \frac{V \times I \times C_k}{T_t \times 750} \quad 1.3$$

Donde:

C_k = Precio del kw.h.

Valor de 1 kw.hr.= 12.25 sucres (3)

T_f = Tiempo de fusión hr.

V = Tensión de arco en voltios.

I = Intensidad en amperios

Resumiendo, para calcular el costo por 1 kg.m.d. de soldadura debemos aplicar la siguiente fórmula (4):

$$C_{kg} = (T_f + T_e + T_a) C_t + C_c + C_m + C_e \quad 1.4$$

Determinado el costo del kilogramo de metal depositado podemos medir la productividad de la soldadura en nuestros astilleros y en base a estos datos cada empresa puede tomar las medidas necesarias para aumentar la productividad de la soldadura.

1.5. IMPORTANCIA DE LA SOLDADURA EN CONSTRUCCION NAVAL.

La soldadura en la actualidad está íntimamente relacionada con las más importantes actividades industriales: construcción naval, ferroviaria, automovilística, civil, metalúrgica, eléctrica, etc. existiendo en nuestro país pocas industrias que

prescindan de la soldadura como un proceso de producción o de mantenimiento (7).

La soldadura es imprescindible en el campo de la industria naval, pues, en la construcción de las embarcaciones uno de los principales elementos que intervienen es la soldadura, motivo por el cual analizamos la productividad de la misma.

Nuevos sistemas de productividad son los que van a transformar los métodos tradicionales de construcción naval dentro del marco de una estructura organizacional dirigida hacia el producto.

Cualquiera sea el término relativo al concepto de productividad global en construcción naval, de alguna manera los trabajos de soldadura incidirán en dicha productividad.

Como es de conocimiento en el medio de la construcción naval, los altos porcentajes de costos que intervienen en la soldadura de un buque nos lleva a pensar inmediatamente en la importancia que significa realizar un estudio de la productividad de la soldadura en construcción naval.

Al tener un aumento en la productividad de la soldadura, estamos consiguiendo una disminución en los tiempos de fabricación y hombres/hora, dándonos como resultado una disminución en el costo de la embarcación y el plazo de entrega.

Estos dos parámetros de suma importancia para el buen funcionamiento del astillero, constituyen las pautas necesarias para optimizar los tiempos de trabajo, el material de aporte entre otros. Pues, de lo contrario resultaría en gastos y tiempos perdidos del astillero.

La tecnología de la soldadora es un factor clave que se ha venido desarrollando con el tiempo, alcanzando en la actualidad gran interés por parte del ingeniero y técnico naval, debido a la importante función que la soldadura cumple en la estructura de la embarcación.

1.5.1. Productividad en la Industria Naval Local:

Cuando analizamos la industria naval local encontramos que no se ha realizado un análisis minucioso el cual permita determinar la eficacia con que están siendo realizados los trabajos de soldadura, observando que en la

actualidad la soldadura en nuestro medio todavía es un poco artesanal, haciendo necesario un estudio que permita a los astilleros aumentar sus niveles de producción, para ser más competitivos en el mercado de la construcción naval.

Existen dos parámetros fundamentales de la producción los cuales son: costos y calidad del producto los mismos que al ser analizados determinan que al aumentar la productividad de la soldadura, el costo y plazo de entrega de la embarcación disminuiría. Con esto podemos conseguir que nuestros astilleros presenten mejores ofertas a los armadores, esto evitaría, en cierto modo, que las construcciones sean realizadas en otros países; además, al existir mayor número de buques construyéndose en nuestro país estaríamos generando mayores fuentes de trabajo.

Al observar la construcción naval en nuestro medio y comparar con otras industrias comprendemos la dificultad que implica un trabajo de soldadura y la gran cantidad de

CAPITULO II

ELEMENTOS QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCION DE LA SOLDADURA CON ELECTRODOS MANUALES.

2.1. EL RENDIMIENTO POR FUSION (Rf).

El factor más influyente sobre la productividad de la soldadura manual, es sin duda, el tiempo de fusión del electrodo, si no tomamos en cuenta los tiempos auxiliares del soldador; este tiempo de fusión depende principalmente de la intensidad de corriente eléctrica con que soldemos. Para poder medir en una forma comparativa respecto a cualquier tipo de electrodo utilizamos el concepto de Rendimiento de Fusión definido como la relación entre los kilogramos de metal depositado (Kg.m.d.) en una hora de fusión de los electrodos..

En el siguiente gráfico observamos como aumenta el rendimiento de fusión (Rf) en función de la intensidad de corriente alcanzada al soldar (4).

R_n = Es el rendimiento gravimetro (nominal) del electrodo, es decir, la relación entre el peso del material depositado y el alma de electrodo fundido.

T_f = Tiempo de fusión de un electrodo (min).

El siguiente gráfico entre el rendimiento de fusión e intensidad de corriente es analizado en función del diámetro del electrodo (4):

R_f .

(kg/hr)

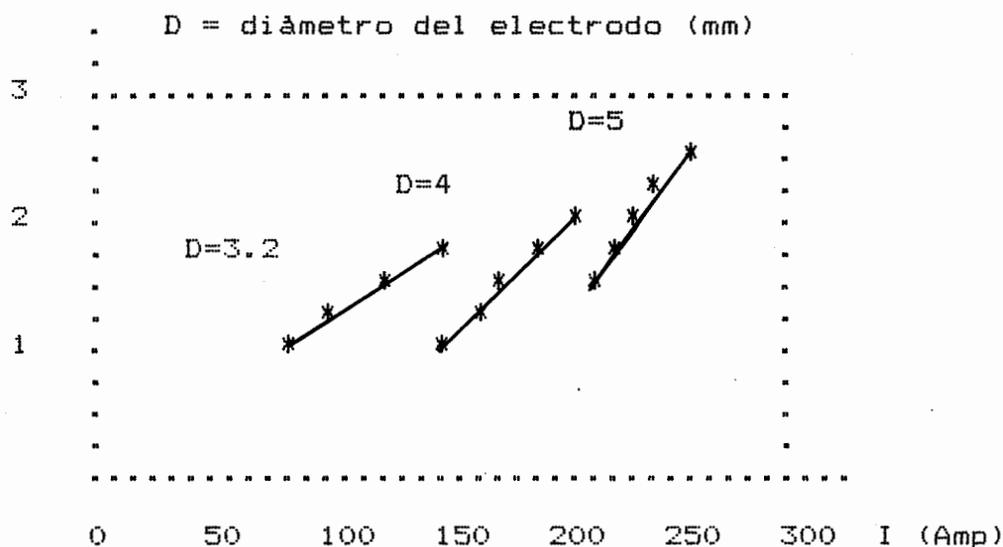


FIG. 2.2

Rendimiento de Fusión versus Diámetro del Electrodo e Intensidad de Corriente.

Como observamos el rendimiento de fusión de un electrodo depende de dos factores: la intensidad de corriente y el diámetro del electrodo, de tal manera que al aumentar el diámetro del electrodo admite mayor intensidad de corriente y con ello conseguiremos un mayor rendimiento de fusión, como se muestra en el gráfico anterior.

2.1.1. Factores que influyen en el rendimiento por fusión:

1) El rendimiento gravímetro: influye sobre el rendimiento por fusión, de tal forma que a mayor rendimiento gravímetro (R_n) que tenga el electrodo mayor intensidad admite y, por tanto, mayor rendimiento por fusión .

2) La longitud del electrodo: influye de tal forma que a una misma intensidad de corriente, si la longitud del electrodo es mayor, obtendremos mejores rendimientos por fusión; sin embargo, menor longitud de los electrodos admite mayores intensidades de corriente.

Una de las ventajas que resulta al aumentar la longitud de los electrodos será una disminución en los tiempos específicos, pues, el recambio de los electrodos se realizará menos veces.

3) El revestimiento del electrodo: es otro factor que influye en el rendimiento por fusión, pues, dependiendo del revestimiento el electrodo permitirá mayores intensidades de corriente.

Sobre el revestimiento del electrodo trataremos en el siguiente punto, donde veremos la influencia que tiene para la selección adecuada del tipo de electrodo.

Todo lo que se ha dicho respecto a la productividad medida en Kg/hr. es válido respecto a la productividad medida en sucres por kilogramo de metal depositado, puesto que, el aumento del costo de los electrodos es compensado con el ahorro económico que se obtiene por la reducción de la mano de obra, al aumentar el diámetro, rendimiento gravímetro y longitud del electrodo.

Se denomina Coeficiente de Fusión (C) a la constante de Leffring (4), considerada como la relación entre el rendimiento por fusión partido para la intensidad de corriente:

$$C = \frac{R_f}{I} = \frac{R_n \times P_a \times 60}{T \times I \times 1000} \quad (\text{Kg/hr. Amp.}) \quad 2.2$$

La intensidad de corriente viene limitada normalmente por la posición a soldar, el peso de la plancha y el tipo chaflán. Como ejemplo para ver la importancia que tiene en la productividad de la soldadura la posición en que soldemos, podemos decir que una costura en ángulo en posición vertical requiere de más tiempo que la soldadura de la misma en posición horizontal.

2.2. EL TIPO DE ELECTRODO SELECCIONADO.

Para conocer el tipo de electrodo que será utilizado como material de aporte debemos tener cuidado para su selección, pues, el buen desempeño de la estructura soldada dependerá del fundente aplicado en la unión; para alcanzar este objetivo el personal encargado en la selección de material de aporte debe

estar al día con las últimas innovaciones tecnológicas de la soldadura.

A continuación anotamos algunas características que deben ser consideradas para la selección de los electrodos:

- Características tecnológicas.
- Características económicas.
- El revestimiento del electrodo.

2.2.1. Características tecnológicas de un electrodo.

Un electrodo para ser utilizado en construcción naval necesita pasar por varias pruebas que serán realizadas por los técnicos de control de calidad, los mismos que van a garantizar y recomendar el tipo de electrodo que se debe usar en un determinado trabajo, entre estas pruebas tenemos:

- Carga de ruptura.
- Análisis químico del metal depositado.
- Resistencia a la fatiga.
- Resistencia a la corrosión.

- Dureza.
- Resiliencia.

2.2.2. Características económicas de un electrodo.

Las principales características económicas que deben ser consideradas para la selección del electrodo adecuado son (7):

- Tiempo de fusión.
- Tiempo de reinicio de la soldadura.
- Velocidad de fusión.
- Kilogramo de metal depositado por Kg. de electrodo.

Estos puntos han sido tratados en el transcurso del capítulo anterior.

2.2.3. El revestimiento del electrodo.

Otro factor importante que incide en la selección de los electrodos es el tipo de revestimiento, para lo cual encontramos en el mercado los siguientes tipos de revestimiento:

- Revestimiento básico.
- Revestimiento oxidante.
- Revestimiento ácido.
- Revestimiento rutilico.
- Revestimiento celulósico.

Cada electrodo posee un determinado tipo de revestimiento en base a las funciones que va a desempeñar, entre éstas tenemos:

- 1) Proteger el arco contra el oxígeno y nitrógeno del aire.
- 2) Reducir la velocidad de solidificación, permitiendo la desgacificación del material de aporte a través de la escoria.
- 3) Estabilizar el arco, permitiendo tensiones al vacío más bajas.
- 4) Facilitar la soldadura en las distintas posiciones de trabajo.
- 5) Sirve de guía para las gotas desprendidas desde el electrodo hacia el metal base,

controlando así las pérdidas por salpicaduras (7).

2.3. EL TIPO DE PLANCHAS Y REFUERZOS.

Los refuerzos y planchas usadas en el navio están determinadas de acuerdo al lugar donde serán usadas: fondo, cubierta, costado, super-estructura, etc.

El tipo de acero utilizado en las planchas y refuerzos estructurales del navio están definidas en base a las normas y especificaciones de las sociedades clasificadoras, como son:

American Bureau of Shipping.....	ABS
Lloyds Register of shipping.....	LRS
Bureau Veritas.....	BV
Det Norske Veritas.....	NV
Nippon Kaiji Kyokai.....	NK
Germanischer Lloyd.....	GL
Register of Shipping of USSR...	URSS

Estas sociedades clasificadoras aplican los mismos conceptos básicos, a pesar de que poseen sus propias normas y especificaciones.

Los grados del acero varían desde el grado A hasta el grado E (A,B,C,D,E) dependiendo de la tenacidad del acero, siendo los grados C, D y E de alta tenacidad.

Las dimensiones de las planchas y refuerzos es otro factor que influye en la producción de la soldadura, pues, vienen determinadas por las limitaciones del fabricante, facilidad de transporte y movilización en el área, capacidad de los equipos y máquinas de procesamiento.

2.4. EL TIPO DE UNIÓN.

En la confección de una estructura soldada los tipos de unión usados con más frecuencia son:

- Unión a tope.
- Unión a solape.
- Unión en T.
- Unión en L.
- Unión en cruz.
- Unión múltiple.

De acuerdo al tipo de unión podemos determinar el tipo de chaflán como se indica a continuación: chaflán en I,

V, X, Y, doble Y, U, doble U, K, entre otros.

2.5. LA SECUENCIA DE SOLDADURA.

Una estructura soldada posee varias uniones distribuidas a través de un sistema, para realizar estas uniones correctamente necesitaremos una planificación previa de la secuencia de soldadura la misma que está íntimamente relacionada con la secuencia de montaje.

Una correcta planificación de la secuencia de soldadura ayudará a eliminar la concentración de tensiones y distorsiones, entre los factores que inciden para la formación de las tensiones residuales y distorsiones tenemos:

- El calor de la soldadura (voltaje del arco, la intensidad de corriente, la velocidad de deposición, el tipo y diámetro del electrodo).
- El proceso de soldadura.
- El espesor de la plancha y la geometría de la junta.
- El número de pasadas, el cual es proporcional al material removido en la limpieza de la raíz.

2.6. LOS TIEMPOS EMPLEADOS POR EL SOLDADOR.

Son aquellos tiempos que el soldador utiliza directa o indirectamente para realizar un determinado trabajo de soldadura, se clasifican en tiempos específicos y tiempos auxiliares.

Una mayor explicación de los tiempos del soldador encontramos en el capítulo I, cuando se trató sobre el cálculo del costo del kilogramo de metal depositado.

2.7. EL ESTIMULO EN EL SOLDADOR.

Es un factor muy importante que afecta en la producción de la soldadura, siendo el hombre la pieza fundamental del engranaje en un astillero necesita especial atención, pues, la alta o baja producción de la empresa depende, en gran parte, de las condiciones de trabajo del personal.

Por más complejos que sean los equipos de soldadura, siempre va a ser necesario del hombre como elemento clave para el funcionamiento, análisis de resultados y estudios que permitan mejorar el rendimiento de dichos equipos.

Para que un operario desarrolle su capacidad será necesario de cierto tipo de estímulos, los cuales pueden ser generados por el propio individuo o por fuentes externas, produciendo una liberación de energía que será diferente en cada persona, pues, dependerá de ciertos factores como: edad, aspiraciones del momento, problemas particulares, influencia de amigos y compañeros de trabajo, etc.

Existen dos tipos de estímulos que pueden ser utilizados en nuestras empresas y son:

- Estimulo positivo.
- Estimulo negativo.

El estímulo positivo es aquel que induce al individuo a ingresar voluntariamente en la corriente productiva, como ejemplo tenemos el incentivo, el desafío constructivo, el elogio, el premio (dinero, medallas, diploma, etc.). Como regla general la mayoría de la colectividad cuando recibe este tipo de estímulo están a favor de su jefe (1).

El estímulo negativo es aquel que obliga y fuerza al

individuo sin una participación voluntaria del mismo a cumplir con las órdenes de los jefes.

Es evidente que el estímulo positivo trae un ambiente mejor, más ameno y organizado; sin embargo, siempre existe un grupo que se opone a aceptar métodos y situaciones nuevas, siendo esta oposición directa o indirectamente, en este grupo es mejor usar el estímulo negativo temporalmente hasta que ingresen nuevamente en la corriente productiva.

En el capítulo IV veremos cómo podemos aplicar estos estímulos para incrementar la producción en las empresas de construcción naval.

CAPITULO III

MEDICION DE LA PRODUCTIVIDAD EN LOS ASTILLEROS LOCALES.

3.1. PRESENTACION DE DATOS ESTADISTICOS.

A continuación vemos algunos datos tomados en la zona de trabajo, valores que permiten tener una idea de cuál es la productividad de la soldadura en la industria naval local.

Nuestra empresa utiliza como materia prima electrodos de diferentes fabricantes, los tipos de electrodos más usados para soldar la estructura del navio son:

E-6011 1/8 - 5/32

E-7018 1/8

3.1.1. Tiempos de fusión de los electrodos.

Las siguientes tablas nos muestran los tiempos que el soldador utiliza para fundir un

electrodo, además, la cantidad de metal depositado y la longitud de las sobras.

Estos valores servirán para medir el rendimiento de fusión que se menciona en el capítulo anterior, en base a este rendimiento podemos conocer la productividad de la soldadura.

SOLDADOR A

Tipo de electrodo: E-7018 1/8

Amperaje: 130 Amp.

Posición: Horizontal

Soldadura: Continua

LONGITUD	TIEMPO	CANTIDAD	SOBRA
cm.	seg.	# elect.	cm.
14.5	68	1	3.0
16.5	79	1	2.3
18.5	85	1	2.0
20.0	68	1	3.3
18.5	69	1	3.0
19.0	73	1	3.1
17.0	77	1	2.6
19.2	72	1	3.4
17.5	76	1	3.6
18.4	69	1	3.7
16.7	81	1	3.0
16.5	73	1	2.8

Tabla I

SOLDADOR B

Tipo de electrodo: E-6011 1/8
 Amperaje: 100 Amp.
 Posición: Sobrecabeza
 Soldadura: Intermitente

LONGITUD cm.	TIEMPO seg.	CANTIDAD # Elect.	SOBRA cm.
11.9	59	1	5
12.2	62	1	2
11.8	59	1	1.5
12.0	60	1	2.3
11.6	61	1	6.6
11.7	62	1	4.5
11.8	59	1	4.3

Tabla II



SOLDADOR C

Tipo de electrodo: E-6011 1/8

Amperaje: 100 Amp.

Posición: Sobrecabeza.

Soldadura: Intermitente

LONGITUD	TIEMPO	CANTIDAD	SOBRA
cm.	seg.	# Elect.	cm.
15.7	61	1	8.6
14.4	57	1	2.4
14.5	58	1	3.5
15.3	60	1	4.6
15.2	59	1	7.2
15.1	62	1	9.2

Tabla III

SOLDADOR D

Tipo de electrodo: E-6011 1/8
 Amperaje: 100 Amp.
 Posición: Sobrecabeza.
 Soldadura: Continua

LONGITUD	TIEMPO	CANTIDAD	SOBRA
cm.	seg.	# Elect.	cm.
22.0	69	1	3.8
19.0	62	1	1.5
20.1	66	1	3.5
20.0	66	1	2.0
17.4	55	1	3.4
21.5	68	1	2.7
19.0	64	1	2.3
21.0	67	1	4.2
20.0	65	1	3.7

Tabla IV

SOLDADOR E

Tipo de electrodo: E-7018 1/8

Amperaje: 105 Amp.

Posición: Sobrecabeza

Soldadura: Continua

LONGITUD	TIEMPO	CANTIDAD	SOBRA
cm.	seg.	# Elect.	cm.
13.1	71	1	3.3
13.3	75	1	3.0
13.4	76	1	4.0
12.8	60	1	2.9
13.1	65	1	5.0
13.0	68	1	5.3
13.0	67	1	2.7
13.1	70	1	2.5
12.8	59	1	6.7
13.3	74	1	3.5
13.3	75	1	3.4
12.9	70	1	2.0
12.8	60	1	2.2

Tabla V

SOLDADOR F

Tipo de electrodo: E-6011 1/8
 Amperaje: 125 Amp.
 Posición: Plana
 Soldadura: Intermitente

LONGITUD cm.	TIEMPO seg.	CANTIDAD # Elect.	SOBRA cm.
13.7	58	1	7
14.3	59	1	6.4
14.4	56	1	3.7
14.0	54	1	2.8
14.9	55	1	4.9
13.3	55	1	5.5

Tabla VI

SOLDADOR G

Tipo de electrodo: E-6011 1/8

Amperaje: 80 Amp.

Posición: Plana

Soldadura: Continua

LONGITUD	TIEMPO	CANTIDAD	SOBRA
cm.	seg.	# Elect.	cm.
16.5	85	1	5.3
13.5	70	1	5.7
18.0	74	1	3.0
16.5	66	1	3.1
16.0	76	1	2.5
SOLDADOR H			

19.0	73	1	3
16.5	78	1	1
18.5	63	1	4
15.0	68	1	2.5
14.5	62	1	2

Tabla VII

SOLDADOR I

Tipo de electrodo: E-7018 1/8
 Amperaje: 135 Amp.
 Posición: Sobrecabeza
 Soldadura: Continua

LONGITUD cm.	TIEMPO seg.	CANTIDAD # Elect.	SOBRA cm.
11.0	56	1	5.3
11.4	64	1	8.4
10.8	53	1	7.6
11.3	64	1	4.0
10.9	51	1	6.0
11.6	69	1	6.5
10.7	49	1	3.5
11.1	54	1	2.2
11.3	62	1	4.3

Tabla VIII

SOLDADOR J

Tipo de electrodo: E-6011 1/8
 Amperaje: 115 Amp.
 Posición: Plana
 Soldadura: Continua

LONGITUD cm.	TIEMPO seg.	CANTIDAD # Elect.	SOBRA cm.
16.5	59	1	3.5
20.0	57	1	2.0
18.0	58	1	2.2
13.2	57	1	3.5
14.5	53	1	4.6
16.0	58	1	3.5
17.5	57	1	2.0
18.5	58	1	2.0
20.5	57	1	1.5
22.0	59	1	0.7
15.5	59	1	1.5
20.0	55	1	2.5
19.5	56	1	2.7
20.0	55	1	1.3
19.0	57	1	3.0
21.0	56	1	3.2

Tabla IX

3.1.2. Número de electrodos por día.

Las siguientes tablas presentan el número de electrodos consumidos durante un día por diferentes soldadores. Valores que fueron tomados aleatoriamente en nuestras empresas y servirán para medir la productividad de la soldadura.

La forma como se toma los datos es: un grupo de empleados día a día mide el consumo de electrodos (peso de cada electrodo), esto es, la cantidad de electrodos que cada soldador consume durante el día de trabajo, como se observa a continuación:

ASTILLEROS ECUATORIANOS

		TIPO	E-6011	E-6011	E-7018
SOLDADOR	.		1/8	5/32	1/8
	DIA . mm.		3.25	4.0	3.25
Cantidad de electrodos					
A	LUNES		100	20	-
	MARTES		-	105	-
	MIERCOLES		95	-	-
	JUEVES		-	-	80
	VIERNES		-	75	-
B	LUNES		95	-	-
	MARTES		-	-	75
	MIERCOLES		-	100	-
	JUEVES		120	-	-
	VIERNES		-	30	50
C	LUNES		110	-	-
	MARTES		20	90	-
	MIERCOLES		-	15	85
	JUEVES		95	-	-
	VIERNES		75	-	40

Tabla X

ASTILLEROS BRASILEROS

. TIPO				
SOLDADOR	. mm.	3.0	4.0	5.0
DIA .				
Cantidad de Electrodo				
A1	LUNES	90	-	55
	MARTES	-	70	-
	MIERCOLES	-	-	65
	JUEVES	-	90	-
	VIERNES	85	-	-
B1	LUNES	-	20	-
	MARTES	-	-	40
	MIERCOLES	-	75	-
	JUEVES	60	-	-
	VIERNES	-	90	-
C1	LUNES	110	-	-
	MARTES	-	-	60
	MIERCOLES	-	80	-
	JUEVES	90	50	-
	VIERNES	120	-	-

Tabla XI

3.2. CALCULOS.

3.2.1. Cálculo del rendimiento por fusión:

En base a los datos que se muestran en las tablas anteriores, para cada operario (soldador A, B,.....J) realizamos la sumatoria de la longitud soldada, el tiempo de fusión, la cantidad de material depositado (número de electrodos) y el tamaño de las sobras, como se muestra a continuación:

SOLDADOR	Longitud Sold.	Tiempo de Fus.	Cantidad de Mat.	Sobra
	cm.	seg.	# elect.	cm.
A	212.3	890	12	35.8
B	83.0	422	7	26.2
C	90.2	357	6	39.3
D	319.0	582	9	27.1
E	156.9	890	13	46.5
F	84.9	337	6	30.3
G	80.5	371	5	19.6
H	83.5	344	5	12.5
I	100.1	522	9	47.8
J	291.7	911	16	39.7

Tabla XII

En función de los tiempos de fusión y la cantidad de metal depositado podemos determinar el Rendimiento por Fusión, a través de la siguiente fórmula:

$$R_f = \frac{\text{Cantidad de material}}{\text{Tiempo de fusión}} \quad (\text{kg/hr.})$$

$$R_f = \frac{C \times P \times 3600}{T} \quad 3.1$$

Donde:

C = Cantidad de electrodos consumidos por cada soldador.

P = Peso unitario de cada electrodo, siendo definido de acuerdo al tipo de electrodo utilizado.

TIPO	PESO
E-6011 1/8	0.0256 kg.
E-7018 1/8	0.0333 kg.

T = Tiempo de fusión.

Además, determinamos el tamaño de la sobra promedio para cada soldador, estos valores pueden observarse en la siguiente tabla:

SOLDADOR	Tipo Elect.	Amp.	Posición de Soldar	Rend. de Fusión kg/hr.	Sobra Prom. cm.
A	E-7018	130	Horizontal	1.62	2.98
B	E-6011	100	Sob.Cabeza	1.53	3.74
C	E-6011	100	Plana Inter.	1.55	6.55
D	E-6011	100	Sob.Cabeza	1.43	3.01
E	E-7018	105	Sob.Cabeza	1.75	3.58
F	E-6011	125	Plana Inter.	1.64	5.05
G	E-6011	80	Plana Cont.	1.24	3.92
H	E-6011	80	Plana Cont.	1.34	2.50
I	E-7018	135	Sob.Cabeza	2.07	5.31
J	E-6011	115	Sob.Cabeza	1.62	2.50

Tabla XIII

En esta tabla se observa el rendimiento de fusión de los distintos soldadores, con ciertas características como son: el tipo de electrodo utilizado, amperaje, posición de soldar y la sobra promedio. Valores que permiten analizar

la productividad de la soldadura en nuestro medio.

3.2.2. Cálculo de los kilogramos de metal depositado.

En base a los datos tomados del consumo de electrodos por día en cada soldador, se calcula la media semanal de cada soldador y dividimos por el número de empleados encontrándose la producción del grupo por semana. Con estos valores se realiza un gráfico semana por semana o anualmente y se puede hacer comparaciones de la productividad del grupo.

Con los datos obtenidos en las tablas X y XI procedemos a realizar la suma de los electrodos consumidos durante esa semana, para luego determinar los kilogramos de metal depositado por cada soldador y obtener así la productividad del grupo durante la semana:

ASTILLEROS ECUATORIANOS.

SOLDADOR	Tipo	E-6011	E-6011	E-7018
	pulg.	1/8	5/32	1/8
	Num.de Elect.	195	200	80
	Peso Unit. (kg)	0.026	0.040	0.033
A	Peso Parc. (kg)	4.99	8.00	2.66
	Peso Total (kg).....		15.66	
	Med. x Sem. (kg).....		5.22	
	Cant.de Elect.	215	130	125
	Peso Unit. (kg)	0.026	0.040	0.033
B	Peso Parc. (kg)	5.51	5.20	4.16
	Peso Total		14.87 kg.	
	Med. x Sem.		4.96 kg.	
	Cant.de Elect.	300	105	125
	Peso Unit. (kg)	0.026	0.040	0.033
C	Peso Parc. (kg)	7.68	4.20	4.16
	Peso Total		16.04 kg.	
	Med. x Sem.		5.35 kg.	
	Media del Grupo		5.18 kg.	

Tabla XIV

ASTILLEROS BRASILEROS

SOLDADOR TIPO

	mm.	3.0	4.0	5.0
	Cant.de Elect	175	160	120
	Peso Unit. (kg)	0.037	0.077	0.120
A1	Peso Parc. (kg)	6.47	12.32	14.40
	Peso Total		33.19 kg.	
	Med. x Sem.		11.06 kg.	
	Cant.de Elect.	60	185	40
	Peso Unit. (kg)	0.037	0.077	0.120
B1	Peso Parc. (kg)	2.22	14.24	4.8
	Peso Total		21.26 kg.	
	Med. x Sem.		7.09 kg.	
	Cant.de Elect.	320	130	60
	Peso Unit. (kg)	0.037	0.077	0.120
C1	Peso Parc. (kg)	11.84	10.01	7.2
	Peso Total		29.05 kg.	
	Med. x Sem.		9.68 kg.	
	Media del grupo		8.61 kg.	

Tabla XV

3.3. ANALISIS DE RESULTADOS.

1.- Según los resultados presentados en la tabla XIII, donde se determinó el rendimiento de fusión y el tamaño de la sobra promedio, realizamos un análisis y vemos los factores que generan dichos resultados:

- Experiencia del soldador, como es el caso de los soldadores G y H donde realizan el mismo tipo de actividad y bajo las mismas condiciones de trabajo, más su rendimiento es diferente como se observa en la tabla XIII.

- Tipo de electrodo, encontramos en nuestros datos electrodos E-6011 y E-7018 de un mismo diámetro, se observa como el rendimiento del electrodo se incrementa al usar electrodos E-7018, como es el caso de los soldadores A, E e I.

- Amperaje utilizado, esta característica es observada con mucha facilidad, como se indicó en el capítulo uno que a mayor intensidad de corriente mayor será el rendimiento de fusión, esto se puede observar entre los soldadores E e I, los cuales, a pesar de trabajar bajo condiciones similares (tipo de electrodo, diámetro,

posición) su rendimiento varía.

- Posición de soldar.
- Preparación de la junta.
- Condiciones de trabajo.

Ahora analizaremos el tamaño de la sobra promedio en cada soldador, observando según los resultados que dicha sobra está entre 2.5 cm. y 6.5 cm., anotando algunas de las causas que generan esta variación:

- Posición de soldar afecta en el tamaño de la sobra, es el caso cuando tenemos una soldadura sobre-cabeza intermitente donde el operario se detiene cada cierta distancia, siendo necesario cambiar de electrodo, como es el caso del soldador C donde vemos la mayor sobra.

- Zona en la que estamos realizando la soldadura, en el buque existen lugares donde hay dificultades para llegar con la soldadura, justificando así el tamaño de las sobras excesivas.

- Criterio del soldador, mucho incide este factor para el tamaño de la sobra, pues, cada soldador en base a su

experiencia estima hasta dònde puede ser consumido el electrodo.

2.- Determinada la productividad de la soldadura en base al número de electrodos consumidos por día, según las tablas XIV y XV, en base a los datos que fueron tomados en un astillero ecuatoriano y uno brasilero, anotamos las siguientes observaciones:

- La productividad calculada en base a los kilogramos de metal depositado por cada soldador durante una semana nos demuestran que en nuestro medio la productividad es inferior como lo indican los resultados.

- Al determinar la media del grupo de soldadores vemos que 5.18 frente a 8.61 kg.m.d. representa un 40% menos, considerando que en nuestro país sólo se trabaja 8 horas frente a 10 horas en Brasil, determinamos que este porcentaje queda reducido a un 20%.

Esto nos lleva a presentar en los siguientes capítulos algunas técnicas o métodos, como alternativas para incrementar la productividad en nuestro medio.

3.4. PROBLEMAS OBSERVADOS EN NUESTROS ASTILLEROS

- Uso de un mismo tipo de electrodo.
- Las sobras de los electrodos.
- Control de calidad.
- Las máquinas de soldar.
- Los tiempos empleados por el soldador.
- Poco interés del personal en su trabajo.
- La seguridad en el área.

3.4.1. Uso de un mismo tipo de electrodo.

Sabemos que cada parte de la estructura cumple una función específica sea por estar en contacto con el mar o diseñada para soportar grandes esfuerzos, en base a lo cual es seleccionado el tipo de electrodo.

En las visitas realizadas a los lugares donde se construyen embarcaciones se encontró con la novedad de que el único tipo de electrodo que utilizan para soldar la estructura de la embarcación es E-6011, siendo una embarcación de, aproximadamente, 30 mt. de eslora.

En el capítulo II se mencionó la importancia que tiene el uso de un determinado tipo de electrodo, además, las características tecnológicas y económicas que son recomendadas para una buena selección.

3.4.2. Las sobras de los electrodos.

Según los datos que fueron tomados en el área para el cálculo del tiempo de fusión, se anotó además la longitud del tamaño de las puntas sobrantes, encontrándose una gran variedad en la longitud de las puntas sobrantes (desde 1 hasta 10-15 cm).

Vemos que nuestras empresas no poseen una norma que establezca el tamaño ideal de las puntas sobrantes, siendo necesario que se implante dicha norma en los astilleros, varaderos o diques, la misma que debe ser cumplida por nuestros soldadores, encargando este trabajo a los supervisores de cada área.

En el capítulo siguiente se hace un análisis y se establece cuál es el tamaño ideal de las puntas sobrantes.

3.4.3. Control de calidad.

Los trabajos de soldadura se realizan sin la supervisión necesaria, basándose solamente en la experiencia y nivel técnico de los soldadores.

Sabemos que un control visual de la soldadura no garantiza la ausencia de defectos que sólo pueden ser determinados por los técnicos del control de calidad y con los equipos necesarios.

En nuestro medio existe poco personal encargado del control de calidad, observando que en parrillas y varaderos de construcción y reparación este tipo de pruebas no se realizan, quedando el trabajo sin las garantías requeridas por el armador.

3.4.4. Las máquinas de soldar.

En ciertos transformadores el amperaje es regulado en base a la experiencia de los soldadores, pues, en la máquina no se observa

ninguna señal que marque el amperaje, dificultando el trabajo de los soldadores.

3.4.5. Los tiempos empleados por el soldador.

En el capítulo I y II se trató sobre la importancia de los tiempos específicos y auxiliares en la productividad de la soldadura.

La novedad encontrada en las visitas realizadas a los astilleros fue la forma como el soldador utiliza su tiempo dentro de la empresa, anotando lo siguiente:

- Excesivo tiempo utilizado desde el ingreso al astillero hasta iniciar los trabajos de soldadura.
- Antes de finalizar las actividades el soldador utiliza hasta 30 minutos para recoger sus herramientas.
- El soldador permanece dentro de la empresa trabajando, más no está produciendo.

Las normas y horarios establecidos por las empresas deben ser cumplidos en base a una buena supervisión por parte de los técnicos.

3.4.6. Poco interés del personal en su trabajo.

Muchas de nuestras empresas poseen soldadores que se encuentran desestimulados, pudiéndose esperar muy poco de este tipo de personal para el crecimiento de la empresa.

El personal trabaja bajo condiciones negativas, pues, los soldadores soportan temperaturas elevadas debido a las condiciones climáticas del medio, el calor generado por la soldadura, la concentración de calor en las planchas, produciendo un gran desgaste en el soldador y explicándose el por qué de su baja producción; además, fue observado que en la zona de trabajo no existe un buen bebedero, elemento básico para el desarrollo de las actividades de soldadura.

Algunos de los soldadores argumentan que el salario es muy bajo, razón por la cual su

producción no es mayor.

3.4.7. La seguridad en el área. -----

Cada operario necesita de ciertos materiales de protección, entre los cuales tenemos: casco, máscara, lentes, guantes, zapatos, polainas, mandil, mangas.

Estos materiales de protección son indispensables para el soldador, los mismos que deben ser entregados por la empresa, para seguridad del operario y de la misma empresa.

Conocemos también que cada uno de estos materiales de protección posee su vida útil, significa con esto que luego de cierto tiempo deben ser reemplazados.

Muchos de nuestros soldadores no poseen ni el 50% de la lista anterior, pues, al trabajar sin las medidas de seguridad es una de las causas negativas para la productividad.

CAPITULO IV

PROPUESTA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA SOLDADURA CON ELECTRODOS MANUALES.

4.1. PRESENTACION DE LA PROPUESTA.

Según el análisis realizado en el capítulo III, donde fué presentada la productividad en nuestras empresas y al comparar con otros astilleros, se observa que existe diferencias que van a permitir en este capítulo presentar algunas técnicas para incrementar la productividad de la soldadura en base a un efectivo aprovechamiento de los materiales, personal y equipos disponibles en el astillero.

4.2. UNA CORRECTA ELECCION DE LOS ELECTRODOS.

Para adquirir un determinado electrodo para los trabajos de soldadura en el buque, no solamente es necesario aplicar el criterio exclusivamente comercial

para su elección, es decir, que se compren los electrodos de mejor calidad y menor precio. Este criterio es muy eficaz para la mayoría de materiales que se adquiere para un buque, mas, es un error para la obtención de electrodos y para casi todos los consumibles de soldadura en general.

Para escoger el electrodo adecuado es necesario analizar las condiciones de trabajo en particular y luego determinar el tipo y diámetro del electrodo que se adapte a estas condiciones; este análisis es relativamente simple si el operador se habitúa a considerar los siguientes factores:

- Naturaleza del metal base.
- Dimensiones de la sección a soldar.
- Tipo de corriente que entrega la máquina de soldar.
- Posición o posiciones de soldadura.
- Tipo de unión y facilidad de fijación de la pieza.
- Si el depósito debe poseer alguna característica especial, tales como, resistencia a la corrosión, a la tracción, ductilidad, etc.
- Si la soldadura debe cumplir condiciones de alguna norma o especificación especial.

Al realizar la adquisición de los electrodos se busca aquellos que dan los mejores resultados mecánicos, considerando que, los precios entre los proveedores son iguales y únicamente varía los descuentos que hacen a las empresas en base al volumen de compra, lo que trae como consecuencia que el costo por electrodo fuera mayor o menor.

Si el astillero compra los electrodos de mejores características mecánicas y con el mayor descuento, podemos afirmar que ha realizado la mejor adquisición.

Algo importante de considerar es que las características mecánicas de los electrodos para la soldadura de embarcaciones son homologadas de acuerdo a las especificaciones de las sociedades clasificadoras, siendo difícil conseguir un electrodo con características superiores a las exigidas.

Por lo expuesto, para adquirir un determinado tipo de electrodo debemos considerar principalmente el Rendimiento por Fusión o los Kilogramos de Metal Depositado durante una hora, pues, esto permitirá conocer cual es el electrodo mas eficiente.

Cuando hablamos de soldadura manual, debemos considerar que aproximadamente el 75% representa gasto por mano de obra y sólo un 25% por compra de material; así, puede suceder que al adquirir los electrodos con el mayor descuento la empresa pierda al tener que realizar una inversión mayor por mano de obra debido a que los electrodos poseen un mayor tiempo de fusión.

Por tanto, la selección de los electrodos debe ser realizada en base a las pruebas que los técnicos en soldadura realicen y buscando siempre aquellos electrodos con el mayor Rendimiento por Fusión, esto puede ser conseguido utilizando (4):

- Electrodos de mayor diámetro.
- Electrodos con mayor rendimiento gravimetro.
- Electrodos mas largos.

Después de considerar los factores antes indicados, el astillero no debe tener dificultad en elegir un determinado tipo de electrodo, el cual ofrecerá un arco estable, depósitos uniformes, escoria fácil de remover y un mínimo de salpicaduras, que son las condiciones esenciales para obtener un trabajo óptimo.

4.3. REDUCCION DE LAS PUNTAS SOBANTES.

Para muchas personas dentro del astillero parece que las puntas sobrantes tienen poca importancia, quedando a criterio del soldador el tamaño de la misma, sin embargo, en un astillero donde el consumo de electrodos es grande este desperdicio representa una buena cantidad de dinero gastado por el astillero al paso del tiempo.

Para determinar la cantidad de electrodos ahorrados durante un período de tiempo, podemos iniciar ofreciendo charlas a nuestros soldadores respecto a la longitud de las puntas sobrantes y el ahorro que esto representa, siendo necesario realizar un muestreo en el área y con los datos obtenidos hacer un diagrama de frecuencias que sigue con cierta aproximación a la ley de error de Gauss, calculando la media se puede llegar a estandarizar el tamaño de la longitud de la punta sobrante y observaremos que al cabo de un tiempo, por ejemplo un año el ahorro de los electrodos podría representar unos 1000 dólares aprox. para el astillero,

Este valor puede ser determinado en base a la sobra

promedio calculada en la tabla XIII del capítulo 3 y considerando los siguientes factores:

Número de soldadores	=	15
Consumo por día	=	90 elect.
Tiempo un año	=	48 sem. de 5 días c/u.
Sobra promedio	=	3.91 cm.
Sobra recomendada	=	3.00 cm.
Pérdida	=	0.91 cm. x elect.

$$\begin{aligned} \# \text{ de Elect. Perd. x Año} &= \frac{15 \times 90 \times (48 \times 5) \times 0.91}{35} \\ \# \text{ de Elect. Perd. x Año} &= 8424 \text{ elect.} \\ \text{Costo de 1 lb. (11 elect)} &= \$ 1.2 \end{aligned}$$

Si consideramos también que al reducir la longitud del electrodo fundido el soldador realizará mayor número de cambios o reposición de electrodos, esto genera un mayor número de traslados a la bodega de aprovisionamiento.

En base a los datos que se muestran en el capítulo III, los cuales fueron tomados en las visitas realizadas a los astilleros locales, se observa una gran variedad en

el tamaño de la longitud de las puntas sobrantes, por lo tanto, en la presente tesis se recomienda a los astilleros que el tamaño de las puntas sobrantes sea máximo de 3 cm., para de esta manera proteger el porta electrodo y aprovechar eficientemente el material de aporte.

4.4. SELECCION ADECUADA DE REFUERZOS.

Al seleccionar los refuerzos de los elementos estructurales del buque (varengas, bulárcamas, baos reforzados, esloras, etc.) podemos reducir el costo de la soldadura, con una selección de refuerzos conveniente (mamparos corrugados) y con una distribución de estos refuerzos de manera que reduzca el número de uniones y los tiempos de volteo.

Utilizando los mamparos corrugados eliminamos todas las uniones de los perfiles al mamparo y todas las deformaciones producidas por la soldadura de éstas, sin embargo, aumentamos la longitud total de las uniones a tope para formar el panel, por tanto, debemos tener en cuenta el costo de los perfiles, de las planchas y el trabajo de coarrugar las planchas.

El siguiente gráfico sirve para explicar mejor lo tratado en este punto:

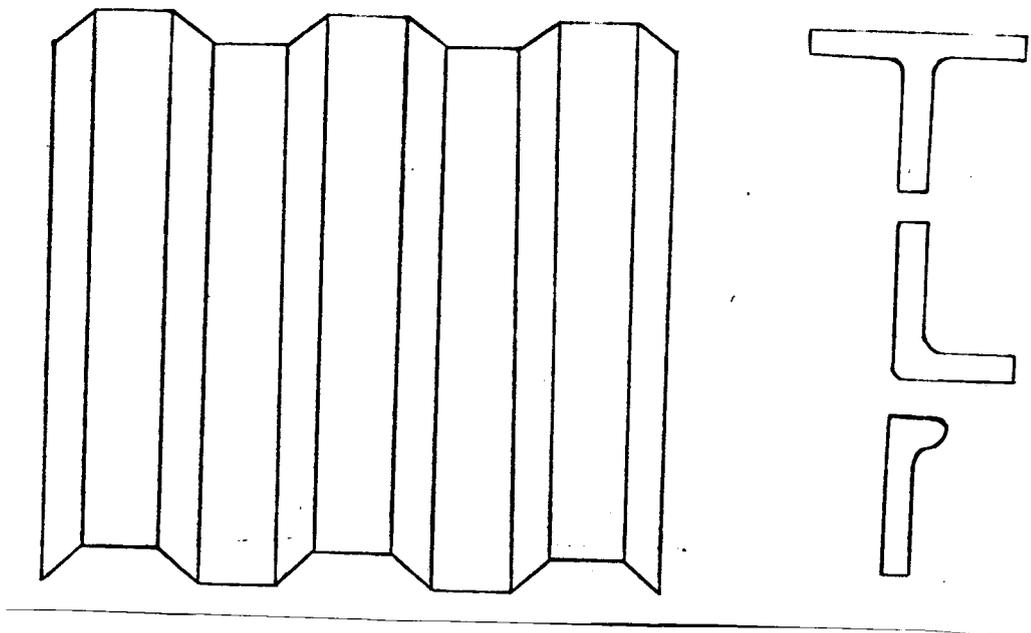


FIG. 4.1

Mamparos Coarrugados y Refuerzos Prefabricados.

La utilización de refuerzos prefabricados en L, T o tipo bulbo elimina la elaboración de las planchas y la soldadura con el alma del refuerzo con la consiguiente reducción del costo de la soldadura, aunque, éste tipo de refuerzos viene limitado por las dimensiones de la fábrica y la factibilidad de conseguir en el mercado.

La distribución de los refuerzos de un panel debe realizarse de forma que la distancia entre los refuerzos sea máxima, dentro de las limitaciones técnicas exigidas (4).

4.5. SELECCION ADECUADA DE PLANCHAS.

Los factores que definen las dimensiones de las planchas y con las cuales se pueden reducir el costo de la soldadura son:

- Longitud de las planchas.
- Ancho de las planchas.
- Tipo de acero.

4.5.1. Longitud de las Planchas.

Al aumentar la longitud de las planchas se reducen el número de topes transversales, por consiguiente, la longitud total de las uniones, además posee ciertas limitaciones propias de la siderúrgica y otras de fábrica, tales como: medios de transporte y manipulación, dimensiones de las máquinas de procesamiento, potencia de las grúas, criterios de normalización, etc.

Con la disminución de la longitud total de las uniones, reducimos los tiempos y el material de aporte de la soldadura, aunque aumente en al-



el costo del acero. Tomando en cuenta todo esto podemos calcular las longitudes óptimas de las planchas para la reducción del costo de la soldadura.

4.5.2. Ancho de las Planchas.

Al aumentar el ancho de las planchas reducimos el número de uniones longitudinales, el límite del ancho de las planchas viene dado por: las limitaciones de la fábrica, máquinas de procesamiento, medios de transporte y manipulación, etc.

Como el caso anterior, reducimos el tiempo y el metal aportado de soldadura al aumentar el ancho de las planchas, sin embargo, debemos tener en cuenta el costo del acero y el rendimiento de las máquinas de procesamiento.

4.5.3. El Tipo de Acero.

Es otra variable que puede manejarse en la definición del espesor de las planchas, dicho espesor puede ser reducido con la utilización

de aceros de mayor resistencia, considerando las limitaciones estructurales, tales como: rigidez, fátiga y de acuerdo a la zona donde el buque va a navegar.

Al variar el espesor de las planchas se reduce también los tiempos de trabajo, el metal de aporte y el peso del acero.

Los procedimientos de soldadura quedan condicionados por las limitaciones de calor, el espesor de la plancha y acabado de la soldadura en relación, principalmente, con las deformaciones y tensiones residuales, además, un acero con mayor resistencia representa un mayor costo.

4.6. BUENA SELECCION DE LAS UNIONES.

Por último, para la selección de uniones a tope de los paneles y elementos de la estructura interior del buque, podemos reducir el costo de la soldadura si elegimos convenientemente:

- La distribución de las uniones.

- El tipo de chaflán.
- El tipo de unión de soldadura.

4.6.1. La distribución de las uniones.

En los elementos estructurales del interior del buque la distribución de las uniones puede realizarse de acuerdo con los siguientes criterios:

- Reducir al mínimo la longitud total de las uniones.
- Evitar los cruces de varias uniones para reducir las deformaciones locales que después debemos corregir.
- La formación de uniones largas es más favorable que uniones cortas.
- El despiece en bloques del buque, se realizará de forma que la longitud de las uniones de montaje de los bloques sea la menor posible.

4.6.2. El tipo de chaflán.

Debe proyectarse por los especialistas de soldadura el tipo de chaflán de acuerdo con cada aplicación específica, considerando la posición de soldar, el espesor de las planchas, el procedimiento de soldar, las deformaciones que pueden ocasionar, la elaboración o corte del chaflán, la intensidad de corriente máxima de la máquina de soldar, la necesidad de soldar la otra cara y la cubicación del chaflán.

Para conseguir que el costo de la soldadura sea mínimo, como regla general:

- Evitar el resanado.

- Reducir al mínimo la cantidad de soldadura sobre-cabeza.

- Reducir las deformaciones cuando el espesor de las planchas es delgado o reducir la cubicación del chaflán cuando las planchas son gruesas.

4.6.3. El tipo de unión de soldadura.

También influye en el costo de la soldadura, pues, la selección correcta del tipo de unión por parte de los técnicos de la empresa es clave para el mejor aprovechamiento de los materiales y personal.

Esta selección debe realizarse considerando el material base, el material de aporte y la posición de soldar.

4.7. REDUCCION DE LOS TIEMPOS AUXILIARES.

4.7.1. Principios generales para reducir los tiempos auxiliares.

1) Nivel moral del personal.- El grado de productividad de cualquier trabajo depende del nivel moral y de formación técnica del personal principalmente.

Los medios que tenemos para elevar el nivel

moral del personal, son principalmente las relaciones humanas, la remuneración económica, la promoción profesional y la acción social.

Para elevar su capacidad es necesario dictar cursos de formación técnica, cursos de capacitación y charlas de continuidad técnica y coloquios.

2) Conocimiento de los problemas.- El conocimiento de un problema y la investigación de sus causas, supone ya gran parte de la solución.

Los medios que podemos emplear para descubrir estos problemas son: control de producción, control de calidad y control de productividad, siendo realizados por medio de un análisis que permitirá detectar los problemas y su gravedad.

3) Principio de previsión.- Nuestros mayores esfuerzos deben ser para evitar que los problemas aparezcan, no para resolverlos; los medios que tenemos para preveer los problemas

son principalmente la planificación, programación (Pert), las técnicas de simulación basados en la experiencia de los trabajos realizados anteriormente.

4) Trabajo en equipo.- En la coordinación de todos los trabajos un objetivo común reduce esfuerzos y tiempo, la forma de conseguir el trabajo en equipo es a través de una buena coordinación y cursos de relaciones humanas.

5) Principio de calidad.- El tiempo empleado para mejorar la calidad comenzando siempre por las primeras fases de trabajo reduce el tiempo total de la obra, los medios que debemos utilizar para mejorar la calidad es la responsabilidad del personal en la obra hasta llegar como meta al auto control.

6) Trabajo en serie.- Cada tipo de trabajo en lo posible debe ser realizado por el mismo personal y zona de trabajo.

Para conseguir esto debemos especializar al personal y fijar lugares donde el trabajo se

realice siempre, esto tiene mucha utilidad cuando vamos a construir un cierto número de embarcaciones de un mismo tipo.

7) Mínimo esfuerzo.- El personal debe disponer de un conjunto de procedimientos y herramientas útiles para cada trabajo, con el objeto de reducir los tiempos con esfuerzos menores.

Para conseguir estas herramientas es necesario tener un personal especializado para, proyectar, construir, ensayar y poner en marcha dichas herramientas de acuerdo con las necesidades de la obra y sugerencias del personal.

8) Información adecuada.- La información que recibe el personal debe ser anticipada, completa y clara, para conseguir que ésta llegue al personal eficazmente, es conveniente utilizar las técnicas de información desarrolladas en los últimos tiempos.

9) Máxima zona cubierta.- Con la superficie

que se dispone en la empresa, se debe tratar de incrementar talleres o construir cubiertas portátiles para proteger el trabajo de las inclemencias del tiempo.

10) Máxima simultaneidad.- Los trabajos deben planificarse de tal manera que se evite al máximo los tiempos de espera. Para conseguir esto se recomienda utilizar las técnicas de planificación (diagrama Pert).

11) Mínimo desplazamiento.- El trabajo y los lugares de aprovisionamiento, deben estudiarse de forma que los tiempos de desplazamiento del personal sean mínimos.

Para reducir estos tiempos debemos evitar las causas de los desplazamientos, reducir la distancia para el aprovisionamiento de los materiales y en lo posible mecanizarlos.

12) Mínima inversión.- Sólo después de haber elevado al máximo la productividad, se debe incrementar la inversión para conseguir una mayor producción a plazo medio o largo.

Por tanto, es necesario analizar profundamente la posibilidad de incrementar la productividad con los recursos disponibles (materiales, equipos y personal).

13) Mínimas interrupciones.- Cada obra debe ser empezada, realizada y terminada en lo posible por el mismo personal responsable, a fin de conseguir el mínimo de interrupciones, para lo cual se debe elegir el procedimiento y el soldador adecuado que pueda empezar y terminar la obra sin interrupciones debido a cambios en el personal de trabajo, este principio tiene como objetivo facilitar el control del personal.

14) Preparación de las uniones.- Es el tiempo empleado en mejorar la calidad de las uniones, pues, esto reduce el tiempo total de la obra soldada.

Para ello, se debe preparar las uniones con tolerancias menores, para no aumentar los tiempos del soldador y el mayor consumo de material de aporte.



15) Prevención de las causas.- Se debe corregir las causas de los defectos y no solamente los defectos de las causas, en el caso de las deformaciones se debe evitar por medio de una correcta selección de la secuencia, tratamientos térmicos o pre-deformaciones.

Con la aplicación de estos 15 principios, conseguiremos reducir los tiempos auxiliares del trabajo y aumentar la productividad de la soldadura (4).

4.7.2. Plan de acción para reducir los tiempos ----- auxiliares. -----

Una vez realizado el análisis general de los tiempos auxiliares y sus posibles actuaciones, sólo nos queda definir el plan de acción para conseguir una reducción de los costos de la estructura soldada tomando como base la reducción de los tiempos auxiliares.

Los pasos que se presentan a continuación van a servir de una manera eficaz para reducir los tiempos auxiliares:

- 1) Analizar las causas que producen los tiempos auxiliares.
- 2) Medir la importancia de éstos tiempos, comparándolas con otras empresas.
- 3) Realizar un análisis de las causas y presentar las medidas que reduzcan los tiempos auxiliares.
- 4) Estimar los límites de variación de los tiempos auxiliares.
- 5) Seleccionar los puntos más importantes de actuación de acuerdo con su prioridad y los recursos disponibles.
- 6) Utilizar una técnica para estudiar la compatibilidad entre todas las medidas seleccionadas de acuerdo con el objetivo general de reducir los costos de soldadura del buque.
- 7) Mejorar medidas seleccionadas.

B) Planificar la forma como se va a implantar las medidas seleccionadas.

Definido el plan de acción, es necesario ponerlo en práctica sobre la obra. Esta puesta en marcha es la fase más importante y más difícil de todas las expuestas anteriormente, para conseguir reducir los costos de soldadura.

Si no se emplea una técnica adecuada para la puesta en marcha, de poco sirve todo lo expuesto anteriormente, esto es, la medida seleccionada está encaminada a desaparecer con el tiempo para volverse a realizar el trabajo como se hacía anteriormente debido a la inercia que normalmente posee el personal a cualquier innovación en el trabajo.

Una puesta en marcha eficaz debe desarrollarse con las siguientes fases:

- 1) Selección del personal adecuado.
- 2) Elaboración de un libro de normas muy

concreto sobre las medidas que se desean introducir.

3) Elaboración de un cuadro didáctico para la aplicación de dichas normas, de una forma clara para el personal a quien va dirigido.

4) Formación didáctica a los supervisores, que han de introducir y explicar las nuevas formas de trabajo de las medidas seleccionadas.

5) Cursos de formación técnica y relaciones humanas, tomando como base los cuadros didácticos.

6) Control de seguimiento de las normas de trabajo y charlas periódicas de continuidad y perfeccionamiento con todo el personal relacionado con las nuevas medidas.

Si al cabo de cierto tiempo, se observa que el personal está familiarizado con las nuevas normas de trabajo, entonces el control de seguimiento se podrá realizar por los propios responsables del trabajo dando por finalizada la puesta en marcha.

4.8. APLICACION DE LOS ESTIMULOS.

Normalmente cada persona está buscando destacarse por que posee sus propios intereses, o sea, estímulos generados dentro de sí mismo. El desafío de los directores y gerentes del astillero es hacer que sus empleados pasen a interesarse realmente por su trabajo, no apenas cumpliendo con un horario, si no, dedicando parte de su talento en favor de la empresa y liberando parte de aquella energía adormecida en beneficio de la productividad (1).

4.8.1. Aplicación.

Consiste, de manera resumida, en la aplicación de estímulos, con un énfasis especial en el estímulo de premio-permiso (permiso diario) o puede ser un pago extra al salario. Para que funcione es necesario establecer metas semanales que deberán ser cumplidas por los equipos de trabajo, cada equipo que cumpla la meta antes del fin de semana quedaría libre del trabajo (permiso premio) o recibiría un pago extra al salario.

Los equipos que no cumplan las metas sufrirían sanciones, tales como, llamada la atención verbal, carta de advertencia, etc. hasta que lleguen a entender los beneficios de los estímulos positivos e ingresen definitivamente en la correcta productividad.

Está implícito que intentar aplicar la técnica sin un estudio preliminar del astillero, sin una comprensión perfecta de los objetivos, puede traer como consecuencia el fracaso.

Anotamos algunas medidas preparatorias para la aplicación de la técnica:

- 1) Control de productividad y calidad.- Para ésto es necesario un personal con un 'buen nivel técnico (estudiantes de ingeniería) los cuales serán preparados para realizar el control de calidad interno en los grupos en todas las fases de la obra.

Un buen control de calidad será la condición básica y necesaria para la aplicación de la técnica, para evitar que una mayor velocidad en

el trabajo traiga como consecuencia una disminución en la calidad.

Los supervisores serán los responsables por el trabajo de cada grupo, contando apenas aquellos trabajos concluidos y de buena calidad; trabajos casi listos, ésto es, si falta algunos detalles no serán contados mientras no se encuentren terminados.

Los supervisores no pueden formar parte de ningún grupo y tampoco pueden recibir premio, ésta medida sirve para evitar arreglos o compromisos al presentar el informe.

Antes de iniciar la aplicación, los supervisores deben conocer la técnica para que se familiaricen con los trabajos y sean aclaradas todas las dudas, sólo se iniciará después de que exista una total confianza de los jefes hacia los supervisores.

2) Preparación del espíritu del personal.-
Antes de todo cambio el personal debe estar preparado para lo que va a suceder, necesitan

una explicación detallada para que todos conozcan las reglas del juego con anticipación.

Si es necesario alguna alteración en el local de trabajo, es recomendable consultar con el personal de dicha área.

Las nuevas funciones de cada equipo necesitan ser explicadas con mucha claridad, hasta que comprendan exactamente cual es la responsabilidad; cada equipo cumplirá únicamente con sus funciones, sin ayudar a otro equipo, pues, perjudicaría el trabajo armónico del sistema.

La tendencia de la técnica es ser aplicado en sectores donde existen grandes atrasos y es necesario un aumento de productividad para recuperar estos atrasos y así concluir obras importantes.

3) Sub-división en equipos y creación de grupos de apoyo.- En los sectores de trabajo será necesario ciertas alteraciones con la finalidad de permitir un avance uniforme de la

obra y lo más próxima a la línea de producción.

Luego de haber sub-dividido en grupos con funciones específicas ocupando diferentes líneas de producción el número de componentes será alterado hasta que los equipos se encuentren balanceados.

Para que los equipos de trabajo únicamente se encargen de las metas semanales y la producción misma, es necesario la presencia de grupos de apoyo con la finalidad de no permitir que la producción se estanque sea por falta de abastecimiento de materiales, recibimiento y entrega de obras, mantenimiento y reparación de equipos, etc. Estos trabajos deben ser realizados en horas no productivas, además, los grupos de apoyo serán entrenados de tal manera que su desempeño no interfiera con la producción.

4) Fijación de metas.- La fijación de metas siempre estará relacionada al objetivo principal de la conclusión de obras

importantes, dentro de los plazos establecidos previamente.

Las metas son difíciles mas no imposibles y serán estudiadas antes del inicio de cada semana con los ingenieros y jefes de área para ser divulgadas en el primer día de la semana.

Una vez fijada la meta, ésta permanece irrevocable hasta el fin de semana independiente de los hechos que perjudiquen la producción, tales como: falta de energía, material, equipos, operarios; naturalmente la siguiente semana la nueva meta será reducida en función de las condiciones y capacidades existentes.

Será difícil que los jefes depositen la confianza en los subordinados en cuanto a dar permiso-premio, esta disposición sólo se cumplirá si la meta es culminada antes del fin de semana.

Con el transcurso de la semana vamos a observar el aumento de la productividad en algunos

equipos, para que exista buenos resultados la meta debe ser planeada para que el trabajo culmine en menos de cinco días (4 - 4 1/2), considerando una semana de 5 días de trabajo, de manera que proporcione uno o medio día de permiso por semana; en el caso de que no ocurran los permisos se sentirá el desinterés en el personal con una disminución de la productividad.

5) Fijación de una producción mínima.- En la fase de implantación de la técnica va a ser necesario la fijación de una producción mínima semanal, con el fin de evitar problemas entre los grupos de trabajo y sus jefes, pues, existirá semanas en que el grupo no cumpla con el objetivo presentado al inicio de la semana.

Esta producción mínima es necesaria fijarla antes del inicio de cada semana, con ciertas advertencias al equipo que no cumpla la meta, debemos insistir en los grupos de trabajo que sólo interesa la producción de la semana en curso.

Cuando los equipos cumplan sistemáticamente las metas semanales no será necesario la fijación de producciones mínimas, al referirnos a este tipo de producción estamos hablando de un 60% a 90% de la meta.

6) Estímulo Permiso-premio.- Como se mencionó al inicio de este punto, los equipos que cumplan la meta antes del fin de semana tendrán el permiso-premio, que consiste en el tiempo restante de dicha semana.

Para que no exista perjuicios en la producción debido a los permisos-premio, éstos no podrán ser transferidos para otros días sino sólo el tiempo restante de la semana en curso.

Los permiso-premio no pueden ser concedidos a aquellos que han faltado algún día en la semana (sin importar el motivo, incluso una causa justa); además, serán excluidos aquellos operarios que a criterio del supervisor no han colaborado efectivamente en la producción.

7) Análisis diario de la producción.- Esta

producción es controlada por un supervisor, en el caso de detectar alguna alteración será informada a los ingenieros o encargados de la producción para analizar, determinar las causas y tomar las medidas necesarias para reactivar la producción nuevamente.

Cuando se compruebe que la baja de la productividad es debido a la falta de empeño de los operarios que forman el equipo, éstos serán llamados a justificar el motivo por el cual existe dicha baja recibiendo avisos de posibles sanciones en caso de no aumentar la producción hasta cubrir las metas mínimas establecidas.

4.8.2. Ventajas de aplicación:

1) Aumento de productividad.- Los incrementos de productividad resultado de la implantación de la técnica son conseguidos con la utilización de las mismas máquinas y sin el aumento en el número de empleados.

Para comprobar la eficacia de la técnica se

puede llevar un control y observar las ventajas producidas después de su aplicación, sirviendo esto para que la empresa cancele contratos atrazados y sea mas competitiva.

2) Ahorro en costos por mano de obra.- Al aplicar los estímulos conseguiremos una disminución en las horas extras de trabajo, recordemos además que las horas extras producen un desgaste mayor del personal y también podemos evitar que el personal produzca menos para hacer necesario el uso de horas extras, esto va a generar una importante economía para el astillero.

3) Cambio en la mentalidad del personal.- Podemos conseguir una mayor responsabilidad del personal, tener un espíritu de trabajo en equipo y con mucha disposición, también se puede resolver un problema que es no trabajar por falta de herramientas, daños de equipos, etc. Estos problemas pasarán a ser resueltos por el mismo personal generando una mayor colaboración hacia los jefes.

4.8.3. Posibles reacciones al aplicar los estímulos.

Entre las reacciones que se pueden presentar al aplicar los estímulos tenemos:

- Desbalanceamiento en los grupos de trabajo.
- El efecto ausencia de metas.
- El efecto meta imposible.
- El efecto descontento.

1) Desbalanceamiento en los grupos de trabajo.- Esto puede suceder en las primeras semanas, mas, puede ser arreglado en las siguientes semanas.

2) El efecto ausencia de metas.- La técnica esta siendo aplicada y luego de varias semanas puede suceder que no se consigan establecer metas, observandose una caída en la productividad.

Este efecto nos indica que la fijación de metas es fundamental para mantener la productividad en niveles elevados.

3) El efecto meta imposible.- Puede suceder cuando el astillero fija metas muy elevadas, las cuales son difíciles de cumplir y muchas veces imposibles; por lo tanto, las metas deben ser planificadas en función de las semanas anteriores y ser incrementadas gradualmente.

4) El efecto descontento.- Es causado muchas veces por comentarios negativos entre el personal, produciendo malestar en los grupos, lo cual trae como consecuencia algo diametralmente opuesto a lo que es el estímulo y provoca una disminución en la producción.

Algo que debe ser tomado muy en cuenta para la aplicación de los estímulos es el diálogo, pues, permitirá detectar las posibles reacciones del personal.

CAPITULO V

PERSPECTIVAS PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA SOLDADURA.

5.1. PROPOSITO DE LAS PERSPECTIVAS.

En el capítulo anterior se presentó una propuesta para resolver los problemas observados en las visitas realizadas a nuestros astilleros.

En este capítulo se mencionan dos nuevos procedimientos de soldadura y un método para la solución de cualquier problema que pueda ser detectado en el área de producción, se presenta como una opción para incrementar la productividad en nuestras empresas y además como un aporte para fortalecer la propuesta del capítulo IV.

5.2. APLICACION DE UN NUEVO PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA.

Los procedimientos de soldadura que se muestran a

continuación pueden ser aplicados en nuestro medio, pues, el mayor porcentaje de los trabajos en soldadura son realizados con electrodos manualmente y un pequeño porcentaje con semi-automática.

5.2.1. Soldadura por una sola cara. -----

En el procedimiento de soldadura convencional, los pasos a seguir para realizar cualquier tipo de unión son los siguientes:

- Soldar por una cara parte de la unión.
- Si es posible voltear la pieza, para soldar por la otra cara en posición horizontal, que sería mas rentable que soldar en la posición sobre-cabeza.
- Esmerilar por la otra cara parte de la primera pasada, hasta encontrar el material completamente limpio de escoria.
- Soldar la segunda cara hasta terminar.

El nuevo procedimiento consiste en colocar por debajo de las planchas en la unión un soporte refractorio de cerámica, como se muestra en el siguiente gráfico:

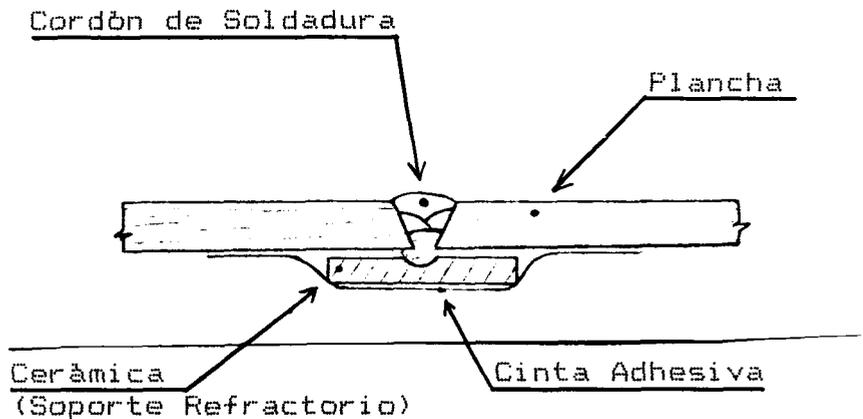


FIG. 5.1

Elementos utilizados en este procedimiento

De tal manera que el cordón de soldadura aplicado por la cara superior quede realizado con una sola pasada y los pasos quedarían reducidos a:

- Colocar el soporte por la cara contraria a la que vamos a soldar.
- Soldar directamente por la cara superior.

Es decir, que hemos eliminado la operación de volteo o bien la soldadura sobre-cabeza, el resanado luego de pasar el primer cordón de soldadura y la operación de soldar por la otra cara; únicamente se ha aumentado una sola operación que es la de colocar soportes, lo cual se realiza en un tiempo menor que el

empleado en las operaciones eliminadas.

Anotamos algunas ventajas de la soldadura por una sola cara o soldadura unilateral:

- La principal ventaja es la reducción de los tiempos auxiliares.
- No es necesario el volteo de la plancha.
- Evitamos el tiempo de esmerilar el cordón para colocar el segundo cordón de soldadura.
- No es necesario realizar la segunda pasada.

El tipo de soporte que se utiliza en la soldadura por una sola cara con electrodos manuales son soportes rígidos fabricados de cerámica con un canal en el centro, las dimensiones del soporte son 100 x 20 x 7 mm. como se muestra en el gráfico siguiente:

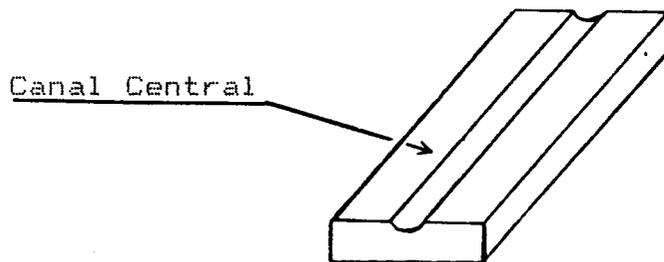


FIG. 5.2

Dimensiones del Soporte Refractorio.

El chaflán recomendado en este tipo de soldadura es en V y el tipo de electrodo recomendado es el de revestimiento básico.

5.2.2. Soldadura por dos electrodos.

Presentamos este nuevo procedimiento de soldadura como otra alternativa para incrementar el rendimiento del electrodo a través de su diámetro.

Al hablar de un incremento en el diámetro del electrodo debemos considerar que, mientras mayor es el diámetro del electrodo la eficacia del revestimiento es menor, siendo necesario una mayor sección del chaflán y por consiguiente mayor cantidad de material de aportortación.

Por lo antes expuesto se presenta el nuevo procedimiento de soldadura con dos electrodos.

El método en sí consiste en la utilización simultánea de dos electrodos conectados al mismo porta electrodo y alimentados por un sólo

transformador; la característica será que el porta electrodo tendrá dos orificios donde se introducen los electrodos, los mismos que serán ajustados por un sistema de tornillo unido al mango y, un par de seguros que salen de la cabeza del porta electrodo, ayudarán a mantenerse unidos y paralelos durante el proceso de soldadura, como se pueden observar en el siguiente gráfico:

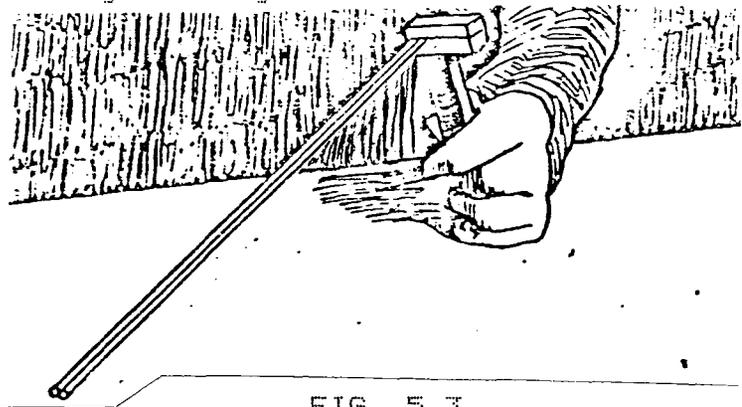


FIG. 5.3

Vista del Porta Electrodo utilizado en el nuevo procedimiento de soldadura.

La fusión de los electrodos se realiza de tal forma que uno de ellos se funde primero y seguidamente el arco salta al otro electrodo, para fundir durante el mismo tiempo.

El calor del acero de uno de los electrodos

favorece al cebado del otro, el tiempo de fusión de cada uno de ellos depende de la intensidad de corriente, del tipo de revestimiento y de la longitud del arco.

Con una velocidad de soldadura normal, cada pasada es como si se hiciera con dos pasadas, puesto que, siempre el electrodo anterior deposita sus gotas fundidas sobre el material recién depositado por el primer electrodo (4).

Las ventajas que ofrece este procedimiento son:

- El tiempo de fusión por dos electrodos es sólo el 20% más que el procedimiento convencional, obteniendo un ahorro del 40% aproximadamente en cada electrodo al procedimiento convencional.

- Admite intensidades mas altas a igualdad de diámetro de los electrodos respecto al sistema convencional, pues, al tener dos electrodos el diámetro se duplica y el calentamiento debido al amperaje es menor en cada uno.



- El procedimiento genera menos deformación angular en las planchas que soldando con un electrodo, debido a que el número de pasadas es menor.
- Otra ventaja es el tiempo de sacar la escoria, con este procedimiento se reduce a la mitad del empleado en el procedimiento convencional, esto es claro, pues, sólo se hace una pasada y se funden dos electrodos.
- El procedimiento está limitado a lugares bien ventilados o al aire libre, debido a que los gases desprendidos es mayor que al soldar con un electrodo; el manejo del porta electrodo es casi similar a pesar de su mayor peso y tener que controlar un arco en movimiento.

5.3. METODO RECOMENDADO EN LA PRESENTE TESIS.

El método es presentado como consecuencia del desarrollo de la presente tesis, donde nuestro objetivo fué detectar problemas en el área de producción y plantear soluciones a dichos problemas.

5.3.1. Alcance del método.

El método desarrolla una secuencia para la solución de cualquier problema observado en el área de soldadura, partiendo desde la búsqueda de datos hasta la solución del problema.

Esperamos que el método sea considerado por nuestras empresas de construcción naval como guía para la solución de cualquier problema que sea detectado en el área de producción de la soldadura.

5.3.2. Secuencia para su aplicación.

A continuación presentamos siete pasos para la aplicación del método.

1) Mediciones periódicas de la productividad de la soldadura.- Esto sirve para tener un continuo control de la productividad de la soldadura en el astillero, permitiendo además detectar cualquier alteración en la productividad de la misma.

En el capítulo III se presenta la forma como podemos medir la productividad de la soldadura, utilizando dos elementos fundamentales, que son:

- Cálculo del Rendimiento de fusión.
- Cálculo de los Kg.m.d. por cada soldador.

Estos cálculos permiten determinar el rendimiento de los electrodos y la productividad de cada soldador en cierto procedimiento de soldadura.

2) Detectar los problemas en el área.- Consiste en un trabajo práctico, el cual será realizado en el área de producción y contará con la participación de todo el personal (Ingenieros, Técnicos y Operarios). Este trabajo es realizado a través de visitas a la zona de trabajo, reuniones sorpresa (2) y el planteamiento de los problemas por parte de los jefes.

La idea básica es determinar los problemas que afectan la productividad de la soldadura y

seleccionar los más importantes, considerando ciertos criterios:

- El número de problemas debe ser compatible con el personal disponible para liderar la solución de los mismos.

- La solución de los problemas será en orden, partiendo desde los más sencillos hasta los más complicados.

La solución de los primeros problemas es la garantía para que el método tenga aceptación, por lo tanto, se debe tener mucho cuidado durante la selección de los mismos.

3) Análisis del problema.- En esta fase el problema ha sido seleccionado y pasamos de la fase cualitativa a la cuantitativa.

Por medio de los datos tomados se procede a los cálculos y gráficos estadísticos para cuantificar la magnitud del problema, en esta fase se requiere especial atención, pues, del análisis cuantitativo del problema podemos

concluir la existencia o no del mismo.

4) Análisis de las causas del problema.-
A través de la reunión sorpresa y con la demostración clara de la existencia del problema, partimos al levantamiento de las causas o factores que generaron el mismo.

Luego de determinar estos factores, los participantes del problema confirman de una manera objetiva estas causas.

Hasta aquí el problema sólo ha sido encontrado, analizado y conocemos cuales son las causas que hace que viva junto a nosotros. El siguiente paso será la búsqueda de soluciones.

5) Búsqueda de soluciones al problema planteado.- Las ideas para la solución del problema pueden ser obtenidas de las reuniones sorpresa, con la participación de los jefes, supervisores, soldadores y ayudantes.

Como ejemplo de la aplicación del método, se presenta en el capítulo III el problema de la

longitud de las puntas sobrantes, el mismo que, luego de ser detectado y analizado, se procede a la búsqueda de soluciones, como se observa en el punto 3 del capítulo IV.

6) Aplicación de las soluciones seleccionadas.- En esta fase los jefes deben planificar una estrategia para poner en práctica las nuevas ideas obtenidas en las reuniones sorpresa.

En el caso del problema de las puntas sobrantes para poner en marcha la solución presentada en el capítulo IV es necesario la participación de los jefes de producción y supervisores.

7) Mantener las nuevas condiciones del problema resuelto.- Luego de obtener la solución del problema las nuevas condiciones se deben mantener y esto es posible retornando al paso 3 (análisis).

En otras palabras, estamos verificando si el problema está resuelto o estamos dentro de los límites aceptables.

Continuando con el ejemplo de la longitud de las puntas sobrantes, una vez implantada las soluciones serán los supervisores quienes se encarguen de mantener las nuevas condiciones del problema resuelto.

5.3.3. Elementos que intervienen.

Al implantar el método se puede utilizar el mismo organigrama funcional del área de producción, como se muestra en el siguiente gráfico:

Organigrama Funcional del Area de Producción

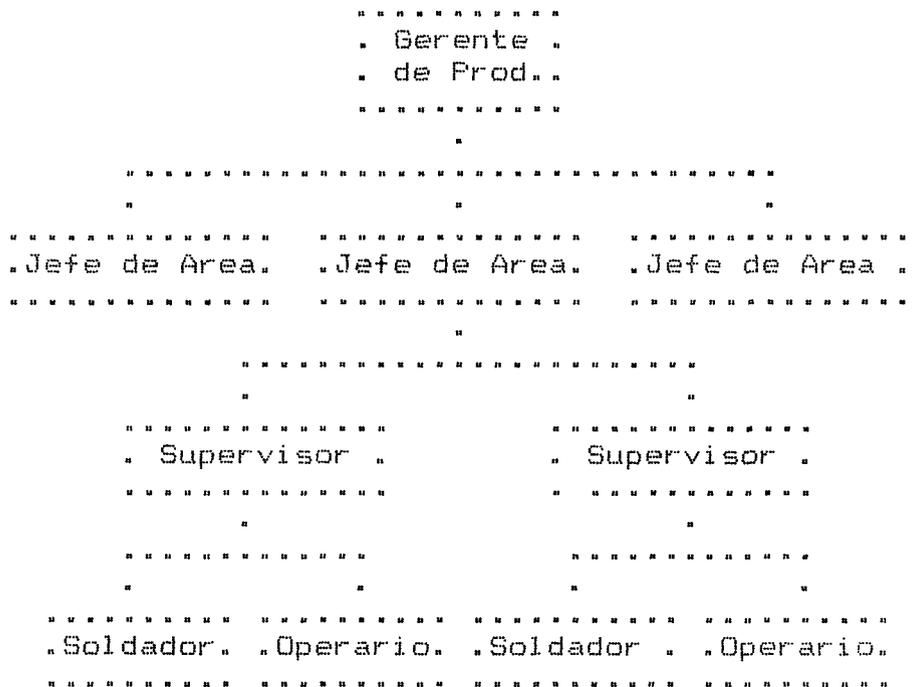


FIG. 5.4

Las personas que intervienen en la solución de un problema determinado son empleados de la empresa que han sido seleccionados en base a su experiencia y el deseo de colaborar con la misma.

Uno de los objetivos del método es divulgar a todas las personas la solución del problema y para esto es conveniente la mayor participación del personal durante la aplicación del método, recordemos que un problema grande es la suma de pequeños problemas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta tesis ha sido realizada en base al análisis de la productividad de la soldadura de astilleros nacionales, los mismos que fueron comparados con empresas extranjeras.

Al realizar la recolección de datos, los cálculos respectivos y obtener consecuentemente los resultados, presentamos algunas técnicas para optimizar la productividad de la soldadura en nuestros astilleros, llegando a las siguientes conclusiones:

1.-) Según el análisis seguido para determinar la productividad de la soldadura, podemos concluir que la productividad es baja en nuestras empresas en comparación con empresas extranjeras. Habiendo sido éste el factor que despertó el interés para el desarrollo de la presente tesis, conociendo además, que un trabajo de este tipo no ha sido realizado en nuestro país.

Los resultados presentados en el capítulo III, nos demuestran que existe una diferencia en la productividad al comparar un grupo de soldadores ecuatorianos con uno brasilero. Sumandose a todo esto los problemas detectados en las visitas realizadas a los astilleros, los mismos que merecen especial atención por parte de la empresa.

Además, ésta comparación puede ser realizada dentro de la misma empresa, si dividimos en grupos de trabajo a nuestros soldadores y realizamos comparaciones entre los mismos, la productividad del grupo puede ser determinada mes a mes o también anualmente, permitiendo así realizar gráficos estadísticos que van a servir para conocer la productividad de la empresa, para una planificación futura mejor.

2.-) La propuesta y perspectivas presentadas en este trabajo se basa en el análisis de la productividad y los problemas observados en nuestros astilleros; cada técnica o método puede ser aplicado en base a un estudio de factibilidad y con una buena coordinación por parte de los directores de la empresa.

3.-) En el desarrollo del trabajo se determinó algunos de los factores que inciden en la productividad, existiendo dos que merecen especial atención:

- El personal.
- Los electrodos.

Son dos elementos que deben manejarse con mucho cuidado para que la productividad no se vea afectada.

4.-) En la última parte de la tesis se muestra un método para resolver problemas, en vista de que nuestras empresas enfrentan problemas muy diversos los cuales merecen ser analizados y solucionados para el buen desenvolvimiento del astillero, se presenta este método.

Hacemos énfasis que la solución de un problema implica también la eliminación de las causas que originaron dicho problema.

RECOMENDACIONES .- Dentro de las recomendaciones a considerar convenientes para trabajos futuros de este tipo, creemos las siguientes:

1.-) Al realizar la toma de datos, controlar todas las actividades de un soldador durante un día normal de actividades, para tener una idea más amplia de todos los tiempos utilizados por el soldador. Además, tratar de tomar una mayor cantidad de datos.

2.-) Llevar a la práctica los nuevos procedimientos de soldadura, para lo cual será necesario conseguir el financiamiento.

3.-) Para garantizar una mayor productividad en nuestros astilleros mantengamos una buena comunicación con el personal, escuchando sus planteamientos y sugerencias, pues, van a ayudar mucho en el desarrollo de la empresa.

BILIOGRAFIA.

1. ALMEIDA CALEGARE, A. J., Un Método para el Aumento de la Productividad, I Congreso Panamericano de Ingeniería Naval, España, 1978, 4-44 p.
2. COMPANIA DE COMERCIO Y NAVEGACION, Movimiento para el Mejoramiento del Trabajo, Astillero Maña, Brazil, 1978, 1-25 p.
3. EMPRESA ELECTRICA DEL ECUADOR, Planilla de Luz, Enero, 1991
4. GOMEZ MORENO, Sesiones de Productividad de la Soldadura en Construcción Naval, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales, Madrid, 1978
5. SERVICIO ECUATORIANO DE CAPACITACION PROFESIONAL, Costos en Soldadura, 21-27
6. TOSHIE OKUMURA y TANIGUCHI CELIO, Engenharia de Soldagem y Aplicaciones, S.Paulo-Brasil, 1982
7. WAINER EMILIO, Soldagem A.B.M. 18ava. Edición, S.Paulo-Brasil, 1982, 3-5 y 164-169 p.