

**“PROPUESTA DE UN MODELO DE CALIDAD EN LOS PROCESOS
DE SOLDADURA, CON ENFASIS EN ALEACIONES LIGERAS Y
ACEROS INOXIDABLES.”**



**TRABAJO DE GRADUACION
PREPARADO PARA LA FACULTAD
DE INGENIERIA**

**PARA OPTAR AL GRADO DE :
INGENIERO MECANICO**

POR

JOSE FEDERICO MENDEZ MENDEZ.

MARZO- 1998

SOYAPANGO- EL SALVADOR- CENTROAMERICA.

UNIVERSIDAD DON BOSCO

RECTOR.

ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA.

SECRETARIO GENERAL.

PBRO. PEDRO JOSE GARCIA CASTRO S.D.B.

VICE-RECTOR ACADEMICO.

LIC. BALTAZAR DIAZ MUÑOZ.

ASESOR DEL TRABAJO DE GRADUACION.

ING. RICARDO ANTONIO SILIEZAR SALINAS.

JURADO EXAMINADOR.

ING. FRANCISCO DELEON.

ING. RENE MAURICIO HERNANDEZ.

UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA

JURADO EVALUADOR DEL TRABAJO DE GRADUACION

“PROPUESTA DE UN MODELO DE CALIDAD EN LOS PROCESOS
DE SOLDADURA, CON ENFASIS EN ALEACIONES LIGERAS Y
ACEROS INOXIDABLES.”

ING. FRANCISCO DELEON

JURADO

ING. RENE MAURICIO HERNANDEZ

JURADO

ING. RICARDO ANTONIO SILIEZAR

ASESOR

OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL.

Proponer un modelo de calidad de formación técnica en las construcciones soldadas para ser aplicada en la industria metalmecánica de El Salvador.

B. OBJETIVOS ESPACIFICOS.

- Conocer las generalidades de los procesos de soldadura T.I.G. y M.I.G./M.A.G., así como en las aleaciones ligeras y aceros inoxidable.
- Analizar la realidad de trabajo, en la industria metalmecánica a partir de los procesos de soldadura, T.I.G. y M.I.G./M.A.G.
- Actualizar los conocimientos referente a higiene y seguridad personal.
- Conocer criterios de evaluación a partir de formatos de calificación en procesos de soldadura.
- Crear un modelo sistemático de formación, en construcciones soldadas, para ser aplicado en el Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología de la Universidad Don Bosco.

INDICE

	Página
OBJETIVOS	ii
INDICE	iii
AGRADECIMIENTO	iv
GLOSARIO	v
INTRODUCCION.....	vi
CAPITULO I	
GENERALIDADES DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA EN LA INDUSTRIA SALVADOREÑA.	
CAPITULO II	
PROCESO DE SOLDADURA ELECTRICA CON ELECTRODO DE TUNGSTENO Y PROTECCION DE GAS INERTE T.I.G.	
2.1. GENERALIDADES:	
2.2. COMO OPERA:	
2.3. EQUIPO.	
2.4. VENTAJAS:	
2.5. CORRIENTE ELECTRICA A USAR EN SOLDADURA T.I.G.	
2.6 SOLDADURA TIG CON CORRIENTE CONTINUA.	
2.7. SOLDADURA T.I.G. CON CORRIENTE ALTERNA.	
2.8. ELECTRODO DE TUNGSTENO PARA SOLDAR CON T.I.G.	
2.9. ANTORCHA	
2.10. REGULADORES.	
2.11. ENCENDIDO DEL ARCO.	
2.12. TECNICAS DE SOLDEO.	
2.13. PARO DE LA SOLDADURA.	
2.14. APLICACIONES	

CAPITULO III

PROCESO DE SOLDADURA CON ARCO METALICO Y ATMÓSFERA

PROTECTORA M.I.G./M.A.G.

3.1 INTRODUCCION

3.2 CARACTERISTICAS DEL ARCO.

3.3. EQUIPO

3.4. APLICACIONES.

CAPITULO IV

LA SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LAS CONSTRUCCIONES

SOLDADAS

4.1. LOS RIESGOS EN LA SOLDADURA Y SU CONTROL.

4.2. PROTECCION DE LOS OJOS EN EL EMPLEO DE LA SOLDADURA

4.3. EL OJO Y SU ESTRUCTURA

4.4. CRISTALINO Y RETINA.

4.5. NORMAS Y ESPECIFICACIONES

4.6. EFECTOS Y ENFERMEDADES TÍPICAS.

4.7. GASES DE PROTECCION

4.8. VAPORES Y HUMOS RESULTANTES DE LA SOLDADURA.

CAPITULO V

ELEMENTOS BASICOS DE LOS ACEROS INOXIDABLES

5.1. ACEROS INOXIDABLES AUSTENITICOS

5.1.1 Generalidades

5.1.2. Resistencia Eléctrica

5.1.3 Propiedades mecánicas.

5.1.4 Usos y aplicaciones

5.1.5 Problemas de corrosión

5.2 ACEROS INOXIDABLES FERRITICOS

5.2.1. Generalidades

5.2.2 Propiedades físicas y químicas

5.2.3 Propiedades mecánicas.

5.2.3.1. Aceros inoxidables ferríticos no endurecibles.

5.2.4	Problemas de corrosión.	.....
5.2.5	Soldabilidad.	.....
5.3	ACEROS INOXIDABLES MARTENSITICOS.	.....
5.3.1	Generalidades.	.....
5.3.2	Propiedades físicas y químicas.	.....
5.3.3	Propiedades mecánicas.	.....
5.3.4	Usos y aplicaciones.	.....
5.3.5	Problemas de corrosión.	.....
5.3.6	Soldabilidad.	.....
5.4	ALEACIONES LIGERAS.	.....
5.4.1	Generalidades.	.....
5.4.2	Aluminio.	.....
CAPITULO VI		
ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL Y METODO DE INVESTIGACION.		
6.1	DETERMINACIÓN DEL CAMPO DE ESTUDIO.	.....
6.2	METODO DE INVESTIGACIÓN.	.....
6.2.1.	Objetivos de la entrevista.	.....
6.3	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y ANÁLISIS DE ENCUESTA	.....
6.4	ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.	.....
6.5	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	.....
6.6	ALCANCES Y LIMITANTES DE LA INVESTIGACIÓN.	.....
6.7	INSTITUCION PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR EL MODELO.	.....
6.8	ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA INSTITUCIÓN	.....
6.8.1	Organización de la Institución.	.....
6.8.2	Patrimonio.	.....
6.8.3	Experiencia curricular del C.I.T.T. en soldadura.	.....
6.8.4	Recursos con que cuenta la institución.	.....
6.8.5	El criterio de calidad en el taller de soldadura del CITT.	.....

CALIDAD EN LAS CONSTRUCCIONES SOLDADAS.....	
6.9.1. Capacitación de personal	
6.9.2. Motivación laboral.....	
6.9.3. Calidad y cambio actitudinal.....	
6.9.4. Trabajo en equipo para incrementar la productividad.....	

CAPITULO VII

**PROPUESTA DE UN MODELO DE CALIDAD EN ESTRUCTURAS
SOLDADAS CON ENFASIS EN ALEACIONES DE ALUMINIO Y ACEROS
INOXIDABLES.....**

7.1. ESQUEMA GENERAL DEL MODELO DE FORMACIÓN TÉCNICA CON PROCESO DE SOLDADURA, APLICABLE A OPERARIOS DE LA INDUSTRIA METALMECÁNICA EN EL SALVADOR.....	
7.1.2 Perfil del participante.....	
7.1.3. Descripción y contenido del modelo (organigrama).....	
7.1.4 Evaluación.....	
7.1.5. Material didáctico.. ..	
7.2 EVALUACION DE LA CALIDAD EN LA SOLDADURA A PARTIR DEL MODELO DE FORMACION EN LOS PROCESOS DE SOLDADURA.....	
7.2.1 Objetivo:.....	
7.2.2 Descripción:.....	
7.2.3. Elementos a definir para la calificación del procedimiento de soldadura.....	
7.3 TEMAS COMPLEMENTARIOS AL MODELO DE CALIDAD EN LAS CONSTRUCCIONES SOLDADAS.....	
CONCLUSIONES.....	
RECOMENDACIONES.....	
BIBLIOGRAFIA.....	

INDICE DE ANEXOS.

Pagina.

Anexo N° 1

.....

Anexo N° 2.....

Anexo N° 3

Anexo N° 4.....

Anexo N° 5

Anexo N° 6.....

Anexo N° 7

Anexo N° 8.....

Anexo N° 9

Anexo N° 10.....

Anexo N° 11.....

Anexo N° 12.....

Anexo N° 13

Anexo N° 14.....

Anexo N° 15

Anexo N° 16.....

Anexo N° 17

Anexo N° 18.....

Anexo N° 19

Anexo N° 20.....

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco y dedico el presente trabajo de graduación a Dios todo poderoso por haber permitido finalizar una formación académica, la cual espero combinar con los principios morales de una vida cristiana.

Además dedico con el cariño y aprecio que se merecen todos, familia, docentes y amigos; quienes siempre me brindaron su amor , apoyo moral, espiritual y económico, para verme un día formado profesionalmente.

A DIOS TODO PODEROSO: Por ser todo amor y sabiduría.

A MIS PADRES: ANGELA Y FEDERICO, por todo su amor , confianza y sacrificio,
Dios les bendiga.

A MIS HERMANOS: Luis, Mauricio, Juan, pero de manera muy especial a
RIGOBERTO(Q.D.D.G.),a quien extraño tanto; a todos
muchas gracias por su apoyo.

A MI NOVIA: Katy Folgoso, por su amor, sacrificio y apoyo moral en todo momento.

A MI FAMILIA: por su apoyo y atención, en este proceso de formación.

A MI ASESOR: Ing. Ricardo Siliezar, por su apoyo y confianza.

A MIS JURADOS: Ing. Francisco Deleón e Ing. Mauricio Hernández, por sus
por sus conocimientos adquiridos y críticas constructivas
en todo el proceso de formación.

A MIS AMIGOS: por su apoyo y cooperación.

!!! A TODOS, MUCHAS GRACIAS !!!!!

José Federico.

GLOSARIO

ABERTURA EN LA RAIZ. La distancia entre las partes en la raíz de la junta.

ACERO AUSTENITICO. Acero aleado cuya estructura es normalmente austenítica a la temperatura ambiente.

ADHESION. Fuerza de atracción entre las moléculas (o los átomos) de dos fases diferentes, tales como el metal líquido del filete en la soldadura fuerte y el cobre sólido, o el metal de un recubrimiento superficial y el metal de base. Compárese con el concepto de cohesión.

ALOTROPIA. Fenómeno reversible por el cual pueden existir ciertos metales en más de una estructura cristalina. Si no es reversible recibe el nombre de *polimorfismo*.

AUSTENITA. Solución sólida de uno o más elementos de hierro cúbico centrado en las caras. De no indicarse otra cosa (como en la austenita de níquel), el elemento de solución se supone generalmente que es el carbono.

A.W.S. American Welding Society.

CALIBRADOR DE SOLDADURA. Dispositivo para verificar la forma y el tamaño de las soldaduras.

CARA DE LA RAIZ. La porción no biselada de la cara de ranura en una junta.

C.I.T.T. Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología.

CORDON DE SOLDADURA. Depósito de metal de aporte hecho mediante una sola pasada de soldadura.

CORRIENTE DE SOLDADURA O DE SOLDAR. La corriente que pasa por un circuito de soldadura durante su ejecución. En la soldadura por resistencia, la corriente usada durante los intervalos de presoldadura o postsoldadura queda excluida.

CRATER. Depresión que se forma en la terminación de un cordón o en el foso de fusión bajo el electrodo.

EJE DE LA SOLDADURA. Una línea que corre a todo lo largo de una soldadura y que es perpendicular a la sección transversal a la misma, pasando por su centro de gravedad.

ELECTRODO DESNUDO. Electrodo de metal de aporte para soldadura de arco, en forma de alambre o de varilla, que no tiene recubrimiento alguno que no sea el recubrimiento incidental propio del estirado del alambre.

ENVEJECIMIENTO. En un metal o aleación, un cambio de las propiedades que generalmente tiene lugar en forma lenta a la temperatura ambiente y con mayor rapidez a temperaturas mayores. Ver también endurecimiento por envejecimiento.

FILETE. (1) Radio o curvatura que se imparte a las superficies que se juntan por adentro. (2) Pieza esquinera cóncava que se utiliza en los modelos para fundición.

FRAGILIZACION DE LA SOLDADURA. Reducción de las propiedades mecánicas de un metal como resultado de la penetración local de las soldadura a lo largo de los linderos de los cristales.

GRIETA BAJO EL CORDON. Una grieta subsuperficial ubicada en el metal de base cerca del cordón de soldadura.

GRIETA DE RAIZ. Una grieta existente ya sea en la soldadura o en la zona afectada por el calor, en la raíz de una soldadura.

GRIETA DE SOLDADURA. Una grieta en el metal de la soldadura.

HAZ. Energía radiante dirigida, como un haz de rayos X o un haz sónico, limitada normalmente en sección transversal por el mecanismo de generación o por temperaturas de colimación.

INSPECCION NO DESTRUCTIVA. Inspección realizada por métodos que no destruyen la pieza, para determinar si es o no adecuada para su aplicación.

METAL DE APORTE O DE RELLENO. Metal que se agrega al hacer una junta soldada con soldadura fuerte, con soldadura blanda o por soldadura eléctrica.

METODO. Muestra la forma en que debe ejecutarse una operación.

MIG. Metálica Inerte Gas (Soldadura Metálica con Gas Inerte).

OPERACION. Acción y efecto de ejecutar algún trabajo.

PASADA DE FONDO O DE RAIZ. El primer cordón de una soldadura de varias pasadas.

PENETRACIÓN DE LA JUNTA. Distancia a la que el metal de soldadura y la fusión se extienden hacia el interior de una junta.

PENETRACION EN LA RAIZ. La profundidad a la que se extiende el metal de soldadura en la raíz de una junta.

PUNTO DE FLUENCIA. El primer esfuerzo en un material, generalmente menor que el esfuerzo máximo alcanzable, al que ocurre un incremento en la deformación sin haber incremento del esfuerzo.

SOLDABILIDAD. Capacidad de un metal para aceptar que se le una por soldadura bajo condiciones específicas.

RAIZ DE UNA JUNTA. La posición del acercamiento más próximo entre las partes de una junta por soldar.

RAIZ DE UNA SOLDADURA. Los puntos, como se ven en sección transversal, en los que la parte inferior de la soldadura intersecta las superficies del metal de base. Esta raíz puede coincidir con la raíz de la junta.

SOPLO MAGNETICO DEL ARCO. Desviación de un arco eléctrico respecto a su trayectoria normal a causa de fuerzas magnéticas.

TAMAÑO DE LA SOLDADURA. (1) La penetración de la junta en una soldadura de ranura. (2) Las longitudes de los lados nominales de una soldadura de filete.

TIG. Tungsteno Inerte Gas (Soldadura de Tungsteno con Gas Inerte).

VOLTAJE O TENSION DEL ARCO. El voltaje existente entre los polos de un arco de soldar.

ZONA AFECTADA POR EL CALOR. La porción del metal de base que no se fundió durante el proceso de soldadura fuerte, de corte o de soldadura eléctrica, pero cuya microestructura y propiedades físicas fueron alteradas por el calor.

INTRODUCCION.

La optimización de los recursos se hace necesario para ser competente en cualquier campo de la industria salvadoreña, por tanto el presente documento hace énfasis en la industria metalmecánica y en particular, lo que se refiere a las construcciones soldadas.

El tema “ propuesta de un modelo de calidad en las construcciones soldadas con énfasis en aleaciones ligeras y aceros inoxidable.”, surge a partir de la realidad de trabajo que actualmente se desarrolla en la industria salvadoreña, ya que a partir de la unificación de controles de calidad a nivel internacional, los procesos de soldadura no son la excepción.

La propuesta del modelo está dividida en capítulos que se detallan a continuación. En el capítulo I, se describen los diferentes procesos de soldadura a nivel macroscópico y en particular se hace una comparación con los actuales procesos de soldadura con que cuenta la industria salvadoreña. Los capítulos II y III, describen en forma particular los procesos de soldadura tanto T.I.G. como M.I.G./M.A.G., con los cuales el presente modelo hace énfasis. En éstos capítulos se hace referencia a las generalidades de las máquinas de soldar, dispositivos, accesorios, tipos de corriente de soldadura, estabilidad de arco, alta frecuencia, electrodos de trabajo, gases de protección ,defectos en soldadura , etc.

El capítulo IV cubre la parte de seguridad industrial en los procesos de soldadura , tipos de gases, equipo de seguridad de tipo personal, lentes de protección, enfermedades típicas, etc. En el capítulo V, se describen los materiales de trabajo con los cuales el modelo hace énfasis, estos son ; las aleaciones de aluminio y las aleaciones de aceros inoxidables. Los aceros inoxidables que describe el documento son: austeníticos, ferríticos y los martensíticos. Temas como; composición química, propiedades mecánicas, soldabilidad, oxidación y aplicación entre otros; son temas desarrollados en dichos capítulos. Entre las aleaciones ligeras, el material en estudio es el aluminio y sus aleaciones, temas como, composición química, clasificación, soldabilidad y aplicación entre otros, son desarrollados.

El capítulo VI, describe el método de investigación con el cuál se lleva a cabo la investigación de campo, siendo ésta, la empresa privada así como las instituciones que han recibido formación en el área de soldadura a través del taller de mecánica del Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología de la Universidad Don Bosco.

De igual manera, es realizada una investigación de campo en la institución que se ha tomado como modelo, para aplicar el modelo de calidad(C.I.T.T.), ya que éste debe reunir con el equipo y la infraestructura adecuada, así como en personal especializado que pondrá en practica el modelo.

A partir de la investigación de campo, se hará un diagnostico de la situación actual el cuál servirá para justificar la propuesta.

Finalmente en el capitulo VII, se desarrollará la propuesta del modelo, a partir de un problema que fue detectado en el capitulo VI. Con lo anterior se pretende minimizar la falta de formación tecnológica que presentan los técnicos que operan con procesos de soldadura.

CAPITULO I

GENERALIDADES DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA EN LA INDUSTRIA SALVADOREÑA.

Actualmente, los procesos de soldadura a nivel industrial implica conocer desde aspectos generales, tales como metalurgia, seguridad e higiene industrial, electrotecnia, resistencia de materiales, etc.; hasta conocer de nuevos procesos de soldadura a partir de diferentes aleaciones de materiales con los cuales se actualiza la industria. Por tanto el presente documento hace énfasis en procesos de soldadura de tipo espacial.

En nuestro medio, los procesos de soldadura son muy poco tomados en cuenta y mucho menos considerados como una especialidad en la industria. Se ha notado que los técnicos que trabajan en construcciones soldadas, desconocen o no le toman la importancia que tiene la seguridad industrial. Es común observar en los talleres, a personas que operan en ésta rama de la mecánica y no aplican el mínimo cuidado para con su protección con procesos tales como:

Soldadura eléctrica manual con electrodo revestido y soldadura oxiacetilénica, ya que en nuestro medio no somos formados con una tecnología adecuada de trabajo, que incluya aspectos metodológicos y sistemáticos para una formación adecuada y que cumpla con lo mínimo de los estándares internacionales de trabajo.

En la actualidad no existe una institución que garantice o controle la calidad de trabajo con éstos procesos ni mucho menos un instituto o centro de formación especializada que pueda garantizar los trabajos que involucren las construcciones soldadas. Tanto es lo que se desconoce de procesos de soldaduras especiales, que la mayoría de nuestros técnicos no pasan de los tradicionales procesos antes mencionados.

Todo proceso de soldadura debe cumplir un cierto número de condiciones. La más importante es que debe suministrar energía a la unión, generalmente calor, de tal modo que las piezas puedan unirse fundiéndose juntas.

No todos los procesos son igualmente adecuados para un metal, tipo de unión, o aplicación determinada, es por ello que, gran parte de responsabilidad del ingeniero consiste en determinar las condiciones esenciales que debe satisfacer una soldadura en particular y sobre todo elegir el proceso adecuado.

La energía para la soldadura es casi siempre suministrada como calor, de modo que las divisiones pueden hacerse de acuerdo a los métodos por los cuales se genera el calor localmente. Estos métodos pueden definirse y agruparse de la forma siguiente:

- a) Mecánicos. El calor se genera por impacto o fricción o es liberado por deformación elástica o plástica del metal.

- b) Termoquímica. Reacciones exotérmicas, llamas y arcos de plasma. Es necesario aclarar por qué los arcos de plasma pueden ponerse en la misma clase que las llamas oxcombustibles; es así porque aunque en el método de arco de plasma no tomen parte las reacciones químicas el sistema de transferencia de calor al trabajo es el mismo que empleando una envolvente de gases ardiendo. Esto es válido para todos los procesos en que el material trabajado no forme parte del circuito del arco. El denominado arco no transferido produce una llama de plasma, mientras que el arco transferido es un arco ligado al trabajo y cae dentro de la categoría de procesos de soldadura por arco.

- c) Resistencia Eléctrica. El calor es generado por el paso de una resistencia eléctrica, introduciéndose directamente a través del metal a unir, o bien por una corriente inducida en el metal base.

d) Arco Eléctrico. Tanto arcos de corriente continua como de corriente alterna con electrodo consumible o no.

e) Energía Radiante. Esta categoría se sugiere para cubrir los nuevos procesos tales como la soldadura por láser y por haz de electrones y otros que aún puedan desarrollarse. El hecho fundamental en los procesos de energía radiante consiste en que la energía se enfoca sobre la pieza a trabajar y el calor se genera solamente donde se intercepta el haz enfocado.

En la figura N° 1, pueden identificarse fácilmente siete áreas correspondiente a los procesos siguientes:

(1) Fase Sólida, (2) termoquímicos, (3) Resistencia Eléctrica, (4) Arco Desnudo, (5) Arco Protegido con Fundente, (6) Arco en Atmósfera Inerte, (7) Energía Radiante. Ciertas áreas del diagrama pueden rayarse como regiones en las que no puede existir proceso de soldadura; por ejemplo, las llamas no pueden usarse en el vacío. En el caso particular del presente proyecto se observa en la anterior esquema, la ubicación de los procesos de soldadura con los cuales se dará desarrollo al presente proyecto, los cuales son:

* Proceso de Soldadura con Arco de Tungsteno en Atmósfera Protectora TIG.

* Proceso de soldadura con Arco Metálico en Atmósfera protectora. MIG/MAG.

Con lo anterior se espera hacer un poco de conciencia, respecto a la forma como se están desarrollando o ejecutando las obras en construcciones soldadas, analizar los métodos que actualmente se están empleando para verificar el control de calidad, si es que se conoce; así como conocer un poco las propiedades de los materiales en estudio, particularmente las aleaciones de aluminio y aceros inoxidable.

Complementando lo anterior con generalidades de la higiene y seguridad industrial en los procesos de soldadura.

Clasificación de los procesos de soldadura							
Fuente de calor		Método de protección					
		Vacio	Gas inerte	Gas	Fundente	Sin protección	Exclusión mecánica
Sin calentamiento o calentamiento por conducción		Presión en frío	Unión por termo compresión				Presión en caliente Presión en frío
Mecánica		Explosión	1			Explosión	Fricción Ultrasonido
Termo-química	Llamas, plasma		Plasma	Hidrógeno atómico	Gas	Foija	Presión a tope
	Reacciones exotérmicas		2			Termita	
Resistencia eléctrica	Inducción				3	Inducción a alta frecuencia	Inducción a tope
	Directa					Por chispa a tope Resistencia a alta frecuencia Protuberancias	Costura por puntos Resistencia a tope
Arco eléctrico	Electrodo consumible		Arco metálico en gas inerte	Arco metálico en CO ₂ Arco metálico gas/fundente	Electrodo recubierto Arco sumergido	Alambre desnudo Espárragos Descarga de chispa. Choque	
	No consumible		Arco de tungsteno en atmósfera inerte	6	5	4 Arco de carbón	
Energía radiante	Electro-magnético	7				Laser	
	Partícula	Haz de electrones					

Figura N° 1. Clasificación de los procesos de soldadura

Fuente: Tomado de referencia N° 3

Los conceptos básicos de soldadura convencionales tales como soldadura eléctrica con electrodo revestido y proceso oxiacetilenico, se omiten a tal grado que se cubren solamente los procesos antes descritos. Con lo anterior se pretende dar énfasis a los procesos de interés ya que es notorio la falta de conocimiento técnico de éstos por parte de los involucrados en las construcciones soldadas incluyendo la higiene y seguridad industrial.

CAPITULO II

PROCESO DE SOLDADURA ELECTRICA CON ELECTRODO DE TUNGSTENO Y PROTECCION DE GAS INERTE T.I.G.

2.1. GENERALIDADES:

Este tipo de soldadura es un proceso realizado con arco eléctrico en el que se emplea un gas inerte para resguardar la zona de soldadura contra el medio ambiente.

El calor requerido para soldar es producido por un arco eléctrico de gran intensidad, que se hace saltar entre un electrodo de tungsteno que no se consume y la pieza a soldar. Esta soldadura difiere de la soldadura convencional con electrodo recubierto en que el electrodo teóricamente no se consume y sirve solamente para sostener y producir el arco, por tanto es necesario el aporte de material.

Con cualquier proceso de soldar, la calidad de la soldadura será mayor cuanto mayor similitud tenga el metal de aporte con el metal base. Lógicamente que las características físicas, químicas y metalúrgicas pueden verse afectadas si no existe adecuada protección de la masa en estado de fusión. En la soldadura con atmósfera controlada, (protección con gas Argón, Helio o Hidrogeno) debe utilizarse la cantidad de gas necesario para proteger el metal de absorber las impurezas del oxígeno y el nitrógeno del medio ambiente, ya que estos se combinarían fácilmente con el metal fundido.

Es recomendable como gas de protección el Argón, ya que se presta para una gran variedad de metales y por el régimen de consumo que es menor que los otros.

Nota: El electrodo de tungsteno eventualmente se acaba, especialmente cuando se contamina con metal derretido del trabajo, entonces tiene que ser pulido y esmerilado. Además, debido a las altas temperaturas producidas, un pequeño porcentaje se evapora, por consecuencia se consume.

2.2. COMO OPERA:

La soldadura eléctrica por arco, con gas y electrodo de tungsteno, es un proceso de soldadura eléctrica con protección de gas que aprovecha el intenso calor de un arco eléctrico entre un electrodo, que no se consume, y la pieza de soldar. Un gas inerte o mezcla de gases inertes protege el arco de la atmósfera. Puede o no utilizarse metal de aporte. Este se usa generalmente, excepto cuando se sueldan metales delgados. El alambre de aporte se alimenta manualmente al charco de soldadura. El proceso T.I.G. consiste en un electrodo de tungsteno, una envoltura de gas protector y el arco, debidamente colocados sobre el trabajo. Tanto la pistola, como la alimentación del alambre pueden ser automáticos. La figura N° 2 muestra la forma de operar.

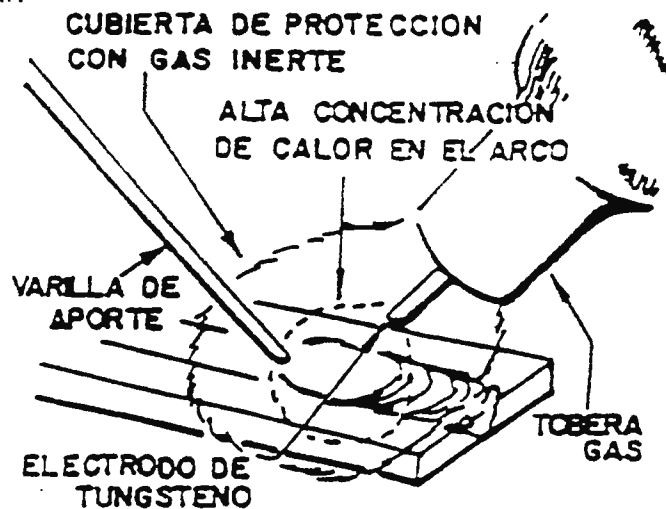


Figura N° 2. Forma de operar con proceso de soldadura T.I.G.

Fuente: Tomado de referencia N° 4

2.3. EQUIPO.

Los principales componentes necesarios para el proceso son : (1) el equipo de soldadura, (fuente de energía) ; (2) el gas de protección y sus controles; (3) la antorcha; (4) electrodo de tungsteno y alambre de aporte. El gas de protección desplaza el aire al rededor del arco, y del charco de soldadura. Este evita la contaminación del metal con oxígeno y el nitrógeno del aire. Como gas protector se puede utilizar argón o helio o una mezcla de ambos. El argón se utiliza con mas frecuencia puesto que es mas fácil de conseguir y por que es un gas pesado que da una mejor protección con menor cantidad. Se usa usualmente un flujo de gas a un rango de 45 a 30 pies cúbicos por hora. La soldadura sobre cabeza requiere un flujo ligeramente mas alto. La figura N° 3, muestra un equipo típico de soldadura T.I.G.

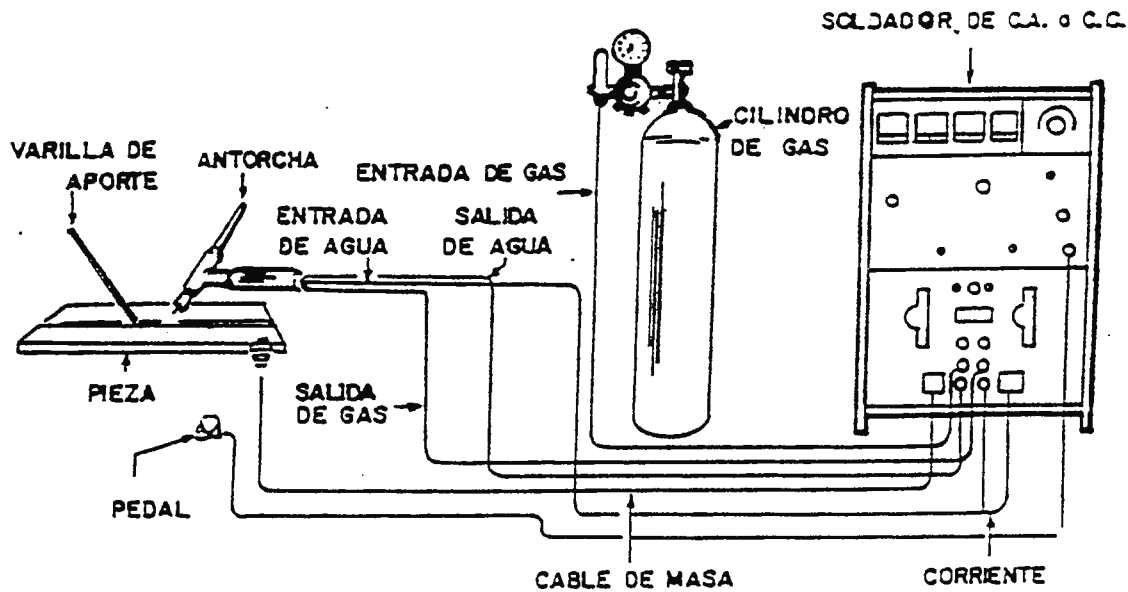


Figura N° 3. Equipo de soldadura T.I.G.

Fuente: Tomado de referencia N° 1

2.4. VENTAJAS:

Las soldaduras gracias a la protección total (100%) contra el medio ambiente, son mas fuertes, mas dúctiles y mas resistentes a la corrosión que las soldaduras realizadas con los procesos corrientes de soldadura, el hecho de no necesitar ningún fundente hace que sea aplicable a mas variedad de uniones. No existe corrosión causada por inclusiones de fundente y quedan ilimitadas las costosas limpiezas posteriores a la soldadura, toda la operación de soldadura se efectúa sin salpicaduras, chispas o emanaciones. Pueden efectuarse soldaduras en casi todos los metales empleados industrialmente. Además, el calor concentrado en el arco hace posible conseguir altas velocidades y soldaduras con buena penetración y poca deformación de metal base.

Los aspectos principales de la soldadura con protección de gas y electrodo de Tungsteno (T.I.G.) son:

- Se pueden hacer soldaduras de la mejor calidad en casi todos los metales y aleaciones, incluyendo aluminio, magnesio, aceros inoxidable, plata, bronce, silicio, cobre, níquel y aleaciones de níquel.
- Se puede ver claramente el charco de soldadura.
- No hay transferencia de metal soldado a través del arco, eliminando así las salpicaduras.
- Es posible soldar una amplia gama de resortes de metal y es especialmente útil al hacer el cordón de raíz en tuberías de acero al carbono.

2.5. CORRIENTE ELECTRICA A USAR EN SOLDADURA T.I.G.

2.5.1. Máquina de soldadura:

Con el proceso TIG se utiliza un equipo de soldadura (fuente de energía) especialmente diseñado.

Este puede ser un AC/DC rectificador de corriente o un generador de corriente continuo, accionado por un motor eléctrico o a gasolina. Puede utilizarse polaridad

invertida (electrodo - positivo) o normal (electrodo negativo) con corriente continua, pero la corriente alterna se usa siempre con una corriente adicional de alta frecuencia para estabilizarla, y se utiliza con corriente continua solo cuando se inicia el arco para evitar tocar la pieza a soldar con el electrodo de tungsteno.

2.6 SOLDADURA TIG CON CORRIENTE CONTINUA.

En la soldadura con Corriente Continua, el circuito de corriente puede ser conectado con polaridad normal (electrodo negativo), o polaridad invertida (electrodo positivo).

En la conexión del circuito de CC para soldar con polaridad normal el electrodo esta conectado al polo negativo y la pieza de trabajo al polo positivo es decir los electrones fluyen del electrodo hacia la pieza. Para soldar con CC con polaridad invertida, la conexión será justamente lo contrario el electrodo conectado al polo positivo y la pieza a soldar al negativo; entonces los electrones fluyen de la pieza a soldar hacia el electrodo.

En la soldadura con polaridad normal los electrones golpean la pieza de trabajo a alta velocidad ejerciendo un considerable efecto de calentamiento en la lamina. En la soldadura con polaridad invertida , ocurre justamente lo contrario, el electrodo adquiere este calentamiento extra, el cual se encarga de fundir el extremo del mismo. Así que: para una corriente de soldar determinada, la polaridad invertida requiere un electrodo de mayor diámetro que el requerido por una polaridad normal. Por ejemplo:

Un electrodo de tungsteno puro con un diámetro de 1.5 mm, puede soportar 125 amp. De corriente para soldar con polaridad normal.(electrodo negativo).

Si la polaridad fuese invertida, esta cantidad de corriente haría fundirse el electrodo y contaminaría el metal de soldadura. Por consiguiente se requiere un

electrodo de tungsteno puro de un diámetro mayor, 6.35 mm. Para soportar 125 amp. con polaridad invertida, satisfactoriamente y con seguridad.

Estos efectos caloríficos opuestos afectan no solamente la acción de soldar sino también la forma de la soldadura. Soldaduras con polaridad normal, producirán una soldadura angosta y con penetración profunda, soldaduras con polaridad invertida, por su mayor diámetro de electrodo y menos corriente, generalmente empleada, producen una soldadura ancha y relativamente superficial.

Otro efecto de soldadura con polaridad invertida que se puede considerar aquí es el llamado "LIMPIEZA DE LA LÁMINA", el cuál ocurre aunque la razón exacta de ésta acción de limpieza de la superficie no es conocida, parece probable que los electrones al salir de la pieza de trabajo o el gas notablemente ionizado rompen los óxidos superficiales, escamas y suciedades generalmente presentes.

La figura N° 4 representa la corriente continua de trabajo en proceso de soldadura T.I.G.

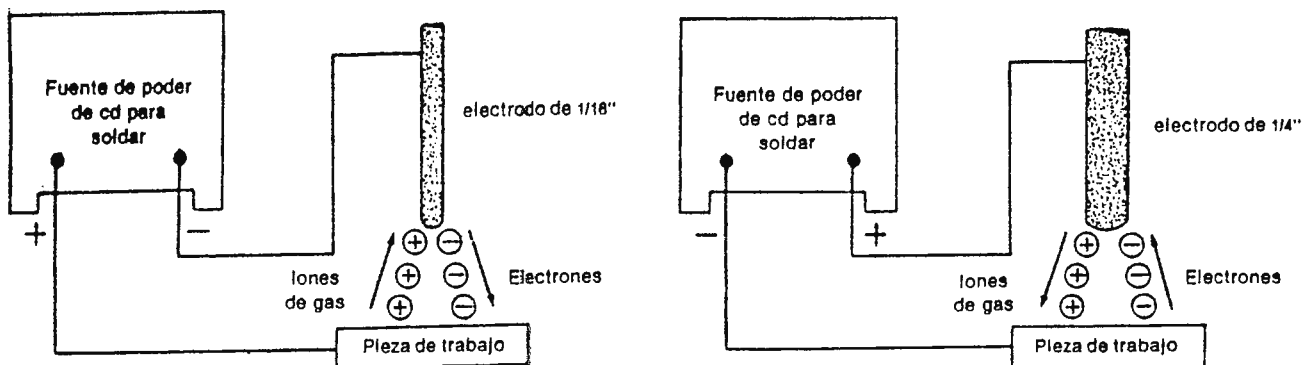


Figura N° 4. Corriente continua de trabajo con proceso de soldadura T.I.G.

Fuente: tomado de referencia N° 2

2.7. SOLDADURA T.I.G. CON CORRIENTE ALTERNA.

Teóricamente la corriente alterna para soldar es una combinación de corrientes continuas, polaridad positiva y corriente continua polaridad negativa.

Esta puede ser mejor aplicada mostrando la siguiente gráfica, figura N° 5. Como se muestra en el esquema la mitad de cada ciclo completo de C.A., es C.C. polaridad normal y la otra mitad es C.C. polaridad invertida.

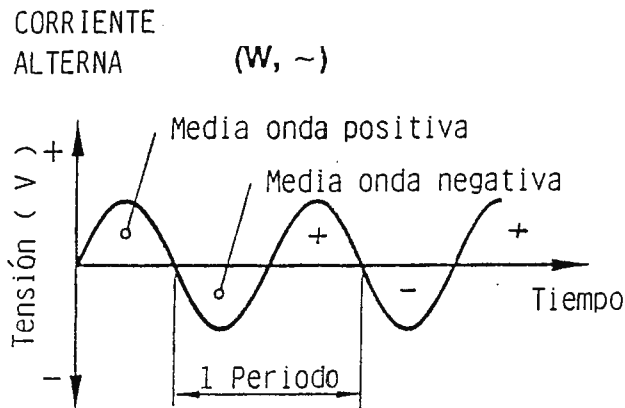


Figura N°5. Corriente alterna en soldadura T.I.G.

Fuente: Tomado de referencia N° 4

Al soldar con C.A, los óxidos escamas etc., presentes en la superficie del metal base tienden a evitar (parcial o completa) el flujo de la corriente en la dirección de la polaridad invertida. Esto es llamado "RECTIFICACION" por ejemplo: si la corriente no fluye en la dirección de la polaridad invertida, la onda de la corriente se vería siempre como se muestra en la figura N° 6.

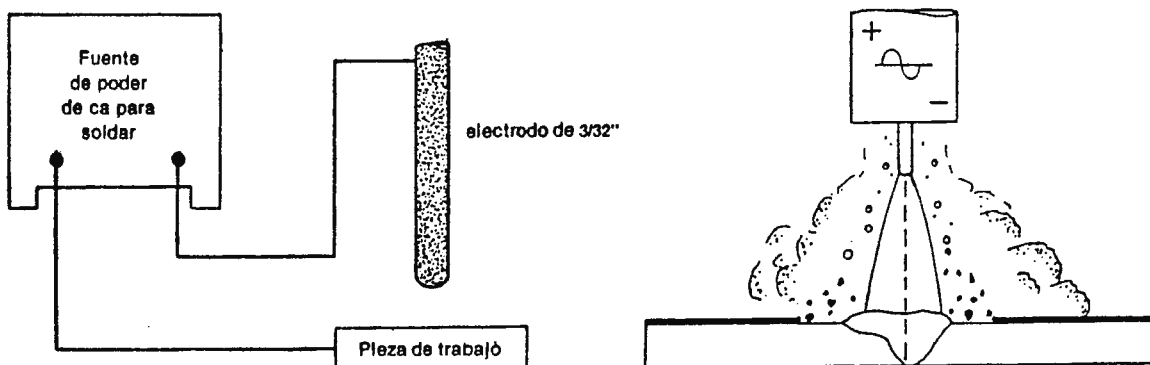


Figura N° 6. Rectificación en arco eléctrico con corriente alterna en soldadura T.I.G.

Fuente. Tomado de referencia N°2

Esta corriente de alta frecuencia hace saltar el arco entre el electrodo y la pieza de trabajo y perfora la película de óxidos de la superficie de la pieza, abriendo una senda para que la corriente de soldadura siga.

La superposición de esta corriente de alto voltaje, alta frecuencia en la corriente de soldadura dará las siguientes ventajas:

- El arco se puede encender sin tocar el material base con el electrodo.
- Se obtiene mayor estabilidad del arco.
- Es posible mantener un arco más largo. Este es usado particularmente en reconstrucción de superficies y recargas duras.
- Los electrodos tienen más larga duración.
- Es posible el uso de un amplio campo de corriente para un electrodo de diámetro específico.

La figura N° 7, representa la comparación de las gráficas de corrientes tanto alterna como continua.

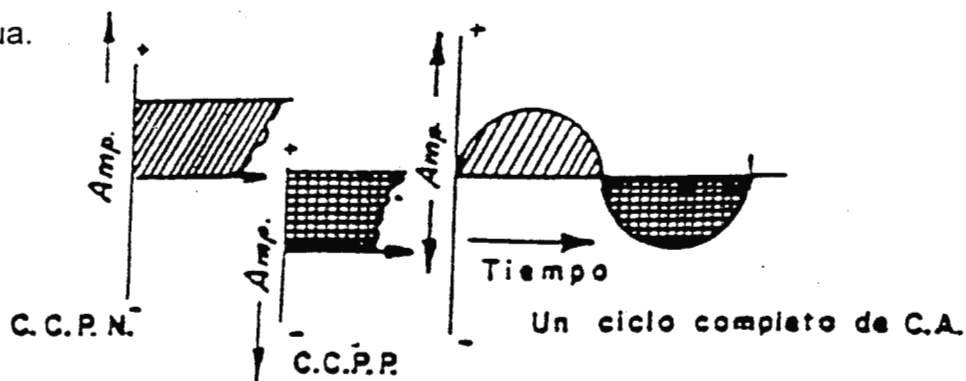


Figura N° 7. Comparación de corriente cc y ac, en soldadura T.I.G.

Fuente: Tomado de referencia N°5

2.8. ELECTRODO DE TUNGSTENO PARA SOLDAR CON T.I.G.

Los electrodos que se utilizan con el proceso T.I.G. están hechos de Tungsteno y aleaciones de éste. tienen un punto de fusión muy alto (6900° F) y prácticamente

no se consumen. El electrodo no toca el charco de metal fundido, ubicado apropiadamente sobre el trabajo, el intenso calor del arco mantiene líquido el metal en el charco.

El extremo del electrodo contaminado por el contacto con el charco de soldadura o el material de aporte debe limpiarse, de lo contrario ocasiona salpicaduras. Los electrodos pueden ser de tungsteno puro o tungsteno con Circonio, utilizados para aluminio por su menor contaminación, mejor calidad a rayos X y tungsteno con 1% ó 2 % de Tono, tienen mas larga vida y se usan para aceros. Los diferentes tipos de electrodos de Tungsteno se reconocen por un código de colores, vienen en acabado limpio, brillantes y rectificadas ver anexo N° 1. El electrodo correcto da un encendido del arco más fácil y más estable. La forma de preparación depende del tipo de material a soldar, en anexo N° 1 se observa la forma de preparación en éste a partir de las variables antes descritas.

2.9. ANTORCHA

La antorcha para T.I.G. sostiene el electrodo de Tungsteno, dirige el gas aislante y la corriente eléctrica al arco. Las antorchas pueden de enfriamiento por aire o por agua, según el amperaje de la soldadura. Las pistolas enfriadas por agua son utilizadas con mayor frecuencia.

El gráfico N°8 , muestra la circulación de la energía del gas y del caudal a través de la antorcha. Se recomienda usar una boquilla de un diámetro igual a tres veces el diámetro del electrodo

Cuando se utiliza un electrodo de diámetro inferior a 1.5 mm, lo mismo que en juntas exteriores, la separación del electrodo con respecto al extremo de la tobera, debe ser, para mejores resultados de 1 1/2 a 2 veces el diámetro del electrodo.

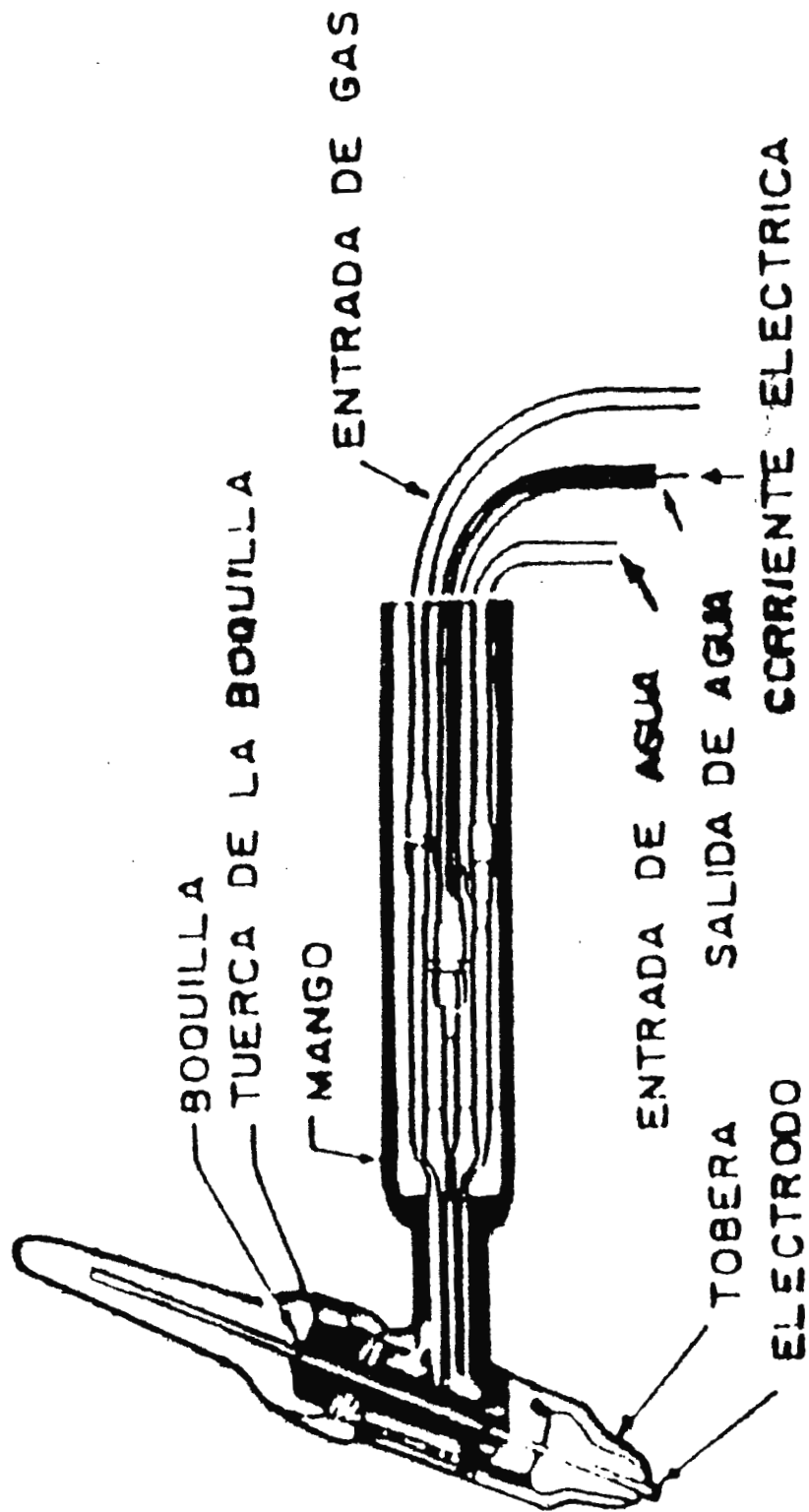


Figura N° 8. Partes de una pistola de soldar con proceso de soldadura T.I.G.

Fuente: Tomado de referencia N° 4

2.10. REGULADORES.

El argón se embotella a una presión atmosférica de 150 kgr/cm², en las botellas metálicas conteniendo generalmente 7 m³ de gas llevado a la presión atmosférica. Un medidor especial permite graduar la presión del gas a un valor inferior a 3 Kgr/cm² y de controlar la cantidad de gas que se suministra en la pistola cuando está en funcionamiento.

A fin de evitar un gran consumo de argón, un dispositivo economizador o electroválvula permite combinar, por un simple selector de control montado sobre el mango, generalmente, de la pistola, abrir y cerrar la salida del argón y cortar el arco a tiempo necesario. La siguiente figura representa la selección de caudal a partir del material de trabajo (figura N° 9).

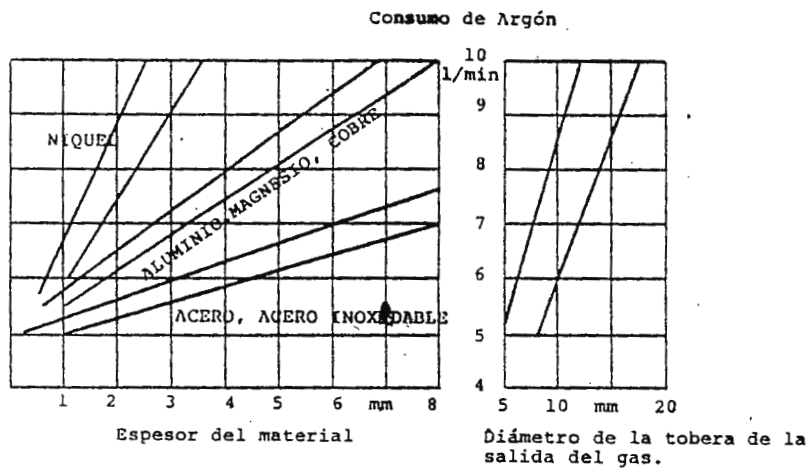


Figura N° 9. Caudal de gas de protección con proceso de soldadura T.I.G.

Fuente: Tomado de referencia N°4

2.11. ENCENDIDO DEL ARCO.

La contaminación y pérdida de tungsteno pueden reducirse grandemente encendiendo el arco con una intensidad pequeña a través de un circuito piloto y conectando la unidad principal unos pocos ciclos después cuando el electrodo se ha calentado. En la ausencia de tales técnicas y tanto si se utiliza el contacto o no

para el arranque, es útil encender el arco sobre un trozo de material de buena conductividad eléctrica por ejemplo cobre, y luego reencenderlo sobre el trabajo, una vez que el electrodo ha alcanzado su temperatura de funcionamiento.

Estas medidas son particularmente importantes cuando se suba a intensidades altas, porque las probabilidades de perder tungsteno para formar inclusiones de este metal son muy grandes durante el período de calentamiento del electrodo.

Durante el período de calentamiento del electrodo en C.A. y hasta que alcanza la temperatura que permite la transferencia de energía, es posible que falle el arco en los semiperíodos de electrodo negativo. Esto conduce a la rectificación en el sentido opuesto al que se encuentra normalmente mientras funciona el arco, de modo que tal suceso se conoce como "rectificación inversa". Una vez el electrodo está caliente el arco se reenciende fácilmente con su cátodo sobre el tungsteno y es más propenso a extinguirse cuando la pieza trabajada es el negativo.

2.12. TECNICAS DE SOLDEO.

Después de encendido el arco la antorcha se mantiene estacionaria mientras se forma el baño de soldadura fundido; si la intensidad de soldadura es adecuada, esto no tomará más que unos pocos segundos y la superficie del baño será brillante y limpia. Se utiliza una técnica de soldadura a izquierda, con la antorcha sostenida a 80 grados, para dar visibilidad al baño y suministrar argón delante del cordón. Una vez se ha establecido el baño se puede proceder a la soldadura y añadirse, si es necesario, metal de aportación. La acción de introducir metal de aportación al baño puede perturbar la protección de gas y arrastrar aire.

Por ello es útil mantener el extremo de la varilla dentro de la atmósfera protectora constantemente; esto evita también la formación de óxidos en el extremo de la varilla de metal de aportación. Si el diámetro de la varilla es demasiado pequeña, en la soldadura manual, se fundirá rápidamente formando un glóbulo en su extremo. Inversamente una varilla demasiado gruesa puede perturbar el arco y producir inclusiones de óxidos por impedir la acción limpiadora del arco sobre la soldadura.

La soldadura mecanizada con arco de tungsteno es extremadamente utilizada y, con frecuencia, para simplificar el proceso, las uniones se diseñan de tal manera que no sea necesario metal de aportación. Esto exige el uso de uniones rebordeadas o juntas a tope cuidadosamente mecanizadas y ajustadas. El equipo para la soldadura mecanizada por arco de tungsteno incorpora frecuentemente un dispositivo de control de longitud de arco. La antorcha se monta en un accionamiento lineal que responde al voltaje del arco permitiéndolo seguir una superficie irregular mientras mantiene constante el voltaje del arco y con ello la longitud del mismo.

2.13. PARO DE LA SOLDADURA

Cuando se corta la corriente y se apaga el arco comienza a enfriarse el electrodo y el baño, pero debe mantenerse una corriente de argón adecuada hasta que pase el peligro de oxidación. En muchos equipos de soldadura por arco de tungsteno la corriente de gas se controla por una válvula de solenoide que está temporizada para abrirse antes de encenderse el arco y cerrar después del tiempo suficiente para que el electrodo se enfríe.

Cuando el arco se apaga bruscamente a la intensidad total de soldadura, el baño de soldeo se solidifica con un agujero central; defecto que puede causar fugas en las uniones destinadas al servicio en vacío o bajo presión. En la soldadura manual el soldador debe alimentar el cráter con metal de aportación.

2.14. APLICACIONES

El proceso se utiliza con intensidades desde 1/2 amp. hasta 700 u 800 amp., y es uno de los métodos de soldadura más versátiles. Las intensidades más bajas se usan con delicadas antorchas enfriadas por aire para soldar metal de 0.5 mm. de grueso. Para tan bajas intensidades se usa corriente continua, polaridad invertida. La corriente alterna se emplea entre 24 y 350 amp., pero por encima de esta intensidad aumenta el riesgo de inclusiones de tungsteno. Las antorchas diseñadas para corrientes de hasta aproximadamente 100 amp. son totalmente

enfriadas por aire, pero para intensidades más altas deben utilizarse antorchas enfriadas por agua.

Aunque las altas intensidades de soldadura hacen que sea posible la soldadura de metal grueso, la soldadura por arco de tungsteno es primordialmente un proceso para soldar chapas metálicas o piezas pequeñas. El proceso es muy apreciado para soldaduras de precisión en las diferentes tipos de industrias, debido a su facilidad de mecanización y a proporcionar soldaduras de alta calidad.

En anexo N° 1 se han incorporado técnicas y recomendaciones para obtener una buena soldabilidad con aleaciones de aluminio y aceros inoxidable.

CAPITULO III

PROCESO DE SOLDADURA CON ARCO METALICO Y ATMÓSFERA PROTECTORA M.I.G./M.A.G.

3.1 INTRODUCCION

El proceso de soldadura de arco metálico con atmósfera protectora (MIG/MAG.) depende del sistema de voltaje constante y controla automáticamente el arco, simplificando su equipo.

En la soldadura por arco en atmósfera inerte con electrodo que tenga un punto de fusión inferior al tungsteno, el extremo del electrodo se funde y las partículas de metal fundido se desprenden y transportan a través del arco hasta la pieza, por fuerzas magnetodinámicas y corrientes gaseosa. A diferencia de la soldadura con electrodo de tungsteno, la soldadura de arco metálico en atmósfera protectora, se utiliza invariablemente con corriente continua y generalmente con electrodo positivo; es de recordar que la corriente con polaridad invertida de trabajo, permite que se presente la acción limpiadora del arco, pero esa polaridad no puede utilizarse con electrodo consumible, debido al sobrecalentamiento de éstos.

El tamaño de la gota y la frecuencia de la transferencia de gota a través del arco están relacionadas con el diámetro del alambre y la intensidad. El voltaje tiene solamente efecto limitado excepto en el proceso de cortocircuito. Al aumentar la densidad de corriente disminuye el tamaño de las gotas y aumenta la frecuencia de transferencia , con la consiguiente mejora de la directividad de la transferencia.

La gama de tamaño de alambres empleados es corrientemente de 0.8 a 1.5 mm. de diámetro. Además de proporcionar buenas características de transferencia en metal los alambres de pequeños diámetros son preferidos porque permiten un control más fácil de la longitud del arco y son fácilmente manejados en forma de rollos.

3.2 CARACTERISTICAS DEL ARCO.

El uso de una fuente de energía de potencial constante, permite también simplificar el sistema de funcionamiento. Con una fuente de energía de características descendente, la intensidad se determina en gran parte por el ajuste de intensidad de la máquina y la velocidad de alimentación del alambre debe regularse hasta que se obtenga un arco de longitud adecuada. Un aumento de la velocidad de alimentación acorta el arco, y una reducción lo alarga y viceversa. Cuando se emplea una fuente de energía de voltaje constante, el cambio del voltaje en el cuál puede funcionar el proceso se estrecha grandemente.

Para que pueda funcionar a la misma intensidad y voltaje que con una máquina de características descendente, es necesario reducir el voltaje en circuito abierto. El voltaje en circuito abierto determina el voltaje de trabajo del arco, el cuál puede ser de 1 a 4 voltios menor que el del circuito abierto, debido a la extensión del electrodo desde la toma de corriente, resistencias de contacto y perdidas en los conductores.

Así la variación en la velocidad de alimentación producen cambios en la intensidad correspondiendo a las indicadas en la curva de quemado.

La figura N° 10, indica la relación, intensidad de corriente - velocidad de alimentación de alambre, con proceso semi-automatico M.I.G.- M.A.G.

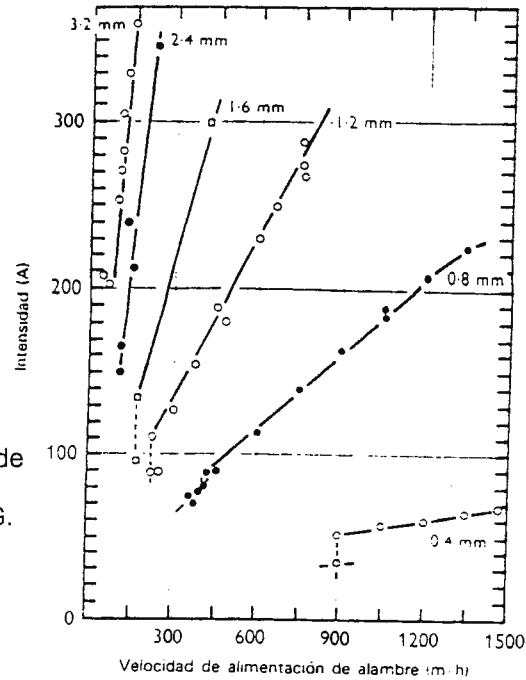


Figura N° 10. Diagrama Intensidad de corriente- velocidad de alimentación de Alambre, soldadura M.I.G.
Fuente: Tomado de referencia N°3

3.2.1 Efecto de la intensidad.

El control de la longitud de arco, es uno solo de los muchos aspectos que deben considerarse en la soldadura por arco metálico en atmósfera inerte.

La forma en que el metal es transferido desde el extremo del electrodo a la pieza, es también de considerable importancia.

El metal se separa del alambre del electrodo en forma de gotas siendo el tamaño, frecuencia y direccionalidad de la transferencia, características influidas por las variables del proceso. Para cada diámetro del alambre la frecuencia con la cuál se separan las gotas varia con la intensidad, como muestran las curvas de frecuencia de transferencia de la figura N° 11.

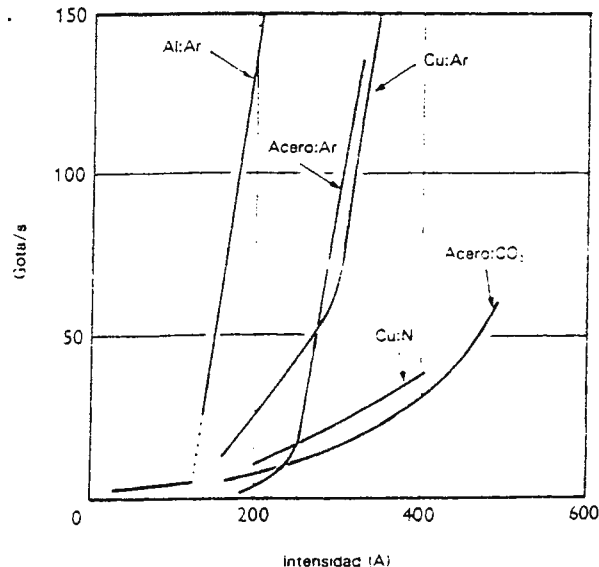


Figura N° 11. Relación deposito de material de aporte - intensidad de corriente.
Fuente: Tomado de referencia N°3

3.2.2. Efecto del diámetro del alambre.

Para obtener un arco de vuelo libre, la soldadura de materiales delgados, que exigen intensidades bajas, debe hacerse con alambres de pequeño diámetro.

Con metales distintos del aluminio el cambio de transferencia por proyección a globular es menos marcado, pero las características de transferencia se empeoran generalmente cuando el diámetro de las gotas excede al diámetro del alambre.

3.2.3. Características de la transferencia de metal.

El comportamiento del arco metálico en atmósfera protectora no queda descrito totalmente por las curvas de quemado y frecuencia de transferencia. Se han observado varios tipos diferentes de transferencia de metal, cada uno de los cuales es característico de un metal o grupo de metales determinados.

La soldadura depende en gran forma de la manera en que las gotas son transferidas al baño. En el arco metálico de aluminio o acero inoxidable en argón, la transferencia se hace en forma de una corriente de gotas proyectadas axialmente desde el extremo del alambre. Hay una notable diferencia en el comportamiento del electrodo en atmósfera inerte entre las aleaciones a base de aluminio y cobre y los metales férreos. Con los metales no férreos el extremo del electrodo tiende a permanecer esférico y las partículas transferidas también son esféricas; sin embargo los materiales férreos en atmósfera inerte forman un electrodo con el extremo puntiagudo, desde el cuál sale al arco una corriente de gotas esféricas que son transferidas al baños de soldeo.

La transferencia del arco metálico protegido por nitrógeno o dióxido de carbono, es menos satisfactoria. Con estos gases disociables la base del arco no envuelve el extremo del electrodo, de forma que la separación y el transporte de las gotas por chorro de plasma no pueden tener lugar un arco adecuado con las mismas características.

El chisporroteo puede reducirse al mínimo seleccionando el voltaje del arco adecuado a la intensidad que se usa. Con intensidades inferiores a 400 amp. Es útil un arco corto de bajo voltaje, porque no pueden crecer las gotas gruesas que podrían desviarse fuera del baño, ya que las gotas hacen puente con el baño y se desprenden; este tipo de transferencia no es exactamente de proyección o vuelo libre. Sin embargo, en un arco de electrodo de acero protegido con dióxido de carbono, un arco demasiado corto a intensidades elevadas se hunde en el cráter de baño de soldeo. En el extremo del electrodo se desarrolla una corriente líquida en forma de largo puente que se mueve a modo de látigo, por ser inestable en su propio campo eléctrico y esto produce un fuerte chisporroteo.

3.3. EQUIPO

Los principales componentes del sistema son:

La máquina de soldar.

La unidad de alimentación de alambre con sus controles.

La pistola de soldadura.

El gas y sistema de protección.

El alambre - electrodo.

3.3.2. Unidad y control de alimentación de alambre.

El mecanismo de alimentación de alambre impulsa automáticamente el alambre electrodo de pequeño diámetro de la bobina al conjunto de cable y a la pistola, conduciéndolo hacia el arco. El sistema requiere que el alambre sea alimentado constantemente a velocidad uniforme. Hay disponible varios tipos de sistemas de alimentación de alambre; el tipo para servicio pesado utiliza un motor impulsor de corriente directa con velocidad controlada por medio de un autotransformador y circuito rectificador. Otro sistema de servicio pesado usa un motor de corriente alterna con un gobernador localizado en la cubierta del motor que controla la velocidad. Estos sistemas permiten un ajuste de velocidad de motor, que controla la velocidad de alimentación del alambre y la corriente de soldadura.

El alimentador de alambre también incluye el sistema de control que pone en marcha y para el motor de alimentación de alambre, operando el contactor de la máquina de soldar y energizando la válvula solenoide de control de gas.

Por lo general, el alimentador de alambre está montado en el conjunto de la máquina de soldar. Sin embargo, en aplicaciones donde se necesitan hacer soldaduras en áreas grandes, el alimentador de alambre puede ser separado de la máquina de soldar.

Los alimentadores de alambre utilizan diferentes tipos de rodillos impulsores que pueden ser instalados rápidamente. Estos cambios en el equipo permiten la utilización de diferentes clases y diámetros de alambre. Por lo general se necesitan diferentes rodillos para alambres duros, o para alambres blandos.

3.3.3. Pistola de soldar, antorcha, cables y camisetas

La pistola de soldar debe ser bien hecha para resistir su condición de trabajo continuo junto al arco. Debe ser diseñada de manera que la tobera y los tubos guías, puedan ser limpiados fácil y rápidamente, y para que la guía del electrodo pueda ser rápidamente ajustada. Las pistolas de soldar son diseñadas para distintos tipos de servicios y para ciclos de trabajo diferentes.

El alambre electrodo y el gas CO₂ enfrían estas pistolas. Cuando se utilizan gases inertes, o ciclos de trabajos pesados con altos niveles de corrientes, es necesario el enfriamiento con agua.

Hay disponible varios tipos y longitudes de conjunto de cables para conectar la pistola con el alimentador de alambre. Uno de estos tipos utiliza cables y mangueras separadas, mientras que hay otros cuyas mangueras y cables quedan encerrados en un tubo plástico moldeado. La elección del tipo de conjunto de cables depende, principalmente, de la preferencia del operario. Los conjuntos de cable utilizan una camiseta flexible en el conductor, para el alambre - electrodo. Estas camisetas son hechas de acero torcido elástico para proteger y dirigir el alambre - electrodo a través del cable. También se utilizan camisetas de tipo plástico. Las camisetas sirven de guía para que el alambre - electrodo avance sin interrupción desde los rodillos impulsores hasta la boquilla de contacto de la pistola. En la figura N° 13, se observan las partes de una pistola para soldar con proceso MIG/ MAG.

3.3.4 Gases protectores.

El sistema de protección de gas, suministra y controla el flujo de gas, usando para proteger el área del arco de la atmósfera. Este sistema consiste en uno o mas cilindro de gas el regulador reductor de protección con medidor de flujo, y las válvulas solenoides de control con el grupo de mangueras que la conectan.

Es importante utilizar el tipo correcto de medidor y regulador de flujo así como el gas de protección apropiado.

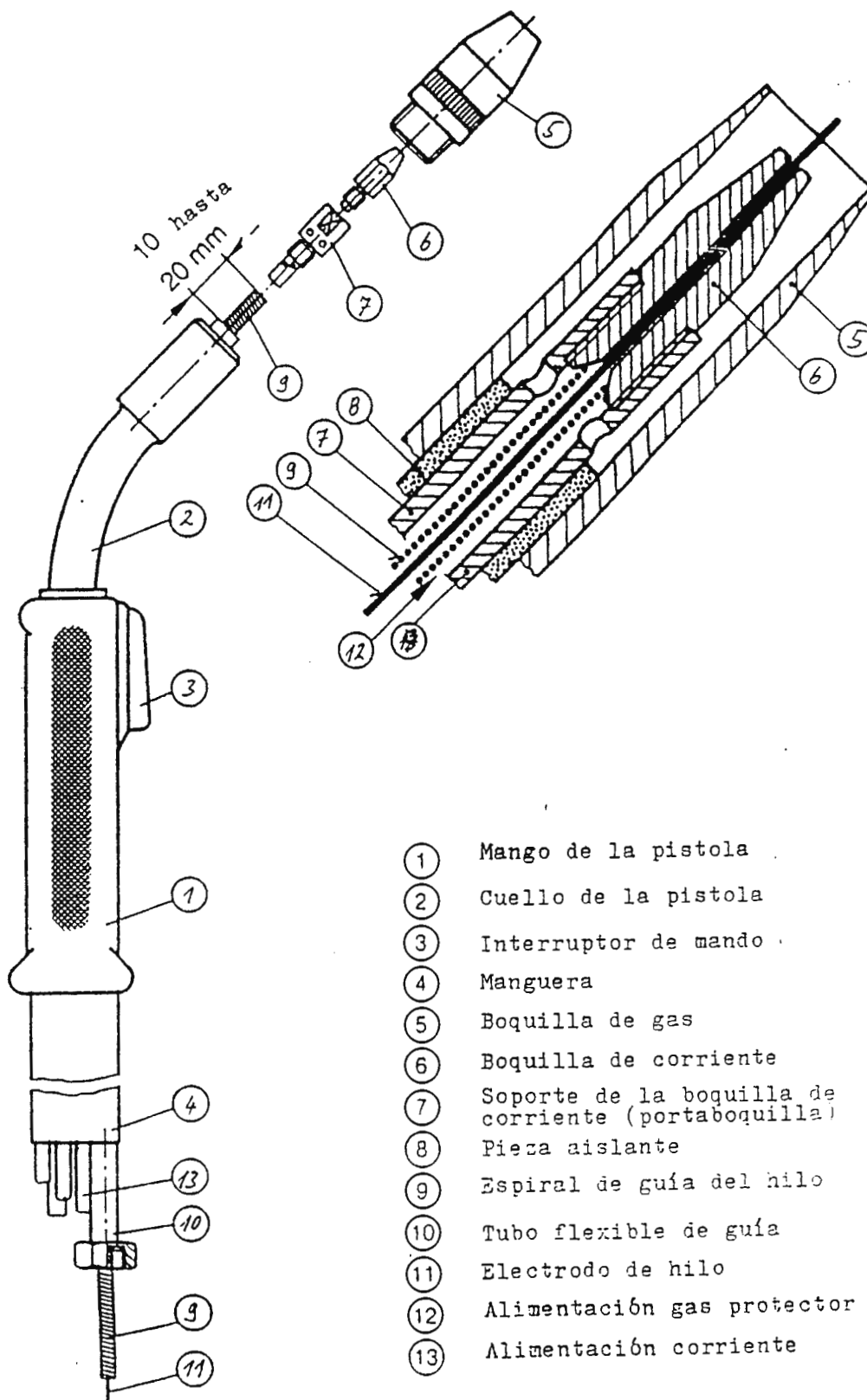


Figura N° 13. Esquema de pistola de soldadura M.I.G.

Fuente: Tomado de referencia N° 4

Los gases utilizados para la protección en la soldadura por arco metálico en gas deben ser de composición y pureza adecuados y suministrados en la cantidad apropiada y de manera eficiente.

Con el proceso de arco metálico en gas hay mas campo en la elección del gas protector, por que el electrodo de alambre es transferido al baño de soldeo y aun cuando se produzcan cambios en la composición debidos a reacciones gas-metales estas pueden a menudo corregirse por la elección apropiada del alambre del electrodo. Aunque el proceso se utilizo inicialmente con argón o helio, también ha sido utilizada con nitrógeno, anhídrido carbónico y mezclas de estos con gas inerte. El gas de protección afecta a la velocidad de quemado, tipo de transferencia del metal y penetración; el gas se selecciona para su uso sobre la base de estos tres parámetros y de su economía.

Para la soldadura de metales no férreos se utiliza se utiliza generalmente el argón pero a veces se usan mezclas de argón y helio cuando este es obtenible; con tales mezclas se obtiene un compromiso en las propiedades del arco.

Las elevadas intensidades de arco en argón tienden a mostrar penetración en dedo, pero este efecto es menos pronunciado con helio, el cual da una penetración mas ancha pero con tendencia al chisporroteo.

Para los metales férreos se hace corrientemente una adición de oxigeno al gas inerte. Con condiciones de hasta el 5% de oxigeno la transferencia del metal es mas suave y regular, con el extremo del electrodo en punta y rodeado por el arco., dando una transferencia axial. Sin embargo es el efecto sobre el cátodo o pieza que se trabaja lo que tiene mas importancia.

Se han utilizado mezclas de argón y nitrógeno para el Cobre a fin de aprovechar la ventaja de la mas elevada aportación de calor del Nitrógeno y las favorables características de transferencia del Argón. El gas molecular mas utilizado es el anhídrido carbónico, empleado para la soldadura de aceros al carbono y aleados; este puede emplearse solo o en mezclas con Argón y Oxígeno. Cuando se utiliza anhídrido carbónico solo da una penetración profunda en forma de bola; esta forma de penetración es preferida a la estrecha en forma de dedo características de los gases de protección ricos en Argón , por que es difícil asegurar que tal penetración estrecha se sitúe donde se necesite; para la misma intensidad de soldadura el área de la sección transversal fundida es d aproximadamente un 50% mayor que con la mezcla de argon-oxigeno. Con tal de que el alambre de electrodo contenga suficientes dexosidantes, tales como el silicio, manganeso o aluminio, se forman cordones sanos para soldar el acero en atmósfera de anhídrido carbónico.

Mezclas de gas para la soldadura del acero. Se ha señalado anteriormente que la adición de oxígeno a un gas inerte es beneficiosa cuando se sueldan acero. También se utilizan mezclas de argón y anhídrido carbónico para controlar la forma de penetración del cordón. Sin embargo el comportamiento del arco y la fluidez del baño no son los únicos factores que deben considerarse. Frecuentemente cuando se sueldan metales gruesos o aceros de baja aleación, es necesario depositar un metal de aportación que exceda a un mínimo de tenacidad. La tenacidad es influida tanto por la aportación de calor como por el contenido de oxígeno del metal depositado. El oxígeno en el metal soldado procede del oxígeno residual del alambre del electrodo y de las reacciones de oxidación /reducción , que para cada alambre en particular dependen del gas protector y de la eficiencia de protección.

Las mezclas de Argón - oxígeno con 1-3 % de O_2 se comportan de forma similar a las mezclas de Argón - anhídrido carbónico conteniendo 2-4 % de CO_2 y son ligeramente oxidantes. Las mezclas de argón con 16-30 % de CO_2 de argón con 5-15 % de CO_2 y 1-4 % de O_2 , y argón con 4-8 % de O_2 , se comportan todas de forma similar y son más fuertemente oxidantes. El potencial de oxígeno de las mezclas con anhídrido carbónico es equivalente al de las mezclas argón - Oxígeno con un contenido de oxígeno de la mitad que el anhídrido carbónico. Cuando se exigen los máximos valores de resistencia al choque en el metal soldado se prefieren atmósferas de Argón - anhídrido carbónico y Argón con bajos contenidos de Oxígeno a las atmósferas protectoras de anhídrido carbónico solo o mezclas de Argón ricas en gases oxidantes.

3.3.5. El alambre - electrodo.

El alambre - Electrodo es una parte del equipo, pero es necesario asociarlo con el proceso y con el trabajo que se va a realizar; dependiendo del tipo de material y espesor, así es el calibre y material de alambre. (Ver anexo N°2)

3.4. APLICACIONES.

Con intensidades de menos de 250 amp. la soldadura de arco metálico en gas utiliza para soldar en todas las posiciones con equipo semiautomático. El proceso es indispensable para metales no férreos con los cuales las soldaduras con fundente es generalmente menos satisfactoria, debido a las complicaciones de la química del baño y a las pobres características de la transferencia de meta. Utilizando alambre fino o técnicas pulsantes para material delgado, los metales no férreos pueden soldarse desde chapas finas a espesores masivos con la adecuada elección de la preparación de los bordes.

Para los aceros el proceso competidor del arco metálico en gas, a intensidades inferiores a 250 amp. es el arco metálico manual.

A intensidades superiores a 250 amp. se usa solamente con técnica de soldadura horizontal, y si las uniones son costuras rectas o circunferencias sencillas puede usarse equipo automático.

Por otra parte puede usarse equipo semiautomático manual hasta 450 amp. En el acero es especialmente útil para cubrir el vacío entre el arco metálico manual y los métodos automáticos. La intensidad máxima de soldadura automática de arco metálico en gas es de aproximadamente 700 amp.

Los caracteres principales del proceso de arco metálico en gas son: su idoneidad para metales no féreos , facilidad de soldadura en posición, utilización como proceso semiautomático, ausencia de fundente, limpieza y facilidad de mecanización.

En anexo N° 2 se han incorporado técnicas y recomendaciones para obtener una buena soldabilidad con aleaciones de aluminio y aceros inoxidable.

CAPITULO IV

LA SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LAS CONSTRUCCIONES SOLDADAS

4.1. LOS RIESGOS EN LA SOLDADURA Y SU CONTROL.

Aun cuando la experiencia ha enseñado que el empleo de la soldadura, los operarios están expuestos a múltiples riesgos que pueden afectar en mayor o menor gravedad su integridad física, se ha considerado que dos de los riesgos más importantes de controlar son los originados en las irradiaciones que producen los sólidos y los gases incandescentes así como los humos que en esa operación se desprenden.

En este capítulo se ha limitado a analizar los peligros que para la salud del operario representa trabajar con soldadura tanto en lo que respecta a la irradiación como a la intoxicación.

4.2. PROTECCION DE LOS OJOS EN EL EMPLEO DE LA SOLDADURA

Los rayos ultravioleta e infrarrojos pueden producir efectos nocivos (lo mismo que ciertos humos o gases) al menos que los ojos y la piel se protejan contra ellos en forma adecuada. Las radiaciones deducidas por las fuentes de calor para la soldadura, son igualmente peligrosas para los ojos por las mismas razones. Las radiaciones producidas por los sólidos intensamente calentados o los gases a temperaturas incandescentes producidos en las operaciones de soldadura y corte se pueden clasificar así:

- a) Rayos ultravioletas invisibles
- b) Rayos de luz visibles; y
- c) Rayos infrarrojos invisibles

Los rayos ultravioletas son capaces de causar inflamaciones muy severas en los ojos y partes adyacentes. Los rayos de luz de intensidad extrema pueden causar fatiga visual y posiblemente pérdida de la visión temporal. Los rayos infrarrojos, como se mostrara mas adelante, no son absorbidos pero penetran en el ojo humano y se estiman que son capaces de causar efectos cumulativos que pueden producir lesiones de la retina u ocasionar cataratas, lo mismo que a la capacidad de la cornea y cámara acuosa. La intensidad de la radiación ultravioleta e infrarroja, esta determinada por la temperatura de la fuente de calor de la soldadura. Consecuentemente, es mayor en el arco eléctrico que en la llama de gas. El medio que rodea la fuente de radiación también afecta la intensidad de la misma, según sea la radiación absorbida o reflejada.

4.3. EL OJO Y SU ESTRUCTURA

Para obtener un mejor entendimiento de los problemas de la protección de los ojos, es necesario una breve descripción de la estructura del órgano y sus mecanismos de peligro potencial.

El ojo humano esta dividido en dos cámaras, comúnmente conocidas como anterior o posterior. La cámara anterior incluye la conjuntiva, cornea, iris y cristalino. La conjuntiva es la parte exterior de la estructura de la estructura del globo del ojo. Es una membrana mucosa muy delgada, casi transparente, que cubre los lados del ojo hasta llegar en rededor de la cornea.

Cuando la conjuntiva se inflama, el globo rojo se enrojece y se experimentan sensaciones muy dolorosas, comunes en los operarios de soldadura.

En el centro del ojo esta la cornea, la cual contiene cerca de su superficie numerosos nervios capaces de registrar dolor, por medio de reflejos el ojo puede protegerse de por si mismo de materias extrañas y, es aquí, donde el ojo hace su primer esfuerzo importante para protegerse en forma automática de la radiación nociva. Directamente detrás de la cornea hay un área conocida como el humor acuoso el cual es de composición y apariencia muy similar a la de las lagrima y rápidamente puede recuperarse si se pierde por accidente o herida. Suspendido dentro del humor acuoso esta un diafragma muscular, el iris, y el término pupila es comúnmente aplicado al área dentro de la abertura del diafragma del iris.

4.4. CRISTALINO Y RETINA.

El cristalino del ojo está localizado inmediatamente detrás de la pupila y en la parte delantera de la cámara posterior. Es éste lente el que enfoca los rayos de luz a un punto sobre la retina, donde las imágenes locales son recogidas por las fibras nerviosas y llevadas al cerebro.

El humor vítreo, que llena la cámara posterior, no posee el poder de rápida regeneración que tiene el humor acuoso.

Si parte de él se pierde por accidente, el ojo quedará proporcional y permanentemente lesionado.

La retina sobre la cuál el cristalino enfoca los rayos de luz es la que nos permite por sus características, ver en la oscuridad y discernir el movimiento.

Como se mencionó anteriormente, las lesiones del ojo por las operaciones de soldadura , resultan de la intensidad de la radiación causada desde tres fuentes.

- a) Radiación invisible ultravioleta en un extremo del espectro,
 - b) Rayos visibles de luz en la mitad del espectro; y
 - b) Radiaciones infrarrojas invisibles desde el otro extremo del espectro.
- Estas tres fuentes en general, incluyen las tres divisiones del espectro.

4.4.1. Rayos ultravioletas.

Estos rayos son principalmente temibles no solamente porque son invisibles , sino porque el ser humano no tiene ningún órgano o sentido que pueda detectarlos y su existencia puede ser detectada por sus efectos.

Toda la radiación ultravioleta con una longitud de onda inferior a 290 milicroms, se absorbe en la atmósfera. Por lo tanto, en cuanto a lo que concierne a la protección del operario, de soldadura, se consideran longitudes de onda sobre 290 milicroms. La cornea absorbe todos los rayos hasta aquellos que tienen una longitud de onda de 295. La radiación ultravioleta con longitudes de onda entre 300 y 380, los absorbe el cristalino. La absorción de éstos rayos de corta longitud tiene una tendencia a hacer fluorescente el cristalino, lo cuál puede perturbar notoriamente la capacidad de visión. Por otra parte los rayos ultravioleta afectan los ojos de una manera muy similar a las quemaduras producidas por el sol.

Cualquiera de éstas dos consecuencias es suficiente seria para obligar al uso de lentes de absorción de rayos ultravioleta.

4.4.2. Rayos infrarrojos

Estos rayos tienen una longitud de onda que varía entre los 750 y los 2000 millicroms. Los rayos infrarrojos son frecuentemente llamados rayos caloríficos porque ellos se absorben y se convierten en calor cuando encuentran cualquier material que no pueden penetrar es decir; que sea opaco para ellos . Estos rayos son los mismos que producen la sensación de calor sobre la piel, y de la exposición prolongada a sus radiaciones resultará una quemadura idéntica a la producida por la exposición a los rayos solares.

El iris debido a su opacidad absorbe la mayor parte de todas éstas radiaciones. La absorción por el iris de infrarrojo es aproximadamente de 75% a 80% de todas las longitudes de onda entre 750 y 1300 millicroms.

La cantidad de radiación que incide sobre el iris es la misma que incide sobre la pupila y a través del cristalino.

Los efectos de éstos rayos sobre el ojo desprotegido pueden causar quemaduras muy serias, lo que hace necesario adoptar una protección adecuada y cuidadosa. De lo anterior se concluye que en las operaciones de soldadura; los ojos deben ser adecuadamente protegidos de las radiaciones invisibles ultravioleta e infrarrojas y para el confort de los mismos deben protegerse contra la radiación visible de los extremos del espectro. Todas éstas medidas preventivas se obtienen con los lentes adecuados, los cuales deben cumplir con rigurosas especificaciones de distintos estándares y códigos.

4.5. NORMAS Y ESPECIFICACIONES

El National Bureau Standard de los Estados Unidos, ha desarrollado especificaciones que requieren que la densidad de los lentes sea designada por distintos números de tono. A los valores de transmisión de energía radiante, infrarroja, ultravioleta y luz visible, se les requiere conformar con limitaciones específicas.

Recomendaciones Para Tonalidad de los Lentes Usados en Soldadura y Corte.

APLICACIÓN	TONALIDAD LENTE NUMERO
Soldadura a baja temperatura o soldadura de plomo _____	4
Soldadura de Punto _____	5 (min.)
Soldadura por Gas _____	5 (min.)
Corte por Gas _____	5 (min.)
Soldadura Oxiacetilenica _____	6 (min.)
Corte Oxiacetilenico _____	6 (min.)
Soldadura al Arco hasta 30 amps. _____	6 (min.)
Soldadura o corte al Arco 75 a 200 amps. _____	10 (min.)
Soldadura o corte al Arco 200 a 400 amps. _____	12 (min.)
Soldadura o corte al Arco sobre 400 amps. _____	14 (min.)

Los lentes son a veces defectuosos y deben ser cuidadosamente examinados contra defectos que puedan causar incomodidades. Deben ser examinados

especialmente en cuanto a porosidad o burbujas que puedan permitir el paso de luz, de alta intensidad, ya que tales defectos causaran que el ojo del operario se esfuerce involuntariamente, hacia la fuente de luz, pues de ello resulta una inseguridad eventual.

4.6. EFECTOS Y ENFERMEDADES TÍPICAS.

El síntoma típico de la irritación de los ojos por exposición al arco, es el dolor agudo bajo los párpados y la sensación denominada entre éste tipo de personal, como “arene entre los ojos”.

Estos síntomas usualmente se desarrollan algunas horas después de la exposición lo cuál, quiere decir que frecuentemente aparecen después de que el trabajador ha salido de la planta, por tanto al desarrollar operaciones con soldadura, hay que aislar la zona de trabajo. Dentro de un ambiente se recomienda generalmente que todas las personas que estén trabajando dentro de un radio de 75 a 100 pies de la operación de soldadura, deben tener sus ojos protegidos con anteojos de una tonalidad de número 4 ó 5.

Ordinariamente éstas irritaciones a los ojos no resultan efectos permanentes posteriores.

4.7 GASES DE PROTECCION

El aire de la atmósfera contiene un 21% de Oxígeno, 78% de Nitrógeno, 0.94% de Argón y 0.04% de otros gases (principalmente dióxido de carbono).

Entre los elementos que contiene el aire, el Oxígeno, Nitrógeno e Hidrogeno son los que causan más dificultad en la soldadura de arco eléctrico.

El Oxígeno se combina con el Hierro y forma composiciones que pueden tener inclusiones en el metal de soldadura reduciendo las propiedades mecánicas de esta. Al enfriar, el Oxígeno liberado en el área del arco se combina con el carbono de los materiales de la aleación, formando monóxido de carbono. Si este gas queda atrapado en el metal de soldadura cuando se enfría, produce bolsas que ocasionan porosidad o huecos en el deposito de soldadura.

Entre todos los elementos contenidos en el aire, el Nitrógeno es el que causa los problemas mas serios en la soldadura de materiales de acero.

En grandes cantidades, el Nitrógeno puede producir muchas porosidades en el metal depositado. El Hidrogeno también perjudica la soldadura. Las pequeñas cantidades de Hidrógeno en la atmósfera hacen un arco errático, aun es el efecto que el Hidrogeno tiene en las propiedades del deposito de soldadura.

Los efectos del Oxígeno, Nitrógeno e Hidrogeno hacen necesario la exclusión de los mismos del área de soldadura.

La soldadura metálica con protección gaseosa en metales no ferrosos emplean gases inertes como protección. Los gases inertes consisten en átomos que son estables y no reaccionan inmediatamente con otros átomos. En la naturaleza se encuentran solamente seis elementos que poseen esa estabilidad, y cada uno de ellos existe como gas. Los seis gases inertes son: Helio, Neón, Argón, Criptón, Xenón y Radón. Como que los gases inertes son muy estables y forman composiciones inmediatas con otros elementos, son muy apropiados en la soldadura de arco eléctrico como protección contra la atmósfera. De los seis gases inertes en la naturaleza, solamente el Helio y el Argón son importantes en la industria de la soldadura.

El gas dióxido de carbono también puede ser usado para la protección del área de soldadura. A pesar de que no es un gas inerte, pueden hacerse compensaciones en sus tendencias oxidantes, y así poderlo emplear como protección de soldadura. Las características de este gas serán explicadas mas detalladamente.

4.7.1. Argón. (ver anexo N° 3)

El gas Argón ha sido usado por muchos años como medio de protección para la soldadura por fusión. El Argón se obtiene de la licuefacción y destilación del aire. El aire contiene un aproximado de 0.94% de Argón por volumen de 1.3% por peso. Para la fabricación de Argón, el aire se comprime a una gran presión y se enfría a una temperatura muy baja. Entonces, los elementos que se encuentran en le aire hierven al levantarse la temperatura del liquido.

Comparado con el CO₂, el Argón tiene un potencial de ionización relativamente bajo. Esto significa que el arco de soldadura tiende a estabilizarse mejor cuando se utiliza Argón como gas de protección. Por esta razón el argón se usa muchas veces mezclado con otros gases para protección del arco. El Argón produce un arco estable, reduciendo las salpicaduras.

Como el Argón tiene un potencial de ionización bajo, el voltaje del arco se reduce cuando se añade Argón al gas de protección.

4.7.2. Dióxido de carbono (ver anexo N° 4)

El dióxido de carbono es formado por moléculas; el Argón y Helio son formados por átomos simples. Cada molécula contiene un átomo de carbono y dos átomos de Oxígeno. La fórmula química para la molécula de dióxido es CO₂.

A temperaturas normales el dióxido de carbono es esencialmente un gas inerte. Sin embargo, cuando es sujeto a altas temperaturas, el dióxido de carbono se separa en monóxido de carbono y Oxígeno. Cuando se suelda eléctricamente con alta temperatura, esta disociación toma lugar a un grado tal que un 20 ó 30% de los gases en el área del arco son Oxígeno (O₂). Debido a esta característica de oxidación del gas CO₂ los alambres que se usan con este gas tienen que contener elementos desoxidantes. Esto evita que los átomos de Oxígeno se combinen con el carbón o con el hierro en el metal de soldadura, para producir soldaduras de baja calidad.

El dióxido de carbono se fabrica en la mayoría de las plantas de gases de petróleo, y se produce al quemar el gas natural, petróleo o carbón de piedra. También se obtiene como un subproducto de las operaciones de los hornos de Calcio, de la fabricación del amoníaco y de la fermentación del alcohol.

La pureza del dióxido de carbono puede variar considerablemente, dependiendo del proceso usado en la fabricación.

En los cilindros de CO₂ el dióxido de carbono se encuentra en forma de vapor y líquida. El dióxido de carbono líquido ocupa, aproximadamente, 2/3 partes del espacio del cilindro. El gas CO₂ en forma vaporosa se encuentra sobre el líquido. A medida que el gas se va extrayendo del cilindro, el líquido se va evaporando parcialmente para reemplazar el gas que se sale. La salida normal del gas CO₂ del cilindro es de 4 a 35 pies cúbicos por hora. Sin embargo la recomendación general cuando se usa un solo cilindro, es de 25 pies cúbicos por hora de salida máxima. A medida que la presión del gas CO₂ en forma de vapor sale del cilindro a través del regulador, este absorbe una gran cantidad de calor. Si la salida de presión es muy alta, la absorción de calor puede producir una congelación del regulador y flujómetro de gas CO₂, con la consecuente interrupción de la protección gaseosa de la soldadura, provocando porosidad en la misma.

Para la soldadura por arco de Tungsteno la elección del gas esta limitada por la exigencia del que el electrodo de Tungsteno no sea afectado. Solamente se usan los gases inertes o el nitrógeno o sus mezclas, a veces con hidrogeno; el argón es el mas generalmente empleado y puede utilizarse para cualquier metal.

Para materiales gruesos, especialmente los de elevada difusibilidad térmica, es ventajoso utilizar el Helio que produce un voltaje de arco mayor y una penetración mas profunda.

4.8. VAPORES Y HUMOS RESULTANTES DE LA SOLDADURA.

Todas las operaciones de soldadura por gas y arco eléctrico, producen una determinada cantidad de humos y contaminación atmosférica. En la mayoría de los casos estos humos son inofensivos.

Han habido casos en que los operarios de soldadura trabajan dentro de tanques tubos, y otros espacios reducidos y pobremente ventilados. En algunos de estos casos, los humos han sido acusados como responsables, cuando la causa real fue simplemente la de privación de aire puro respirable.

Por esta razón es aconsejable proveer los medios para la remoción de los humos y gases resultantes de la soldadura.

Los humos producidos por el Plomo y el Cadmio son peligrosos, al igual que los humos provenientes del Zinc que se encuentra en los aceros galvanizados. Los peligros potenciales del corte y acanalado con arco de plasma son similares a los de la mayor parte de los procesos de soldadura y corte con arco. Algunas mezclas de gas de corte contienen hidrógeno. La liberación inadvertida de tales gases pueden causar explosiones o incendios. No debe operarse el equipo si se sospecha que hay fugas de gases. Se recomienda ponerse en contacto con el fabricante si se tienen dudas acerca de la operación del equipo con ciertos gases.

El corte de arco con plasma, produce humos y gases que pueden dañar la salud. La composición y tasa de generación de humos y gases depende de muchos factores, incluidos la corriente de arco, la velocidad de corte, el material cortado y los gases empleados. Los subproductos de humo y gases usualmente consisten en óxidos del metal cortado, ozono y otros óxidos de Nitrógeno.

Es preciso sacar tales humos del área de trabajo o eliminarlos en su origen mediante un sistema de escape. Es posible que los reglamentos exijan que el escape sea filtrado antes de liberarse a la atmósfera.

La cantidad de ruido generado por un soplete de corte con plasma operado al aire libre depende principalmente de la corriente de corte.

Un soplete que trabaja a 400amp. Por lo regular genera unos 100 dBA medidos a unos 2 metros.

A 750 amp. el nivel de ruido es de unos 110 dBA. ,gran parte del ruido está en el intervalo de frecuencias de 5000 a 20000 Hz. Estos niveles de ruido pueden dañar el oído humano, por lo que se debe usar protección para los oídos cuando el nivel del ruido exceda los límites especificados.

Por otra parte el arco de plasma emite radiación en los espectros visibles e invisibles (ultravioleta e infrarrojos). Además del peligro potencial para los ojos y la piel, esta radiación puede producir ozono, óxidos de Nitrógeno u otros vapores tóxicos en la atmósfera circundante.

Es necesario usar protección para los ojos y la piel cuando es inevitable la exposición a la radiación. La probabilidad de exponerse a la radiación puede reducirse con el empleo de barreras mecánicas como paredes y cortinas de soldadura.

CAPITULO V

ELEMENTOS BASICOS DE LOS ACEROS INOXIDABLES

DEFINICION E IMPORTANCIA

Los Aceros INOXIDABLES son aleaciones base hierro que contienen al menos 11% de CROMO. Ellos obtienen su característica de INOXIDABLE debido a la formación de una capa de oxido invisible y muy adherentes, rica en cromo (Cromita $Cr_2 O_3$), que aísla el acero de los contaminantes del medio ambiente y lo autoprotegen, especialmente del oxígeno. De allí su nombre de inoxidable.

A los ACEROS INOXIDABLES se les puede agregar mas Cromo u otros elementos para darles una característica o propiedad particular. Tales elementos pueden ser: Níquel, Molibdeno, Cobre, Titanio, Aluminio, Tantalio, Columbio, Niobio, Silicio, Nitrógeno, Azufre y el Selenio.

Como se trata de un ACERO, contiene CARBONO, el cual normalmente esta presente desde 0.2 % hasta 1.1% en peso.

Sin embargo, La resistencia a la corrosión y las propiedades mecánicas, son los factores más importantes por los cuales un diseñador escoge un ACERO INOXIDABLE.

5.1. ACEROS INOXIDABLES AUSTENITICOS

5.1.1 GENERALIDADES

Con la adición de NIQUEL en 5% ó más, a la aleación HIERRO-CROMO, se dio origen a los aceros inoxidable austeníticos de la serie 300, comúnmente referidos como aceros al CROMO- NIQUEL.

Los AUSTENITICOS además de los requerimientos mencionados para los aceros inoxidable al cromo, no son magnéticos y tienen suficientes elementos austenizantes principalmente Níquel, Manganeso y Nitrógeno, para precipitar en una estructura en esencia austenítica que permanece en todas las temperaturas. Observemos que propiedades son influenciadas por estos tres elementos:

NIQUEL (Ni)

- Incrementa la resistencia del acero, pero menos que el manganeso, con reducción muy ligera de la elasticidad.
- En combinación con el Cromo proporciona buenas propiedades de soldabilidad e incrementa notablemente la resistencia al impacto en aceros estructurales, especialmente a temperaturas criogénicas.
- En cantidades de 5 al 60%, mantiene la estabilidad metalúrgica eliminando la fase ferrita.
- Aumenta la resistencia a la fatiga y la ductilidad.
- Reduce la resistencia en atmósferas carburantes y reductoras.
- Reduce la resistencia en atmósferas sulfurosas.

MANGANESO (Mn)

- Es un elemento importante para controlar la escoria en las fundiciones.
- Mejora las propiedades de resistencia del acero, e influye favorablemente sobre las propiedades de soldabilidad y forja.
- Incrementa la resistencia a la tensión en aproximadamente. 10 Kg/mm por cada punto porcentual de Manganeso o agregado dentro de un rango de 1 a 3.

- El rango de 3 a 8%, el incremento de resistencia se eleva más lentamente y con más de 8% empieza a decaer. El punto de cedencia se comporta en forma similar.

NITROGENO (N)

- En cantidades hasta de 0.25% en aceros austeníticos estabiliza la estructura e incrementa la dureza, especialmente el punto de cedencia, así como las propiedades mecánicas a temperaturas altas.
- Como formador de austenita promueve la ductilidad de la estructura, evitando la formación de las fases ferrita y sigma.
- Reduce la ductilidad a temperatura ambiente, por lo que debe evitarse trabajar a cargas repetidas o cíclicas.
- El Nitrógeno permite alcanzar alta dureza superficial a través de la formación de nitruros durante el proceso de nitruración.

5.1.2 PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS.

5.1.2.1. Conductividad Térmica.

La conductividad térmica de los aceros inoxidable austeníticos es aproximadamente 50% menor que la del acero al carbono. Por esto, al diseñar intercambiadores de calor con tubería en acero inoxidable, hay que tener en cuenta esta disminución en transferencia de calor.

Al ser soldados, los aceros concentran el calor en la zona de soldadura antes de disiparse rápidamente a través de la placa (metal base). Por este motivo se requiere menos calor para una penetración de cordón determinada o para obtener un cordón fluido y uniforme. Así también se debe utilizar menos calor (corriente) para prevenir quemaduras en espesores delgados.

5.1.2.2. Resistencia Eléctrica

La resistencia eléctrica es 6 a 12 veces mayor que la del acero al carbono; esto influye básicamente en el proceso de soldadura porque los electrodos de soldadura de acero inoxidable austeníticos se calienta más. Para esto se recomienda utilizar electrodos más cortos.

5.1.2.3. Expansión Térmica

La expansión térmica de los aceros inoxidables austeníticos es aproximadamente mayor en un 50% que en el acero al carbono. Por esto, los austeníticos son recomendables para la fabricación de juntas de expansión.

En cuanto a soldadura, durante el enfriamiento, las piezas tienden a combarse o pandearse, por ello es indispensable utilizar grapas, prensas o guías para contener deformaciones en secciones delgadas.

5.1.2.4. Efecto de los Agregados Químicos

Los aceros inoxidables austeníticos son característicamente resistentes a la oxidación y corrosión. La adición de cromo es altamente significativa para lograr estas características.

El cromo cuando es agregado entre 16 a 25% forma una solución sólida con el hierro. La aleación tiene una estructura ferrítica fuertemente magnética. La adición del níquel a la aleación de hierro-cromo-carbono elimina la estructura ferrítica magnética formando una estructura austenítica que se mantiene a toda temperatura. La aleación austenítica resultante, es una solución sólida de cromo-hierro-níquel no magnética.

El silicio es un elemento particularmente importante en los tipos 310 y 312.

A medida que aumentamos el contenido de silicio, aumentamos notablemente la resistencia a la oxidación y carburación a altas temperaturas. Contenidos altos de silicio aumentan la fluidez en fundiciones.

5.1.3 PROPIEDADES MECANICAS.

Los aceros inoxidable austeníticos son reconocidos por su alta resistencia mecánica y su excepcional tenacidad, ductilidad y formabilidad.

Las propiedades de resistencia a la tensión a temperatura ambiente de todas las aleaciones de la serie 300, en condición de recocido, son similares. Sin embargo observamos que a 650° F los tipos 321, 347 y 309 tiene un mayor esfuerzo de ruptura que los tipos 304, 310 y 316.

En cuanto a la tenacidad al impacto, en los aceros inoxidable austeníticos en estado recocido es muy alta y su energía de impacto también lo es. Sin embargo a elevadas temperaturas ésta energía disminuye. El mejor comportamiento lo da el tipo 316.

Dureza

Los aceros inoxidable austeníticos de la serie 300 son considerados muy soldables (mucho más que los aceros inoxidable al cromo de la serie 400), debido a que no son endurecibles por cambios bruscos de temperatura. No son endurecibles por tratamiento térmico. La soldadura no afecta la resistencia o ductilidad del depósito, zona de fusión o metal base.

Estos aceros toman ligera dureza al trabajarlos en frío.

5.1.4 USOS Y APLICACIONES

Debido a las magníficas propiedades mecánicas, estabilidad estructural, de resistencia a la oxidación a alta temperatura, de resistencia a la corrosión, de formabilidad, de expansión térmica, dilatación, etc., los aceros inoxidable austeníticos tienen grandes aplicaciones en todo tipo de industria. Un resumen de ellas son las siguientes:

Industria del Petróleo:

Interior de hornos de producción, tubería de transporte, líneas de vapor, líneas de proceso, accesorios de tubería, soporteria, tubería de intercambiadores de calor, partes de turbinas, compresores, bombas, turbinas a gas, válvulas, sistemas de control, interior de torres de destilación.

Industria Química:

Reactores, internos de equipos de destilación, líneas de proceso, intercambiadores de calor, bombas, partes de bombas y de compresores.

Industria Alimenticia:

Recipientes de mezclado, líneas de flujo, plataformas, torres, ductos, sistemas de control, tanques de almacenamiento.

Servicios Industriales:

Sistemas de control, líneas de vapor, partes de turbomáquinas, calentadores, partes de motores jet.

Los aceros inoxidable tipo 304, son los aceros austeníticos más comunes, y debido a su excelente formabilidad y presentación tienen grandes usos en el área de la decoración y en la fabricación de utilería para cocina.

5.1.5 PROBLEMAS DE CORROSION

A pesar de las excelentes propiedades que exhiben los inoxidable austeníticos, ellos tienen sus debilidades en ciertos ambientes a altas y bajas temperaturas.

El siguiente es un resumen de los problemas o fallas que se pueden presentar.

5.1.5.1 Corrosión generalizada

Los austeníticos casi nunca presentan altos rangos de corrosión generalizada, porque es precisamente su mayor fortaleza. Pero en presencia de ácidos orgánicos como los NAFTENICOS, el SS 304 se destruye catastróficamente, debiendo recurrir en éstos casos al SS 316 ó 317 que poseen Molibdeno, porque este elemento neutraliza la acción del nafténico y protege la aleación.

5.1.5.2 Corrosión localizada

La corrosión localizada se le denomina pitting cuando el defecto es casi redondeado; se localiza en la superficie del metal y su cavidad es menor o igual a su profundidad. Este problema aparece cuando la superficie metálica contiene algunas imperfecciones como dislocaciones, creando áreas muy anódicas alrededor de otras catódicas.

Los aceros inoxidable austeníticos tipo 304 en presencia de ácidos débiles son atacados por picadura. Entonces es aconsejable utilizar inoxidable tipo 316 puesto que contiene molibdeno, el cual es aleante que aumenta la resistencia a la picadura en los aceros.

Otro caso de CORROSION LOCALIZADA aparece en todos los inoxidables, cuando el contenido de cromo se afina con el carbono que contiene la aleación para formar carburos. Esto causa dos problemas:

- a) El empobrecimiento del contenido de cromo en algunas áreas de la aleación y por ello la susceptibilidad de ataque en ellas por elementos indeseables.
- b) El alto contenido de carburos es perjudicial para la aleación porque ellos son muy duros y frágiles, y son susceptibles a formar fallas, especialmente cuando se localizan en los bordes de grano.

5.1.5.3 Corrosión bajo tensión y esfuerzos (scc)

La corrosión bajo tensión y esfuerzos, denominada stress corrosión cracking (SCC), es el rompimiento que le ocurre al acero inoxidable austenítico cuando se presentan combinadamente los fenómenos de corrosión y esfuerzos.

Cualquier tipo de corrosión de las mencionadas anteriormente que se localice en un sitio preferencial, puede dar inicio a una falla.

El SCC se presenta generalmente en dos formas:

1. Transgranular: Cuando el agrietamiento atraviesa los granos sin importar sus límites. Por lo general este tipo de agrietamiento se da cuando la acción la ejecutan los cloruros, los cuales al estar presentes producen corrosión localizada y por consiguiente la rotura.

2. Intergranular: Cuando la grieta se desarrolla entre los límites de granos.

Por lo general el agrietamiento es intergranular cuando se produce ataque por ácidos sulfúricos.

Este fenómeno se consigue fácilmente cuando por acción del oxígeno y la humedad, se da la formación del ácido en presencia de sulfuros de hierro.

5.1.5.4 Fatiga por corrosión

La acción combinada de problemas de corrosión con esfuerzos cíclicos resulta en un rompimiento, falla que se ha denominado Fatiga por Corrosión.

La grieta por lo general se desarrolla en el sitio en donde se evidencia corrosión y se propaga transgranularmente a través de todo el espesor del material.

5.1.5.5 Corrosión galvánica

Este tipo de corrosión ocurre cuando metales disímiles están en contacto en presencia de un electrólito.

Si un metal que se halla potencialmente catódico (positivo) se une con otro que está potencialmente activo (negativo), puede producir destrucción parcial o total del metal activo. La destrucción se acelera cuando existe una gran diferencia de masa metálica entre el material activo y pasivo.

Debemos tener cuidado al unir aceros inoxidables con aceros de potencial más negativos si están sumergidos en un electrolito activo, porque estaríamos facilitando que el acero más activo se destruya en áreas cercanas o de contacto con el inoxidable.

5.1.5.6 Corrosión bacteriana

Los microorganismos usualmente encontrados en aguas a diferentes temperaturas, producen indirectamente deterioro de los materiales metálicos, porque debido a su metabolismo ellos se alimentan de compuestos con base en azufre produciendo desechos de ácido sulfídrico, en cual en diversas concentraciones se localizan indistintamente en donde aparezcan las colonias de bacterias.

Existen básicamente dos tipos de bacterias: AEROBICAS y ANAEROBICAS.

Las aeróbicas requieren oxígeno para su evolución y metabolismos y se concentran especialmente en las superficies de agua de enfriamiento en donde la concentración de aire es mayor.

Las anaerobicas se localizan en los fondos debajo de depósitos o sedimentos y en donde preferencialmente no entre la luz.

5.2 ACEROS INOXIDABLES FERRITICOS

5.2.1. GENERALIDADES

Los aceros inoxidable ferriticos, son conocidos como los aceros de la serie 400, o aceros al CROMO.

Los FERRITICOS contienen entre 10 y 28% de CROMO, son muy magnéticos y su principal ventaja es la resistencia a la oxidación a alta temperatura, la cual es comparable con los grados austeniticos. Los FERRITICOS también pueden tener alta resistencia al ataque de sales fundidas.

Su estructura es esencialmente ferritica y se mantiene a toda temperatura. Existen dos clases de FERRITICOS, los parcialmente endurecibles y los no endurecibles. Desde el punto de vista de su costo, los ferriticos podrían ser utilizados de preferencia sobre los austeniticos, permitiendo aún mayores condiciones de esfuerzo.

A los aceros inoxidable FERRITICOS se les agregan pequeñas cantidades de Molibdeno con el propósito de aumentarles su dureza y su tenacidad. Algunos contienen Vanadio para refinar su grano, mejorar sus propiedades mecánicas y la dureza en caliente.

5.2.2 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Conductividad Térmica

La conductividad térmica de los aceros inoxidable Ferríticos es aproximadamente 40% menor que la del acero al carbono.

Los FERRITICOS pueden ser más deseables que los austeníticos en aplicaciones en donde existan ciclos térmicos debido a que tienen una mayor conductividad térmica y más bajo coeficiente de expansión térmico que los austeníticos.

Resistencia Eléctrica

La resistencia eléctrica es 5 a 10 veces mayor que la del acero al carbono.

Expansión Térmica

La expansión térmica de los aceros inoxidable Ferríticos es aproximadamente mayor en un 40% que en el acero al carbono.

Por esta importante razón, los aceros FERRITICOS pueden permitir reducciones en esfuerzos térmicos y ofrecen una mayor resistencia a la rotura por fatiga térmica.

5.2.3 PROPIEDADES MECANICAS.

De acuerdo con sus propiedades mecánicas, los aceros inoxidable ferríticos se dividen en PARCIALMENTE ENDURECIBLES y los NO ENDURECIBLES.

Aceros Inoxidable Ferríticos parcialmente endurecibles.

Tienen un contenido de cromo entre 15 y 18%, con un adecuado balance de carbono, sin embargo algunas aleaciones se diseñan con contenidos bajos en carbono.

A esta clasificación pertenecen los FERRITICOS tipo 429, 430, 431 y 434. Presentan un contenido de carbono de 0.12%, excepto el 431 que llega hasta 0.20%, siendo por esta razón más endurecible.

A temperatura ambiente las propiedades mecánicas son muy equivalentes a las de los aceros inoxidable austeníticos, pero a elevadas temperaturas su esfuerzo de ruptura es mucho más bajo.

Usos

Tienen una gran resistencia a la oxidación a alta temperatura y una resistencia a la corrosión aceptable. Se utiliza para almacenamientos y tubería para el manejo de ácido nítrico; partes de quemadores de hornos y calderas tales como dispersores, boquillas y pilotos de encendido.

También son usados para intercambiadores de calor, tanques de agua caliente y condensadores.

5.2.3.1. Aceros inoxidables ferríticos no endurecibles.

Algunos de estos aceros inoxidables tienen un contenido de cromo de 13% balanceados con elementos que no le permiten endurecerse. Tal es el caso de los tipos 405 y 409 cuyo bajo contenido de carbono y las adiciones de aluminio no le permiten endurecerse con tratamiento térmico.

El tipo 409 tiene composición similar al 405, solo que contiene pequeñas cantidades de titanio para estabilizar la aleación de los problemas de corrosión intergranular.

El tipo 405 se utiliza cuando se requiera un acero relativamente blando.

Usos.

Pueden soportar temperaturas del orden de 1149 C (2100 F) , por lo tanto se utilizan para el interior de hornos y calderas, partes de quemadores, etc.

5.2.4 PROBLEMAS DE CORROSION.

El principal deterioro que sufren estos aceros está relacionado con el desgaste por erosión debido a la falta de dureza de la superficie metálica.

5.2.5 SOLDABILIDAD.

Los aceros inoxidable ferríticos no endurecibles tienen características de soldabilidad semejantes, pero ninguno se recomienda para aplicaciones soldadas donde se presenten cargas de impacto, choque o flexión, debido a que la zona de soldadura es muy frágil por el crecimiento excesivo del grano producido por la alta temperatura alcanzada al soldarlos. Si el contenido de cromo aumenta, el crecimiento del grano será mayor.

5.3 ACEROS INOXIDABLES MARTENSITICOS.

5.3.1 GENERALIDADES.

Los aceros inoxidable martensíticos, son aquellos que contienen básicamente alrededor de 12% de Cromo en su composición química, pero quizás su principal característica está asociada con la capacidad que tienen de templabilidad y temperabilidad, lo cual les permite adquirir ciertos grados de dureza aún cuando se enfrían con aire desde la temperatura de austenización.

5.3.2 PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS.

1. Conductividad Térmica.

La conductividad térmica de los aceros inoxidable Martensíticos es aproximadamente 40% menor que la del acero al carbono.

Al ser soldados, se recomienda un precalentamiento para prevenir la facturación y recocido total después de soldar.

2. Resistencia Eléctrica.

La resistencia eléctrica es 5 a 10 veces mayor que la del acero al carbono; esto influye básicamente en el proceso de soldadura porque los electrodos de soldadura de acero inoxidable martensíticos se calientan más. Para esto se recomienda utilizar electrodos más cortos.

3. Expansión Térmica.

La expansión térmica de los aceros inoxidable martensíticos es aproximadamente mayor en un 50% que en el acero al carbono, tiene aplicación para la fabricación de juntas de expansión.

5.3.3 PROPIEDADES MECANICAS.

De acuerdo con sus propiedades mecánicas, los aceros inoxidable martensíticos templados y no temperados, pueden estar comprendidos en los siguientes cuatro grupos, teniendo en cuenta el incremento a la resistencia mecánica y la resistencia al calor.

Grupo 1.

Pertenecen los de baja resistencia mecánica y resistencia al calor: Tipos 403, 410, 414 y 406.

Grupo 2.

Superior resistencia mecánica: Tipo 431, 440 A/B/C

Grupo 3.

Alta resistencia mecánica por su contenido de Molibdeno. Tipo M152, 420.

Grupo 4.

Super alta resistencia - mecánica y alta resistencia al calor.

Tipos: 422 y H-46.

El acero 410 es muy utilizado por su resistencia a la erosión aunque es el más débil al esfuerzo de ruptura de todos. El tipo 422 es el que mayor esfuerzo de ruptura , siguiendo el H-46 y el M-152.

5.3.4 USOS Y APLICACIONES.

Los aceros inoxidable martensíticos tienen una gran aplicación en la fabricación de álabes de rotores de turbinas a vapor y gas, por su alta resistencia al colapso de gotas de vapor y resistencia a la erosión.

El interior de las válvulas de restricción son martensíticos. Se fabrican tuercas, ejes de válvulas, engranajes, partes de bombas y partes para automóvil.

El tipo 410 es el más utilizado aunque tiene poca resistencia a la corrosión. El tipo 403 es similar al 410 pero su composición se ajusta para prevenir la formación de ferrita delta en secciones gruesas.

Los tipos 431 y 422 son variaciones del 410, modificados por la adición en pequeñas cantidades de elementos tales como, Ni, W, Al, Mo y V.

Son utilizados para tubería de intercambiadores de calor, condensadores y líneas para conducir ácido nítrico.

Los tipos 440 presentan una altísima propiedad de resistencia al desgaste. Por ello se utilizan para fabricar cuchillas para corte de polietileno y máquinas herramientas.

5.3.5 PROBLEMAS DE CORROSION.

El contenido básico de 12% de Cromo le da una característica de resistencia a la oxidación a alta temperatura hasta 1100° F. Su principal aplicación se da para prevenir la EROSION. Resiste velocidades superiores a 15 pies/Seg. hasta con 10% de partículas en suspensión.

Sin embargo son muy débiles ante los ácidos de baja concentración y los problemas de picadura están presentes.

Son muy resistentes a la corrosión generalizada producida por el azufre. Resiste corrientes de H₂S a temperaturas hasta 1000F y compuestos sólidos de azufre.

Es más resistente a la corrosión por ácidos orgánicos que el tradicional austenítico 304.

La resistencia al desgaste en cuchillería es otra característica importante de este grupo de inoxidables.

5.3.6 SOLDABILIDAD.

El principal factor a tener en cuenta en la soldabilidad es su capacidad de endurecimiento. La zona afectada por el calor y su misma soldadura son propensos a endurecerse y formar grietas en caliente.

El precalentamiento podría efectuarse entre 205 a 315 C. (400 a 600F) y poscalentando entre 590° a 760°C (1100° a 1400° F).

5.4 ALEACIONES LIGERAS.

5.4.1 GENERALIDADES.

En la actualidad el consumo de productos siderúrgicos es unas 20 veces mayor que el del resto de los metales lo cuál es debido a la gran variedad de características que con los mismos es posible conseguir. No obstante estas ventajas, tienen el grave inconveniente de corroerse con suma facilidad, razón por la cuál no son aptos donde predomina este efecto. Por otra parte, sus propiedades no satisfacen a todas las exigencias de la técnica moderna, tales como: ductilidad , buena conductividad eléctrica refractabilidad , aptitud para determinada forma de moldeo y de forja, facilidad de mecanizado, etc.

Por alguna de las razones expuestas anteriormente, se vienen utilizando metales y aleaciones distintos del hierro. No obstante se han conseguido aleaciones que han hecho posible las conquistas de la técnica actual.

Los metales no ferrosos más usuales son: Cu, Sn, Pb, Zn, Ni, Al, Mg. Otros como: Ti, Be, Nb, Ta, son insustituibles en determinadas aplicaciones muy recientes.

Convencionalmente se consideran metales ligeros a los que tienen una densidad menor a 4500 kg/m.

Entre ellos los de mayor importancia técnica son: Al, Mg, Ti y Be.

Las aleaciones en que el metal base es uno de los anteriores se denominan ligeras .

Las aleaciones a base de magnesio reciben también la denominación de ultraligeros.

5.4.2 ALUMINIO.

Es un metal de color blanco, débilmente azulado. Después del Magnesio es el metal usual más ligero.

Su densidad es de 2699.9kg/m a 20 grados centígrado; por tanto es unas tres veces más ligero que el hierro.

Cristaliza en el sistema cúbico de caras centradas y es muy dúctil y maleable.

Entre 100 °C y 150 °C, se puede forjar , laminar , batir y prensar pero al acercarse a su punto de fusión (658.7° C), se vuelve quebradizo .

Cuando se trabaja en frío adquiere una elevada dureza y se agrieta superficialmente, pero con un recocido a 350° C, seguido de un enfriamiento lento, adquiere de nuevo las propiedades iniciales. A pesar de su gran actividad química, es muy resistente a la corrosión, debido a la capa de óxido fuertemente adherido que se forma al ponerse en contacto con el aire húmedo.

Su conductividad eléctrica, aunque inferior a la del cobre (2/3), es todavía lo suficientemente elevada para poder emplearlo en las líneas de conducción eléctrica.

Es también buen conductor de calor; solo le superan Ag, Cu, y Au. Su bajo factor de emisión permite utilizarlo como aislante térmico.

Debido a la capa de alúmina que lo recubre, se creyó durante mucho tiempo que no se podía soldar; pero en la actualidad, empleando fundentes adecuados, se logra soldarlo fácilmente con el soplete y también por arco, en atmósfera inerte protectora.

5.4.2.1 APLICACIONES.

En la industria se emplea cada día se emplea el aluminio debido a sus propiedades características.

Por su ligereza se emplea ampliamente tanto el metal como sus aleaciones en la construcción de estructuras metálicas en la industria aeronáutica, automovilística y ferroviaria.

Por su buena conductividad eléctrica como conductor en las líneas de transmisión Los cables están ligeramente formados por una alma de acero.

Por su resistencia a la corrosión, para utensilios de cocina y en forma de láminas para envolver alimentos.

Por su elevado poder reflector de los rayos caloríficos se usa en forma de polvos finos para fabricar pinturas.

5.4.2.2 ELEMENTOS DE ALEACIÓN.

Como el aluminio es un metal mecánicamente débil, se le alea una gran variedad de elementos (Cd, Cu, Zn, Mg, Mn, Ni, Fe, Si, Ti, Cr), que le comunican mejores características mecánicas, mayor facilidad de soldeo, mejor moldeo.

Los efectos que ejercen los principales elementos de aleación en las propiedades del aluminio son:

Cadmio.- Eleva la resistencia a la corrosión.

Cobre.- Muy poco soluble en el aluminio y forma con él el compuesto intermetálico. Facilita la colabilidad y desgasificación, disminuyendo la resistencia a la corrosión. Se le emplea tanto en las aleaciones fundidas como en las de forja.

Cinc.- Es más soluble que el anterior y forma con el aluminio el compuesto intermetálico.

Magnesio.- Como es un elemento de muy baja densidad, sus aleaciones con el aluminio resultan más ligeras que éste. Se disuelve parcialmente, mejora las características mecánicas y la resistencia a la corrosión. Sólo se emplean en operaciones de forja a las que comunica buenas características de resistencia.

Níquel.- Comunica buenas características mecánicas a las aleaciones de forja después del tratamiento de bonificado. No se emplea en el moldeo porque disminuye la colabilidad y la hace pastosa.

Silicio.- Este elemento que es insoluble en el aluminio, hace que la contracción de solidificación sea inferior a la de las restantes aleaciones de moldeo. Mejora las características mecánicas y sus aleaciones son susceptibles de bonificación cuando se asocia con el Mg.

Titanio.- Afina el grano de las aleaciones de moldeo y mejora todas las características mecánicas especialmente la resistencia a la fatiga.

El presente cuadro(figura N° 14), representa las diferentes aleaciones de aluminio.

5.4.2.3. SOLDABILIDAD.

Como la mayoría de materiales metálicos, es soldable, sin embargo dependiendo el tipo de elementos de aleación, así será el grado de dificultad que este presente. Los procesos más comunes para soldar este material son:

- a) Proceso de soldadura T.I.G.
- b) Proceso de soldadura M.I.G./M.A.G.
- c) Proceso de soldadura con arco eléctrico (electrodo consumible)
- d) Proceso de soldadura oxiacetilenica.

Cada uno de los procesos antes mencionados presentan ventajas y/o desventajas para la soldabilidad del aluminio.

Uno de los problemas que presenta el aluminio es su alto punto de oxidación ya que éste es mayor que su punto de fusión. Las características propias del material se presentan a la hora de ejecutar una costura, dificultando detectar el punto de fusión, caso muy diferente se presenta en los Aceros y aleaciones de Cobre.

DESIGNACIONES POR GRUPOS DE ALEACIONES		
Aluminio	99.00% mínimo y mayor contenido	1XXX
Aleaciones de aluminio agrupadas por sus principales elementos de aleación	Cobre	2XXX
	Manganeso	3XXX
	Silicio	4XXX
	Magnesio	5XXX
	Magnesio y silicio	6XXX
	Zinc	7XXX
Series que no se han usado	Otro elemento	8XXX
		9XXX

^aEl sistema de designación de las aleaciones de aluminio fue adoptado por la Aluminum Association el 1o. de octubre de 1954. Bajo este sistema se designan al aluminio y sus aleaciones por un número de cuatro dígitos. El primer dígito indica el grupo de aleaciones. Los dos últimos dígitos identifican la pureza de la aleación o del aluminio. El segundo dígito indica modificaciones de la aleación original, con la excepción de que para el aluminio de pureza mayor de 99%, un cero indica que no se tiene control de las impurezas y un entero indica un control específico.

Figura N° 14. Clasificación de aleaciones de aluminio.

Fuente: Tomado de referencia N°2

CAPITULO VI

ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL Y METODO DE INVESTIGACION.

6.1 DETERMINACIÓN DEL CAMPO DE ESTUDIO.

En la actualidad la industria metalmecánica es muy amplia y se subdivide en áreas o tópicos específicos; entre los cuales se encuentran las construcciones soldadas.

Las construcciones soldadas es el tema o campo de estudio para el presente análisis y diagnóstico de la situación actual.

Al igual que otras áreas de la mecánica, las construcciones soldadas poseen áreas o tópicos específicos a partir de el tipo de operación.

Es por ello que el tema se limita en una primera etapa a analizar la situación actual en las construcciones soldadas tanto en aleaciones ligeras y aceros inoxidable con procesos de soldaduras tales como:

- a) Proceso de soldadura T.I.G.
- b) Proceso de soldadura con arco metálico y gas protector. M.IG./M.A.G.

Para elaborar tal selección se inició con un análisis de la realidad de éstos proceso en la industria salvadoreña, desde el período de 1995 hasta la actualidad, sustentados en los bancos de datos del taller de mecánica de precisión del Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología de la Universidad Don Bosco.

A partir de dicha información, es que nace la inquietud por realizar un estudio de la calidad en los trabajos que actualmente ejecutan o desarrollan las empresas, como también el nivel de formación que ofrecen las instituciones de educación formal en dicha área.

6.2 METODO DE INVESTIGACIÓN.

En éste apartado se explicarán los métodos de investigación para poder analizar la situación actual a partir de la obtención de los resultados en las entrevistas realizadas. Apoyados por un cronograma de actividades (cuadro N° 1), para el mejor desarrollo de cada actividad.

Las técnicas de investigación que se utilizan en la etapa del proyecto son:

a) Entrevista

b) Observación directa

ENTREVISTAS

Se utilizan como medio para recopilar información en forma rápida y aceptable.

Representan una forma sencilla de obtener información en forma verbal a través de una reunión, en la cual se sostiene una conversación con la persona de quien se pretende obtener la información necesaria con la ventaja de que el entrevistador tiene la facilidad de ampliar sus puntos de lista sobre el asunto al logro del propósito, de la investigación.

Las características del diseño de la entrevista son los siguientes:

Las preguntas se dividen en áreas de acuerdo al tipo de procedimientos aplicados en el área de soldadura.

Se presentan preguntas de opción múltiples, abiertas y mixtas.

OBSERVACIÓN DIRECTA

La observación de tipo directa es utilizada como parte complementaria a las entrevistas realizadas, con la finalidad de reforzar ciertas áreas de investigación y tener una mejor apreciación de la situación.

6.2.1. OBJETIVOS DE LA ENTREVISTA.

Para realizar las entrevistas hay que considerar dos tipos de encuestas a partir de los objetivos que se persiguen. Estos son los siguientes:

- a) Conocer la realidad actual en las construcciones soldadas a partir de las empresas que tienen como campo de trabajo, dicha actividad.**

Con el objetivo anterior se pretende conocer hasta cierto nivel, la calidad tecnológica de las construcciones soldadas en las empresas a entrevistar.

- b) Analizar el actual grado de aceptación de la institución (Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica de Universidad Don Bosco) sugerida como prototipo para implementar el posible modelo de calidad.**

Para cumplir el objetivo anterior se entrevistarán empresas e instituciones con las cuales el C.I.T.T., ha desarrollado actividades en las construcciones soldadas.

- c) Conocer la estructura organizativa de la institución en estudio.**

Para realizar dicha actividad se realizarán entrevistas tanto a personal de mercadeo como instructores responsables en dicha área.

En éste objetivo se hará uso auxiliar de observación directa.

- d) Conocer los recursos de infraestructura y equipo con que cuenta la institución en estudio.**

Se pretende con el objetivo, conocer el tipo de infraestructura de la institución, así como el equipo con que cuenta para determinar las condiciones de operación de trabajo.

6.2.1.1 Los criterios para el planteamiento de los objetivos son:

* Se tomarán en cuenta, la calidad de productos o materia prima a soldar, tanto en aleaciones de aluminio como en aceros inoxidables, ya que a partir del material de trabajo (calidad) depende en parte la calidad de la costura que se realice.

* La calidad tecnológica que poseen los técnicos que operan con procesos de soldaduras especiales. (Teórico-Práctico).

- * La Seguridad Industrial que se aplica en las construcciones soldadas, al operar con éstos tipos de procesos de soldadura.
- * Los centros o instituciones que ofrecen dicha formación en esta área de la mecánica.(específicamente el C.I.T.T.)
- * El grado de aceptación que tiene la institución (C.I.T.T.), a partir de su experiencia curricular.
- * Evaluar la infraestructura de la institución a la cuál se pretende implementar el modelo.

A partir de los detalles anteriores, se pretende, sea completo considerando que el tema esta delimitado en forma especifica. Dicha investigación tiene su importancia ya que en la industria salvadoreña se tiene descuidada esta parte especifica de la Metal-Mecánica y es muy amplia su área de trabajo, específicamente lo que se refiere a aleaciones de aluminio y aceros inoxidable.

Limitado el campo de estudio se procede a la investigación que se realiza en las empresas involucradas.

Para lo anterior se presenta el siguiente cronograma de actividades.(Ver siguiente hoja)

6.3 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y ANÁLISIS DE ENCUESTAS.

Las herramientas utilizadas para la recolección de la información consiste en un cuestionario, con el objetivo de obtener la información y opinión de los encuestados, (talleres, fábricas, y Centros de formación).

La técnica a seguir para la realización de la investigación es la siguiente:

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES(Método de investigación)

Orden	Actividad	Semanas					
		Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta	Sexta
1	Plantear objetivos de Investigación, alcances, limitantes y campo de estudio	■					
2	Formular técnicas de investigación(Tipos de encuestas, entrevistas y observación directa), de acuerdo a los objetivos planteados.		■				
3	Determinar criterios para el análisis de los resultados.		■				
4	Entrevistas:						
	a) Empresa Privada.			■			
	b) Instituciones a las que se ha brindado servicios en soldaduras por parte del C.I.T.T.						
	*** Empresas				■		
	*** Universidades					■	
	c) Responsable directo del taller de soldadura del C.I.T.T.					■	
	d) Observación directa a taller de soldadura del C.I.T.T.					■	
5	Análisis y diagnostico de la situación actual, a partir de recopilación de encuestas						■
6	Formulación o planteamiento del problema , a partir del análisis y diagnostico.						■

6.3.1 Determinar el número de empresas y/o talleres .(ver anexo N° 5)

Se tomó como criterio principal la frecuencia con que se ejecutan trabajos en soldadura. Estas fueron:

Fábrica el Dorado.

Fábrica Tropigas

Talleres Sarti

Prinell

M.J. Inter

UNISOLA

SALVA- CALDERAS

I.N.F.A.

6.3.2. Empresas e Instituciones a las cuales se ha brindado algún tipo de servicios. (ver anexo N° 6)

Entre ellas :

El Dorado S.A.

UNISOLA

Universidad Don Bosco

Universidad Albert Einstein

Universidad Tecnológica

Universidad Politécnica de El Salvador

Universidad Francisco Gavidía.

6.3.3 Estructura interna del Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica.(ver anexo N° 7)

Encuestas dirigidas a personal de Mercadeo, Jefe de Taller de Mecánica industrial y Responsables del taller de soldadura (instructores). Así también se realizaron observaciones. Las cuales son parte del método de investigación (Ver anexo N° 8).

A continuación se presentan los resultados de las entrevistas.

**ANÁLISIS DE INFORMACIÓN RECOLECTADA
ENTREVISTA REALIZADA A EMPRESAS Y UNIVERSIDADES A LAS QUE SE HA PRESTADO SERVICIOS
EN EL ÁREA DE SOLDADURA POR EL C.I.T.T.**

No.	PREGUNTA	RESUMEN EMPRESAS	RESUMEN UNIVERSIDADES
1	¿Cómo se dio cuenta de la existencia del Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología (C.I.T.T.)?	Se conoce del C.I.T.T. por la promoción que se realizó a nivel de estas empresas, mediante una visita de un consultor en mercadeo.	La mayoría de universidades coincide en que se han dado cuenta de la existencia del C.I.T.T. por una actividad de promoción por parte de esots.
2	¿Qué razones lo impulsaron a elegir al Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología (C.I.T.T.), para suplir sus necesidades en el área de soldadura?	Se observa de una vez que las empresas visitaron las instalaciones tomaron la decisión de accesar los servicios.	Las razones que más llaman la atención para elegir al C.I.T.T. son: - El tipo de instalaciones que poseen. - El equipo utilizado. - Los servicios que ofrecen.
3	¿Qué tipo de servicio le ha presado el área de soldadura del C.I.T.T.?	Los cursos de capacitación impartidos fueron los de soldadura TIG.	- El 100% de los entrevistados ha hecho uso de servicios en procesos de soldadura convencional (eléctrica y oxiacetilénica). - El 40% ha hecho uso de servicios en proceso de soldadura especiales (TIG, MIG).
4	¿Cuándo fue la última vez que hizo uso de esos servicios?	La última vez que se accedió a los servicios fue a mediados del año 1996.	El 80% de las universidades entrevistadas hace uso de los servicios en soldadura actualmente.
5	¿Con qué frecuencia los utiliza?	Después que se impartió capacitación el año pasado no se ha hecho uso de los servicios del C.I.T.T.	Se hace uso de los servicios continuamente (cada ciclo)
6	¿Qué medios de comunicación utiliza para contactarse con el área de soldadura del C.I.T.T.?	Los medios de comunicación comúnmente utilizados son el teléfono, fax, y por medio de los instructores que impartían la capacitación en las empresas, o con el Jefe de Taller de Mecánica del C.I.T.T.	Los medios de comunicación comúnmente utilizados son el teléfono y el fax.
7	¿Con qué área o con quien se pone en contacto para accesar a los servicios?	La relación de comunicación se sostiene con el encargado del Taller de Mecánica General.	La comunicación frecuentemente es con el encargado del taller de mecánica.
8	¿Cuál fue el proceso que siguió para accesar los servicios?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se recibió la visita de una persona del C.I.T.T. que informó sobre los servicios. 2. Se visitaron las instalaciones (Encargado de mmto. de la empresa, Jefe de Taller de Mecánica, Consultor en Mercadeo, y Jefe de Mecánica del C.I.T.T.). 3. Se solicitó una cotización de los servicios de capacitación, al Consultor en Mercadeo. 4. Negociación de precios y la forma de dar el curso. 5. Toma de decisión de los servicios. 6. Programación y ejecución de la capacitación. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Visita por parte de una persona del C.I.T.T. 2. Se programó y realizó una visita a las instalaciones (Encargado de la escuela de Ing. Industrial de la universidad, Consultor en Mercadeo del C.I.T.T., y Jefe de Taller de Mecánica del C.I.T.T.) 3. Negociación de los servicios con la administración del C.I.T.T. 4. El Jefe de Mecánica del C.I.T.T. presenta la temática a impartir. 5. El encargado de Ing. Industrial de la Universidad analiza, corrige y regresa las guías de trabajo. 6. Programación y realización de las prácticas.

No.	PREGUNTA	RESUMEN EMPRESAS	RESUMEN UNIVERSIDADES
9	¿Qué opinión le merece la forma en que fue atendida su necesidad?	Se observa que la principal debilidad del C.I.T.T. manifestada por las empresas ha sido el transporte, por lo que ha habido molestias, a tal punto de decidir no continuar con el servicio. A parte de ello, el servicio brindado ha sido bueno.	El 100% de los entrevistados afirman que el servicio brindado es bueno. Manifiestan ciertas deficiencias en: - Metodología de la enseñanza. - Logística en cuanto al transporte ofrecido. - Calidad del material de apoyo. - Retrasos en la presentación del cuadro de notas. - Retrasos en la presentación de guías de la práctica.
10	¿Qué le parece la rapidez con que se dio respuesta a su necesidad?	En general, la rapidez con que se responde a las necesidades de estas empresas ha sido muy buena, según lo manifiestan.	El 90% de los entrevistados manifiestan que la rapidez con que se atendió su necesidad fue buena.
11	Los servicios que se brindan actualmente ¿satisfacen sus expectativas?	El principal potencial del área es el equipo y las instalaciones que poseen, pero su debilidad sigue siendo el transporte.	El 60% manifiesta que los servicios brindados actualmente satisfacen sus expectativas. El 40% restante manifiesta que se encuentran satisfechos pero con ciertas deficiencias en el servicio.
12	¿Qué tipo de seguimiento se le ha brindado a los servicios que ha accedido?	No hay ningún tipo de seguimiento, a pesar de que aún hay necesidades latentes en estas empresas.	Se limita a reuniones esporádicas, y mayormente conversaciones telefónicas cuando se presentan dificultades.
13	En su opinión ¿cuál debería ser la forma de operar del C.I.T.T. en el área de soldadura con el fin de mejorar los servicios?	Nuevamente surge la problemática del transporte, que hay que resolver. A pesar de ello, el servicio ha sido bueno.	- Mayor disposición en el trabajo por parte de los instructores. - Hace falta desarrollar mayor experiencia docente. - Deben revisar y mejorar la parte de logística sobre todo en lo relacionado al servicio de transporte. - Supervisión en las prácticas o servicios que prestan.

**ANÁLISIS DE INFORMACIÓN RECOLECTADA
ENTREVISTA REALIZADA AL PERSONAL INTERNO DEL C.I.T.T.
ÁREA MERCADEO**

No.	PREGUNTA	ENTREVISTADO	ASESORES EN MERCADEO
1	¿Cómo realizan la promoción de los servicios que brinda el área de soldadura?		<ol style="list-style-type: none"> 1. Se eligen los clientes al azar, por medio de consulta de guía telefónica, o por referencia personal de las empresas y universidades que ya se han atendido. 2. Se contacta con el cliente (Jefes de recursos humanos, o jefes de taller), vía telefónica. 3. Se visitan los clientes y se verifican las necesidades de capacitación en soldadura. (Se pregunta por los planes de capacitación en general, y se evalúa la posibilidad de brindar servicios en soldadura). 4. Se hace una presentación del C.I.T.T., auxiliándose de una hoja de presentación, donde están todos los cursos. 5. Se identifica necesidad real de capacitación del cliente mediante una sesión previa a la capacitación, y las posibilidades de suplir esa necesidad. 6. Se envía propuesta y cotización de servicios a la persona contactada.
2	¿Existe una planificación para ello?		Sí
3	¿Cómo hacen para establecer ese plan?		<ol style="list-style-type: none"> 1. Se ubican posibles clientes por medio de consulta de guía telefónica, o por referencia personal de las empresas y universidades que ya se han atendido. 2. Se contacta con ellos (Jefes de recursos humanos, o jefes de taller), vía telefónica generalmente. 3. Se programan en agenda los clientes que aceptaron una visita.
4	¿Quién realiza ese plan, y quienes participan?		La realiza el consultor en mercadeo y se consulta ocasionalmente al director general, cuando se requiere de un tratamiento especial para algún cliente.
5	¿Cómo planifican la estrategia de mercadeo a utilizar?		No se tiene ninguna estrategia específica para el área de soldadura.
6	¿De que manera consiguen apoyo de la institución para el mercadeo de los servicios?		<ol style="list-style-type: none"> 1. El consultor en mercadeo habla con el director para solicitar ayuda cuando se requiere. 2. El director se reúne con el administrador cuando es necesario para evaluar la solicitud. 3. Se evalúa la posibilidad de proporcionar lo solicitado. 4. Se provee el recurso.
7	¿Cómo se le da seguimiento a los servicios que ya han prestado en el área de soldadura?		Por parte de los consultores en mercadeo se da en forma ocasional cuando está en proceso el servicio accesado, por medio de reuniones esporádicas cuando surgen problemas, o por conversaciones telefónicas entre este y los encargados de las empresas o universidades. El mayor soporte en cuanto a seguimiento lo da el Jefe de Taller de Mecánica, por medio de reuniones ocasionales, o conversaciones telefónicas para evaluar y solucionar problemas. No existe ningún seguimiento formal de los servicios a los clientes plasmado en planes.
8	¿Cómo realizan las investigaciones de mercado para el área de soldadura?		No hay.
9	¿Cómo definen el mercado meta de los servicios?		Está definido en mercado gobierno y privado. Para seleccionar a los clientes de estas áreas se realiza una selección al azar de los posibles clientes por medio de la consulta en la guía telefónica, por recomendación de clientes atendidos, o por referencias personales de los mismos clientes y/o amigos personales. A veces interviene el director para sugerir posibles clientes y acordar una cita para realizar una presentación de los servicios.
10	¿Qué tipo de clientes ha visitado para ofertar los servicios en el área de soldadura?		<ol style="list-style-type: none"> 1. Universidades 2. Empresas industriales 3. Ingenios azucareros 4. Empresas autónomas.

No.	PREGUNTA	ENTREVISTADO	ASESORES EN MERCADEO
11	¿Existen metas de mercadeo a cumplir para el área de soldadura?		No. Existe una meta general para los servicios del C.I.T.T.
12	¿Con quién se reporta?		Con el director.
13	¿Con qué frecuencia lo hace?		Cada 15 días.
14	¿Con qué departamentos del C.I.T.T. se relaciona?		<ol style="list-style-type: none"> 1. Dirección técnica. La relación con este es poco frecuente y se limita a reuniones esporádicas para evaluar la situación general de la institución. 2. Dirección administrativa. La relación se hace de forma indirecta por medio del Director General, cuando es requerido el apoyo logístico, especialmente en la contratación de los servicios de transporte para clientes que así lo requieren. 3. Dirección general. La relación es directa proporcionando información sobre posibles clientes e informes verbales (pocas veces escritos, se presenta un informe de avance de la gestión cada 15 días) sobre la situación de la gestión de ventas y visitas realizadas. 4. Jefe de Taller. Existe una relación más frecuente, sobre todo cuando se concretiza una gestión de venta, comunicando sobre la resolución de clientes (fax o fotocopia de la orden de servicio del cliente, o comunicación en forma verbal, o por memorándum).
15	¿Qué medio de comunicación utiliza con el área de soldadura? Teléfono Fax Verbal Informes Memorándum Otros		No hay una relación directa con el área de soldadura. La comunicación se establece indirectamente por medio del Jefe de Taller de Mecánica, por los medios siguientes: <ol style="list-style-type: none"> 1. Verbal. 2. Fotocopia de Fax o Nota de aprobación de curso por el cliente. 3. Memorándum (ocasionalmente).
16	¿Ha existido inducción previa a las ventas para promocionar los servicios en el área de soldadura?		No.
17	¿Cómo establecen los precios de los servicios que ofrecen?		Los define el Jefe de Taller de Mecánica.

**ANÁLISIS DE INFORMACIÓN RECOLECTADA
ENTREVISTA REALIZADA AL PERSONAL INTERNO DEL C.I.T.T.
ÁREA SOLDADURA - INSTRUCTORES**

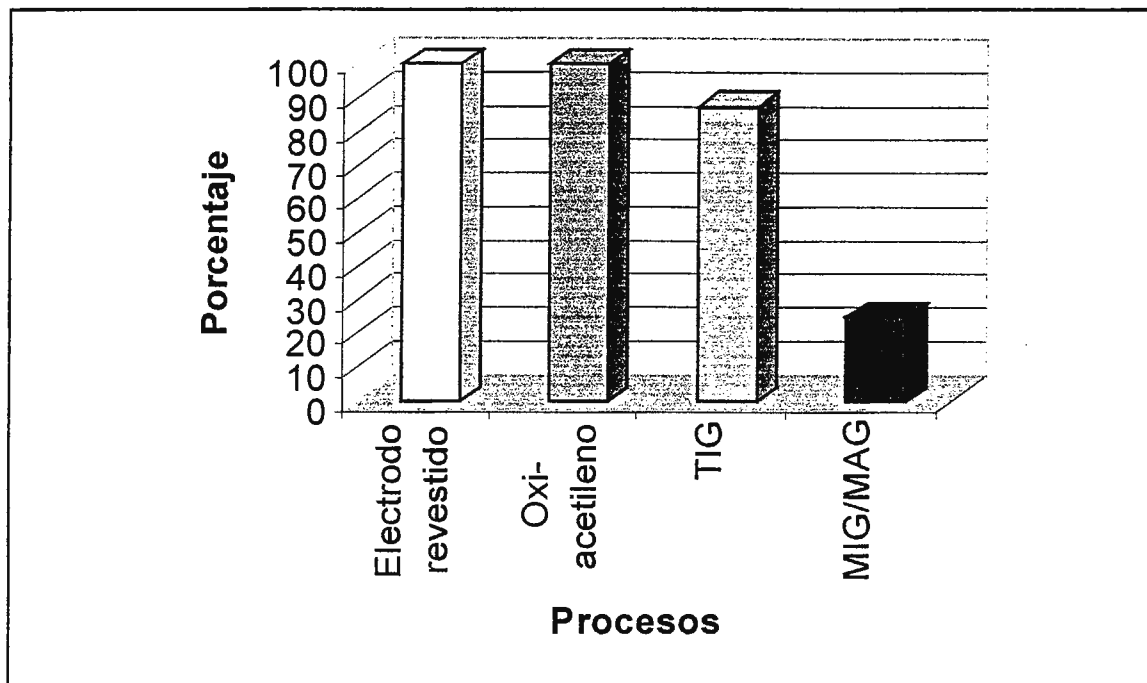
No.	PREGUNTA	ENTREVISTADO	INSTRUCTOR
	B) PLANIFICACIÓN		
2	¿Conoce de un plan específico para el área de soldadura?	No.	
3	¿Existe un plan de capacitación para el personal del área	Existe un plan de capacitación general para todo el C.I.T.T., no en forma específica para soldadura.	
4	¿Qué áreas de capacitación comprende ese plan?	Se esta realizando un proceso de capacitación interna que comprende CAD CAM, Rectificadoras, Medición y Máquinas herramientas.	
5	¿Qué actividades realiza?	Instructoría y Mantenimiento en forma interna.	
6	¿Cómo planifica sus actividades?	<p>Las actividades generalmente son en relación a servicios de capacitación, por lo cual se hace:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se recibe comunicación del jefe de taller de mecánica de necesidades de capacitación (copia de fax o nota de aprobación de capacitación enviada por los clientes, generalmente empresas industriales y universidades, o en forma verbal. 2. Se evalúan requerimientos para realizar el curso. 3. Se ve la disponibilidad de equipo en base al número de participantes. 4. Se hace una distribución en base a la disponibilidad de equipo. 5. Se prepara material a utilizar en los servicios. 6. Si hace falta algo, se solicita al jefe de área. 7. Se prepara material didáctico a utilizar. 8. Se programan grupos si es necesario. 9. Se realiza la capacitación. <p>Cuando hace falta equipo para dar cobertura a un servicio, se reparan de inmediato los que se tienen.</p> <p>Para reparar equipo defectuoso se hace:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se envía una nota de requerimiento de servicio (a veces en forma verbal) al jefe de Electricidad especificando el tipo de necesidad. 2. El jefe de Electricidad envía a un instructor de las Áreas Básicas para evaluar la situación y revisar el equipo defectuoso. 3. El instructor solicita repuestos y materiales al Jefe de Electricidad cuando son requeridos, y este los suministra. 4. El instructor procede a reparar el equipo dañado. 	
7	¿Se sostienen reuniones con el jefe inmediato para planear actividades?	Sí.	
8	¿Con qué frecuencia se realizan?	Al inicio se realizaban cada semana. Ahora, cada vez que el jefe de taller de mecánica lo requiere.	
9	¿Qué actividades planifican en esas reuniones?	- Para evaluar necesidades del área. - Capacitaciones a realizar.	

No.	ENTREVISTADO	INSTRUCTOR
	PREGUNTA	
	C) SISTEMAS DE INFORMACIÓN	
11	¿De qué forma tiene acceso a información técnica actualizada y avances tecnológicos?	No existe acceso, aunque se ha proyectado asignar a cada instructor un correo electrónico y el uso de INTERNET.
12	¿Qué tipo de información llega al área y de donde proviene?	Folletos de formación para instructores en soldadura SMAW y GJAW del convenio SENA-DSE procedentes de Colombia, pero en forma irregular. La mayor comunicación es verbal con el jefe de taller. No existe un flujo de información establecido formalmente.
13	¿Qué tipo de información sale del área y hacia donde va?	Reportes finales y notas de alumnos y técnicos de capacitaciones desarrolladas a universidades o empresas.
14	¿Cómo hace para transmitir información a otros departamentos?	Se hace en forma verbal a través del jefe de taller, y el se encargará de transmitir la información.
15	Existen manuales de: - Procedimientos - De puestos - De funciones - Reglamento interno	No, no existe ninguno de ellos.
	F) TECNOLOGÍA	
16	¿Que procesos informáticos aplican en el área de soldadura?	Hasta el momento no se aplica ninguno.
17	Existen planes de: Mantenimiento ¿Lo implementan? Seguridad industrial ¿Lo implementan?	Mantenimiento SI ¿Lo implementan? NO Seguridad industrial SI ¿Lo implementan? NO
18	¿Cómo han diseñado esos planes? Mantenimiento Seguridad Industrial	MANTENIMIENTO Debido a que no existía un registro y control completo de maquinaria y equipo, se proyectó adoptar uno de acuerdo a las necesidades reales en condiciones de servicio, este plan fue realizado por el jefe de taller de acuerdo al tipo de máquina que se posee. Básicamente se hizo: 1. Se realizó un inventario de la maquinaria y el equipo en el área de soldadura. 2. Se comprobó su estado de funcionamiento. 3. Se realizó una calendarización de las actividades de mantenimiento para el equipo. 4. Diseño del plan delimitado: responsable, cronograma, y actividad a realizar. SEGURIDAD INDUSTRIAL. A raíz del servicio de Educación que se presta a las universidades en la institución, y el ubicarse como taller industrial, en una reunión se proyectó cumplir paso a paso con las exigencias de normas y reglamentos de seguridad.
19	¿Cómo distribuyen carga de trabajo para la maquinaria y equipo?	1. Se recibe comunicado del número de participantes al curso. 2. Se verifica el funcionamiento y estado de los equipos a requerir. 3. Se comunica la disponibilidad inmediata de equipo (equipo en funcionamiento). 4. Se distribuye el número de alumnos entre los equipos disponibles (se asignan como máximo 4 personas para cada equipo de soldadura eléctrica. Hay 6 equipos de soldadura eléctrica. 5. Si hace falta equipo para cubrir la necesidad del servicio, se repara el equipo dañando (De esto se encarga el jefe de taller?

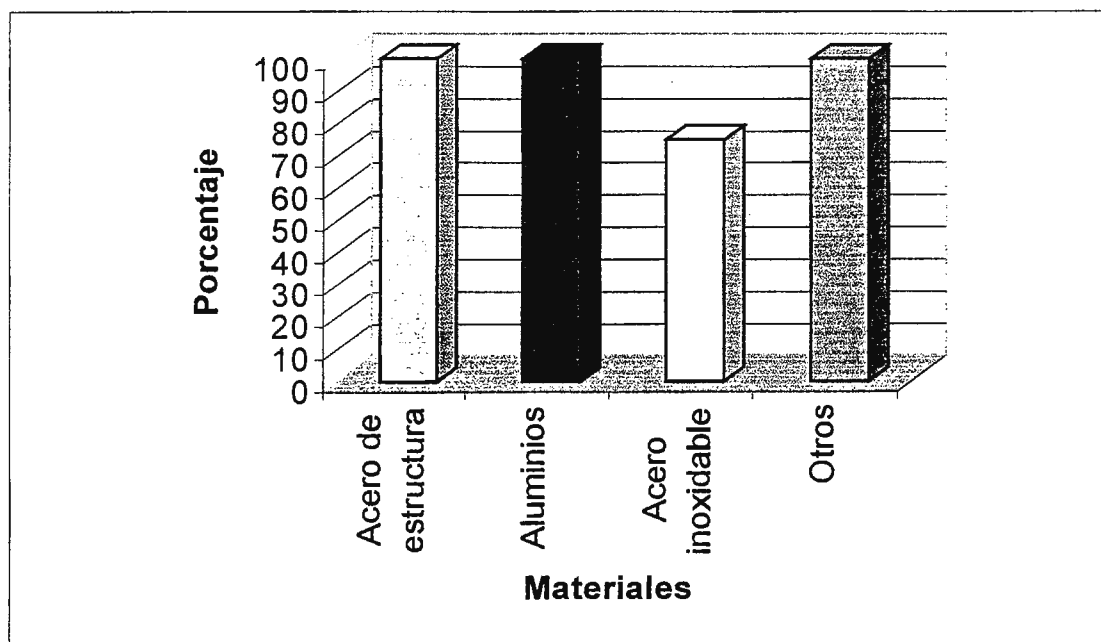
No.	ENTREVISTADO	INSTRUCTOR
20	¿Tienen métodos especiales para el almacenamiento y conservación de materiales y suministros que así lo requieran?	No.
I) PROCESO TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA		
22	<p>¿Qué medios utilizan para la transferencia tecnológica?</p> <ul style="list-style-type: none"> Licencias Charlas técnicas Convenios Capacitación del personal Alianzas estratégicas Asesorías Tratados Publicaciones Seminarios Otros 	<p>Por el momento solo se tiene:</p> <p>Internamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Charlas técnicas - Seminarios - Capacitación del personal <p>Para los servicios brindados: Solo se ha utilizado</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capacitaciones - Prácticas de taller con alumnos de universidades
23	<p>Describa el procedimiento utilizado para la transferencia de tecnología con los medios anteriores.</p>	<p>A) INTERNAMENTE</p> <p>SEMINARIOS: Se han aplicado únicamente para la capacitación del personal interno del C.I.T.T. siguiendo el proceso:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El director notifica sobre el desarrollo del seminario, solicitando al jefe de taller que selecciones y envíe a una persona para ello. La notificación se hace verbalmente y se le entrega una copia sobre el contenido y naturaleza del seminario. A veces se establece un comunicación telefónica. 2. El jefe de taller evalúa los requisitos del seminario y su naturaleza. 3. Evalúa al personal disponible. 4. Selecciona una persona y le notifica de la decisión. 5. Notifica al director de la decisión tomada. Esto se hace verbalmente, o telefónicamente, pocas veces se le envía una nota formal. <p>CHARLAS TÉCNICAS: Se imparten ocasionalmente al personal de instructoría en forma interna, en ocasiones específicas. Estas charlas se desarrollan por gestión del Jefe de Taller casi siempre. Proviene de empresas para promocionar productos. Las charlas son de carácter general para el personal del Taller de Mecánica y la temática varía de acuerdo se le parece al Jefe de Taller y si podría ser beneficiosos para los instructores. A veces las charlas técnicas se desarrollan de manera interna, es decir, entre las diferentes áreas de Mecánica.</p> <p>DESARROLLO DE PERSONAL: Se da solamente cuando se va a promover a un empleado.</p>
J) NORMAS APLICADAS AL DESARROLLO DEL TRABAJO		
24	¿Se trabaja bajo el criterio de utilización de algunas normas en el área de soldadura?	No. Se conocen algunas, pero no se aplican, ya que el trabajo realizado no demanda de niveles altos de calidad, en cuanto al trabajo de soldadura propiamente.

RESULTADOS DE ENTREVISTAS DIRIGIDAS A EMPRESAS E INDUSTRIAS

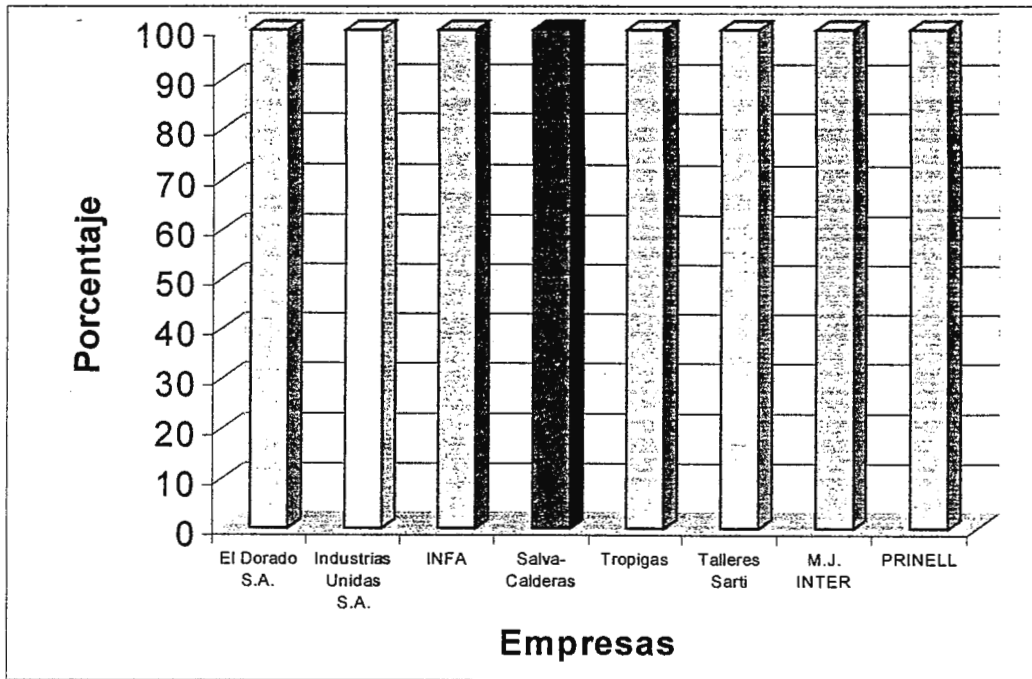
1. ¿Qué procesos de soldadura utiliza el personal técnico en su empresa?



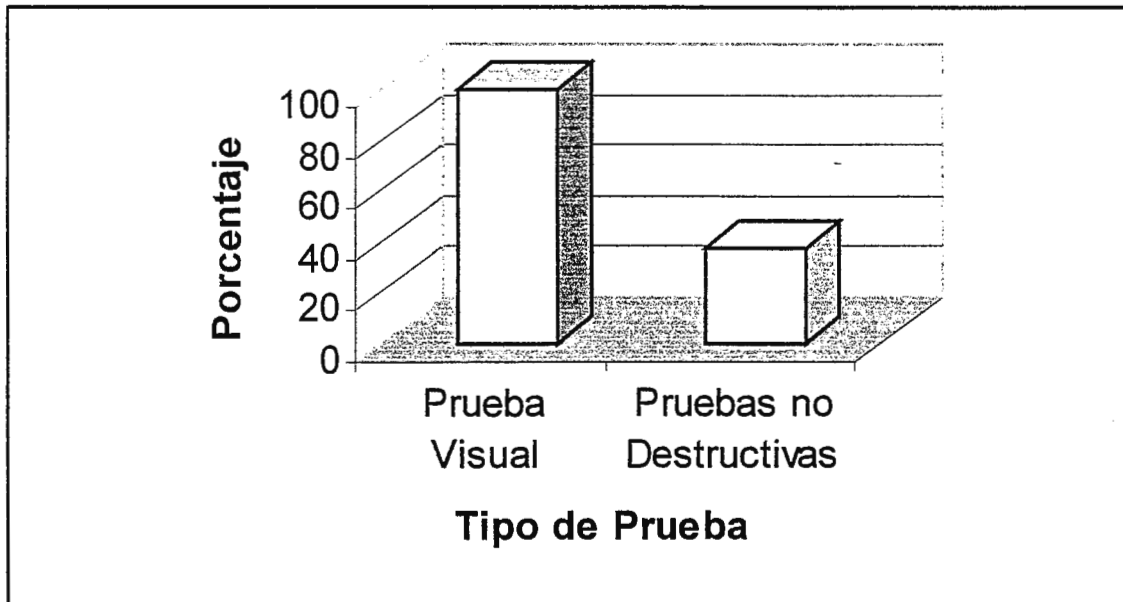
2. ¿Qué materiales de trabajo o tipos de aleaciones son más frecuentes cuando realiza operaciones con soldadura?



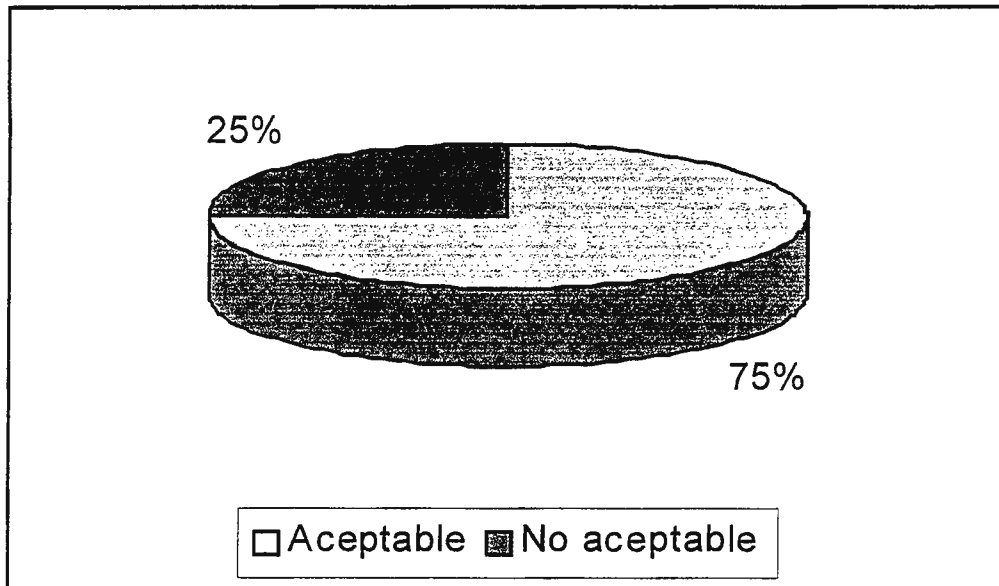
3. Al operar con procesos de soldadura ¿aplican normas de seguridad?



4. ¿Qué criterios utilizan para verificar el control de calidad en las costuras?



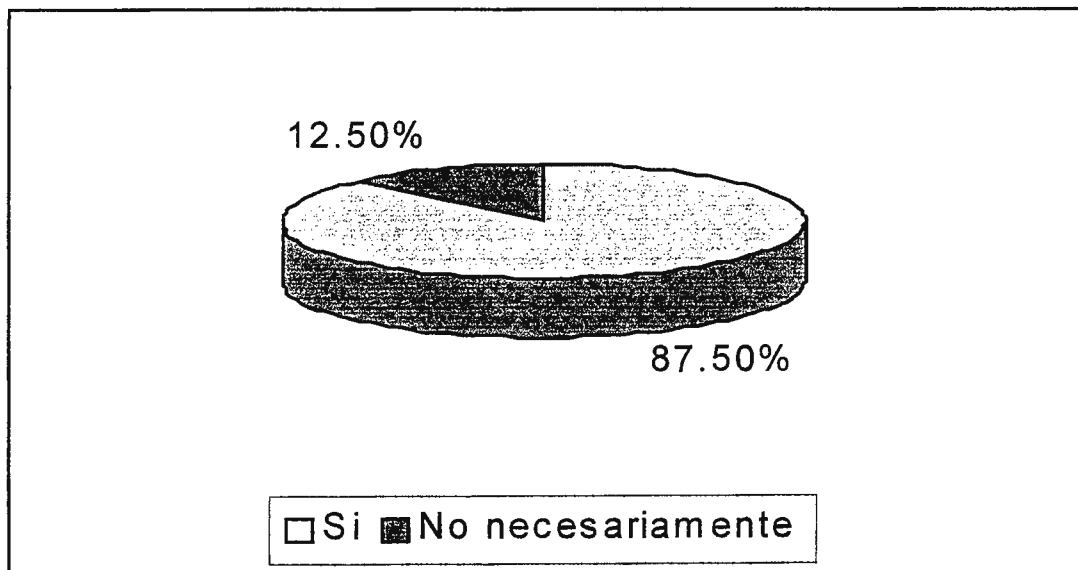
5. ¿Considera que la capacidad técnica de las personas que realizan las operaciones con procesos de soldadura son aceptables?



Observación:

Las empresas que manifiestan que no es aceptable la capacidad del personal en procesos especiales; es debido a que de una u otra manera trabajan con patrones internacionales de control.

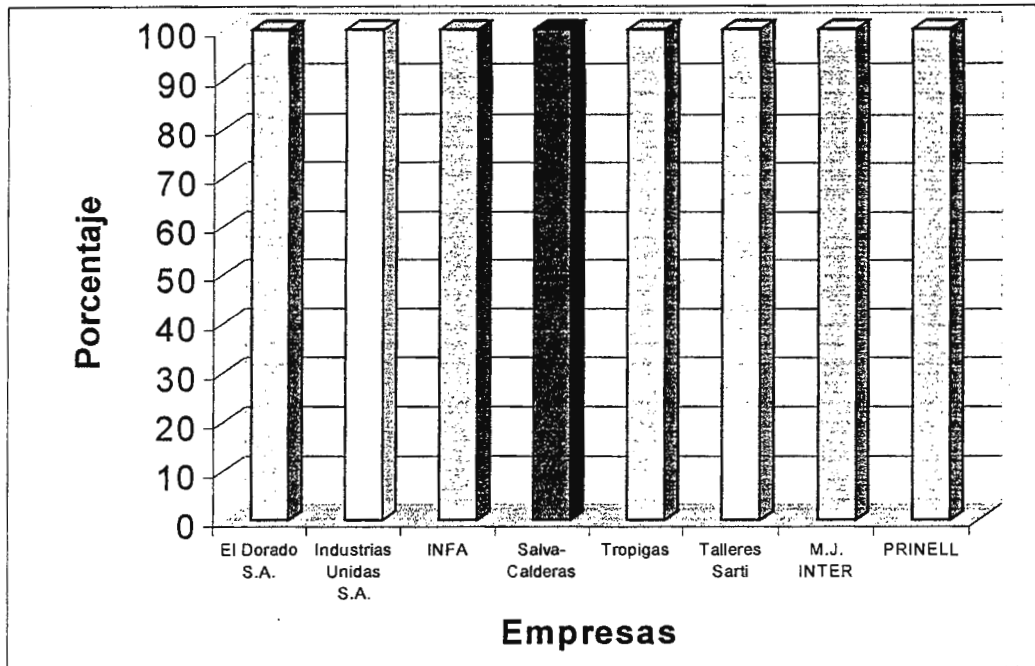
6. ¿Cree que la calidad de los trabajos en las construcciones soldadas podría ser excelente con técnicos formados específicamente en dicha área?



Observación:

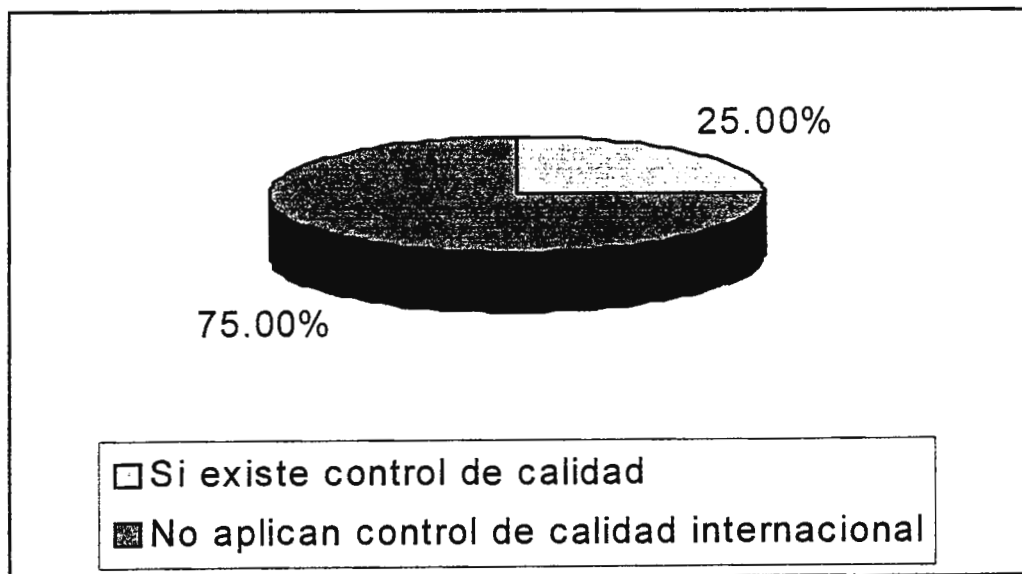
La calidad depende también de los materiales de consumo.

7. ¿Conoce algún centro o institución en el país que forme o capacite técnicos en construcciones soldadas de manera sistemática?



El 100% de las empresas no conocen ni una institución.

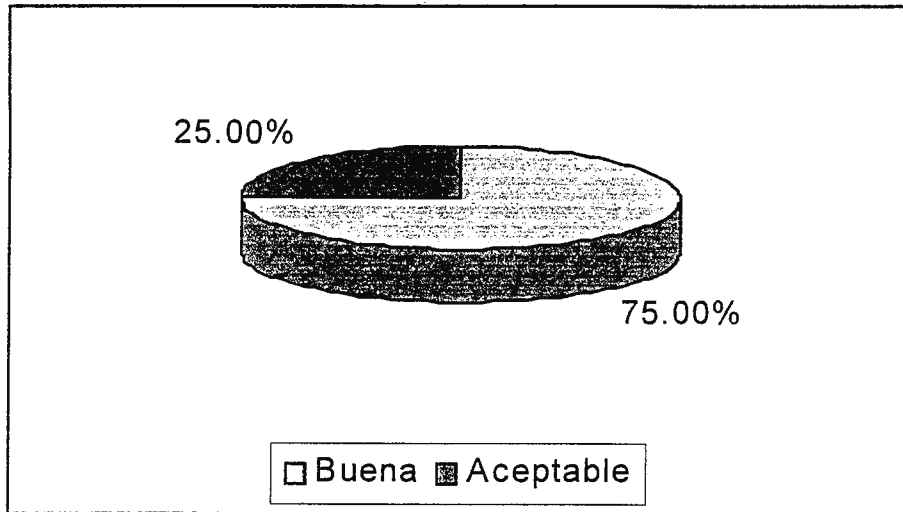
8. ¿Existe algún control de calidad en las costuras a partir de una norma Internacional en su empresa?



Observación:

Las empresas que aplican control de calidad internacional son las que se dedican a montajes o fabricación de estructuras donde el diseño lo especifica.

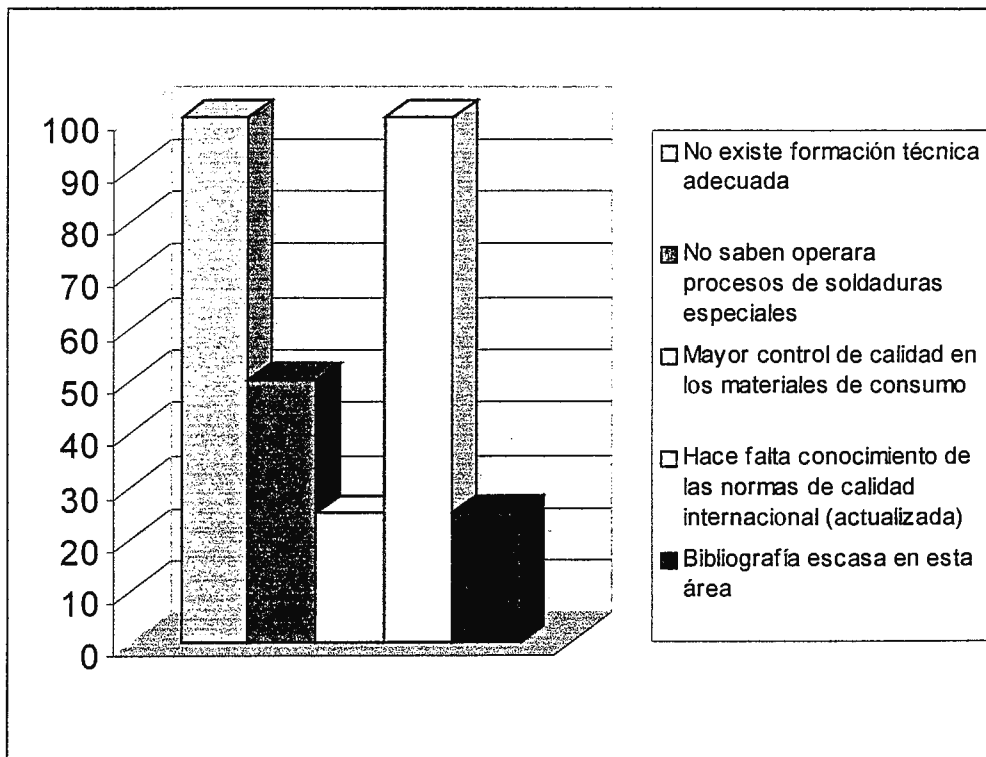
9. ¿Cómo considera que es la calidad del material de trabajo con el cuál desarrolla sus actividades (material base, material de aporte, fundentes)?



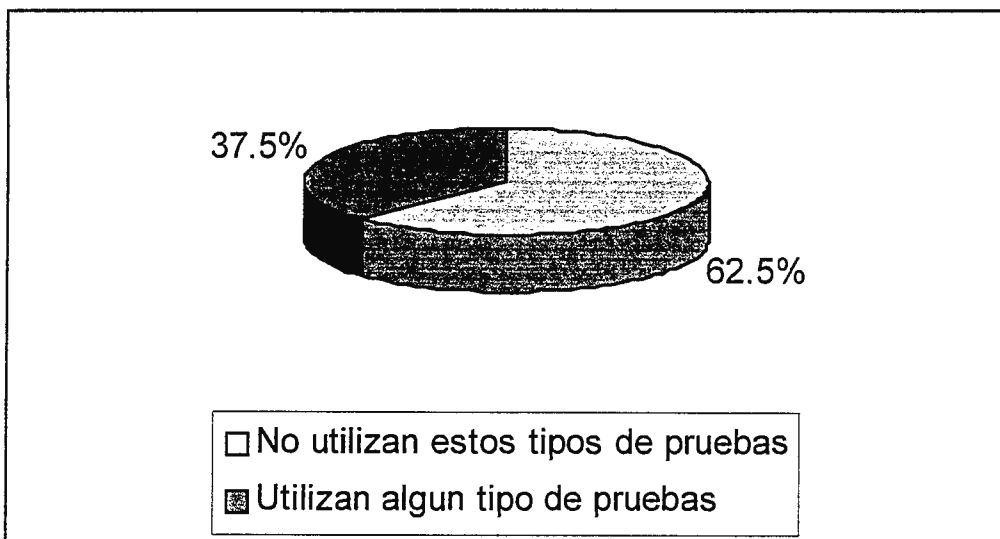
Observación:

Hay empresas que adquieren del exterior en forma particular el material de trabajo. Entiéndase por buena calidad aproximadamente en un 100%. Y entiéndase por aceptable una calidad de 75%.

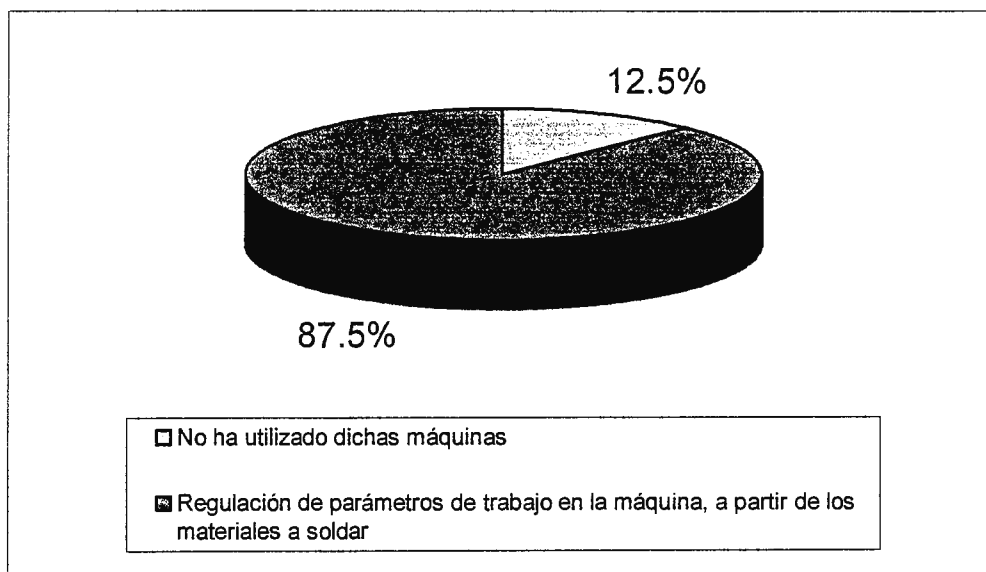
10. ¿Cuál considera que es el mayor problema con el que cuenta la industria salvadoreña al operar con los procesos de soldadura



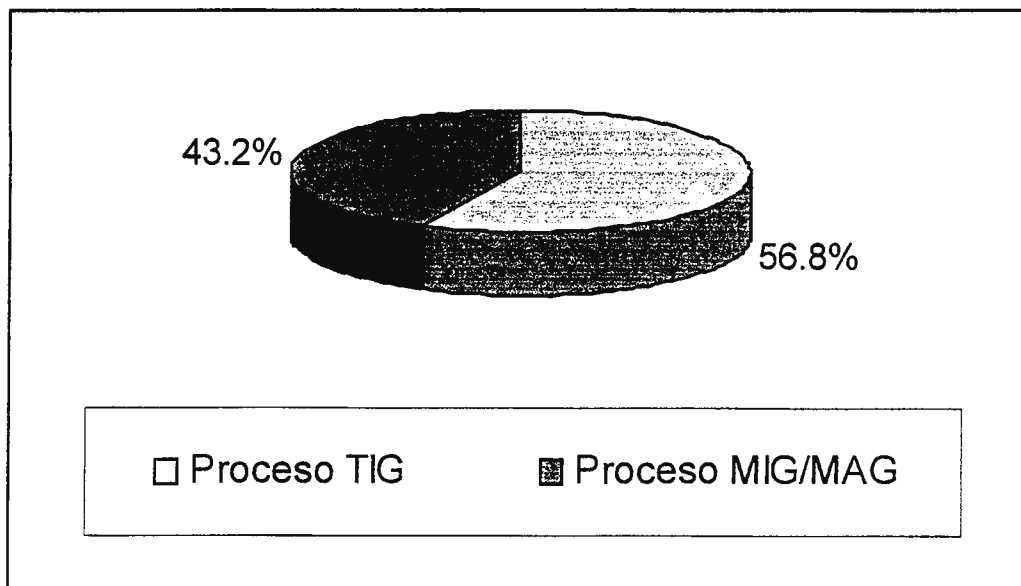
11. ¿Utiliza algún tipo de pruebas no destructivas para verificar la calidad en las costuras (ejemplo: ultrasonido, tintes penetrantes, rayos x)



12. ¿Cuál es la mayor dificultad que presenta el personal técnico al utilizar tanto los equipos TIG como MIG/MAG?



13. ¿Qué procesos de soldadura considera que son los más ideales al soldar con aluminios y aceros inoxidable?



Observación:

Hay en las empresas mucho personal técnico que no sabe operar las máquinas TIG y MIG/MAG

6.4 ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

El sondeo de calidad de trabajo en las industrias involucradas en construcciones soldadas, la calidad de materia prima de trabajo, así como nivel de formación tecnológica en los casos de capacitación, por parte de las instituciones involucradas en esta área; proporciona la información para efectuar el análisis y diagnóstico de la calidad de las costuras y ensambles en aleaciones ligeras y aceros inoxidable a partir de los procesos de soldadura TIG y MIG.

Como se observa en los resultados el efecto a estudiar es la calidad de trabajo por parte de quienes la ejecutan; y dentro de los factores o causas se notan:

Las técnicas de trabajo, la maquinaria, las políticas empresariales, sistemas de control de calidad, el personal, la materia prima, la normalización, los políticos, las instalaciones, la seguridad industrial y los centros de formación especializada.

Los resultados de investigación indican que los procesos de soldadura especiales en aleaciones ligeras y aceros inoxidable.

En El Salvador, con respecto a las características de control, están en un proceso de avance. Aunque esto no indica que la calidad no es aceptable en un 100%; debido a que el tipo de licitación de la estructura debe existir mayor criterio de calidad; refiriéndose en aleaciones de aluminio, aceros al carbono y aceros inoxidable. En la soldadura de estructuras metálicas, tales como acero al carbono con procesos de soldadura eléctrica con electrodo revertido, la calidad es aceptable hasta cierto rango.

En lo que se refiere estrictamente al control visual de las costuras donde se detectan los defectos más comunes como: cráteres, socavaduras, chisporroteo, falta de penetración y otros defectos; es en materiales tales como aluminio y aceros inoxidable donde es notoria la defectología ya que a veces no se cuenta con el proceso de soldadura más adecuado; ya sea por falta de equipo idóneo, técnicas de trabajo, conocimiento tecnológico de materiales de soldeo o falta de recurso económico. Por lo que se convierte en la principal razón de la calidad de una costura o ensamble determinado.

Esto lleva a concluir que en El Salvador, se realizan trabajos de mediana calidad, donde es notoria la falta de control de calidad normalizada, a partir de un estándar definido, tal como la A.W.S.

Debido a que en nuestro medio es poca la capacitación que recibe el personal técnico involucrado en éste que hacer; los motivos son varios, entre ellos:

- ✓ No existe una asociación salvadoreña de soldadura, la cual, podría en una u otra manera monitorear el estándar de calidad de las construcciones soldadas; tomando como referencia las normas internacionales de soldadura, tales como: la Asociación Americana de Soldadura (A.W.S).
- ✓ No existe una formación especializada en ésta área tanto a nivel tecnológico como en Ingeniería.
- ✓ No existe una institución o instituciones que formen personal técnico en procesos de soldadura, en un plazo determinado y con una metodología sistemática.

Entre las causas por las cuales no existe una formación formal en ésta área se tienen:

a) Calidad de recurso humano.

Actualmente el personal que domina ésta área, es poco y la mayoría reciben la formación en el extranjero o con la experiencia de trabajo, lo cual hace que el personal sea muy cotizado.

b) Infraestructura y Equipo.

Muchas veces el personal conoce de procesos especiales de soldadura, sin embargo las condiciones de trabajo no son lo más óptimas en cuanto a infraestructura y equipos de trabajo, lo anterior relaciona la seguridad industrial así como la calidad de los equipos de trabajo.

Políticas de capacitación de personal.

Muchas empresas no invierten en formación técnica de sus empleados, generando un retroceso en cuanto a los controles de calidad existentes. Lo anterior incluye actualizar maquinaria de trabajo y normas de higiene y seguridad industrial.

c) Finalmente, no hay una propuesta de formación, de tipo sistemática por parte de las instituciones que ofrecen éstos servicios. Es en este aspecto donde el presente trabajo de estudio se espera que sea el inicio a una formación continua en las construcciones soldadas a partir de patrones de calidad internacional.

Como puede observarse todas las causas influyen determinadamente en la calidad de una soldadura con procesos de soldaduras TIG y MIG, en aluminio y aceros inoxidable, todos dependen para implementar una buena formación en las construcciones soldadas.

A partir de una propuesta o modelo de calidad en formación tecnológica sistemática, se pretende:

- ✓ Minimizar los costos de producción; ya que con personal calificado, los criterios de realizar trabajos complejos son más amplios y se opta por la mejor manera.
- ✓ Mejorar la calidad en las construcciones soldadas, (Metalurgia de la soldadura), por parte de quienes la ejecutan.
- ✓ Adquirir el equipo adecuado de trabajo (máquina), así como la protección de tipo personal para quienes operan con tales procesos de soldadura.
- ✓ Conocer las características y propiedades de los materiales de trabajo, sometidos a diferentes esfuerzos de trabajo.
- ✓ Disminuir los riesgos profesionales en éste tópico de la Mecánica Industrial.
- ✓ Llegar a ser competitivos a nivel regional en cuanto a productividad y por ende buena mano de obra.
- ✓ Como última pretensión y objetivo final del estudio; trabajar con patrones de calidad internacional, tales como la Asociación Americana de Soldadura A.W.S.

6.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A partir de lo anterior se formula la interrogante:

¿ Cómo llegar a ser competitivos a nivel nacional y regional en la industria metal-mecánica y específicamente, en las construcciones soldadas; tanto en aleaciones ligeras como aceros inoxidables con procesos de soldadura T.I.G y MIG/MAG. ?

6.6 ALCANCES Y LIMITANTES DE LA INVESTIGACIÓN.

6.6.1 Alcances.

A través de la investigación, análisis y diagnóstico de la situación actual, se llega a obtener el problema; y es a partir de ahí que se pretende desarrollar en forma sistemática la propuesta del modelo de control de calidad en las construcciones soldadas en aleaciones ligeras y aceros inoxidables a partir de los procesos TIG y MIG/MAG.

6.6.2 Limitaciones.

En todo tipo de investigaciones existen diversas circunstancias que impiden o dificultan que todos los objetivos planteados se cumplan en un cien por ciento para el caso han existido limitantes tales como:

- ✓ Los procesos de soldadura en estudio no son todos los que se utilizan en las construcciones soldadas, sin embargo se pretende que el futuro técnico, llegue a obtener una formación más tecnológica, en dicha área.
- ✓ Los materiales metálicos en estudio no son los más utilizados en la mecánica, sin embargo son los de mayor importancia dado que el comportamiento metalúrgico y de soldabilidad en éstos son muy particulares; tales materiales son: los aluminio y los aceros inoxidables.
- ✓ El acceso limitado a la información por parte de las empresas en estudio.
- ✓ El número reducido de empresas que operan con los procesos de soldadura y materiales en estudio.

6.7 INSTITUCION PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR EL MODELO DE CALIDAD.

Es de hacer notar que el análisis y diagnóstico actual ya ha sido determinado y a partir de ello, se ha planteado como centro piloto el "Taller de soldadura del Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología, C.I.T.T.

Esperando con lo anterior mejorar los controles de calidad en las construcciones soldadas.

El objetivo final de tal propósito es formar buena mano de obra, combinando la parte teórico / práctica y con conocimientos de normas o patrones de calidad a partir de un modelo de calidad internacional, para el caso A.W.S. y D.I.N.

Sin embargo, para concretar dicho objetivo se deben analizar los puntos débiles que ya fueron expuestos anteriormente y se concluye que es necesario que existe una institución o Centro de Capacitación Tecnológica; las cuál cuente con la infraestructura y el equipo indispensable para poder implementar dicha actividad; por tanto el taller de soldadura del C.I.T.T. se ha tomando como modelo.

Para lo anterior hay que analizar la realidad actual de dicho departamento y luego a partir de un estudio específico de campo, hacer las observaciones del caso.

Para efectuar la investigación de campo es necesaria la recolección de datos los cuales se espera que den un alto grado de credibilidad o confiabilidad.

6.8 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA INSTITUCIÓN .

En éste apartado se ha tomado específicamente a la Universidad Don Bosco y particularmente al Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología. Ya que para realizar una propuesta de modelo de control de calidad, en las construcciones soldadas, se debe sondear la institución que podría ser el prototipo para que se ejecute dicha propuesta. Lo que implica conocer un poco la estructura organizativa.

6.8.1 Organización de la Institución (Ver anexo N° 9).

La Universidad Don Bosco, surge en El Salvador a partir de la experiencia en la formación técnica y académica. Por tanto la Universidad Don Bosco, se define como institución apolítica de inspiración cristiana, no lucrativa, dedicada a los estudios y enseñanzas superiores, a la investigación tecnológica y la difusión de la cultura. Fue fundada en 1984 y comenzó sus operaciones a partir de Enero de 1986. En la actualidad la Universidad Don Bosco ofrece carreras distribuidas en tres facultades:

- ✓ Facultad de Ingeniería.
- ✓ Facultad de Ciencias y Humanidades y,
- ✓ Facultad de Estudios Tecnológicos.

Además cuenta con un Centro de Investigación y transferencia de Tecnología C.I.T.T.

El centro de Investigación y Transferencia de Tecnología C.I.T.T., fue creado en el año de 1992, cuya misión es: (Ver Anexo N° 10)

En el contexto de la estructura de la Universidad Don Bosco, el CITT, cumple con doble finalidad:

- a) Hacia el interior de la Universidad, sirviendo de apoyo para la enseñanza práctica a través de los laboratorios, talleres y trabajos de graduación.
- b) Hacia fuera, ofreciendo servicios de asesoría, consultorías y capacitación a disposición de los sectores productivos que lo demanden.

En esta forma el CITT con su estructura organizativa (ver Anexo N° 11) constituye un vínculo entre lo académico y los sectores productivos y sociales del país.

Entre las finalidades del Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología, están:

- Promover planes o programas educativos acorde a la realidad nacional y al desarrollo tecnológico de la región.

- Brindar capacitación o actualización técnica especializada en función de las necesidades generadas por la industria del país, beneficiando con ello a grandes, medianos y pequeños empresarios.
- Velar por la calidad técnico / académica de la UDB a fin que los estudiantes puedan aplicar, rediseñar, perfeccionar, y aprovechar en forma óptima, los programas de desarrollo tecnológico.
- Participar en asesorías, consultoría, proyectos científico, tecnológicos o investigaciones para entidades de desarrollo educativo, social y de servicio, que ayuden al desarrollo del país.
- Cooperar con otras unidades de la U.D.B. en el desarrollo de programas y proyectos académicos, científicos y tecnológicos.

6.8.2 Patrimonio.

Todo el C.I.T.T. cuenta con un patrimonio que asciende a más de 54.4 millones de Colones en infraestructura y equipo, obtenido a través de donaciones, contribuciones y prestamos crediticios de instituciones intencionales y aporte de la institución Salesiana.

El C.I.T.T. cuenta con talleres de Mecánica Industrial, Computación, Hidráulica, Neumática, Electrónica, Electricidad, Biomédica, Comunicación Social y Metrología. Ya que el objeto de este estudio es específicamente el área de mecánica industrial se presenta a continuación una descripción de éste taller.(Ver anexo N° 12)

El taller de mecánica cuenta con:

- ___ Laboratorios de metalurgia y certificación de materiales
- ___ Laboratorios de hidráulica y neumática
- ___ Taller de soldadura
- ___ Taller de mecánica de precisión

Todas las áreas cuentan con maquinaria y equipos tecnológico actualizados.

6.8.3 Experiencia curricular del C.I.T.T. en soldadura

Desde sus inicios el C.I.T.T ha desarrollado para las industrias cursos cerrados de capacitación, actualización y perfeccionamiento de personal, entre los que se encuentran:

Curso: Soldadura TIG aplicada

Empresa: EL DORADO

Fecha: Feb..Marzo/96

Curso: Soldadura TIG

Empresa: EL DORADO

Fecha: 9 de Abril al 12 Junio/95

Curso: Soldadura Eléctrica, autógena y TIG

Empresa: UNISOLA

Fecha: 4 de Noviembre al 14 de diciembre/94

Curso: Soldadura TIG

Empresa: Nejapa Power

Fecha: Feb-Marzo/97

Curso: Soldadura especiales

Empresa: PRONAFORP

Fecha: Sep..Nov/97

Curso: Técnicas profesionales para soldadores

Empresa: Ingenio Central Izalco

Fecha: Octubre/97

A parte de estos cursos se han ofrecido los servicios de laboratorios en el área de metal mecánica para efectuar las practicas de las materias de Tecnología Industrial I,II y III, así como también de las materias de metalurgia de diferentes instituciones educativas de nivel superior como son:

Universidad Tecnológica

Universidad Albert Einstein

Universidad Politécnica de El Salvador

Universidad Don Bosco

Universidad Francisco Gavidia

Universidad José Matías Delgado

6.8.4 Recursos con que cuenta la institución

✓ Humano

✓ Material

a) Recursos humano de la institución:

Particularmente el taller de Metal-mecánica tiene definida las diferentes áreas que los componen y entre ellas el taller de soldadura. Para cada área hay una persona responsable, que es conocedor de su respectiva área.

En soldadura los encargados de dicha área son personas que manejan el tópico, ya que han recibido la formación en Construcciones Soldadas en la Ciudad de Barranquilla, Colombia, por un período de nueve meses.

Con lo anterior no se discute el grado de conocimiento teórico-práctico de quienes están al frente de dicho taller. Es el presente recurso el que se pretende explotar, ya que los criterios de formación adquiridos por parte de éstos, es como se puede llegar a una formación tecnológica a partir de un estándar de calidad.

Hay que considerar que el trabajador en una empresa es responsable de transformar los insumos en productos, imágenes o servicios; esto lo convierte en un elemento clave para lograr alcanzar los objetivos trazados

b) Recursos Materiales de la Institución:

Para que tenga éxito un proyecto, se debe crear una mezcla adecuada de personas dentro de la organización, que pueda apoyar el proyecto y apoyo externo para hacerlos más eficaces.

Equipo con los que cuenta el CITT en soldadura:

- Equipos de soldadura eléctrica
- Equipos de soldadura oxi-acétilénica
- Equipos de soldadura MIG *
- Equipos de soldadura TIG *
- Máquina pantógrafo para oxi-corte
- Equipo de corte con plasma
- Equipos para prueba y ensayo de materiales. Entre los que se pueden verificar y comprobar son: prueba de tracción, plegado, flexión, resiliencia, dureza y tintas penetrantes a las construcciones soldadas.

* Estos procesos de soldadura son los aplicados en el presente estudio, y han sido descritos en capítulos anteriores.

Todo el equipo anterior sin dejar a un lado la seguridad industrial que a los involucrados se les facilita en las prácticas.

Existen en el país pocas instituciones que cuentan con equipos de soldadura como los que tiene el CITT, para el caso se mencionan las siguientes instituciones que ofrecen servicios de capacitación a las empresas que los solicitan:

✓ Instituto Tecnológico Centroamericano (ITCA).

Cuenta con un área específica de soldadura y en particular con procesos de soldadura TIG y MIG/MAG.

✓ Instituto Técnico Ricaldone.

Cuenta con equipos de soldadura especiales para TIG y MIG/MAG

6.8.5 EL CRITERIO DE CALIDAD EN EL TALLER DE SOLDADURA DEL CITT

Actualmente no hay un criterio de calidad internacional establecido aunque se conocen. Es por ello que se nota la importancia de un modelo de implementación y es allí donde se justifica el tema en estudio.

6.8.6 MERCADO O CAMPO DE ACCIÓN.

La mayor parte de la industria Metal-mecánica opera con materiales metálicos que son su materia prima de trabajo. Todas las empresas que fueron encuestadas tienen un departamento de mantenimiento mecánico donde se ejecutan operaciones con procesos de soldadura. Otro tipo de industria se dedica a montajes de plantas industriales o mantenimiento de calderas, intercambiadores de calor, torres de enfriamiento, etc.; donde es evidente la aplicación de los procesos de soldadura tanto TIG como MIG/MAG, debido a las características de los materiales.

Los tipos de mercado más evidentes en los procesos de soldadura para el CITT son:

** Educación continua – formal

** Talleres e Industrias

- ✓ **Educación continua:** En este tipo de mercado se encuentran las universidades privadas incluyendo a los alumnos de ingeniería, así como los alumnos de la facultad de estudios tecnológicos de la Universidad Don Bosco. Es una formación que está contemplada en los planes de estudios aprobados por el Ministerio de Educación (desde el punto de vista teórico). El grado tecnológico de enseñanza es aceptable, sin embargo es a un nivel básico.

- ✓ **Talleres e industrias:** Talleres; es un mercado en menor escala, sin embargo hay talleres de estructuras metálicas que no tienen el recurso tecnológico para ejecutar obras con la aplicación de soldaduras especiales. Es ahí donde los trabajos son ejecutados en el taller de soldadura. Los materiales más comunes de soldeo son: Aceros aleados, Aceros inoxidable y Aluminio. Industria; es uno de los mercados más amplios con los que cuenta la institución, ya que se ofrecen servicios de asesoría técnica, capacitación y trabajo en construcciones soldadas.

Además el C.I.T.T., ofrece cursos de capacitación en diferentes áreas de la mecánica, lo que se conoce como educación no formal.entre ellos instituciones como, INSAFORP.

Los tipos de mercados antes descritos, reflejan una clara evidencia que es necesaria una metodología sistemática de formación en diferentes niveles.

Con el estudio realizado se espera que la empresa privada se involucre el la capacitación de su personal.

6.9 CRITERIOS BÁSICOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE CALIDAD EN LAS CONSTRUCCIONES SOLDADAS.

En el presente tema trata de proporcionar lineamientos o criterios básicos para que las empresas que deseen poner en práctica el modelo diseñado, puedan tener una guía a la cual recurrir y así poder aplicar con mayor eficiencia un control de calidad.

Es importante también que puedan llevar a cabo estos planes contando con la colaboración de su personal, para lo cual se pretende establecer una forma de cómo lograrlo.

Los aspectos considerados necesarios para la aplicación del sistema son:

- i) Capacitación de personal.
- ii) Motivación laboral.
- iii) Calidad y cambio actitudinal.
- iv) Trabajo en equipo para incrementar la productividad.

6.9.1. CAPACITACION DE PERSONAL

La capacitación de personal tiene una finalidad específica dentro de la industria; es necesario desarrollar experiencias que modifiquen el comportamiento de los empleados de tal forma que lo que el trabajador realice en su tarea sea eficaz para los objetivos y fines de la empresa.

El conocimiento y actitud que se requiere para desempeñar un trabajo, tienen que ser aprendidas por los que lo realizan; hay muchos trabajadores que han adquirido esas cualidades a fuerza de experiencia. Hay otros que éstas bases las han aprendido a partir de una formación sistemática, y luego las pueden complementar con el ejercicio de éste.

La capacitación comprende todas las actividades que van desde la adquisición de una sencilla habilidad motriz, hasta el desarrollo de un conocimiento técnico complejo. La efectividad de la capacitación en una empresa está relacionada estrechamente con numerosos factores, y en particular con la eficacia de otros procedimientos de personal. Es especialmente interesante su relación con la efectividad de la selección de los empleados y de los procedimientos de la colocación de empleados en sus puestos.

Una mala selección de personal puede elevar los costos de adiestramientos. Se puede expresar entonces que la capacitación es por tanto, el conjunto de procedimientos formales que una empresa utiliza para facilitar el aprendizaje de sus empleados, de manera que su conducta resultante, contribuya a la consecución de los fines y objetivos de la empresa.

6.9.1.1 La capacitación como medio para la consecución de la empresa

El adiestramiento es uno de los procedimientos de personal utilizados por la empresa para conseguir los objetivos. Puede dirigirse hacia objetivos intermedios como reducción de accidentes o mejora de la calidad.

No opera de forma aislada a otros procedimientos de personal, que dependen mutuamente de su eficiencia y contribuyen a ella.

Estos procedimientos pueden permitir a la dirección el uso efectivo de los numerosos instrumentos que están a su disposición y parecen indispensables para la operación eficaz de una industria moderna.

6.9.1.2 Técnicas de procedimiento aplicable en un proceso de capacitación.

a) METODOS.

Dentro de los métodos a utilizar se mencionan los siguientes:

✓ Método de Instrucción en el Trabajo.

Se refiere a que una persona conocedora del tema, prepara dicho trabajo de capacitación, de tal manera que pueda ser presentado al participante con una serie de pasos consecutivos. Este método es el más utilizado.

✓ Método de Clases.

Este método se desarrolla en aulas, en donde por lo general participan una gran cantidad de personas, con una cantidad mínima de instructores. Toda la información e instrucciones que se imparten por este método, se hace por medio de lecturas, demostraciones, filmes, y otro tipo de material audiovisual. Dicho método será impartido en las áreas que por su magnitud o tipo de enseñanza lo permitan.

b) TECNICAS.

Las técnicas son los medios de apoyo de los métodos, su empleo en particular dependerán de los objetivos que se pretenden alcanzar, el nivel educativo y nivel de comprensión que tenga el grupo participante, como la capacidad del instructor.

6.9.2. MOTIVACION LABORAL

La labor del factor humano dentro de toda empresa es fundamental e imprescindible. Son los empleados que con sus ideas y habilidades logran que todas las funciones de la empresa se realicen.

Dentro de cada trabajador existen siempre las necesidades, metas y objetivos que pretende alcanzar, y si éstas a su vez están acorde con los de la empresa, ellos se sentirán más comprometidos hacia la consecución del logro de las mismas.

Recae la responsabilidad en los dirigentes de la empresa de lograr la congruencia de objetivos de una forma sencilla, proporcionándoles a dichos empleados el planteamiento de cómo están sujetas las metas de todo el personal con los de la empresa.

Si se consigue que el empleado se comprometa, se forzará y participará en la consecución de los objetivos de la empresa.

Por lo tanto sino se logra el esfuerzo del empleado por alcanzar dichos objetivos será mínimo, y se tendría que ejercer un mayor control.

Dentro de las actividades desarrolladas por los grupos de mejora y que ofrecen al empleado la oportunidad de conseguir sus metas personales y a la vez con las de la empresa, brindando a sus miembros la oportunidad de participar y proponer soluciones en la identificación de los problemas que les afectan, se tienen las siguientes:

6.9.2.1 Motivación a través de incentivos.

Todo individuo trabaja para satisfacer sus propias necesidades.

INCENTIVO: Es toda condición crítica que se controla de manera deliberada para hacer que el individuo, se comporte en forma deseada.

Para que el proceso de los grupos de mejora sea efectivo en el transcurso del tiempo, se deberán brindar los incentivos a los empleados que participan en éste.

Siendo algunos de estos:

✓ **Los reconocimientos dentro y fuera de la empresa.**

Los reconocimientos dentro de la empresa todos los logros alcanzados por los grupos de trabajo.

✓ **Reconocer la competencia dentro de la empresa.**

El Sistema de competencia contribuye a motivar la participación.

✓ **Por medio de incentivos económicos.**

Prestaciones como víveres, seguro de hospitalización, bonificaciones, etc.

✓ **Por medio de promoción y ascenso.**

La existencia de grupos de mejora, crea una nueva jerarquía dentro de toda empresa. Todo programa para poner en marcha los grupos de trabajo mencionados se debe de estructurar teniendo en cuenta que con el transcurso del tiempo las funciones pueden constituir oportunidades de ascenso.

6.9.3. CALIDAD Y CAMBIO ACTITUDINAL.

Para introducir un control de calidad en una empresa es necesario cambiar la mentalidad y la actitud del personal. Por lo general siempre hay oposición a los cambios que se hacen en cualquier área; razón por la cual es importante trabajar para que haya una aceptación a las innovaciones, por medio de un cambio de actitud.

Entre las actitudes que podrían adoptarse para disminuir las resistencias al cambio, y una vez más, dependiendo ello del análisis que se haya hecho de la situación, encontrando entre otras, los siguientes:

- i) Escuchar las expresiones de resistencia y empatía
- ii) Someter el proyecto a las influencias de las personas a fin de:
 - * Beneficiarse con su participación.
 - * Darles la oportunidad de aprovecharse de él.
 - * Permitirles ajustarse a su situación.
- iii) Ajustar el período de implantación a las necesidades y capacidades de las personas.
- iv) Proporcionar los medios necesarios para facilitar la ejecución del cambio.
- v) Hacer que el cambio satisfaga una o varias necesidades percibidas.
- vi) Ajustar tanto el modo de implantación como la naturaleza del cambio .
- vii) Destacar las ventajas de cambio, sin ocultar sus dificultades o puntos débiles.
- viii) Reducir hasta donde sea posible, la porción de incógnita del proyecto de cambio.

6.9.4. TRABAJO EN EQUIPO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD

Dentro de toda empresa, existen personas que desempeñan diferentes roles y status, el trabajador es parte de un sistema hombre-máquina y también de un sistema hombre-hombre: trabaja con otros hombres en un entorno social.

Existen diferentes aspectos para poder incrementar la productividad entre ellas:

6.9.4.1. Tener conocimiento de nuestro equipo.

Dentro de una buena organización, se deberán crear grandes equipos, más que grandes individuos.

6.9.4.2. Tener moral alta en los trabajadores.

La moral es la medida en que satisfacen las necesidades del individuo, la moral de los trabajadores, es decir, su interés y entusiasmo para realizar su trabajo, es fundamental para el éxito de toda compañía.

6.9.4.3. La integración.

La productividad no puede ser la única meta de las empresas.

La integración de una empresa es su capacidad por mantener su estructura y función.

6.9.4.4. Liderazgo necesario.

La producción de una empresa es su rendimiento de bienes o servicios, la productividad es rendimiento por unidad de entrada de trabajo. En muchas empresas, la productividad es tan importante que con frecuencia se le considera como meta única.

En conclusión:

El trabajo en equipo es la mejor manera de llegar a los objetivos individuales y poder incrementar la productividad.

La comunicación en un trabajo en equipo debe ser clara, franca, de los objetivos o metas que persiguen.

Cada individuo cuando se propone y compromete, con llevar a cabo los logros institucionales, de él depende del éxito o fracaso.

CAPITULO VII

PROPUESTA DE UN MODELO DE CALIDAD EN ESTRUCTURAS SOLDADAS CON ENFASIS EN ALEACIONES DE ALUMINIO Y ACEROS INOXIDABLES.

LA INDUSTRIA SALVADOREÑA HOY.

“Ante el panorama de la modernización y transformación del sector productivo solo nos queda uno de dos caminos o cambiamos o nos morimos. El país no puede seguir haciendo lo mismo. Tenemos que adaptarnos a las nuevas corrientes. Re diseñar nuestra estrategia de desarrollo, tomando como fundamento a la investigación, al conocimiento y a la innovación tecnológica.

Para ello se necesita que la metrología, normalización, el recurso humano capacitado, las nuevas técnicas manufactureras, la cultura de la calidad, la informática, la computación, el mejoramiento de la infraestructura y servicios de apoyo a la producción y la gestión tecnológica entren en la acción empresarial. Es decir, la modernización y la transformación del aparato productivo nacional.

El Salvador propone una solución para alcanzar el desarrollo del país, utilizando los criterios que entran ejecutando los países llamados grandes: Competitividad, calidad, innovación tecnológica y modernización del sector productivo y gestión tecnológica”.

Fuente: Revista mensual, CONACYT, Septiembre, 1996

Por calidad se entiende; conjunto de atributos o propiedades de un objeto; que permite emitir un juicio de valor acerca de él. Por lo anterior se puede decir que la calidad de un producto puede ser nula , buena o excelente.

En el capítulo anterior se analizó la situación actual de las obras soldadas en la industria metal- mecánica de El Salvador, por medio de una investigación dirigida a las empresas e instituciones involucradas en ésta rama . Se determino que la realización de obras soldadas no cuentan con los controles de calidad que determina por ejemplo; la Asociación Americana de Soldadura. Se concluyó que el problema no es la mano de obra con la que se cuenta sino la formación tecnológica que reciben éstos en su etapa de formación, (no hay formación sistemática) ya que es de tipo práctico en un buen porcentaje.

A partir del análisis de los resultados se propone el presente modelo de verificar la calidad de las costuras a partir de pruebas de tipo destructivas como no destructivas.

Considerando que la industria salvadoreña se encamina a integrarse a un modelo global de normalización , las pruebas de calidad en las estructuras soldadas no son la excepción. Es por ello el interés de formar un grado de conciencia a quienes dirigen obras o montajes con procesos de soldadura, por medio de un modelo de control de calidad en estructuras soldadas, tomando como referencia los formatos de la Asociación Americana de Soldadura, entre otras.

El objeto principal de realizar la propuesta de modelo es, **“obtener la máxima seguridad posible de la calidad en los trabajos de soldadura”**.

Para lograr lo anterior debe haber una formación de tipo sistemática en donde se combine la parte teórica con la práctica por parte de los involucrados(quienes ejecutan las uniones.) .

El campo de aplicación del modelo cubre procesos de soldadura tanto T.I.G. como M.I.G. Aunque los formatos de algunas tipos de pruebas se pueden aplicar a otros procesos de soldadura.

Así mismo en elementos de construcción tales como:

- Construcción de tanques
- Calderas
- Obras hidráulicas
- Tuberías de transporte de fluidos
- Recipientes
- Otros.

Con lo antes descrito no significa que el modelo cubre la parte de cálculo y diseño ni mucho menos la ejecución de la obra, sino se hace referencia a los tipos de trabajos o costuras con las cuales el técnico soldador puede llegar a realizar.

En capítulos anteriores se describen los procesos de soldadura con los cuales el modelo hace referencia así como los materiales de trabajo y sus características tales como: aluminio y aceros inoxidables.

Alcances del modelo: el modelo establece los métodos de ensayo para determinar las características mecánicas de una junta soldada. Para lo cual se realizan pruebas de tipo destructivas como no destructivas. Apoyados por un formato de trabajo, preestablecido a partir de una norma internacional de soldadura.

Con lo anterior no se pretende calificar ni certificar personal en ésta área sino; implementar un modelo de tal manera que se llegue a formar personal técnico, considerando los criterios de éste ya que han sido seleccionados en su mayoría de la Asociación Americana de Soldadura. Lo ideal sería que la institución a la cuál se ha seleccionado como prototipo (C.I.T.T.), certificara personal técnico en los diferentes procesos de soldadura, sin embargo para ello hay una serie de requisitos que la institución no cumple, entre ellas; el reconocimiento de una institución internacional de normalización.(ej. A.W.S. y D.I.N.)

7.1. ESQUEMA GENERAL DEL MODELO DE FORMACIÓN TÉCNICA CON PROCESO DE SOLDADURA, APLICABLE A OPERARIOS DE LA INDUSTRIA METALMECÁNICA EN EL SALVADOR.

La propuesta del modelo se realiza de acuerdo a la necesidad actual, en la cual, involucra el control de calidad en estructuras soldadas.

El organigrama general (ver siguiente hoja), cubre tres áreas definidas de tal manera que el participante inicia con una formación básica y posteriormente, opta por una especialización la cuál puede ser:

- a) Procesos de soldadura eléctrica con electrodo revestido.
- b) Procesos de soldaduras especiales. T.I.G. y M.I.G./M.A.G.
- c) Proceso de soldadura oxiacetilenica.

7.1.2 PERFIL DEL PARTICIPANTE.

Participantes:

En esta apartado se hace referencia a la selección del personal a participar en el curso.

Es de considerar que hay dos tipos de participantes los cuales se clasifican a partir de:

- a) Personal con experiencia de trabajo, perteneciente a la empresa privada y personal con estudios mínimo de nivel tecnológico.
- b) Personal sin experiencia de trabajo.

Para la selección del primer grupo, se toma en cuenta la experiencia de trabajo a través de una evaluación teórica - practica, las cuales constan de:

- Evaluación Teórico.

Trazado, superficie planas y cilíndricas.

Conceptos generales de técnicas de fabricación.

Cálculos de uniones soldadas.

Interpretación de planos en construcciones soldadas.

Organización de sistemas productivos.

Fundamentos de electricidad.

Higiene y seguridad industrial.

Manometría.

Combustibles y carburantes en una combustión.

Electrodos.

Caudal.

Gases de protección (Argón, CO₂). Regulación de equipo de soldadura, electrodo revestido, oxiacetilénica, T.I.G y M.I.G/MA.G.

Defectos en soldadura.

Materiales metálicos; Conceptos y clasificación de:

Aceros (aleaciones).

Aluminio (aleaciones).

Fundiciones.

Cobres (aleaciones).

Propiedades mecánicas y tecnológicas de los materiales.

Tipos de ensayos en soldadura. Tanto destructivos como no destructivos

Tracción.

Doblado.

Dureza.

Tintas penetrantes.

Pruebas Visuales.

Otros.

Con lo anterior se pretende unificar el nivel con que cuentan los participantes.

Evaluación Práctica. En esta parte se hará énfasis a temas y ejercicios tales como:

Soldadura de raíz con proceso de soldadura eléctrica y electrodo revestido.

Lamina de 1/16" de espesor A-36 posición plana. Tipo de electrodo E6013, E6011 ó E6010, longitud de laminas: 25mm. Tipo de unión; a tope.

Soldadura en ángulo exterior en placas de acero de 3/8" de espesor; posición plana con 90° de separación.

- Electrodo: - Cordon de raíz electrodo E6010 o E6011.
- Cordon de presentación electrodo E7018

Soldadura en ángulo interior en lamina de 1/16 pulg. de espesor posición vertical ascendente o descendente con material de aporte; proceso de soldadura oxiacetilénica.

Oxicorte con placas de 1/2 pulg. de espesor, material acero A-36. Longitud; 40 centímetros.

Soldadura en ángulo interior; sobre cabeza en placas de acero A-36; 3/8" de espesor. Electrodo:

- Cordon de raíz; electrodo E6010 ó E6011
- Cordon de presentación, electrodo E6013

Al finalizar el participante la evaluación teórica y practica a partir de los temas y ejercicios prácticos propuestos; éste aprueba o no la etapa básica de formación.

Si el participante aprueba, pasa a la etapa de especialización en:

- a) Especialización en soldadura Oxiacetilénica
- b) Especialización en soldadura eléctrica
- c) Especialización en soldadura especiales TIG y MIG/MAG

Si el estudiante participante no aprueba la etapa básica, recibe la formación desde el inicio.

Nota: La evaluación teórica y practica será seleccionada y evaluada por un ingeniero en soldadura o ingeniero mecánico junto al supervisor en soldadura; este segundo debe tener certificación en construcciones soldadas.

Para la selección del segundo grupo, se requiere que el participante cumpla los requisitos siguientes:

- a) Edad mínima 18 Años
- b) Grado académico mínimo 9 Grado
- c) Buena salud física
- d) Estar inscrito en el curso de formación.

7.1.3. DESCRIPCIÓN Y CONTENIDO DEL MODELO (Organigrama).

A continuación se describen los contenidos de los módulos de formación a partir del modelo propuesto, así como los objetivos que se esperan cumplir.

1.0 TRABAJO EN LÁMINAS.

Con el presente tópico se espera que el participante:

- ✓ Adquiera los conceptos básicos de trazado en láminas, para aplicarlos en la industria.

Este modulo cubre contenidos tales como:

- _ Geometría.
- _ Desarrollo de sólidos.
- _ Dibujo técnico.

Para lo anterior se sugiere un contenido básico de trazos geométricos.

Tiempo sugerido: 30 horas

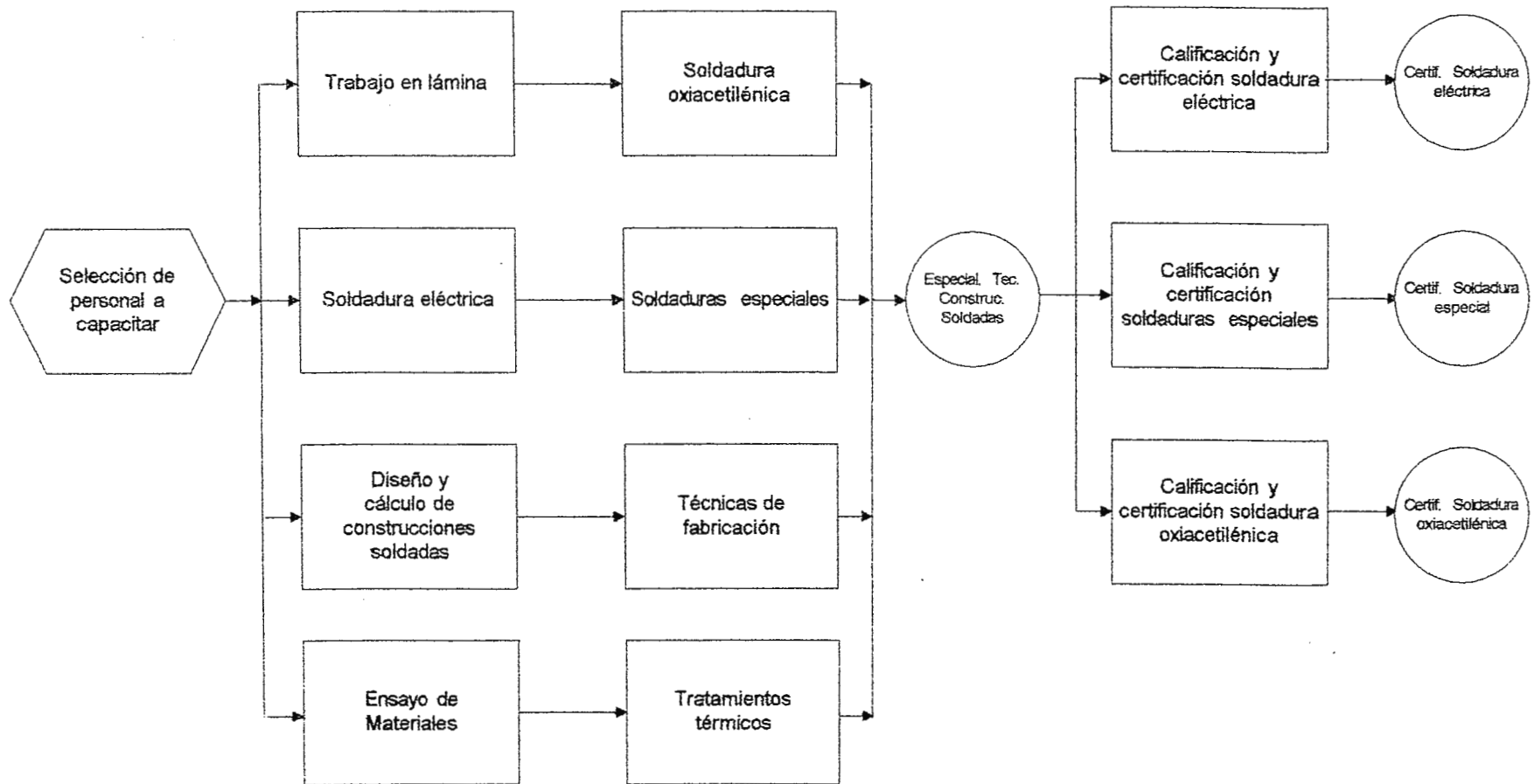
2.0 SOLDADURA ELECTRICA.

Es una formación básica a partir de generalidades de la soldadura eléctrica con electrodo revestido. Objetivo.

- ✓ Adquirir conocimientos teorico-practico en soldadura eléctrica con electrodo revestido.

En éste modulo se cubre una parte tanto teórica como practica entre las que se pueden observar:

Estructura Modular en Curso de Especialización Técnico en Construcciones Soldadas - Soldaduras Especiales



a) parte teórica;

- _ Electrotecnia básica ,
- _ Descripción del equipo de soldar,
- _ Arco eléctrico, electrodos, y seguridad industrial.

b) Parte practica;

- _ Estabilidad de arco .
- _ Regulación de parámetros de soldadura.
- _ Selección de electrodos de trabajo.
posiciones de soldadura(posición plana, posición vertical, posición horizontal) .
- _ Técnicas de empalme en cordón de soldadura.

Tiempo sugerido: 40 horas .

3.0 DISEÑO Y CALCULO EN CONSTRUCCIONES SOLDADAS.

En este modulo se espera que el participante:

- ✓ Adquiera los conocimientos básicos referente al diseño de obras soldadas.
- _ Interpretación de planos.
- _ Calculo de juntas a soldar.
- _ Equilibrio estático de cargas.
- _ Esfuerzos cortantes.

Tiempo sugerido: 40 horas.

4.0 ENSAYO DE MATERIALES.

El presente módulo tiene como objetivo:

- ✓ Formar en el participante los conocimientos básicos de las propiedades de los materiales , así como los diferentes tipos de ensayos tanto destructivos como no destructivos que se aplican en éstos.

Contenido:

a) Teórico:

- _ Generalidades de los materiales tanto ferrosos como no ferrosos.

- _ Propiedades de los materiales(mecánicas y tecnológicas).
- _ Clasificación de los aceros.
- _ Ensayo de materiales; tracción, compresión, dureza, fluencia y torsión.

b) Practico:

- _ Ensayo de tracción.
- _ Ensayo de compresión.
- _ Ensayo de flexión.
- _ Ensayo de dureza.

Tiempo sugerido: 30 horas.

5.0 SOLDADURA OXIACETILENICA.

Objetivo del módulo:

- ✓ Desarrollar la habilidad de soldar eel el participante, con el proceso de soldadura oxiacetilenica.

Esta etapa cubre las generalidades del proceso de soldadura por gas, considerando dos partes las cuales son.

a)parte teórica:

- _ Seguridad industrial.
- _ Manometría.
- _ Presión y caudal.
- _ Gases de trabajo(oxigeno y acetileno).
- _ Accesorios y tipos de llamas de trabajo.

b) parte practica:

- _ Soldadura en laminas por fusión.
- _ Soldadura en láminas con material de aporte.
- _ Posiciones de soldadura en juntas a tope y en V.
(posición plana, posición vertical, posición horizontal y posición sobrecabeza).
- _ Soldadura con bronce y oxicorte.

Tiempo sugerido: 40 horas

6.0 SOLDADURAS ESPECIALES.

Se pretende con el presente modulo:

- ✓ Que el participante adquiriera los conceptos tanto teóricos como prácticos, en los procesos de soldadura de electrodo de Tungsteno y gas inerte(T.I.G), y proceso de soldadura con arco metálico y gas de protección(M.I.G./ M.A.G.)

Contenidos:

a)Contenidos teóricos, cubren temas tales como:

- _ Generalidades de las máquinas.
- _ Voltajes y corrientes de trabajo.
- _ Arco eléctrico.
- _ Electrodo.
- _ Gases de protección.
- _ Caudales de trabajo en gases.
- _ Toberas y tipos de preparación en juntas a soldar.

b) Los contenidos prácticos cubren:

- _ Regulación de caudal de trabajo a partir del tipo de material de aporte.
- _ Preparación de electrodos de Tungsteno para proceso T.I.G.
- _ Soldadura a tope, soldadura en ángulo interior y soldadura en ángulo exterior.
- _ Posiciones de soldadura(plana y vertical).

Tiempo sugerido: 40 horas

7.0 TECNICAS DE FABRICACION.

Con el presente módulo se pretende:

- ✓ Formar en el participante los conocimientos tanto teóricos como prácticos en las diferentes técnicas de fabricación.

Para lograr lo anterior el curso presenta los siguientes contenidos:

a) Contenido teórico:

- _ Herramientas de corte.
- _ Geometría de los filos.
- _ Procedimiento de mecanizado.
- _ Tornear. Componentes del torno, accionamiento, herramientas, cilindrado, seguridad en el trabajo, etc.
- _ Fresar. Componentes del torno, accionamiento, herramientas, tipos de fresado, seguridad en el trabajo, etc.

b) Contenido práctico.

- _ Afilado de buriles.
- _ Cilindrado y refrentado.
- _ Fresado cilíndrico y frontal.

Tiempo sugerido: 50 horas.

8.0 TRATAMIENTOS TERMICOS.

Al finalizar el módulo se pretende:

- ✓ Que el participante conozca y sepa ejecutar tratamientos térmicos en los materiales.

Para que dicho objetivo llegue a cumplirse el participante recibirá una formación tanto teórica y práctica, tal como se detalla a continuación.

a) Contenido teórico:

- _ Clasificación de los aceros a partir de elementos de aleación y contenido de carbono.
- _ Polimorfismo y alotropía en los materiales.
- _ Tratamiento térmico en los materiales, temple, revenido, recocido, etc.
- _ Medios enfriantes en temple de aceros.
- _ Temperaturas de tratamientos térmicos.

b) Contenido práctico:

- _ Propiedades físicas y químicas en los materiales.

- _ Temple y revenido en materiales como: aceros,AISI O1, 1045, 4340.
- _ Cementado en acero AISI 1020.

Tiempo sugerido: 40 horas.

Finalizando y aprobando el participante los módulos de formación básica, éste estará en capacidad de iniciar el segundo bloque de formación . El cual corresponde a la especialización, para ello el participante selecciona uno de los tres procesos de soldadura a partir de sus expectativas. Estos son.

- a) Especialización en soldadura eléctrica
- b) Especialización en soldaduras especiales, T.I.G. y M.I.G./M.A.G.
- c) Especialización en soldadura oxiacetilénica.

Entiéndase como especialización técnica al conjunto de procedimientos sistemáticos para el desarrollo o ejecución de un área determinada.

Los contenidos tanto teóricos como prácticos en cada uno de las opciones antes citadas se presentan a continuación.

a) Especialización en soldadura eléctrica.

Objetivo:

- ✓ Al finalizar el modulo el participante estará en condiciones de ejecutar obras en estructuras soldadas, así como el criterio técnico en la metalurgia de la soldadura con el proceso de soldadura seleccionado.

El contenido cubre parte teórica y practica tal como:

- - Parte teórica:
 - _ Defectos en la soldadura eléctrica.
 - _ Metalurgia de la soldadura.
 - _ Generalidades de los aceros.
 - _ Aceros inoxidables.
 - _ Aleaciones de aluminio.
 - _ Aleaciones de cobres.
 - _ Fundiciones.

_ Electrodo de mantenimiento y de producción.

_ Ensayos destructivos y no destructivos en la soldadura.

- - La parte práctica cubre aspectos tales como:

_ Soldadura en planchas. Las posiciones de la soldadura a evaluar son ; plana(1F y 1G) , vertical(2F y 2G), horizontal(3F y 3G) y sobrecabeza (4F y 4G).

Para lo anterior se sugiere acero de estructura o acero A36, los aspectos a evaluar se presentan en la etapa de, tipos de pruebas en la soldadura.

_ Soldadura en tubería de acero , para lo anterior se evalúa la técnica de preparación de la junta, el cordón de raíz utilizando electrodo E6011 ó E6010, el cordón de presentación utilizando electrodo E 6013 ó E 7018.

Las posiciones que se sugieren son 1G, 2G, 5G, y 6G. Según A.W.S.

Las pruebas de soldadura serán de tipo mecánicos(destructivos) y visuales (no destructivos).

_ Soldadura de Mantenimiento, en esta etapa se sugieren ejercicios con materiales tales como: aluminio, fundición , cobre y sus aleaciones, aceros inoxidable y revestimientos duros. Para la soldabilidad de estos materiales se utilizarán electrodos de mantenimiento, la forma de evaluar las soldaduras en estos materiales se hará partir de ensayos de tipo mecánicos tales como: doblado , dureza, pruebas visuales y tintas penetrantes.

Tiempo sugerido: 100 horas

Para la evaluación de los ejercicios propuestos, esta será realizada por el inspector en soldaduras junto a un ingeniero mecánico. La evaluación se realiza a partir de pruebas tanto destructivas como no destructivas.

b) Especialización en soldaduras especiales T.I.G. Y M.I.G./M.A.G.

Objetivo:

- ✓ Al finalizar el modulo el participante estará en condiciones de ejecutar obras en estructuras soldadas, así como el criterio técnico en la metalurgia de la soldadura con el proceso de soldadura seleccionado.

En esta área se cubre aspectos tanto teóricos como prácticos a partir del objetivo establecido. Estos son:

◆ Contenido teórico:

- _ Defectos en soldadura T.I.G. y M.I.G./M.A.G.
 - _ Metalurgia de la soldadura.
 - _ Generalidades de los aceros.
 - _ Aceros inoxidables.
 - _ Aleaciones de aluminio.
 - _ Electrodo para proceso T.I.G. y M.I.G.
 - _ Gases de protección (Argón y Dióxido de Carbono).
 - _ Caudales de trabajo en diferentes tipos de aleaciones.
 - _ Electrotecnia de máquinas T.I.G. y M.I.G.
 - _ Tipos de juntas a soldar.
 - _ Posiciones de soldadura (plana, vertical, horizontal y sobrecabeza).
 - _ Protección del cordón de raíz en tuberías.
 - _ Seguridad industrial.
 - _ Ensayos destructivos y no destructivos en la soldadura.
- ◆ En la parte practica se sugiere:
- _ Parámetros de regulación al soldar con procesos T.I.G. y M.I.G.
 - _ Estabilidad de arco.
 - _ Preparación de electrodos de Tungsteno.
 - _ Selección de toberas de trabajo a partir de caudales en gases de protección.
 - _ Soldadura en láminas y planchas en acero inoxidable y aluminio.
 - _ Posiciones plana(1F y 1G), vertical(2F y 2G), horizontal(3F y 3G), con procesos T.I.G. y M.I.G.

- _ Soldadura en tubería de acero inoxidable, posiciones ; 1G, 2G y 5 G., tanto para procesos T.I.G. como M.I.G.
- _ Soldadura en tubería de acero A36, posiciones 1G, 2G y 5G.

Para la evaluación de los ejercicios propuestos, esta será realizada por el inspector en soldaduras junto a un ingeniero mecánico. La evaluación se realiza a partir de pruebas tanto destructivas como no destructivas.

El tiempo sugerido para tal especialización es: 100 horas.

c) Especialización en soldadura oxiacetilénica.

Objetivo:

- ✓ Al finalizar el modulo el participante estará en condiciones de ejecutar obras en estructuras soldadas, así como el criterio técnico en la metalurgia de la soldadura con el proceso de soldadura seleccionado.

Es de hacer notar que la soldadura oxiacetilénica, estará enfocada a materiales como, aceros y aluminio, así como la operación de corte con oxiacetileno (oxicorte). En el proceso de soldadura oxiacetilénica se consideran únicamente láminas que no sobre pasan 1/8" de espesor. tanto para materiales ferrosos como no ferrosos.

Los aspectos tanto teóricos como prácticos se detallan a continuación:

◆ Parte teórica:

- _ Higiene y seguridad industrial.
- _ Fundentes.
- _ Materiales de aporte.
- _ Generalidades de aceros al carbono y aleaciones de aluminio.
- _ Manometría y presiones de trabajo.
- _ Toberas.
- _ Corte con oxiacetileno.
- _ Maquinas de corte, etc.

◆ La parte practica cubre:

- _ Seguridad industrial al operara con el equipo de soldadura oxiacetilénica.
- _ Selección de presiones de trabajo.
- _ Soldaduras en posiciones 1F, 1G, 2F, 2G, 3F, 3G, 4F Y 4G, para la mayoría de aceros al carbono.
- _ Posiciones 1F y 1G, para aleaciones de aluminio.

Para la evaluación de los ejercicios propuestos, esta será realizada por el inspector en soldaduras junto a un ingeniero mecánico. La evaluación se realiza a partir de pruebas tanto destructivas como no destructivas.

Tiempo sugerido: 60 horas.

7.1.4 EVALUACIÓN.

Los parámetros de evaluación en cada uno de los ejercicios propuestos son aplicables a cada uno de las especialidades en soldadura, de igual manera en la parte practica la evaluación será a partir de pruebas de tipo destructivas(ensayo de tracción y flexión) , como no destructivas(visuales, dureza y tintas penetrantes).

Para lo anterior se cuenta con el formato adecuado para la evaluación en la calidad de las costuras.

7.1.5. MATERIAL DIDACTICO.

Durante el curso los participantes recibirán el material didáctico de la formación básica y la de especialidad. Dicho material será realizado por los responsables de la formación(supervisor de soldadura e ingeniero mecánico) ; del departamento de Metalmecánica del Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica de la Universidad Don Bosco.

Es de aclarar que el modelo no cubre la etapa de elaboración del material didáctico.

Es de hacer notar que la formación se enfoca a partir de temas sugeridos por normas internacionales tales como A.W.S. Y D.I.N.

Finalmente se aclara que al terminar la formación tecnológica, el participante no llega a tener la calificación y certificación tal como lo presenta el organigrama, ya que para ello la institución debe formar parte de una norma internacional de soldadura, por tanto, el actual proyecto no cubre los lineamientos para afiliarse a una norma internacional.

Es responsabilidad de la institución, realizar el proceso de acreditación para que en un futuro el presente modelo tenga la aplicación y desarrollo tal como se ha presentado.

NOTA: queda para futuros trabajos de graduación el desarrollo de ensayos no destructivos en los procesos de soldadura, entre ellos se tienen: partículas magnéticas, ultrasonido y rayos X.

No obstante el presente modelo incorpora formatos para pruebas tales como; partículas magnéticas y ultrasónicas.

7.2 EVALUACION DE LA CALIDAD EN LA SOLDADURA A PARTIR DEL MODELO DE FORMACION EN LOS PROCESOS DE SOLDADURA.

7.2.1 Objetivo:

Evaluar la calidad de la soldadura, bajo condiciones y procedimientos observados en el campo, según procedimientos de la AWS.

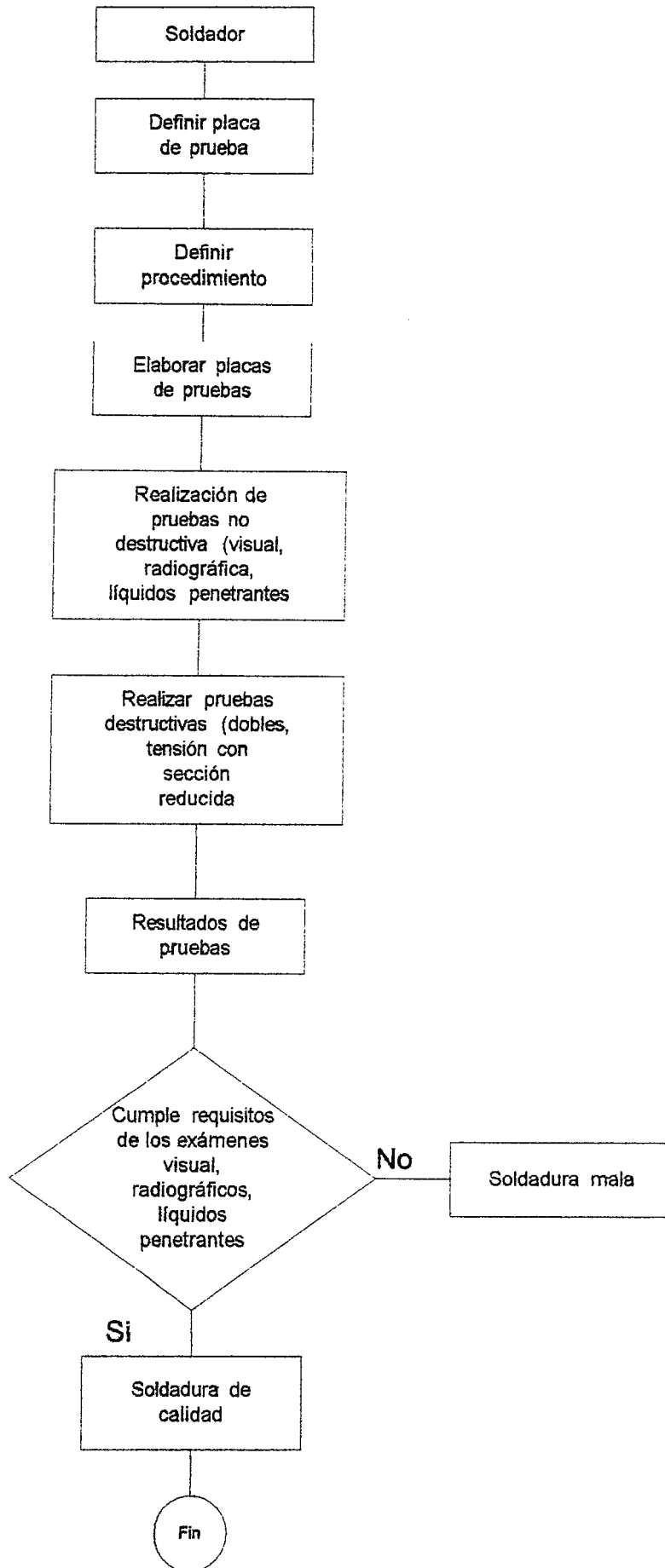
7.2.2 Descripción:

La evaluación consiste en describir una serie de pasos para mantener y controlar la calidad de la soldadura en un proyecto. Para tener mejor detalle de lo que se realiza, se presenta el siguiente flujograma.

El primer paso: consiste en seleccionar la persona a realizar la unión soldada.

Segundo paso: se define la placa de prueba en la que se realizará la unión soldada, la cual deberá cumplir ciertos requisitos de la Sociedad Americana de Soldadura o de otra norma internacional.

Tercer paso: seleccionar el procedimiento de soldadura con el cual se desarrollará la prueba o unión.



Cuarto paso: se procede a elaborar la soldadura en la placa seleccionada y con el procedimiento de soldadura seleccionado. (ver anexo N° 13)

Quinto paso: se realizan las pruebas no destructivas la cual pueden ser, con líquidos penetrantes, radiográfica, visual, ultrasónica, entre otras.(ver anexo N° 14)

En este paso el modelo se limita a la realización de pruebas tanto visual como de tintas penetrantes, los cuales presentan su respectivo formato. Tanto las pruebas de Rayos X como Ultrasónicas no son contempladas en el presente modelo debido a las limitantes que se tienen con el equipo. Se incluyen formatos de ultrasonido y magnaflux aunque no serán aplicados en el presente modelo.

Sexto paso: Terminadas las pruebas no destructivas se procede a realizar las pruebas destructivas las cuales pueden ser, de doblez, de tracción, de dureza, según se seleccionen.(ver anexo N° 15)

Para cada prueba destructiva antes mencionada se tiene el equipo adecuado para verificar la calidad de las costuras. Para ello el Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología de la Universidad Don Bosco, cuenta con:

- a) Máquina universal de ensayos. Para realizar pruebas de tracción, compresión, dobles y flexión.
- b) Durometro. Con este equipo se pueden realizar pruebas de dureza con los métodos:
 - **BRINELL.
 - **ROCKWELL B.
 - **ROCKWELL C.
 - **VICKERS.
- c) Péndulo tipo CHARPY. Se puede encontrar la resiliencia de una unión soldada o la resistencia al impacto de una unión.

La mayoría de los resultados en las prueba destructivas son ubicados en los formatos de control de las uniones soldadas. (ver anexo N° 15)

Séptimo paso: se procesan los resultados de las pruebas hechas a las probetas de la cual según los resultados de los análisis, se determina si cumple con los requisitos de los exámenes visual, de líquidos penetrantes, de dobléz, de tracción, de dureza. (ver anexo N° 16)

Octavo paso: La prueba cumple o no. El criterio para tal selección es a partir de las especificaciones de la Asociación Americana de Soldadura (particularmente, dado el tipo de formato a utilizar) tanto en las pruebas destructivas como no destructivas y en base a ello determina si la unión realizada en la placa de prueba es buena o no.

Los resultados de las pruebas son entregados al (los) participante(s) y a partir de éstos el participante esta apto o no para realizar una soldadura con los parámetros que fue evaluado.

En caso de no haber aprobado la evaluación , debe iniciar nuevamente el proceso.

7.2.3. ELEMENTOS A DEFINIR PARA LA CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA:

Los elementos a definir son los siguientes:

- a) Proceso de soldadura, material base y de aporte, y su corroboración de que formen parte del grupo de materiales y procesos de la AWS.
- b) Dimensión de las probetas de prueba según la AWS. Las dimensiones de las placas dependen del espesor a soldar.
- c) Tipo de unión y soldadura, según la AWS.
- d) Clasificación del material de aporte, según la AWS. Para la calificación del procedimiento de soldadura, estos datos forman parte del registro para dejar constancia del electrodo usado.
- e) Posición de la soldadura.

f) Procedimiento de soldadura. Para lo cual debe al menos de tener la siguiente información: proceso de soldadura, espesor de placa, uso de placa de respaldo, corriente y amperaje para cada pase de soldadura, tipo de cordón, limpieza y velocidad de recorrido en cada pasada de electrodos para la calificación del proceso de soldadura , etc.

7.2.3.1 El procedimiento para verificar la calidad de soldadura por parte del soldador, a partir de la A.W.S. son:

- Corroborar que el proceso y materiales para la calificación de soldadores formen parte del grupo de materiales y procesos aceptados por la AWS.
- Selección de placas o tuberías de pruebas con dimensiones y posiciones de soldadura que se utilizarán en la calificación de soldadores, lo cual depende de los elementos a unir y posiciones a realizar.
- Una vez seleccionadas las placas o tuberías de pruebas, se determina el tipo de pruebas a realizar (destruktivas o no destruktivas)
- Realización de pruebas no destruktivas (si las hay).
- Corte de probetas.
- Realización de pruebas destruktivas (si las hay).

Considerando que el presente modelo no cumple con los requerimientos completos de la A.W.S., no es aplicable para calificar y certificar soldadores a partir de la Asociación americana de Soldadura. Sin embargo se espera que sea un punto de partida para controlar las operaciones en soldadura.

7.3 METODO DE TRABAJO PARA EL DESARROLLO DE UNIONES SOLDADAS.

Para obtener las uniones soldadas en diferentes procesos, es necesario implementar una metodología: para la obtención de buena calidad en forma rápida y eficiente, la cual incluye:

a) Interpretación de planos de diseño. Para ello, el encargado del montaje o la obra y el inspector de soldadura deben revisar los detalles de las uniones soldadas, tales como: especificaciones del metal base y de aporte, indicaciones referentes al proceso de soldadura y el método de aplicación, proceso de soldadura con el metal indicado en el plano, simbología de soldadura y simbología de pruebas no destructivas.

b) Elaboración de planos de taller. Los planos de taller deben contener las dimensiones, clase de material, peso, designación de cada uno de los perfiles, las disposiciones de las uniones, las formas y dimensiones de las juntas soldadas, preparación de los bordes, procedimiento, método y posición de soldadura.

c) Seguridad industrial en la soldadura. Con respecto al equipo de protección del soldador debe de constar de. Uniforme, guantes, delantal de cuero, casco, protección visual y de respiración y de ventilación si es necesario.

Los peligros a que se expone el obrero al elaborar la soldadura son los siguientes: Descargas eléctricas, radiación de arco, contaminación del aire, incendio y explosión.

Para evitar estos riesgos la empresa que ejecuta la obra debe de adiestrar e informar a los soldadores sobre técnicas de seguridad en su trabajo, para que estos sean capaces de detectar cualquier tipo de riesgo y protegerse.

En el lugar de trabajo de soldadura, las normas generales que deben mantenerse como mínimos son:

- Evitar soldar en lugares húmedos.
- Realizar el trabajo de soldadura en lugares con adecuada ventilación, para evitar la contaminación del aire cercano al soldador.
- Mantener los materiales combustibles lejos del lugar de trabajo.
- Disponer de equipo contra incendios.
- Disponer de un botiquín de primeros auxilios.
- Protegerse de la radiación del arco al momento de realizar el trabajo.
- Revisar que los soldadores manejen el equipo y materiales correctamente.
- Mantener el lugar de trabajo con suficiente ventilación y proteger al soldador del calor excesivo producido por el trabajo de soldadura de materiales especiales, tales como aluminio y aceros inoxidable.

d)Calificación y selección de soldadores. El objetivo de la calificación de soldadores es el de determinar que este sea capaz de depositar una soldadura sin defecto.

Las especificaciones o términos, bajos los cuales se calificará a los soldadores depende principalmente del tipo de elementos, uniones y procedimientos de soldadura a utilizar. Aunque el presente modelo no aplica la etapa de calificación se han tomado los criterios a partir de la Asociación Americana de Soldadura.

Estos términos deben contener:

- Proceso de soldadura.
- Material base y de aporte a utilizar.
- Elementos a unir.
- Tipo de soldadura.
- Procedimiento de soldadura.

7.4 TEMAS COMPLEMENTARIOS AL MODELO DE CALIDAD EN LAS CONSTRUCCIONES SOLDADAS.

- Aspectos metalúrgicos de la soldadura
- Defectos en la soldadura.
- Ensayos para controlar la calidad de la soldadura . Generalidades.
 - Ensayos no destructivos
 - _ Examen visual.
 - _ Líquidos penetrantes.
 - Ensayos destructivos.
 - _ Prueba de Tracción.
 - _ Prueba de dureza.
 - _ Prueba de plegado.
- Simbología en la soldadura.

7.4.1. ASPECTOS METALURGICOS DE LA SOLDADURA.

7.4.1.1. Propiedades generales:

En este apartado, se mencionan algunas de las propiedades de los metales y algunas pruebas que se han desarrollado con el objeto de medir con precisión las propiedades de aquellos. Y también se harán mención de algunas reglas básicas relacionadas con las propiedades de los metales en la soldadura.

Resistencia de los metales. Es la capacidad de un metal de oponerse a la destrucción de un metal bajo la acción de carga externa. Dos de estas cargas (tensión y compresión) se determinan por medio de una máquina universal de pruebas, capas de vencer los ligamentos que tienen unidas las moléculas que forman las estructuras de los metales.

A veces es conveniente probar la resistencia a la tensión de una placa de material soldada y analizar los resultados obtenidos a partir de las condiciones iniciales .

La muestra soldada de la placa será mayor que la probeta normal.

Elasticidad: A medida que se aplica gradualmente una carga en una máquina para pruebas de tensión, se ve que la probeta se estira durante algún tiempo, luego se produce la formación de un cuello o estricción en algún punto y por último al aumentar la carga se rompe; el estiramiento que se observa no es uniforme, al principio es un estiramiento elástico y luego es permanente. *El límite elástico*, por tanto, es el punto en el que comienza la deformación permanente.

Ductilidad: Un material dúctil es aquel que puede deformarse permanentemente sin romperse o sin fallar. El hecho de que un material se doble con facilidad no quiere decir que sea dúctil, al menos que tal doblez represente una deformación permanente. Existen cuatro métodos en uso para medir la ductilidad:

- a) La ductilidad se puede expresar como la magnitud de un estiramiento permanente.
- b) La ductilidad se puede medir mediante la utilización de la diferencia del área original de la sección transversal y el área más pequeña en el punto de ruptura en una prueba de tensión. Conocida como *prueba de reducción de área*.
- c) Prueba de doblez libre.
- d) Prueba guiada de doblez.

Fragilidad. Esta es una propiedad contraria a la ductilidad; los materiales frágiles son aquellos que se rompen sin deformación permanente apreciable y tienen una baja resistencia al choque o al impacto.

Dureza: La dureza es una propiedad muy compleja de la materia, en estado sólido. Es una propiedad con la que se debe estar familiarizado el soldador. En el sentido más amplio, se entiende por dureza de un material la resistencia superficial a la deformación. Una diferencia en la dureza indica una diferencia en la resistencia o en alguna otra propiedad.

El calor de la soldadura puede cambiar la dureza de los metales que se están soldando, o puede haber una diferencia en dureza entre el metal depositado y el metal base. Está determinada, para los metales principalmente, por la estructura cristalina, la presencia de átomos extraños o moléculas extrañas en el conjunto.

Las pruebas de dureza se usan mucho para verificar la uniformidad del material de las partes metálicas durante la producción. Cualquier falta de uniformidad es revelada rápidamente por su excesiva dureza o por su excesiva blandura.

Tenacidad. Es una propiedad de los metales que le permite soportar esfuerzos considerables, aplicados lentamente en forma continua o intermitente deformándose antes de romperse. La prueba más usada para determinar esta propiedad es la de impacto. En esta prueba se corta una probeta rectangular de la parte que se va a probar y se prepara según el sistema en que se realizara el impacto.

Propiedades químicas: de las muchas propiedades químicas de un metal la de mayor importancia para el soldador es la de *corrosión*. La resistencia a la corrosión es la capacidad para resistir tal ataque. Los efectos de la corrosión se ven incrementados por el calor, aunque para la mayoría de los fines se considera la corrosión como un ataque que tiene a la temperatura ambiente.

Propiedades eléctricas: las propiedades eléctricas de interés para el soldador, son la resistividad eléctrica y por consiguiente, su conductividad eléctrica.

En la soldadura con arco, la resistividad es sólo de ligera importancia para el calentamiento del electrodo. Al igual que la conductividad térmica, la conductividad eléctrica depende del contenido de elementos de aleación del material.

Propiedades térmicas: Entre ellas se tienen: la conductividad térmica, el coeficiente de dilatación térmica, la fusibilidad y el calor de fusión. La conductividad térmica y el coeficiente de dilatación térmica son de gran importancia para el soldador, porque estas propiedades determinan la clase y la cantidad de

dispositivos de sujeción que se requieren para minimizar la deformación de la pieza de trabajo durante la soldadura.

Los aspectos metalúrgicos de lo que tiene lugar en la zona de soldadura durante el enfriamiento difieren algo de los que se observan durante el enfriamiento de una pieza fundida.

Debido a que el metal fundido durante la soldadura es bien pequeña, la solidificación se lleva a cabo en cuestión de segundos.

7.4.2. DEFECTOS EN LAS SOLDADURAS

El soldador tiene que cuidar con meticulosidad que cada cordón resulte lo más sano posible. Para lograr soldaduras de calidad radiográfica se requiere básicamente un cambio de actitud por parte del soldador.

Los defectos que invariablemente buscará un inspector en soldaduras son:

Socavamiento. Por lo general esto no ofrece dificultades. Casi siempre prevalecen en cierto grado en el cateto vertical de los cordones de filetes grandes y horizontales. Pero el solo hecho de existir tal defecto no significa que la soldadura sea del todo inaceptable la presencia del socavamiento, excepto bajo cargas de fatiga, no es tan perjudicial como pudiere pensarse.

Cráteres en la soldadura. Todo proceso de soldadura de arco produce un cráter de soldadura. La habilidad para llenar este cráter al terminar de soldar varía considerablemente con la corriente utilizada, el tamaño de la soldadura y otros factores.

La mayoría de los códigos hacen una indicación general relativa al relleno de cráteres. El código Estructural de la AWS indica que *todos los cráteres deberán rellenarse al tamaño de la sección completa del cordón.*

Porosidad: Este termino se usa para describir los huecos globulares, libres de todo material sólido, que se encuentra con frecuencia en los cordones de soldadura.

En realidad los huecos son inclusiones que resultan de las reacciones químicas que tienen lugar durante la aplicación de la soldadura.

Inclusiones no metálicas: Se usa para describir los óxidos y otros sólidos no metálicos que se encuentran a veces en forma de inclusiones alargadas y globulares en los cordones de soldadura.

Generalmente cuando se suelda con arco metálico protegido y por el proceso de arco metálico protegido con gas se forma una depresión en y la mayoría de las inclusiones pueden evitarse preparando correctamente la ranura antes de depositar cada cordón, teniendo cuidado de corregir los contornos en los que puede dificultarse el lograr penetración completa con el arco.

Agrietamiento: El agrietamiento de las juntas soldadas ocurre por la presencia de esfuerzos multidireccionales localizados que en algún punto rebasan la resistencia máxima del metal. Cuando se abren grietas durante la soldadura o como resultado de éstas, generalmente solo es aparente una ligera deformación de la pieza de trabajo.

Para evitar estas condiciones indeseables, generalmente se especifica un tratamiento térmico de relevado de esfuerzos para las secciones gruesas. Una zona sin fundir en la soldadura puede dar lugar a grietas sin deformación apreciable, si dicha zona se somete a esfuerzos de tensión. Al soldar dos placas, la raíz de la soldadura queda sujeta a esfuerzos de tensión al depositarse las capas sucesivas.

Agrietamientos del metal de la soldadura :El agrietamiento del metal de la soldadura tiene más probabilidades de ocurrir en las primeras capas de soldadura que en cualquier otra parte, y de no repararse continuará pasando a las demás capas al ir siendo depositadas

Agrietamiento del metal de base. Este tipo de agrietamiento es por lo general de naturaleza longitudinal y tiene lugar dentro de las zonas afectadas por el calor del metal que se está soldando y casi siempre está asociado con los materiales templados.

La dureza y la fragilidad que hay en la zona afectada por el calor en las uniones soldadas, son defectos metalúrgicos producidos por el ciclo térmico de soldadura y se cuenta entre las causas principales de agrietamiento.

Fusión incompleta: Se emplea en sentido más restringido para describir la situación en la que no se logra fusión entre las capas adyacentes del metal de la soldadura o entre éste y el metal de base. Tal situación puede ocurrir en cualquier punto de la ranura.

Penetración incompleta. Con este nombre se describen las situaciones en las que el metal depositado y el metal de base no se funden en forma integral en la raíz de la soldadura. Puede ser ocasionado porque la cara de la raíz de la soldadura de la ranura no alcanza la temperatura de fusión a toda su altura o por que el metal de la soldadura no llega a la raíz de una soldadura de filete y deja un hueco ocasionado por el puenteo del metal de la soldadura desde un miembro al otro.

Socavaciones. Se emplea este término para describir:

La eliminación por fusión de la pared de una ranura en el borde de una capa o cordón, con la formación de una depresión marcada en la pared lateral en la zona que debe de unirse por fusión la siguiente capa o cordón; o

La reducción de espesor en el metal de base, en la línea en que se unió por fusión el último cordón a la superficie.

7.4.3 ENSAYOS PARA CONTROLAR LA CALIDAD DE LAS SOLDADURAS.

El primer paso a seguir para controlar realmente la calidad es determinar el grado de calidad requerida para cada soldadura en particular.

Después de haber determinado el grado de calidad de las soldaduras, se prepara una hoja de procedimiento de aplicación. Si después de probar cierto número de soldaduras se encuentra que éstas tienen características de desempeño en exceso de las normales, debe de modificarse el procedimiento de aplicación y hasta el diseño mismo de la junta.

Cualquiera que sea la configuración de la junta o el procedimiento de aplicación, deben calificarse los procedimientos de soldadura antes de aplicarse. Si no es posible probar el procedimiento en partes reales de producción, debe soldarse imitaciones de la junta en cuestión, usando el mismo tamaño, tipo y forma de la pieza de trabajo y del metal de aporte. Si el soldador que ha de ejecutar el trabajo califica, también el procedimiento, la calidad de la soldadura producida puede usarse también como verificación final de la habilidad del soldador.

El presente trabajo es solamente un modelo de implementación a partir de las normas internacionales A.W.S y D.I.N. Se han considerado aspectos de calidad en los procesos de soldadura de tal manera que a partir del modelo surgido se llegue a adoptar una cultura de calidad en los procesos de soldadura.

JUNTA SOLDADA: Es la junta que se caracteriza por presentar de acuerdo a la figura N° 15, las zonas siguientes:

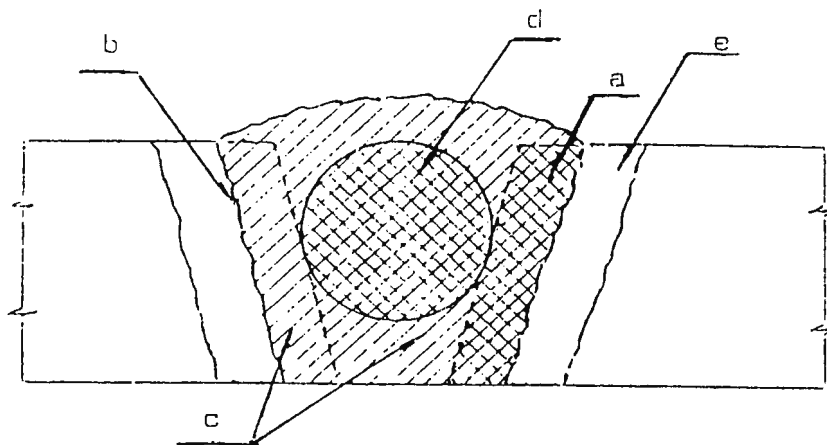


Figura N° 15. Partes de un cordón de soldadura.

Fuente: Tomado de referencia N° 18

- a) Zona de penetración. Es la zona que está limitada por la superficie original del material base y la línea de fusión.
- b) Línea de fusión . Es el límite entre la zona fundida y la zona no fundida en el material base.
- c) Zona soldada. Es la zona donde el material base ha sido fundido y mezclado con el correspondiente material de aporte.
- d) Zona de soldadura pura. Es la parte central de la zona soldada, donde el material de aporte ha sufrido la menor dilución con el material base.
- e) Zona de transición. Es la zona del material base cuya estructura se modifica casi total o parcialmente por la acción del calor de la soldadura.

Con el nombre genérico de *ensayos* se designa una serie de procedimientos normalizados que tienen por objeto conocer o comprobar las características y propiedades de los materiales o descubrir los defectos en las piezas fabricadas. Los ensayos se han hecho indispensables en la industria moderna, realizándose sistemáticamente para control de calidad de la producción y para recepción de los materiales.(ver anexo ° 17)

Para conocer y comprobar la característica de los metales y aleaciones será necesario realizar ensayos para determinar su composición, sus estructuras, su temperatura de fusión y punto crítico y su constitución. Al conjunto de estos ensayos se denominaran *ensayos de características*.

Entre los ensayos de características se tienen:

a) Ensayos de composición: El procedimiento más exacto para determinar la composición química de cualquier sustancia es *el análisis químico, cualitativo y cuantitativo*, pero como los análisis químicos son lentos y costosos y requieren personal especializado, se han buscados ensayos especialmente adaptados a la industria metalográfica, de fácil aplicación e interpretación de los resultados; a esta clase de ensayos pertenecen los *análisis* fotocolorimétricos. Los *espectrográficos* y los *ensayos por chispas*.

b) Ensayos de estructuras: Se conoce que los metales están organizados en tres clases de estructuras, cada una de las cuales está, en cierto modo, formado con elementos de otra, las cuales son:

la estructura cristalina, la estructura micrográfica y la estructura macrográfica.

Por tanto, la determinación completa de la estructura de los metales comprenderá: *ensayos de estructuras cristalinas*, *ensayos de estructuras micrográficas* (granos) y *ensayos de estructuras macro gráficas* (fibras).

c) Análisis térmico: El análisis térmico se realiza mediante la medición precisa de temperaturas con termómetros o pirómetros adecuados y con la ayuda de aparatos ideados para la determinación de los puntos críticos. como se denominan los puntos a que tienen lugar los cambios alotrópicos.

d) Ensayos de constitución (metalográficos). Los ensayos más adecuados para conocer la constitución de los aceros son los ensayos metalográficos. Los ensayos metalográficos comprende las siguientes operaciones: toma de muestras; desbaste y pulido de las muestras; ataque microográfico y observación de las probetas con aparatos adecuados.

e) Ensayo de conformación. El objeto de los ensayos de conformación o tecnológicos es conocer el comportamiento de los materiales cuando se les somete a los mismos procedimientos de conformación que se emplean para la fabricaciones industriales.

.Entre los ensayos de conformación destacaremos los más importantes:

- Ensayos de plegado: consisten estos ensayos en someter el material a un plegado simple, doble o alternativo y observar la aparición de grietas. Se emplea para láminas, tubos y alambres.
- Ensayos de embutido: Tiene por objeto conocer la aptitud de las chapas para ser conformadas por embutición que es uno de los procedimientos más usados por la industria moderna para la fabricación de piezas para aviones, automóviles, etc.
- Ensayos de forja consisten estos ensayos en someter un material a golpes de martillo o perforado con un punzón, puesta la probeta a temperatura de forja haciendo estos platinados, recalado, mandrilados y soldadura por forja. hasta aparecer las primeras grietas
- Ensayos de corte: o de cizallamiento, se utilizan para determinar la resistencia de los materiales a la separación de dos secciones adyacentes.

En el control de calidad de estructuras soldadas se tienen dos tipos de ensayos específicos, estos son:

7.4.3.1. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS Los ensayos no destructivos tienen por objeto descubrir y localizar defectos en la superficie o en el interior de los materiales. En general se aplican estos ensayos a piezas terminadas y por tanto no deben dañar, ni dejar huella. Estos ensayos son muy útiles y se aplican extensamente y sistemáticamente, no sólo para el examen de las piezas o productos terminados, sino también en gran escala para revisar periódicamente piezas que están en servicio.

a) INSPECCIÓN VISUAL: Es el método más usado de inspección, por ser fácil de aplicar, rápido y de un costo relativamente bajo, así como porque proporciona información muy importante en relación con el cumplimiento general del conjunto soldado con los requisitos de las especificaciones. La inspección visual se efectúa antes de aplicar la soldadura, durante la labor de aplicación y después de haberla aplicado.

Antes de comenzar a soldar el inspector revisa el material, en busca de defectos tales como costras, costuras, escamas, laminaciones en placas y dimensiones de la placa. Después de ensamblar las partes el inspector puede notar si hay aberturas de raíz incorrectas, preparación inadecuada de los bordes y demás características de preparación de la junta que pudiere afectar la calidad.

Durante la aplicación de soldadura el inspector comprueba que se esté con todos los requerimientos de la hoja de procedimientos.

La primera capa o pasada de raíz es la más importante desde el punto de vista de la solidez y confiabilidad finales. Además esta pasada es la más susceptible al agrietamiento, tales grietas pueden persistir y propagarse a las capas sucesivas, la inspección de esta pasada debe de efectuarse con toda meticulosidad. La inspección radiográfica puede dar pruebas respecto al estado de la pasada de raíz y servir como comprobación de la inspección visual.

Después de haber terminado la soldadura, el inspector verifica el conjunto soldado en busca de datos tales como:

- Exactitud dimensional del conjunto, incluyendo el alabeo. En conformidad con los requisitos del dibujo.
- La presencia de cráteres vacíos, picadas, socavamientos, traslapes y grietas.
- El tamaño y control de la soldadura se verifica con un calibrador de soldadura y se usa solo para cordones de filete.

Inspección visual: Es el método más usado de inspección, por ser fácil de aplicar, rápido y de un costo relativamente bajo, así como porque proporciona información muy importante en relación con el cumplimiento general del conjunto soldado con los requisitos de las especificaciones. La inspección visual se efectúa antes de aplicar la soldadura, durante la labor de aplicación y después de haberla aplicado.

Antes de comenzar a soldar el inspector revisa el material, en busca de defectos tales como costras, costuras, escamas, laminaciones en placas y dimensiones de la placa. Después de ensamblar las partes el inspector puede notar si hay aberturas de raíz incorrectas, preparación inadecuada de los bordes y demás características de preparación de la junta que pudiere afectar la calidad.

Durante la aplicación de soldadura el inspector comprueba que se esté con todos los requerimientos de la hoja de procedimientos.

La primera capa o pasada de raíz es la más importante desde el punto de vista de la solidez y confiabilidad finales. Además esta pasada es la más susceptible al agrietamiento, tales grietas pueden persistir y propagarse a las capas sucesivas, la inspección de esta pasada debe de efectuarse con toda meticulosidad. La inspección radiográfica puede dar pruebas respecto al estado de la pasada de raíz y servir como comprobación de la inspección visual.

Después de haber terminado la soldadura, el inspector verifica el conjunto soldado en busca de datos tales como:

- a) Exactitud dimensional del conjunto, incluyendo el alabeo.
- b) Conformidad con los requisitos del dibujo.
- c) Aceptabilidad de la soldadura respecto a aspecto, incluyendo conceptos tales como regularidad, rugosidad y salpicadura de soldadura en la superficie.
- d) La presencia de cráteres vacíos, picadas, socavamientos, traslapes y grietas.

El tamaño y control de la soldadura se verifica con un calibrador de soldadura y se usa solo para cordones de filete.

Examen visual.

La técnica de prueba o método de evaluación más empleado y popular del tipo no destructivo, menos costoso y de gran efectividad que ayuda al inspector de soldadura en la del procedimiento y la detección de errores en las etapas que conforman verificación la elaboración de la soldadura.

El trabajo del inspector que emplea este método puede dividirse en tres grupos:

- Examen visual antes de soldar.
- Examen visual durante el trabajo de soldadura.
- Examen visual de la construcción después de terminar de soldar.

El inspector debe contar con habilidades visuales para realizar cada examen visual y también con los instrumentos para facilitar su trabajo.

i) Calibrador V-WAC.

Este aparato realiza las siguientes funciones:

- Medición de las socavaciones.
- Medición de la altura permisible de último pase de soldadura en unión a tope
- Medición de longitud de soldadura.
- Medición y comparación de porosidad.

ii) Calibrador de soldadura de filete.

Este calibrador sirve para inspeccionar soldaduras de filete (cóncavas y convexas y consta de siete hojas de acero inoxidable que permiten la medición exacta y rápida de soldaduras de filete de los siguientes tamaños: 3.18 mm, 4.76mm, 15.87mm, 22.23mm y 25.4 mm.

Para medir soldaduras convexas se utiliza la esquina de la hoja con un solo arco y para soldaduras cóncavas se usa la esquina con doble arco.

iii) Calibrador de soldadura.

Este calibrador determina el tamaño de pie de soldadura de filete y la altura permisible de una soldadura en unión a tope. Además, revisa la tolerancia permisible de concavidad en la soldadura de filete, tal como lo muestra la siguiente figura N° 16.

Examen visual antes de soldar.

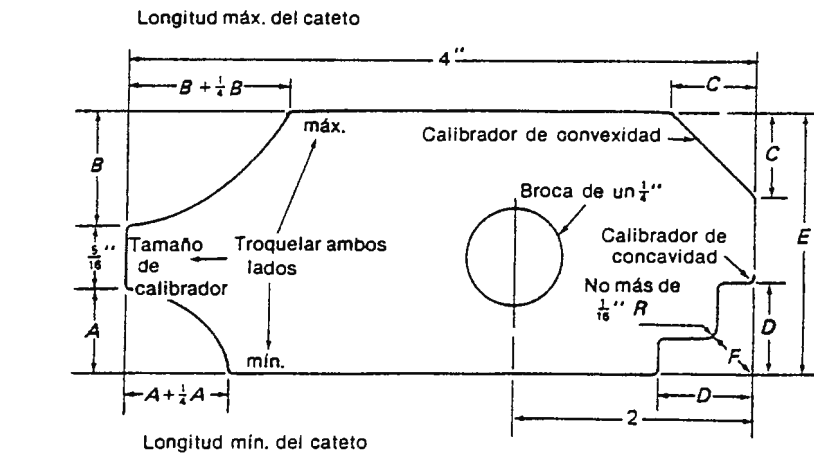
Para lo cual se debe realizar lo siguiente:

- Constatar que los materiales se ajusten a las especificaciones, especialmente los materiales que comprenden la soldadura.
- Las condiciones de la superficie de los materiales a unir y la preparación de las orillas de cada unión y compararlas con los requisitos de diseño.
- Verificar las dimensiones de cada parte, porque puede afectar el ajuste.
- El adecuado ajuste de las piezas, las dimensiones del ensamble y del conjunto, con especial cuidado en las aberturas de raíz.
- Los puntos de soldadura provisionales en el armado para corroborar que estos sean elaborados con un tipo de electrodos compatibles al metal base que se esté usando.

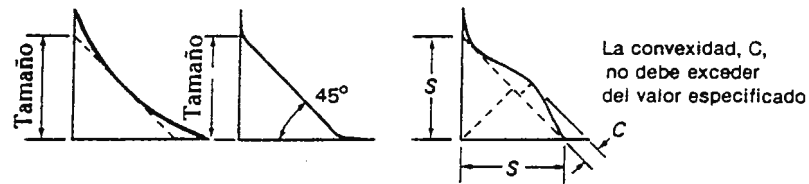
Examen visual durante el trabajo de soldadura.

Durante este paso el inspector debe estar pendiente en lo siguiente

- Verificar que los métodos y los procesos sean los planificados.
- Revisar los equipos de soldadura que estén en buen estado, tanto pinzas, soportes y cables
- Comprobar se esté utilizando la corriente y polaridad adecuada para la soldadura.
- Verificar que se sigan los requisitos de precalentamiento antes de que se vaya a soldar.
- Decidir si se hace limpieza entre paso mediante cinceles, esmeril o vaciado, de acuerdo con los requisitos de procedimiento.

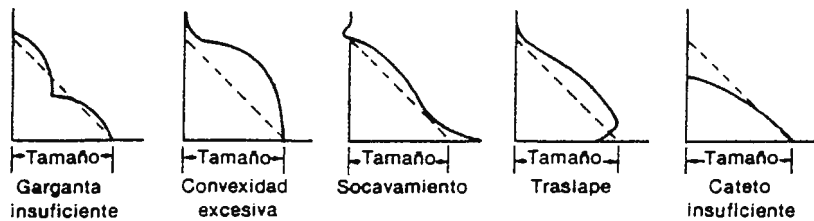


(a)



Perfiles deseables de soldadura de filete

Perfil aceptable de soldadura de filete



Perfiles defectuosos de soldaduras de filete

(b)

Figura N° 16. Calibres utilizados para verificar tamaño en cordón de soldadura

Fuente : Tomado de referencia N°2

Además el inspector debe de estar pendiente de cualquier eventualidad para garantizar la calidad.

Examen visual de la construcción después de terminar de soldar.

Al terminar la soldadura es indispensable que el inspector realice un examen visual con el objeto de:

- Revisar que la unión soldada se apegue a lo establecido en el diseño.
- Revisar el tamaño de las soldaduras mediante calibradores de soldadura.
- Inspeccionar todas las soldaduras con un calibrador a fin de constatar que no tengan ningún defecto, tal como se detalla a continuación:
 - Fracturas superficiales.
 - Fracturas en cráteres o cráteres sin llenar.
 - Superficie porosa
 - Penetración incompleta en la raíz.
 - Socavado.
 - Llenado incompleto de la cara, ranura o chaflán.
 - Llenado incompleto de raíz.
 - Traslape.
 - Desalinamiento.
 - Salpicaduras.

b) LIQUIDOS PENETRANTES:

Los líquidos penetrantes, teniendo en cuenta su composición química y el sistema que tenga que ser empleado para eliminar el exceso de penetrante que haya quedado sobre la superficie a ensayar, (ver anexo N°18), pueden ser clasificados en tres grupos:

- Penetrantes eliminables con disolventes.
- Penetrantes lavables con agua.
- Penetrantes post-emulsionables. No lavables directamente con agua

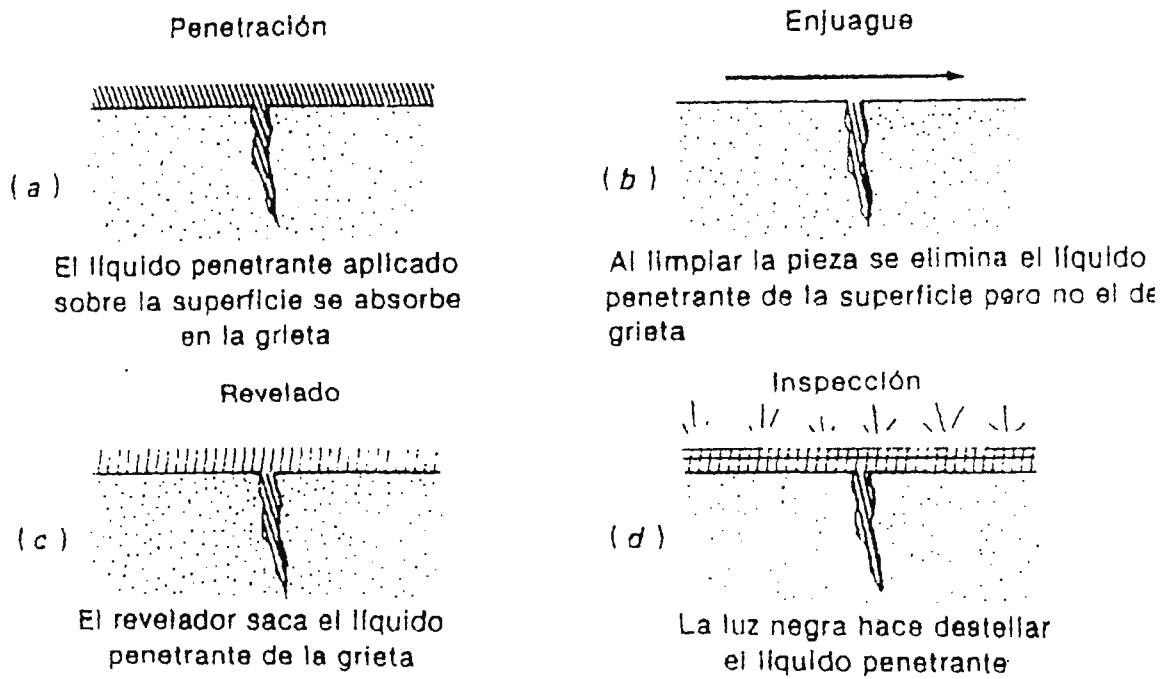


Figura N° 17. Forma de aplicar líquido penetrante en cordón de soldadura .

Fuente: Tomado de referencia N°2

Con independencia del tipo de penetrante que se utilice, las etapas básicas del ensayo por líquidos penetrantes son las siguientes:

Preparación de la superficie: Todas las superficies sobre las cuales se vaya a aplicar el penetrante, deben ser cuidadosamente limpiadas y quedar completamente secas antes de proceder a la segunda etapa del proceso. Las discontinuidades abiertas a la superficie tienen que estar libres de aceites, aguas o cualquier otro contaminante

Penetración: Una vez limpiada y secada la superficie a examinar, se aplica el penetrante de forma que éste se extienda sobre aquella dando lugar a una película uniforme. Esta película de penetrante deberá mantenerse sobre la superficie durante un tiempo suficiente para conseguir el máximo de penetración del penetrante en el interior de la discontinuidad.

Eliminación del exceso de penetrante: El exceso de penetrante ha de ser eliminado de la superficie. El método de limpieza dependerá del tipo de penetrante utilizado. Si se usa agua como agente de limpieza, será preciso añadir una operación de secado de la superficie, pues de lo contrario el revelador no podría ser aplicado correctamente.

En el caso de emplear penetrantes fluorescentes es aconsejable realizar esta operación de limpieza sobre luz negra para asegurarse de que no queden restos de penetrantes que pudieren dar lugar a falsas indicaciones.

Revelado: El revelador se aplica sobre la superficie procurando que se deposite en forma de una capa fina de espesor uniforme. El revelador actúa como extractor del penetrante, acelerando su tendencia natural a salir de la discontinuidad y a extenderse alrededor de sus bordes. Al mismo tiempo, proporciona un fondo uniforme sobre el que resulta más fácil la observación. Ver figura N° 17.

Observación: Transcurrido un tiempo prudencial desde la aplicación del revelador, se puede a proceder a examinar el objeto ensayado para buscar las posibles indicaciones producidas. Esta observación deberá llevarse a cabo bajo luz natural cuando se trate de penetrantes colorantes o bajo luz negra en el caso de que sea hayan utilizado penetrantes fluorescentes

Según la AWS la porosidad de la soldadura en 20" y 30" de longitud no deben exceder el número de poros > 1/16" ni el área de poros menores de 1/16'.

7.4.3.2 PRUEBAS DESTRUCTIVAS EN SOLDADURAS

Las tres propiedades mecánicas fundamentales de los metales son la cohesión, la elasticidad y la plasticidad.

La **cohesión** es la resistencia que oponen los átomos a separarse unos de otros y se valora por los ensayos de dureza.

La **elasticidad** es la capacidad de los metales de recuperar la forma primitiva que tienen los cuerpos elásticos, cuando cesa la causa que los deforma.

La **plasticidad** es la capacidad de los cuerpos de adquirir deformaciones permanentes. Si esta capacidad para la deformación lo es especialmente para el adelgazamiento en forma de lámina, la plasticidad se denomina *maleabilidad*, y si es forma de hilos, *ductilidad*. La plasticidad y la elasticidad se valoran por la tracción.

7.4.3.2.1 - ENSAYO DE TRACCIÓN

El ensayo consiste en someter una probeta a un esfuerzo de tracción, generalmente hasta la rotura, para determinar una o varias de las características definidas en éste. Salvo especificaciones en contrario, el ensayo se lleva a cabo a la temperatura ambiente entre 10°C y 35°C.

- **Probeta.** Es una porción de material debidamente preparada para el ensayo de tracción.

- **Longitud de marcas.** Es la longitud de la parte cilíndrica o prismática de la probeta en cualquier momento del ensayo, sobre la cual se mide el alargamiento.

- **Longitud inicial entre marcas (Lo).** Es la longitud entre marcas antes de la aplicación de la carga.

- **Longitud final entre marcas (Lu).** Es la longitud entre marcas, después de rotura de la probeta, para lo cual se debe unir y ajustar los dos fragmentos de manera que sus ejes respectivos queden colineales.

- **Alargamiento unitario (Au)** Es la relación que existe entre el alargamiento de la probeta producido por la carga final (Fu) y la longitud inicial.

$$A_u = \frac{L_u - L_o}{L_o}$$

- **Alargamiento permanente porcentual (An%)** Es la relación de longitud entre marcas de la probeta sometida previamente a una tensión prescrita y después descargada.

$$A_n\% = \frac{L_u - L_o}{L_o} * 100$$

- **Alargamiento permanente porcentual después de la rotura.** Es el alargamiento permanente de la longitud entre marcas después de la rotura, expresada en porcentaje de longitud inicial entre marcas.

$$A\% = \frac{L_u - L_o}{L_o} * 100$$

- **Alargamiento permanente después de la rotura (A)** Es la diferencia entre Lu y Lo después de la rotura.

$$A = L_u - L_o$$

- **Estricción porcentual (Z%).** Es la máxima disminución de la sección transversal de la probeta durante el ensayo, expresada en porcentaje del área de la sección transversal inicial de la probeta.

$$Z\% = \frac{S_u - S_o}{S_o} \cdot 100$$

- **Estricción (Z).** Es la máxima disminución del área de la sección transversal inicial de la probeta.

$$Z = S_u - S_o$$

- **Límite de elasticidad proporcional (Rp)** El punto Rp indica el valor final de la carga hasta el cual se cumple la ley de HOOKE: la misma que dice "los alargamientos crecen proporcionalmente a los esfuerzos aplicados".

Durante el período de proporcionalidad, el diagrama es rectilíneo, las deformaciones son elásticas, y desaparece el alargamiento si cesa la fuerza aplicada

$$R_p = \frac{F_p}{S_o} \text{ daN/mm}$$

- **Límite de elasticidad (R)** El punto R, en el diagrama considerado indica la carga con la cual no aparecen deformaciones permanentes. pero los alargamientos ya no son proporcionales a la carga.

$$R = \frac{F_s}{S_o} \text{ daN/mm}$$

- **Límite superior de fluencia (Rs)** Cuando la carga externa supera el límite de elasticidad R las deformaciones pasan a ser permanentes, indicándose la fluencia del material, si la carga no sobrepasa un cierto valor Rs, las deformaciones

permanentes son aún pequeñas; pero sobre R_s se pasa bruscamente en el campo de las grandes deformaciones permanentes y basta una pequeña carga para producir grandes alargamientos.

$$R_s = \frac{F_s}{S_0} \text{ daN/mm}$$

- **Carga máxima** (F_m). Es la mayor carga soportada durante el ensayo.
- **Carga final** (F_u). Es la carga que soporta la probeta en el momento de la rotura.
- **Carga en el límite de elasticidad proporcional** (F_p). Es la carga que determina el valor máximo de proporcionalidad.
- **Carga en el límite de elasticidad** (F_e). Es la carga que determina el límite entre las deformaciones elásticas y las deformaciones permanentes y su lectura puede ser obtenida directamente del dinamómetro o por cálculo en base al diagrama.
- **Carga en el límite superior de fluencia** (F_s). Es la carga que efectivamente indica una disminución del esfuerzo y se identifica por la variación que registra el dinamómetro o a partir del diagrama.
- **Carga convencional de fluencia** (F_r) Es la carga que da lugar a un alargamiento igual al 2% de la longitud inicial.
- **Carga de seguridad** (K) Es la carga unitaria que se puede hacer trabajar un material con la seguridad de que las deformaciones se mantendrán elásticas: estos valores de K se dan en función del tipo de sollicitación a la que está sometido el sólido.

Sollicitaciones estáticas K igual a $1/3$ a $1/5$ P_m (R)

Sollicitaciones dinámicas K igual a $1/10$ a $1/20$ R_m (R)

- **Resistencia a la tracción (R_m).** Es la relación entre la carga máxima F_m y la sección inicial.

$$R_m = \frac{F_m}{S_0} \text{ daN/mm}$$

- **Esfuerzo.** Es cualquier instante del ensayo, el cociente entre la carga y el área de la sección transversal inicial de la probeta
- **Modulo de elasticidad (E).** Es la relación entre el limite de elasticidad R y el alargamiento unitario correspondiente (e); también se le considera como un índice de rigidez o módulos de elasticidad.

$$E = \frac{\frac{F_e}{S_0}}{\frac{\Delta L_e}{L_0}} = \frac{F_e \times L_0}{S_0 \times \Delta L_e}$$

La figura N° 18, representa un diagrama de prueba de tracción para un material dúctil. Se puede observar las diferentes etapas de la prueba.

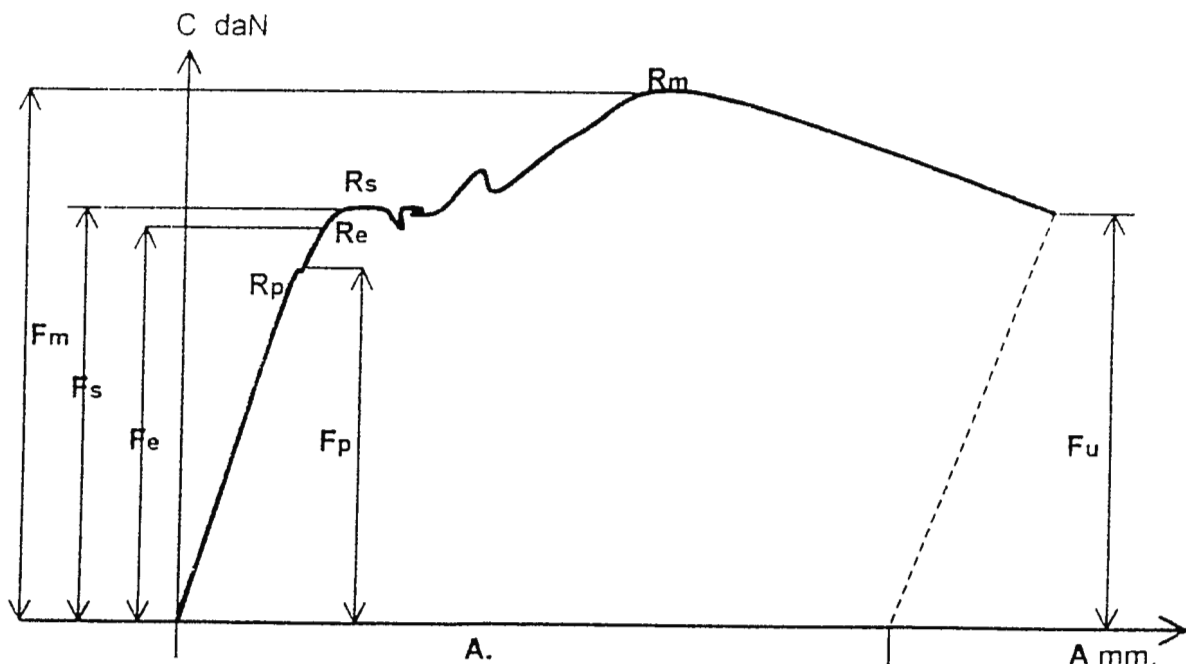


Figura N°18. Gráfica de tracción en ensayo destructivo.

Fuente: Tomado de referencia N°17

Condiciones para la construcción de probetas.

- a) La probeta debe tener un acabado superficial.
- b) Durante el proceso de trabajo la probeta no debe de calentarse más de La temperatura ambiente.
- c) Para obtener un solo eje de simetría es indispensable usar máquinas adecuadas, al igual que un buen proceso de trabajo.
- d) El material empleado para la construcción de una probeta debe estar en función de las características que se deben verificar.
- e) Para marcar L_0 y las N divisiones iguales, es importante usar el mármol de trazado y el gramil.

Condiciones para realizar el ensayo.

- a) Verificar las dimensiones de la probeta y establecer los datos necesarios.
- b) Colocar correctamente la probeta en la máquina UNIVERSAL.
- c) Aplicar una precarga a la probeta.
- d) Verificar la posición "O" del dinamómetro.
- e) Preparar adecuadamente el rodillo porta diagrama.
- f) Verificar la posición "O" de los dispositivos empleados para medir los alargamientos (extensímetro)
- g) Aplicar la carga
- h) Durante la aplicación de la carga es muy importante observar el diagrama y el dinamómetro simultáneamente; para poder determinar valores.
- i) Después de la rotura de la probeta, ésta se debe retirar de las mordazas de la máquina, para posteriormente verificar datos finales.

Datos antes del ensayo;

- a) d — diámetro de la probeta
- b) L_0 — longitud inicial entre marcas.

- c) N — número de divisiones de la longitud
- d) So — sección inicial, que debe estar calculada en función de d' real del material.

Datos después del ensayo:

- a) L — longitud final (usar un calibrador apropiado)
- b) Su — sección final (medir con exactitud el diámetro)
- c) A — alargamiento total %
- d) Fu — Carga final (daN decaNewton).
- e) Fe — carga en límite de elasticidad: su valor se establece en función de la carga final Fu y mediante el uso del diagrama.

7.4.3.2.2. ENSAYO DE DUREZA

La dureza es una propiedad muy compleja de la materia, en estado sólido. Está determinada, para los metales principalmente, por la estructura cristalina la presencia de átomos extraños o moléculas extrañas en el conjunto. En el sentido más amplio, se entiende por dureza de un material la resistencia superficial a la deformación. Se entiende por dureza:

La resistencia que oponen los materiales ha dejarse penetrar por otro más duro (dureza Brinell, Vickers, Rockwell, etc).

A partir de la cifra de dureza de un material, se puede obtener cierta información sobre sus características mecánicas, composición, resistencia al desgaste, dificultad del mecanizado, influencia de los tratamientos térmicos o mecánicos que ha sufrido, etc.

Entre los ensayos de tipo estáticos, realizados en penetración bajo carga muerta, se tienen:

- a. Método del rayado.
- b. Método dureza a la lima.
- c. Método Brinell
- d. Método Rockwell

- e. Método Vickers.
- f. Método Snoop.

Descripción de los métodos de dureza más utilizados.

a) Ensayo de dureza Brinell.

El ensayo de dureza Brinell es adecuado para materiales blandos y semiduros. La dureza del material se obtiene por la relación entre la carga aplicada y el área del casquete de huella.

El penetrador utilizado para la realización del ensayo es una bola de acero extra duro o en casos especiales de carburo de wolframio. El resultado viene dado por:

$$HB = \frac{F}{S} = \frac{2F}{3.1416 \times D (D - (D^2 - d^2)^{1/2})}$$

Donde:

HB= símbolo normalizado para indicar la dureza Brinell.

F= la presión que ejerce sobre la bola.

S= superficie del casquete esférico, correspondiente a la huella.

D= diámetro de la esfera.

d = diámetro del casquete esférico.

Variables a considerar en el ensayo.

La carga aplicada influye fundamentalmente sobre el resultado obtenido. A que sobre el mismo material, se tienen valores tanto mayores, cuando mayor sea la deformación producida.

Para una correcta realización del ensayo, es importante tomar en cuenta una elección apropiada del diámetro de la bola. El ensayo da resultados correctos únicamente si la ubicación de la huella sobre la pieza satisface determinadas condiciones. Las precauciones que se han de tener presentes son:

- Que la zona superficial de la pieza, en donde se ha de realizar el ensayo, esté completamente limpia, pulida, exenta de defectos y puesta normalmente a la dirección de la carga.
- En las superficies curvas es necesario rectificar una zona de tamaño adecuado.
- Que el espesor de la pieza no sea inferior a 10 veces del casquete de la huella. La determinación del espesor de la probeta es fundamental, pues el ensayo no debe dar lugar a que la huella quede marcada en la parte opuesta.
- Que el centro de la huella diste del borde de la pieza más de $2d$.
- Que la carga aumente lentamente y se mantenga constante durante cierto tiempo.

Tiempo de aplicación de la carga.

La aplicación gradual de la carga y el tiempo de permanencia sobre la superficie de la probeta tiene una considerable influencia sobre la deformación del material. Debido a esto, se sugiere un mínimo de 10 segundos para metales ferrosos y 30 segundos para metales no ferrosos.

b) Ensayo de dureza Rockwell.

El procedimiento para determinar la dureza de los materiales con el método Rockwell es sustancialmente diferente del método Brinell. En efecto, conservando las propiedades de los materiales de resistir a la deformación localizada debido a una fuerza producida de un penetrador, la dureza Rockwell viene expresada por un número que mide la profundidad de la huella permanentemente producida al actuar una determinada carga sobre un penetrador. Los penetradores utilizados son:

- Punta de diamante en forma de cono igual a 120° , con punta redondeada de radio $R=0.2\text{mm}$, para la medición de la dureza sobre materiales templados y duros (escala C).
- Bola de diámetro de $D=1/16''$, para materiales no templados y blandos (escala B).

Las cargas, sobre los penetradores de bola y de punta, son de 100Kg y de 150Kg, respectivamente, para la escala B y C, pero puede tomar otros valores diferentes en el caso de otra escala. En el anexo N° 19 se muestra un cuadro comparativo de métodos de dureza.

7.4.3.2.3 ENSAYO DE DOBLADO.

a) Fundamento del Método.

El ensayo consiste en someter a una probeta recta, de sección determinada a una deformación plástica por flexión, sin inversión del sentido de aplicación de la fuerza durante el ensayo. La probeta se doblará hasta que una de las ramas de la probeta bajo carga, forme con la prolongación de la otra, ángulo determinado (180°)

Los ejes de las dos ramas de la probeta deberán permanecer en un plano perpendicular al eje doblado. En caso de doblado a 180° , las dos superficies laterales, en su posición final, podrán, según la especificación del producto, quedar paralelas a una distancia determinada o estar en contacto.

El ensayo se llevará a cabo en caliente o en frío, según las especificaciones del producto.

b) Probetas

Para las barras redondas o poligonales, el ensayo se efectuará sobre una muestra de la barra, si el diámetro (caso de barras circulares) o el diámetro del círculo inscrito (caso de barras de sección poligonal) no es superior a 50mm. Cuando el diámetro de la barra sea menor a 50mm, se reducirá el mismo hasta un valor comprendido entre 20 y 50 mm. La reducción en diámetro será optativa para barras comprendidas entre 30 y 50mm.

En general, en otros productos, la probeta será de sección rectangular, con las aristas redondeadas con un radio que no exceda la décima parte del espesor. No obstante, un ensayo efectuado con una probeta con aristas sin redondear, por ser más exigente, será válido si se obtienen resultados satisfactorios.

La anchura de la probeta, que deberá ser al menos 1.5 veces el espesor, estará comprendido normalmente entre 25 y 50mm. Para productos planos de espesor inferior a 3mm estará comprendido entre 15 y 20mm.

Para semiproductos y piezas forjadas o moldeadas, el espesor de la probeta, salvo especificación, en contrario, será de 20 ± 5 mm.

Para chapas, bandas, flejes, y perfiles, el espesor será el del producto a ensayar. Si este es superior a 25mm se puede reducir por mecanizado por una de sus caras a un espesor igual o inferior a 25mm. En este caso, la cara no mecanizada deberá corresponder a la parte exterior del doblado. Las probetas de los redondos de acero, para hormigón armado tienen una longitud igual a 10 veces el diámetro y se ensayan en la superficie en estado bruto.

El ensayo del doblado debe realizarse con máquina o prensa equipada con uno de los siguientes dispositivos:

- Dispositivo de plegado con mandril y sobre apoyos giratorios
- Dispositivo de doblado sobre matriz en V.
- Dispositivo de plegado de mordaza

Ensayo de doblado en soldadura.

Para realizarlo se suelda una barra contada en dos partes. Para convencerse de que la soldadura ha sido perfecta (relativamente) se dobla la barra por la unión soldada, ajustándose a las normas para esta clase de ensayo. También se suelen hacer ensayos de tracción y resiliencia de las uniones soldadas

De una manera general, cualquier clase de soldadura debe someterse a una serie de ensayos encaminados para comprobar sus cualidades de resistencia. También se somete a los mismos ensayos, el material base y los electrodos. Entre los ensayos más usuales de las uniones soldadas, cabe destacar el de tracción, resiliencia, fatiga, doblado y la de determinación de la dureza en diversos puntos próximos al cordón de la soldadura y situados a una dirección perpendicular del mismo.

✓ **Informes de resultados experimentales.**

- **Medidas:** el ángulo de doblado prescrito deberá entenderse como mínimo. Cuando se especifica el radio interno de doblado, éste deberá entenderse como máximo.

- **Interpretación;** la cara externa de la parte doblada de la probeta debe examinarse después del ensayo. La interpretación que se dé al aspecto de esta parte, estará con relación al tipo y a la realidad del producto ensayado.

- **Presentación de los resultados:** El informe deberá constar:

- Indicaciones relativas a la forma y dimensiones de la sección transversal de la probeta, así como del material que fue extraído.
- Naturaleza del maquinado, eventualmente ejecutado.
- El número de fases en que se realizó el ensayo.
- El diámetro del material o el espesor de la calza utilizada en cada fase.
- El ángulo de doblado y el radio de curvatura alcanzado por la probeta después del ensayo.
- Indicaciones de los defectos producidos o no producidos de grietas o roturas.
- La temperatura del ensayo.
- Velocidad del ensayo.

✓ **Criterios de aceptación para pruebas de doblado.**

La superficie convexa de la prueba de doblez deberá examinarse visualmente para observar discontinuidades en la superficie.

Los valores de estas discontinuidades no deben exceder los siguientes:

- 1/8" (3.2mm) medidos en cualquier dirección de la superficie
- 3/8" (9.52mm) la suma de las dimensiones mayores de todas las discontinuidades que excedan 1/32" (0.8mm) pero menor o igual a 1/8" (3.2mm)

- ¼" (6.35mm) — la máxima grieta de esquina, exceptuando cuando esa grieta de esquina la ha causado la inclusión de escoria o una discontinuidad por fusión en la que solo es permitido un máximo de 1/8" (3.2mm). Aquellas que excedan ¼" (6.35mm) sin evidencia de inclusión de escoria o discontinuidad por fusión deberá descartarse y realizar nuevas pruebas.

Las gráficas N° 19, que se presentan corresponden a una soldadura entre láminas las cuales previamente preparadas y soldadas, corresponden a la norma **609 NIO**, del Instituto Argentino de Racionalización de Materiales; representan la forma de distribución de las probetas para:

- T- Tracción
- P- Plegado
- F- Flexión
- M- Ensayo Metalúrgico.

7.4.4 SIMBOLOGIA EN SOLDADURA

En la elaboración de montajes de obras estructurales, los planos de soldadura son muy importantes para quien ejecutará la obra.

A partir de los diseños estructurales en procesos de soldadura, se hace necesario normar una simbología de tal manera que resulte sencilla y practica para la obtención de información en forma estandarizada con el objetivo que cualquiera pueda interpretar un plano de soldadura.

Es por ello que se presenta una necesidad de unificar criterios entre la persona que diseña una obra y quien la ejecuta.

Los símbolos para soldadura deben ser aquellos que se muestran una descripción iconográfica. Ver anexo N° 20.

En los procesos de soldadura hay que diferenciar dos tipos de simbología:

7.4.4.1 SÍMBOLOS DE SOLDADURA

El símbolo de soldadura completo esta formado por una cantidad determinada de elementos o por el número de estos que resulta necesario.

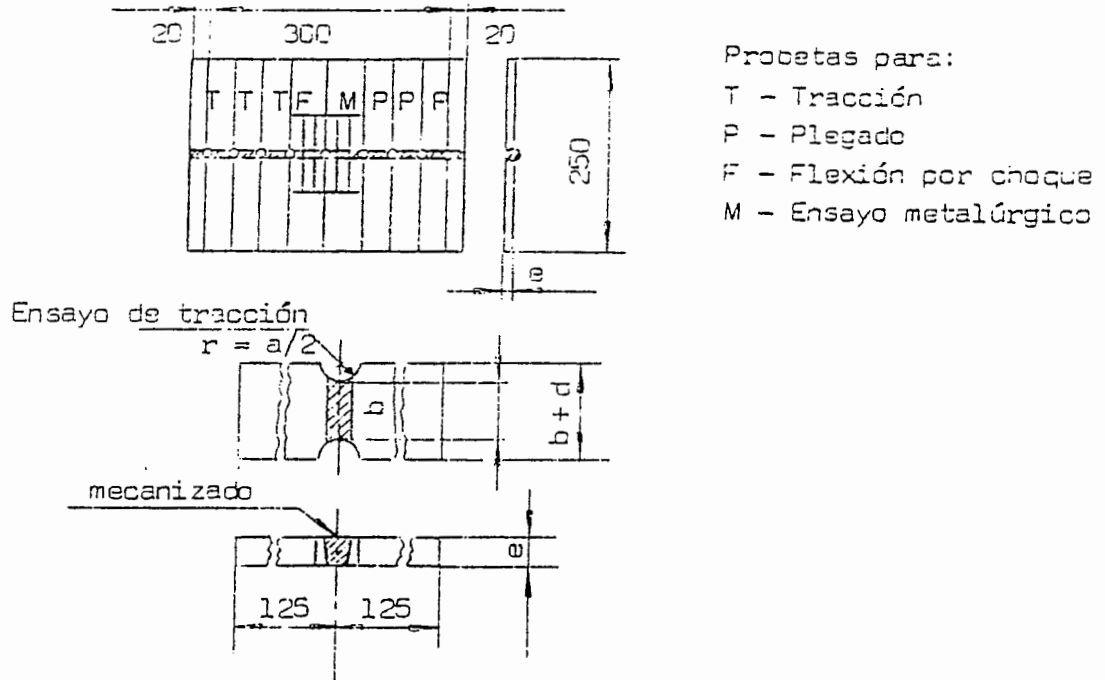
La información que se transmite por medio del símbolo de soldadura se lee con facilidad y precisión, en la figura que se presenta, resultan innecesarias las notas descriptivas largas. La figura N° 20, representa el símbolo completo de soldadura.

7.4.4.2 SÍMBOLOS PARA INDICAR PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS.

El símbolo completo para indicar pruebas no destructivas está formado por la línea de referencia con flecha, los símbolos básicos de pruebas, el símbolo de probar todo alrededor, el número de pruebas (N) y la cola con el alcance o grado al que ha de hacerse la prueba, la especificación, el proceso u otra referencia. La flecha une la línea de referencia con la parte que ha de probarse. El lado de la parte que ha de probarse, al cual apunta la flecha se considera como el lado de la flecha. Al lado contrario simplemente se le llama el otro lado. Los símbolos de pruebas no destructivas pueden combinarse con los símbolos de soldadura, o bien, utilizarse independientemente. La figura N° 21, representa un símbolo completo de prueba.

Figura N° 19 Ejemplo de ensayo de tracción en unión soldada.

Fuente: Tomado de referencia N° 18



Espesor e (mm)	< 5	$5 \leq e < 10$	$10 \leq e < 15$	$15 \leq e \leq 20$
diámetro de agujero d (mm)	8	10	15	20
ancho b (mm)	10	15	20	25
ancho b + d (mm)	18	25	35	45

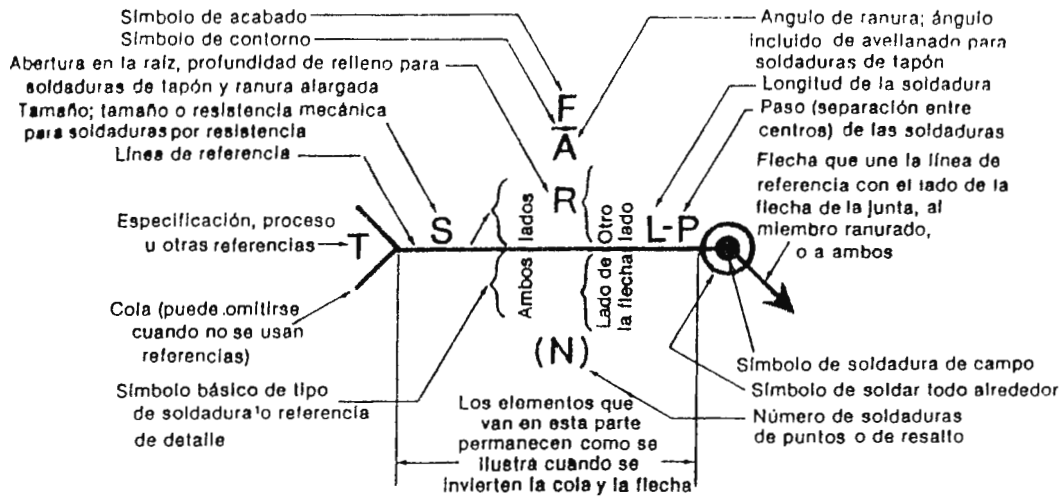


Figura N° 20. Símbolo de soldadura

Fuente: Tomado de referencia N° 2.

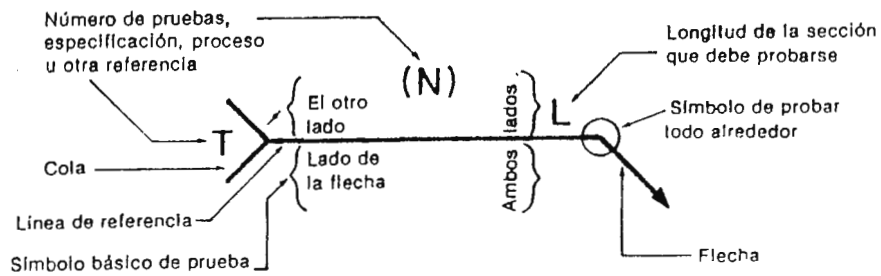


Figura N° 21. Símbolo de ensayo de soldadura

Fuente: Tomado de referencia N° 2.

CONCLUSIONES

Al finalizar el estudio presentado, se puede detectar que la industria salvadoreña en lo que respecta a procesos de soldadura, padece de grandes deficiencias ya que es notoria la ausencia de seguridad industrial, la falta de formación tecnológica por parte del personal que opera con éstos procesos, la falta supervisión en el desarrollo de obras que involucran, procesos de soldadura, el desconocimiento de normas internacionales en la ejecución de obras soldadas, el poco conocimiento técnico de procesos de soldaduras especiales(forma de operar, accesorios, material de aporte, gases de protección, seguridad industrial, metalurgia de la soldadura, etc.).

Se espera que el presente modelo sea un punto de inicio para que algún día, el país pueda ser competitivo a nivel regional con personal técnico capacitado, el cuál pueda tener criterios técnicos en cuanto a la soldabilidad de diferentes tipos de materiales a partir de los diferentes procesos de soldadura .

Como se hace mención en el capítulo VII, con el presente modelo no se pretende acreditar a nivel nacional ni mucho menos a nivel internacional, personal especializado, ya que para ello la institución que se ha tomado como prototipo no tiene el reconocimiento ni mucho menos está afiliada a alguna institución internacional en soldadura tales como ; AWS o DIN. Sin embargo para minimizar el problema se ha desarrollado dicho modelo ya que propone una formación un tanto sistemática aunque con ciertas limitantes, entre las cuales se encuentran: poco personal especializado en las construcciones soldadas, pocas instituciones de formación que puedan desarrollar o ejecutar el modelo, falta de equipo adecuado particularmente en la forma de evaluar la calidad de las uniones soldadas(equipos de rayos X, ultrasonido, partículas magnéticas, entre otras); así como también el buen estado de los equipos de soldar con procesos especiales, al realizar la formación práctica.

Es responsabilidad del Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología, implementar el modelo ya que con ello contribuye a la transferencia tecnológica.

RECOMENDACIONES

Siendo que los procesos de soldadura son muy extensos, queda para próximos trabajos de investigación temas tales como:

- a) **Ensayos metalográficos en las construcciones soldadas**, ya que con dicho tema se mejora la calidad de las costuras con los diferentes procesos.
- b) **Ensayos no destructivos en los procesos de soldadura**; rayos X, ultrasonido, partículas magnéticas, entre otras; con lo anterior se espera que se el ensayo de las soldaduras sea más completo y confiable a partir de una tecnología actualizada.
- c) **La higiene y la seguridad industrial al operar con los diferentes procesos de soldadura**, así como la contaminación y su efecto en el medio ambiente. Con ello se pretende analizar las consecuencias que produce, el operar con procesos de soldadura, así como la forma en que daña al medio ambiente y su forma de minimizar tales consecuencias.

A la empresa privada se recomienda capacitar y actualizar a su personal de trabajo ya que con ello la calidad de trabajo desarrollado por éstos es satisfactoria.

Así como también se recomienda implementar un programa de control de calidad en los trabajos que desarrollen.

Finalmente se recomienda al C.I.T.T. actualizar los aparatos de soldadura tanto T.I.G. como M.I.G. ya que para implementar el modelo éstos deben ser de tipo industrial.

BIBLIOGRAFIA

1. Procesos de soldadura, Asociación Colombiana de Soldadura . Santa fe de Bogotá, Colombia. 1994.
2. Soldadura, técnica y aplicación, Hortwitz; editorial Alfa y Omega; México.1990.
3. Tecnología, técnica y aplicación, Houldcrof; editorial CECOSA; España. 1990.
4. Seminario de calificación y certificación en soldaduras especiales; Barranquilla, Colombia. 1994.
- 5 Soldaduras T.I.G. y M.I.G./M.A.G. Instituto Nacional de Aprendizaje; San José Costa Rica. 1984.
6. Manual del Ingeniero Mecánico, Marks; editorial Mc Graw Hill; México 1990.
7. Manual de soldadura, American Welding Society, tomo II; editorial Prentice Hall; México 1990.
8. Administración de operaciones; Roger G. Schoeder; editorial Mc Graw Hill; México. 1986.
9. La gestión de la productividad; manual práctico; editorial Limusa; México. 1982.
10. Control de calidad; A.V. feigenbaum; editorial Continental S.A. España. 1992.
11. Introducción a la Metalurgia Física; Sydney Avner; editorial Mc Graw Hill, México 1987.

12. Propuesta Para la Optimización de Operaciones...; Blanco Fidel; Tesis, UDB. 1997.

13. Seminario, "Soldabilidad de los Aceros Inoxidables"; Asociación Colombiana de Soldadura ; Santa Fe de Bogotá. 1994.

14. American Welding Society; Norma de calificación y certificación en aceros estructurales. USA. 1992.

15. FIPRO; Manual de Seguridad Industrial; San Salvador, El Salvador. 1996.

16. CONACYT. Revista mensual; Marzo- Abril; El Salvador 1996.

17. Guía de Práctica de Laboratorio; Universidad Politécnica Salesiana; Cuenca, Ecuador. 1996.

18. Norma argentina de Soldadura, IRAM. 1996.

ANEXOS

REQUERIMIENTOS DE COMPOSICION QUIMICA PARA LOS ELECTRODOS DE TUNGSTENO PURO Y ALEADOS

Clasificación AWS	W Min. (diferencia)	Por ciento en Peso				Total de Otros Elementos u Oxidos	Color
		CeO ₂	La ₂ O ₃	ThO ₂	ZrO ₂		
EWP	99.5	----	----	----	----	0.5	Verde
EWCe-2	97.3	1.8 - 2.2	----	----	----	0.5	Anaranjado
EWLa-1	98.3	----	0.9 - 1.2	----	----	0.5	Negro
EWTh-1	98.3	----	----	0.8 - 1.2	----	0.5	Amarillo
EWTh-2	97.3	----	----	1.7 - 2.2	----	0.5	Rojo
EWZr-1	99.1	----	----	----	0.15 - 0.40	0.5	Café
EWG	94.5	---- NO ESPECIFICADO ----				0.5	Gris

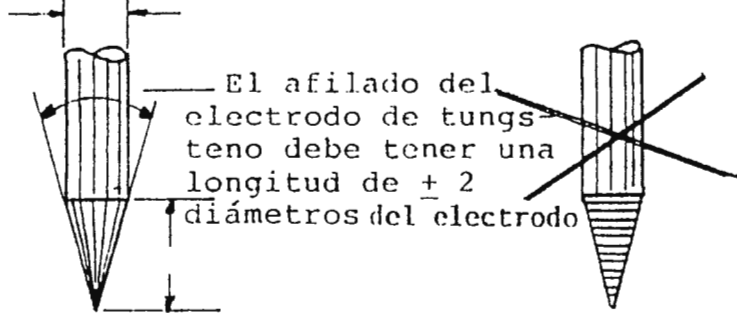
AMPERAJE RECOMENDADO PARA EL USO DE LOS ELECTRODOS DE TUNGSTENO

Diámetro del Electrodo		DCEN (DC, PD) EWX-X	DCEP (DC, PI) EWX-X	Corriente Alterna Onda Desbalanceada		Corriente Alterna Onda Balanceada	
Pulg.	mm.			EWP	EWX-X	EWP	EWX-X
0.010	0.30	Hasta 15	na	Hasta 15	Hasta 15	Hasta 15	Hasta 15
0.020	0.50	5-20	na	5-15	5-20	10-20	5-20
0.040	1.00	15-80	na	10-60	15-80	20-30	20-60
0.060	1.60	70-150	10 - 20	50-100	70-150	30-80	60-120
0.093	2.40	150-250	15 - 30	100-160	140-235	60-130	100-180
0.125	3.20	250-400	25 - 40	150-200	225-325	100-180	160-250
0.156	4.00	400-500	40 - 55	200-275	300-400	160-240	200-320
0.187	5.00	500-750	55 - 80	250-350	400-500	190-300	290-390
0.250	6.40	750-1000	80 - 125	325-450	500-630	250-400	340-525

na= No Aplicable

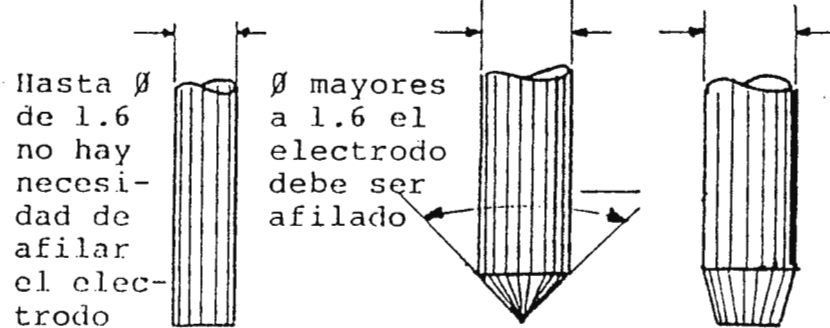
FORMA DE LA PUNTA PARA LOS ELECTRODOS DE TUNGSTENO

Soldadura con corriente continúa (Electrodo al negativo).



El electrodo generalmente se afila en forma cónica y puntiaguda. Los canales producidos por la piedra de amolar se eliminan con un pulido posterior.

Soldadura con corriente alterna.



Para diámetros grandes los electrodos se deben afilar. En el proceso de soldadura al electrodo se le forma una punta redonda.

Regulación correcta de la corriente.

Tipo de Corriente	Electrodo	Corriente de Soldadura		
		Baja	Correcta	Muy alta
	Torio			
	Tungsteno			
	Torio			

La regulación correcta de la corriente es conocida por la forma de la punta del electrodo.

NOTA: Si se contamina la punta del electrodo por el contacto de éste con el baño de fusión o con el material de aporte, esta parte del electrodo debe afilarse nuevamente para continuar el trabajo.

ANEXO 2

Selección del gas de protección para soldadura de arco metálico con gas.

METAL	TRANSFERENCIA DEL METAL POR ARCO DE ROCIO				
	ARGON	HELIO	ARGON-OXIGENO	Ar-CO ₂	MEZCLAS DE GASES ARGON-HELIO
Aluminio	X	X			X (90% He-10% Ar) o (He-75)
Aceros al carbono			X (O ₂ -5)	X (C-25)	
Aceros con bajo contenido de aleación			X (O ₂ -2)		
Cobre	X	X	X (O ₂ -1)		X (90% He-10% Ar) o (He-75)
Aceros inoxidables			X (O ₂ -1) (O ₂ -2)		
Aleaciones de níquel	X	X			X (He-75)
Metales reactivos	X	X			

METAL	TRANSFERENCIA DEL METAL POR CORTO CIRCUITO					
	ARGON	HELIO	MEZCLAS DE ARGON-HELIO	MEZCLAS DE ARGON-CO ₂	MEZCLAS DE ARGON-HELIO-CO ₂	CO ₂
Aluminio	X	X	X (He-75)			
Acero al carbono				X (C-25) o (C-50&		X Se requiere alambre diseñado para CO ₂
Acero de alta resistencia					X (A-415)	
Cobre			X (He-75)			
aceros inoxidables				X (C-25)	X (A-1025)	
Aleación de níquel	X		X (90% He-10% Ar) o (He-75)		X (A-1025)	
Metales reactivos	X	X	X (He-75)			

‡ Adecuada para trabajar con corriente alta > 300 amperes y arco de rocío.

ANEXO 3

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL ARGÓN.

I. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

Producto	Argón	Nombre comercial	Argón
Nombre químico	Argón	Peso Molecular	39.948
Formula	Ar		

II. RIESGOS DE LOS COMPONENTES

MATERIAL	(%) PESO	TLV - TWA Límite de Exposición máxima durante 8 hs./día y 40 hs. Semana
Argón	100	Simple asfixiante

III. PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de ebullición, 760 mm Hg	-186 °C (-302.6 °F)	Punto de congelamiento	-189 °C (-308.6 °F)
Gravedad específica (agua = Gas 1)		Presión de vapor a 21 °C	Gas
Densidad del vapor (aire = 1)	1.378 a 21.1 °C	Solubilidad en agua % en peso	Insignificante
Apariencia y olor	Gas a presión y temperatura normal; incoloro y sin sabor		

IV. INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD.

No hay evidencia de efectos adversos por el contacto de Argón con la piel y ojos, ni por ingestión.

La inhalación de Argón en concentraciones moderadas puede causar asfixia, jaqueca, somnolencia mareo, excitación, salivación excesiva, vomito e inconsciencia. La falta de Oxígeno es causa de muerte.

En los trabajos de soldadura y cortadoras se pueden crear peligros adicionales para la salud: Los humos y gases producidos durante el proceso pueden ser peligrosos para la salud, y causar enfermedades en los pulmones. Mantenga la cabeza lejos del humo, no lo respire, use suficiente ventilación para alejar los humos y gases de su área de respiración y del área general. El tipo y cantidad de los gases depende del equipo y las herramientas utilizadas.

ANEXO 4

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL DIOXIDO DE CARBONO

I. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

Producto	Dioxido de Carbono	Nombre comercial	Dióxido de Carbono
Nombre químico	Dióxido de Carbono	Sinonimos	Anhidrido Carbónico, Acido Carbónico Gas
Formula	CO ₂	Peso Molecular	44.011

II. RIESGOS DE LOS COMPONENTES

MATERIAL	(%) PESO	TLV - TWA Limite de Exposición maxima durante 8 hs./dia y 40 hs. Semana
Dióxido de Carbono	100	5000 ppm

III. PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de sublimación, 760 mm Hg	-78.5 °C (-109.3 °F)	Punto de congelamiento 760 mm Hg	No aplica
Gravedad especifica (agua = 1)	0.713 a 25 °C y 53.5 atm.	Presión de vapor a 21 °C	5824 Kpa (844.7 psia)
Densidad del vapor (aire = 1)	1.53 a 0 °C	Solubilidad en agua	0.759 cm ³ / cm ³ de agua
Apariencia y olor picante	Gas a presión y temperatura normal; incoloro e inodoro con		sabor ligeramente

IV. INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD

La rápida evaporación del gas licuado puede provocar quemaduras criogénicas sobre la piel y los ojos.

El vapor de Dióxido de Carbono puede causar sensación de comezón en los ojos.

La inhalación de concentraciones moderadas de Dióxido de Carbono puede provocar asfixia, dolor de cabeza, dificultad al respirar, inconsciencia, falta de coordinación e incluso la muerte por desplazamiento del Oxígeno del aire vital para la vida.

En los trabajos de soldadura y cortadoras se pueden crear peligros adicionales para la salud: Los humos y gases producidos durante el proceso pueden ser peligrosos para la salud, y causar enfermedades en los pulmones.

ANEXO 5

ENTREVISTA DIRIGIDA A EMPRESAS E INTITUCIONES QUE OFRECEN SERVICIOS EN EL AREA DE SOLDADURA A NIVEL NACIONAL O REGIONAL, ASI COMO AQUELLAS QUE HAN PARTICIPADO EN FORMACION O CAPACITACION EN EL CENTRO DE INVESTIGACION Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA . (C.I.T.T.)

UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERIA

INTRODUCCION

Sabiendo que su tiempo es muy importante y de sus múltiples ocupaciones le agradecemos de antemano por la atención que brinda a la presente.

Con la finalidad de valorar la situación actual en la industria metal-mecánica de El Salvador y particularmente lo que refiere a las construcciones soldadas, se esta llevando a cabo una investigación de campo tanto a empresas privadas, Industrias, Universidades e Instituciones (CITT), involucradas en este que hacer.

El estudio se enmarca en el proceso de formulación de tesis para la escuela de ingeniería mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Don Bosco.

El objetivo del estudio es llegar a formular un modelo de calidad de las operaciones en el área de soldadura del C.I.T.T. por lo cual solicitamos de su objetividad y sinceridad en las respuestas.

Sus puntos de vista son muy valiosos y las respuestas que proporcionen servirán como insumo al estudio para evaluar la situación actual del área en mención, de ahí la importancia para nosotros de realizar esta entrevista.

La información que usted proporcione será manejada en completa confidencialidad y con el respeto que Ud. Merece.

Agradecemos de antemano su colaboración y el tiempo brindado a la presente.

ANEXO 6

ENTREVISTA DIRIGIDA EMPRESAS E INSTITUCIONES A LAS QUE SE HA PRESTADO SERVICIOS EN EL AREA DE SOLDADURA POR EL CENTRO DE INVESTIGACION Y TRANSFERENCIA TECNOLOGIA (C.I.T.T.)

Empresa o Institución: _____

Cargo de la persona entrevistada: _____

Rubro a que se dedica: _____

Fecha _____ Entrevistador: _____

OBJETIVO : *Recopilar información en torno a los procedimientos utilizados para acceder a los servicios ofrecidos por el área de soldadura del C.I.T.T.*

1. *Como se dio cuenta de la existencia del Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología (C.I.T.T.)?*

2. *Que razones lo impulsaron a elegir al Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología (C.I.T.T.), para suplir sus necesidades en el área de soldadura?*

3. *Que tipo de servicio le ha prestado el área de soldadura del C.I.T.T.?*

4. *Quando fue la ultima vez que hizo uso de esos servicios?*

5. *Con que frecuencia los utiliza?*

6. *Que medios de comunicación utiliza para contactarse con el área de soldadura del C.I.T.T.?*

7. *Con que área o con quien se pone en contacto para acceder a los servicios?*

8. *Cual fue el proceso que siguió para acceder a los servicios?*

9. *Que opinión le merece la forma en que se atendió su necesidad?*

10. *Que le parece la rapidez con que se dio respuesta a su necesidad?*

11. *Los servicios que se brindan actualmente satisfacen sus expectativas?*

12. *Que tipo de seguimiento se le ha brindado a los servicios que ha accedido?*

13. *En su opinión cual debería ser la forma de operar del C.I.T.T. en el área de soldadura con el fin de mejorar sus servicios?*

ANEXO 7

ENTREVISTA DIRIGIDA AL PERSONAL INTERNO DEL C.I.T.T.

Cargo: _____

Área: Mercadeo

Fecha: _____

Entrevistador: _____

OBJETIVO : *Recopilar información en tomo a la forma en que son llevados los procedimientos que se aplican actualmente para el área de soldadura por parte del personal que labora en el C.I.T.T.*

MERCADEO DE LOS SERVICIOS

1. *Como realizan la promoción de los servicios que brinda el área de soldadura?*

2. *Existe una planificación para ello?*

SI

NO

3. *Como hacen para establecer ese plan?*

4. *Quien realiza ese plan, y quienes participan?*

La realiza:

Participan:

5. Como planifican la estrategia de mercado a utilizar?

6. De que manera consiguen apoyo de la institución para el mercadeo de los servicios?

7. Como se le da seguimiento a los servicios que ya han prestado?

8. Como realizan las investigaciones de mercado ?

9. Como definen el mercado meta de los servicios?

10 Que tipo de clientes ha visitado para ofertar los servicios en el área de soldadura?

11 Existen metas de mercadeo a cumplir para el área de soldadura?

SI

NO

12. Como las establecen

13. Con quien se reporta?

14. Con que frecuencia lo hace?

15 Con que departamentos se relaciona?

16. Que medio de comunicación utiliza con el área de soldadura?

Teléfono Fax Verbal Informes

Memorándum Otros _____

17. Ha existido inducción previa a la venta para promocionar los servicios en el área de soldadura?

SI NO

18. Como se le dio esa inducción?

19. Como establecen los precios de los servicios que ofrecen?

ENTREVISTA DIRIGIDA AL PERSONAL INTERNO DEL C.I.T.T.

Cargo Instructor Área Soldadura

Fecha _____ Entrevistador _____

OBJETIVO : *Recopilar información en torno a la forma en que son llevados los procedimientos que se aplican actualmente para el área de soldadura por parte del personal que labora en el C.I.T.T.*

PLANIFICACION

1. *Conoce de un plan específico para el área de soldadura?* SI NO
2. *Si es sí, participa Ud. en el proceso de planeación?* SI NO
3. *Existe un plan de capacitación para el personal del área?* SI NO
4. *Que áreas de capacitación comprende ese plan?*

5. *Que actividades realiza?*

6. Como planifica sus actividades?

7. Se sostienen reuniones con el jefe inmediato para planear actividades?

SI

NO

8. Con que frecuencia se realizan?

9. Que actividades planifican en esas reuniones?

10. Si no existen reuniones para planificación, como determinan las actividades

SISTEMAS DE INFORMACION

11. De que forma tiene acceso a información técnica actualizada y avances tecnológicos?

12. Que tipo de información llega al área, y de donde proviene?

13. Que tipo de información sale del área y hacia donde va?

14. Como hace para transmitir información a otros departamentos?

15. Existen manuales de:

- | | | |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Procedimientos | SI <input type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/> |
| De Puestos | SI <input type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/> |
| De funciones | SI <input type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/> |
| Reglamento Interno | SI <input type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/> |

TECNOLOGIA

16. Que procesos informáticos aplican en el área de soldadura?

17. Existen planes de:

Mantenimiento: SI NO Lo implementan? SI NO

Seguridad industrial: SI NO Lo implementan? SI NO

18. Como han diseñado esos planes?

Mantenimiento:

Seguridad Industrial:

19. Como distribuyen la carga de trabajo para la maquinaria y equipo?

20. Tienen métodos especiales para el almacenamiento y conservación de materiales y suministros que así lo requieran?

Si NO

21. Como se realizan?

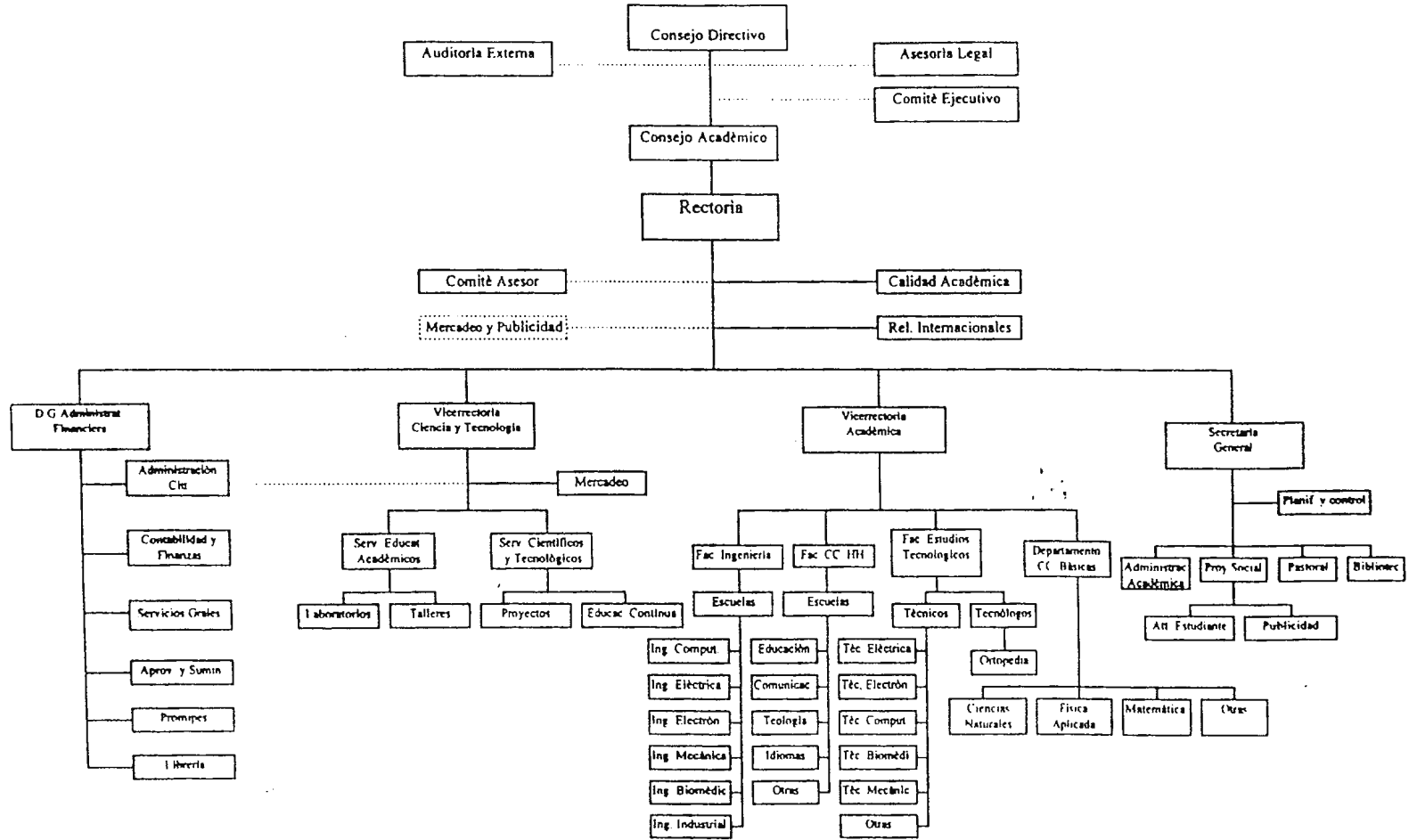
ANEXO 8

GUIA DE OBSERVACION ORDINARIA AL AREA DE SOLDADURA DEL C.I.T.T.

OBJETIVO : *Hacer marco de referencia para formar una apreciación personal en aspectos relacionados a la situación actual del área de soldadura del C.I.T.T.*

- *Infraestructura e Instalaciones (Tipo de material de construcción, Instalaciones eléctricas, agua potable, techo)*
- *Distribución de la planta (Oficinas, bodega, operación, maquinaria y equipo)*
- *Diseño de puestos de trabajo (Diseño del puesto, delimitación de área de trabajo, ubicación de equipo, distribución de tuberías)*
- *Iluminación (Tipología y distribución de luminarias, puntos de luz, área de iluminación)*
- *Ventilación (Tipo de ventilación, equipo de ventilación)*
- *Maquinaria y Equipo (Características, estado, aplicación)*
- *Seguridad Industrial (Emisión de gases, y polvos, ubicación de extintores, puertas de emergencia, equipo de protección, delimitación de áreas de tránsito, manejo de desechos, señalización, y otros)*

ORGANIGRAMA UNIVERSIDAD DON BOSCO



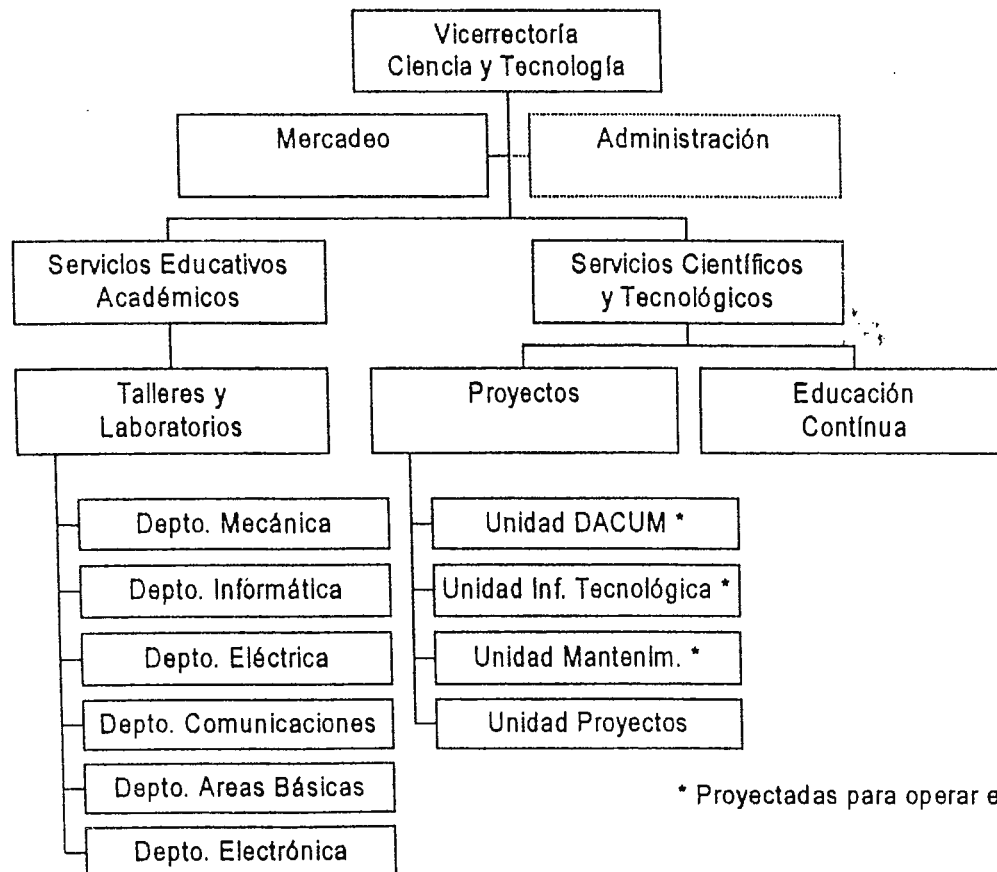


MISION DEL CITI

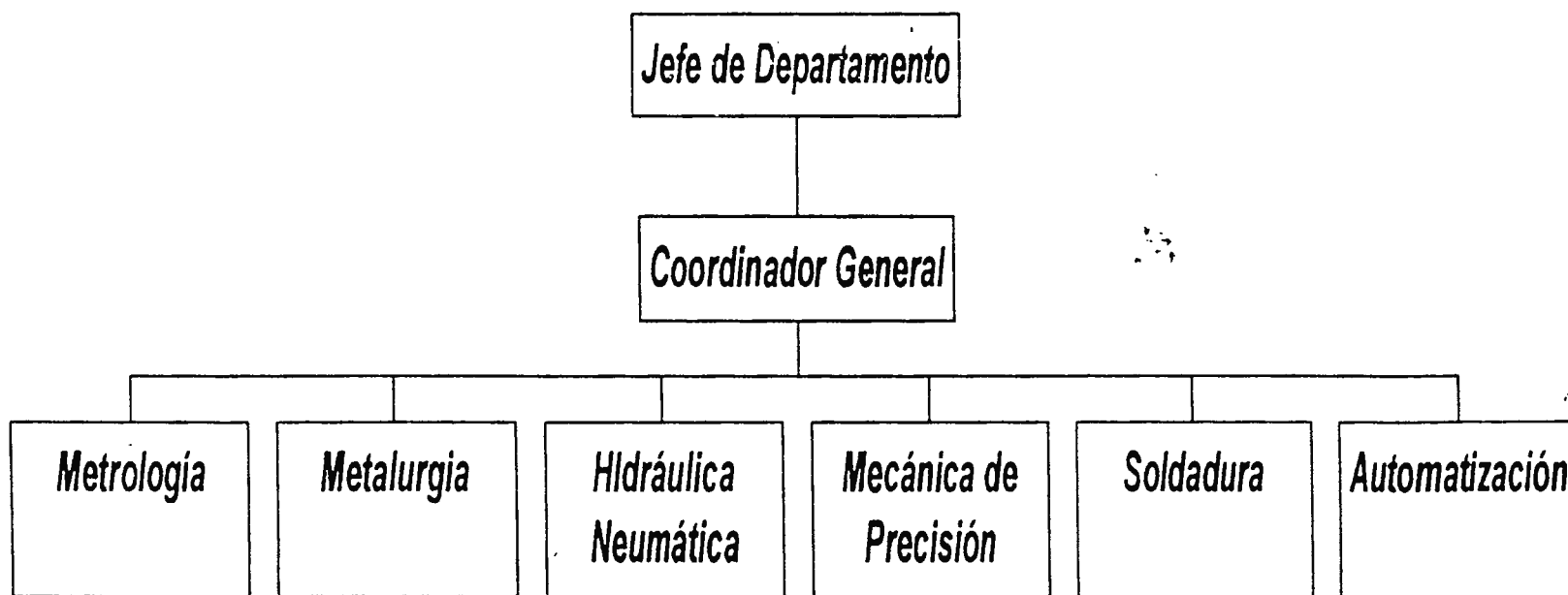
PRODUCIR
SOLUCIONES
ADECUADAS A
TRAVÉS DE LA
CIENCIA Y LA
TECNOLOGIA PARA
EL DESARROLLO
SOSTENIDO Y
MEJORAMIENTO DE
LA CALIDAD DE
VIDA

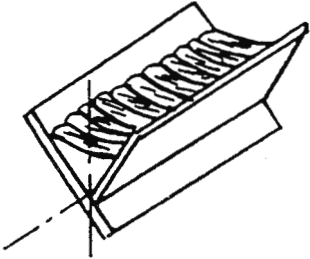
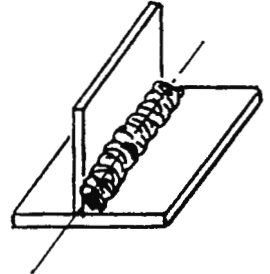
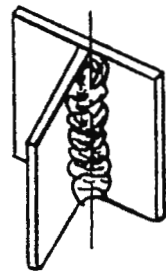
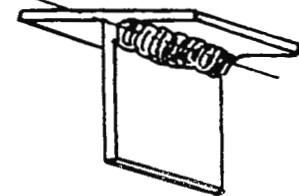
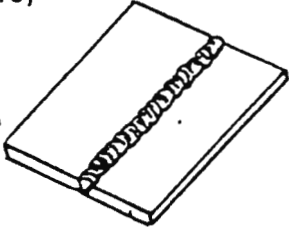
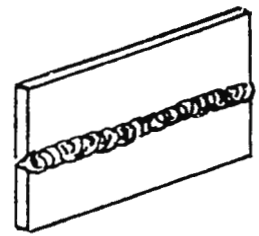
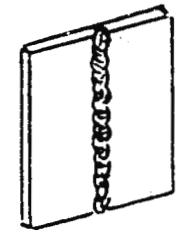

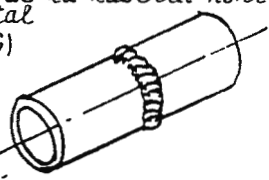
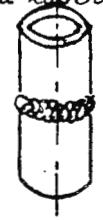
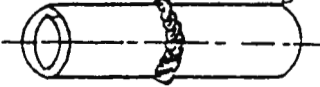
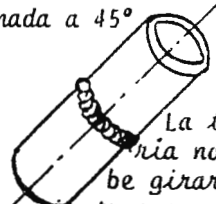
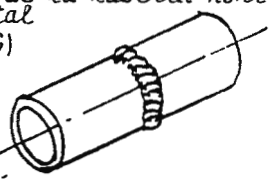
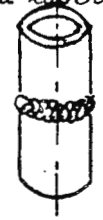
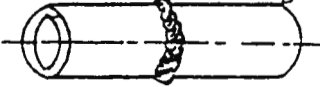
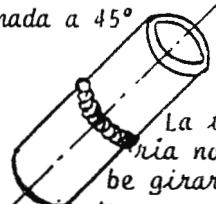
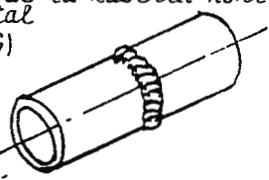
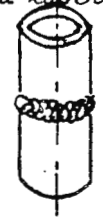
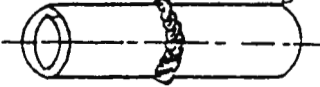
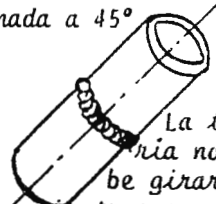
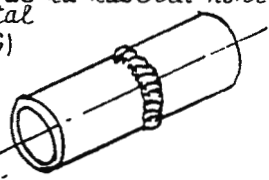
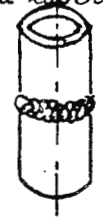
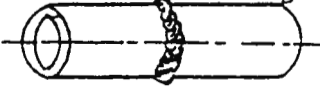
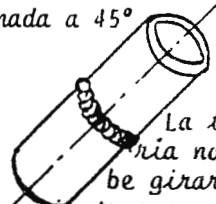
ORGANIGRAMA

VICERRECTORÍA CIENCIA Y TECNOLOGÍA



Departamento de Metal Mecánica C.I.T.T.



SOLDADURA DE ANGULO	POSICION PLANA	POSICION HORIZONTAL	POSICION VERTICAL	POSICION DE TECHO
	Garganta vertical (1F)  Eje de soldadura horizontal	(2F)  Eje de soldadura horizontal	(3F)  Eje de soldadura vertical	(4F)  Eje de soldadura horizontal
	POSICION PLANA	POSICION HORIZONTAL SOBRE PLANO VERTICAL	POSICION VERTICAL	POSICION DE TECHO
	(1G)  Chapa y Eje de la Soldadura Horizontal	(2G)  Chapa Plano Vertical Eje de la Sold. Horizontal	(3G)  Chapas y eje de la soldadura vertical	(4G)  Chapa horizontal
SOLDADURA DE BISEL PLANCHAS	POSICION DE PRUEBA PLANA	POSICION DE PRUEBA HORIZONTAL	POSICION DE PRUEBA HORIZONTAL FIJA	POSICION DE PRUEBA inclinada 45° fija
	Eje de la tubería horizontal (1G) 	Eje de la tubería vertical (2G) 	La tubería no debe girar cuando se suelda (5G) 	Eje de la tubería inclinada a 45° (6G)  La tubería no debe girar mientras se suelda.
	POSICION DE PRUEBA PLANA	POSICION DE PRUEBA HORIZONTAL	POSICION DE PRUEBA HORIZONTAL FIJA	POSICION DE PRUEBA inclinada 45° fija
	Eje de la tubería horizontal (1G) 	Eje de la tubería vertical (2G) 	La tubería no debe girar cuando se suelda (5G) 	Eje de la tubería inclinada a 45° (6G)  La tubería no debe girar mientras se suelda.
SOLDADURA DE BISEL TUBOS	POSICION DE PRUEBA PLANA	POSICION DE PRUEBA HORIZONTAL	POSICION DE PRUEBA HORIZONTAL FIJA	POSICION DE PRUEBA inclinada 45° fija
	Eje de la tubería horizontal (1G) 	Eje de la tubería vertical (2G) 	La tubería no debe girar cuando se suelda (5G) 	Eje de la tubería inclinada a 45° (6G)  La tubería no debe girar mientras se suelda.
	POSICION DE PRUEBA PLANA	POSICION DE PRUEBA HORIZONTAL	POSICION DE PRUEBA HORIZONTAL FIJA	POSICION DE PRUEBA inclinada 45° fija
	Eje de la tubería horizontal (1G) 	Eje de la tubería vertical (2G) 	La tubería no debe girar cuando se suelda (5G) 	Eje de la tubería inclinada a 45° (6G)  La tubería no debe girar mientras se suelda.

REPORTE DEL EXAMEN DE PARTICULAS MAGNETICAS DE SOLDAR

Proyecto _____

Requisito de calidad _____ N. De sección _____

Reportario a _____

LOCALIZACION DE SOLDAR E INTERPRETACION DEL BOSQUEJO

Día	Identificación de soldadura	Area	Interpretación		Reparaciones		Remarcar
			Aceptado	Rechazado	Aceptado	Rechazado	

Nosotros, los abajo firmantes certificamos que las declaraciones en este récord son los correctos y que las soldaduras fueron preparadas y probadas en acuerdo con los requisitos de la sociedad Americana de soldadura.

Inspector _____ Fabricante _____

Fecha de prueba _____ Autorizado por _____

Fecha _____

Método de inspección

Seco Húmedo Residuo Continuo
 AC DC Onda media

Resultado de la prueba de Radiografía

Numero de identificación	Resultado	Marcas	Numero de identificación	Resultado	Marcas
--------------------------	-----------	--------	--------------------------	-----------	--------

Interpretado por _____

Numero de prueba _____

Organización _____

Fecha _____

Manufacturado _____

Autorizado _____

Fecha _____

ANEXO 15

RECORD DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO

Espécimen	Ancho	Delgado	Area	Tensión Baja Libra.	Unidad de presión. PSI	Caracteris. y localización.

GUIA DE PRUEBA PARA DOBLADO

Muestra	Tipo de dobléz	Resultado	Marcas

INSPECCION VISUAL

Apariencia _____
Corte inferior _____
Porosidad _____
Convexidad _____

Prueba de radiografía-ultrasonica _____
RT reporte _____
UT reporte _____

Fecha de prueba _____
Visor _____

COMPLETAR LOS RESULTADOS DE PRUEBA

Tamaño Mínimo		Tamaño Máximo
1 _____	3 _____	1 _____
2 _____		2 _____
		3 _____

Nombre del soldador _____ Hora _____
Encargado de la prueba _____ Laboratorio _____

Soldadura sondeada a prueba de tensión

Tensión PSI _____
Punto de operación PSI _____
Elongacion _____ %

Nombre de la prueba _____
Por _____

Nosotros:

Firme _____
Manufactorador

Por _____

Fecha _____

SOLDADOR. OPERADOR DE LA SOLDADURA O CALIFICACION DEL SOLDADOR

Tipo de soldador _____

Nombre _____

Especificaciones de la soldadura _____ Revisión _____ Fecha _____

Variables	Valores de los datos actuales Usados en la calificación	Rangos de Calificación
Proceso/Tipo	_____	
Electrodo (único o múltiple)	_____	
Corriente / polaridad	_____	
Posición (5.16.2)	_____	
Soldadura de proceso (5.16.7)	_____	
Retroceso (Si o No) (5.16.18)	_____	
Material / Especificación (5.16.1)	_____	
Metal Base	_____	
Espesor (Placa)	_____	
Filete	_____	
Espesor (Tubo)	_____	
Filete	_____	
Ranura	_____	
Metal	_____	
Especificación	_____	
Clase	_____	
Gas/ tipo de flujo	_____	
otros	_____	

INSPECCION VISUAL ACEPTABLE SI O NO			
TIPO	RESULTADO	TIPO	RESULTADO
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

Resultado de biseles

Apariencia _____

Tamaño del Bisel _____

Prueba de penetración _____

(Descripción de localización, tamaño)

Inspeccionado por _____

Numero de prueba _____

Organización _____

Fecha _____

CALIFICACION PARA EL PROCESO DE SOLDADURA EN ELECTROGAS

Especificación de diseño

Especificación del material _____
 Proceso de soldadura _____
 Posición de soldadura _____
 Flujo _____
 Gas _____ Rango de Flujo _____
 Rango de espesor para esta prueba _____
 Solo o Múltiple _____
 Temperatura de inicio _____
 Temperatura final _____
 Nombre del soldador _____

Resultado de la prueba

Fuerza de tensión (PSI)
 1 _____ 2 _____
 Toda la prueba de la soldadura en tensión.
 Esfuerzo de tensión . PSI _____
 Punto de operación, PSI _____
 Elongacion en 2 en % _____
 Tamaño de doblado
 1 _____ 2 _____
 3 _____ 4 _____
 Radiografía Examinada
 RT. Reporte _____
 UT. Reporte _____
 Prueba de impacto

INSPECCION VISUAL

Apariencia _____
 Cortadura _____
 Porosidad _____
 Fecha _____
 Visor _____

Tamaño de la muestra _____ temperatura de prueba _____
 1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____
 Alto _____ Bajo _____

PROCESO DE SOLDADURA

Paso	Tamaño del Electrodo	Corriente de Soldadura		Detalles de unión
		Amperaje	Voltios	
Guía de l tubo de flujo _____ Guía del tubo de composición _____ Guía del tubo de diámetro _____ Velocidad de levantamiento vertical _____ Longitud transversal _____ Velocidad transversal _____ Forma del cordón _____				

Nosotros: _____

Proceso _____

Manufacturados _____

Revisión _____

Autorizado _____

Fecha _____

REGISTRO DE CALIFICACION DEL PROCESO DE SOLDADURA

ESPECIFICACION DEL PROCESO

Especificación del material _____
 Proceso de Soldadura _____
 Manual o Maquina _____
 Pros. de la soldadura _____
 Especif. de material de aporte _____
 Clasif. de material de aporte _____
 Grado de Soldabilidad del metal _____
 Gas protector _____ velocidad de flujo _____
 Pase único o múltiple _____
 Arco múltiple o simple _____
 Corriente de soldadura _____
 Progresión de la soldadura _____
 Temperatura de Pre calentamiento _____
 Temperatura de Pos calentamiento _____
 Nombre del Soldador _____

- Aplicable cuando el metal de aporte no tiene clasificación de la AWS.

INSPECCION VISUAL (9.25,1)

Apariencia _____
 Socavado _____
 Porosidad _____
 Fecha Prueba: _____
 Dirigida por: _____

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE TENSION

Resistencia a la tracción
 1. _____
 2. _____
 Prueba de DobleZ (2 raíz, 2 cara , 4 de doblez)

EXAMEN RADIOGRAFICO- ULTRASONICO

ER. Informe No. _____
 EU. Informe No. _____

RESULTADO DE LA PRUEBA DE FILETE

Mínimo tamaño de Pase Múltiple.
 Máximo tamaño de Paso Unico.
 Macroataque Macroataque

1. ____ 2. ____ 3. ____ 1. ____ 2. ____ 3. ____

Prueba de tension de metales soldados.

Fuerza de tensión, psi. _____
 Limite de flexibilidad _____
 Dilatación en 2", % _____

No. Prueba Laboratorio. _____

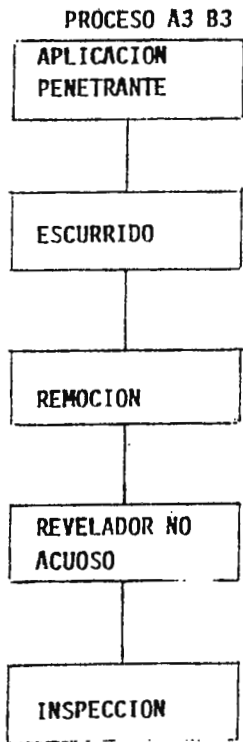
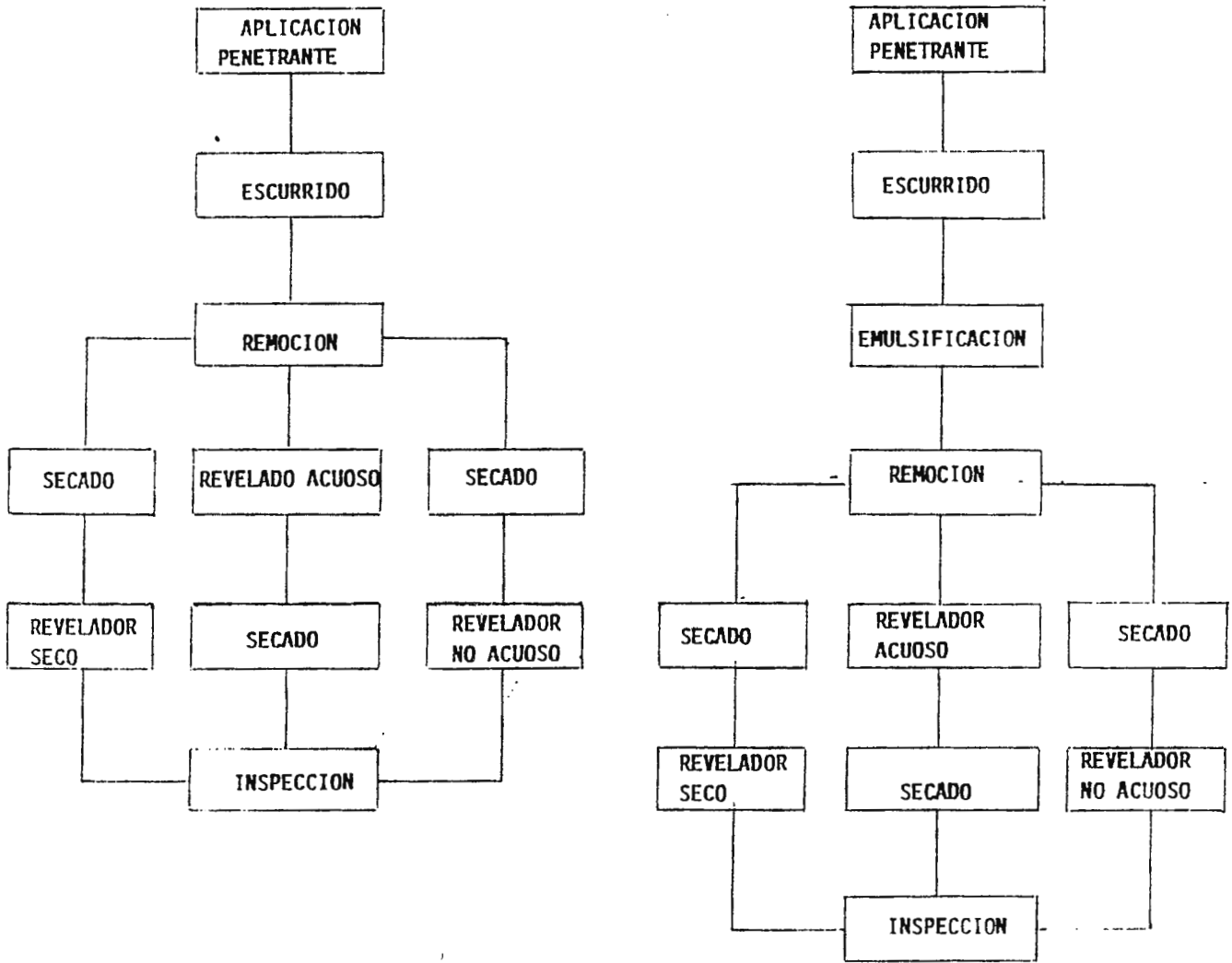
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Pase No.	Tamaño de Electrodo.	Corriente de Soldadura		Velocidad de Avance	DETALLES DE TRABAJO
		Amperios	Voltios		

Nosotros , los abajo firmantes, certificamos que los elementos aquí consignados son correctos y que las pruebas de soldadura fueron preparadas, soldadas y probadas de acuerdo con los requerimientos del literal 5B de la norma AWS D1.1() Código de Soldadura de Escrituras.

Procedimiento No. _____ Productor o contratista _____

Revisión No. _____ Autorizado por _____ fecha _____



COMPARACION DE ESCALAS DE DUREZA

<i>Indentación</i>				<i>Rebote</i>	<i>Rayadura</i>		
<i>Brinell</i>		<i>Vickers</i>		<i>Rockwell</i>		<i>Shore</i>	<i>Mohs</i>
Diámetro de indentación en mm.	Esfera de acero 10 mm. diámetro carga 3000 kg.	Ancho indentación entre vértices, mm.	Pirámide diamante c/ángulo 136° carga 120 Kg.	Escala B, esfera de acero 1/8" diámetro carga 100 kg.	Escala C, cono diamante c/áng. 120°, carga 150 kg.	Martinete 0.0052 lb. c/cada 10 pulg.	El material más duro raya el más blando
2.4	654	0.531	789	-	64	86	8.0
2.5	601	0.560	710	-	59	81	-
2.6	555	0.598	622	-	56	75	-
2.7	514	0.630	560	-	52	70	-
2.8	477	0.654	520	-	48	66	-
2.9	444	0.686	474	-	47	62	7.0
3.0	415	0.712	436	-	44	58	-
3.1	388	0.747	401	-	42	54	-
3.2	363	0.771	374	-	39	51	6.5
3.3	341	0.796	350	-	37	48	-
3.4	321	0.828	325	-	35	46	-
3.5	302	0.857	303	-	32	42	6.0
3.6	285	0.884	285	-	30	40	-
3.7	269	0.908	270	-	28	37	-
3.8	255	0.934	255	-	25	35	-
3.9	241	0.962	241	100	22	33	5.5
4.0	229	0.988	228	98	20	32	-
4.1	217	1.012	217	96	-	30	-
4.2	207	1.034	208	94	-	29	-
4.3	197	1.064	197	92	-	28	-
4.4	187	1.094	186	90	-	27	5.0
4.5	179	1.118	178	89	-	25	-
4.6	170	1.142	171	88	-	24	-
4.7	163	1.172	162	84	-	23	-
4.8	156	1.200	156	82	-	23	-
4.9	149	1.222	149	80	-	22	4.5
5.0	143	1.246	143	78	-	21	-
5.1	137	1.268	138	75	-	20	-
5.2	131	1.302	131	73	-	19	-
5.3	126	1.322	127	70	-	18	-
5.4	121	1.354	121	68	-	17	-
5.5	116	1.384	116	65	-	16	-

SIMBOLOS BASICOS DE SOLDADURA Y EL SIGNIFICADO DE SU LOCALIZACION									
Significado de la Localización	Chañán	Tapón o Ranura	Punto o Proyección	Perno	Costura	De Respaldo	Revestimiento	De Brida en Esquina	De Brida Lateral
Lado más cercano									
Lado más Lejano				No se Usa			No se Usa		
Ambos Lados		No se Usa	No se Usa	No se Usa	No se Usa	No se Usa	No se Usa	No se Usa	No se Usa
No influye el significado de lado más cercano o más lejano	No se Usa	No se Usa		No se Usa		No se Usa	No se Usa	No se Usa	No se Usa
Significado de la Localización	RANURA								Unión de Rebaje o Iatónada
	A Tope	V	Bisel	U	J	V doblada	Bisel doblado		
Lado más cercano									
Lado más Lejano									
Ambos Lados									
No influye el significado de lado más cercano o más lejano		No se Usa	No se Usa	No se Usa	No se Usa	No se Usa	No se Usa	No se Usa	

RANURA							
A Tope	Rebaje	V	Bisel	U	J	V Doblada	Bisel Doblado

Soldar Todo Alrededor	Soldadura de Campo	Fusión a Tráves	Inserto Consumible (Cuadrado)	Respaldo o Espalador (Rectángulo)	Contorno		
					A paño o plano	Convexo	Cóncavo