

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE FORMACIÓN TECNOLÓGICA**

**SOLDADURA INDIRECTA EN TUBERÍAS DE COBRE PARA  
INSTALACIONES DE AGUA POTABLE**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
TECNÓLOGO EN PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA**

**CRISTIAN FERNANDO PILLA TITUAÑA  
MEDARDO ADRIAN MENDOZA CHANATASIG**

**DIRECTOR: ING. HOMERO BARRAGAN**

**Quito, octubre 2007**

## **DECLARACIÓN**

Nosotros, Cristian Fernando Pilla Tituaña, Medardo Adrian Mendoza Chanatasig, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**CRISTIAN FERNANDO  
PILLA**

---

**MEDARDO ADRIAN  
MENDOZA**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Cristian Fernando Pilla y Medardo Adrian Mendoza, bajo mi supervisión.

---

**Ing. Homero Barragán**  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTOS**

Presentamos nuestro profundo agradecimiento a Dios por haber guiado nuestro camino y darnos la sabiduría y entendimiento necesario para hacer realizable nuestro proyecto

A nuestros maestros, quienes con nobleza y entusiasmo depositaron en nosotros sus vastos conocimientos en especial a nuestro distinguido director de proyecto Ing. Homero Barragán, quien con su amplia experiencia en la educación y especialmente en el área de Soldadura hizo posible la realización de este proyecto

A nuestra prestigiosa universidad puesto que en sus aulas recibimos las enseñanzas y las mas bellas e inolvidables experiencias y recuerdos que siempre los llevaremos con nosotros.

MEDARDO MENDOZA

CRISTIAN PILLA

## **DEDICATORIA**

### **A NUESTROS PADRES**

Que con amor y sacrificio, supieron motivarnos moral y materialmente para culminar con éxito esta etapa estudiantil la cual nos ha capacitado para asegurarnos una vida digna y clara en el futuro que siempre pondremos al servicio del bien, la verdad y la justicia.

## INDICE

DECLARACIÓN .....	II
CERTIFICACIÓN .....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
DEDICATORIA.....	V
INDICE .....	VI
INDICE DE TABLAS .....	XII
INDICE DE FIGURAS .....	XIV
INDICE DE ANEXOS .....	XVII
RESUMEN .....	XVIII
INTRODUCCION .....	XIX
<b>CAPÍTULO 1: SOLDADURA INDIRECTA DE METALES</b>	
1.1 INTRODUCCION .....	1
1.1.1 LA SOLDADURA EN LA ANTIGUEDAD.....	1
1.1.2 LA SOLDADURA Y LOS METODOS DE UNION .....	1
1.1.3 NATURALEZA DE LA SOLDADURA.....	2
1.1.4 DEFINICION DE SOLDADURA INDIRECTA.....	3
1.1.5 VENTAJAS DEL PROCESO DE SOLDADURA INDIRECTA .....	3
1.1.6 DESVENTAJAS DEL PROCESO DE SOLDADURA INDIRECTA .....	4
1.2 FUNDAMENTOS DE LA SOLDADURA INDIRECTA .....	4
1.2.1 MOJABILIDAD .....	4
1.2.2 CAPILARIDAD .....	6
1.2.3 COHESIÓN .....	8
1.2.4 RESISTENCIA DE LA SOLDADURA INDIRECTA .....	9
1.2.5 METALURGIA DE LA SOLDADURA INDIRECTA.....	10
1.3 CLASIFICACIÓN DE LA SOLDADURA INDIRECTA.....	11
1.4 SOLDADURA FUERTE (BRAZING).....	11
1.4.1 DEFINICIÓN .....	11
1.4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	12
1.4.3 VENTAJAS.....	12
1.4.4 DESVENTAJAS .....	13
1.4.5 APLICACIONES.....	13
1.5 SOLDADURA BLANDA (SOLDERING).....	14
1.5.1 DEFINICIÓN .....	14

1.5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	14
1.5.3 VENTAJAS.....	15
1.5.4 DESVENTAJAS .....	15
1.5.5 APLICACIONES.....	15
1.5.6 MÉTODOS ESPECIALES PARA SOLDADURA BLANDA.....	16
1.6 PROCESO DE SOLDADURA INDIRECTA .....	16
1.6.1 SOLDADURA INDIRECTA CON SOPLETE .....	16
1.7 MATERIALES QUE PUEDEN SOLDARSE CON SOLDADURA INDIRECTA .....	18
1.8 PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DE LA SOLDADURA INDIRECTA...	18
1.8.1 DISEÑO DE LA JUNTA.....	19
1.8.2 LIMPIEZA DE LAS SUPERFICIES .....	24
1.8.3 APLICACIÓN DE FUNDENTE .....	25
1.8.4 ENSAMBLADO DE LAS PIEZAS.....	25
1.8.5 CALENTAMIENTO DE LAS PIEZAS .....	26
1.8.6 APLICACIÓN DEL MATERIAL DE APORTE .....	27
1.8.7 ENFRIAMIENTO .....	27
1.8.8 POST-LIMPIEZA.....	27
1.9 REPRESENTACIÓN DE LA SOLDADURA EN EL DIBUJO TÉCNICO MECÁNICO .....	27
CAPÍTULO 2: FUNDENTES Y METALES DE APORTE PARA SOLDADURA INDIRECTA.....	31
2.1 FUNDENTES .....	31
2.1.1 FUNCIONES DEL FUNDENTE.....	31
2.1.2 FORMA DE SUMINISTRO.....	31
2.1.3 SELECCIÓN DEL FUNDENTE ADECUADO .....	31
2.2 FUNDENTES PARA SOLDADURA FUERTE.....	32
2.3 FUNDENTES PARA SOLDADURA BLANDA.....	34
2.3.1 FUNDENTES INORGANICOS.....	34
2.3.2 FUNDENTES ORGANICOS .....	35
2.3.3 FUNDENTES DE RESINA.....	35
2.4 METALES DE APORTE UTILIZADOS EN SOLDADURA INDIRECTA.....	38
2.4.1 PROPIEDADES .....	38
2.4.2 FORMA DE SUMINISTRO.....	38
2.4.3 SELECCIÓN DEL METAL DE APORTE .....	39

2.4.4 METALES DE APORTE PARA SOLDADURA FUERTE.....	40
2.4.5 METALES DE APORTE PARA SOLDADURA BLANDA.....	45
CAPÍTULO 3: INSTALACIONES PARA EL SUMINISTRO DE AGUA	
POTABLE.....	50
3.1 INTRODUCCIÓN.....	50
3.2 MATERIALES UTILIZADOS PARA EL SUMINISTRO DE AGUA	
POTABLE .....	51
3.2.1 TUBERÍA DE PLOMO.....	52
3.2.2 TUBERÍA DE ACERO GALVANIZADO.....	52
3.2.3 TUBERÍA DE PLASTICO .....	52
3.2.4 TUBERÍA DE COBRE .....	53
3.3 DESCRIPCION DE LAS INSTALACIONES.....	61
3.3.1 REDES DE DISTRIBUCIÓN .....	61
3.3.2 TOMAS DE AGUA .....	62
3.3.3 DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN EL INTERIOR DE UNA	
EDIFICACIÓN .....	64
3.4 REQUERIMIENTOS DE LAS INSTALACIONES.....	66
3.4.1 CONSUMO DE AGUA .....	66
3.4.2 VELOCIDAD DE AGUA EN LAS TUBERIAS.....	67
3.4.3 CALCULO DEL COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD .....	67
3.4.4 PERDIDAS DE PRESIÓN.....	68
3.5 UNIONES Y ACCESORIOS .....	70
3.5.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ACCESORIOS.....	70
3.5.2 DENOMINACION DE LOS ACCESORIOS.....	72
3.5.3 TENDIDO DEL TUBO DE COBRE.....	75
CAPÍTULO 4: NORMAS DE SEGURIDAD EN LA SOLDADURA INDIRECTA....	77
4.1 INTRODUCCION.....	77
4.2 PRÁCTICAS SEGURAS DE ÁREA GENERAL.....	77
4.2.1 PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS .....	77
4.2.2 ETIQUETAS PRECAUTORIAS.....	79
4.3 PROTECCIÓN PERSONAL .....	80
4.3.1 ROPA PROTECTORA .....	80
4.3.2 EQUIPO PROTECTOR RESPIRATORIO .....	80
4.3.3 PROTECCIÓN DEL ROSTRO Y DE LOS OJOS.....	81



4.3.4	PROTECCIÓN DE LOS PIES .....	81
4.3.5	PROTECCIÓN DE LAS MANOS .....	81
4.4	RIESGOS HIGIÉNICOS .....	82
4.4.1	HUMOS Y GASES .....	82
4.4.2	MATERIALES PELIGROSOS .....	83
4.4.3	RUIDO.....	84
4.4.4	HIGIENE PERSONAL .....	84
4.4.5	EFFECTOS PARA LA SALUD .....	85
4.5	SEGURIDAD EN LA SOLDADURA DE TUBOS DE COBRE.....	86
4.5.1	SEGURIDAD CON EL EQUIPO OXIGAS .....	86
4.5.2	SEGURIDAD AL SOLDAR .....	89
CAPÍTULO 5: SOLDADURA EN TUBOS DE COBRE PARA LA CONDUCCION DE AGUA POTABLE.....		91
5.1	TIPOS DE SOLDADURAS .....	91
5.1.1	SOLDADURA FUERTE.....	92
5.1.2	SOLDADURA BLANDA.....	92
5.2	FUNDENTES UTILIZADOS.....	92
5.2.1	FUNDENTE PARA SOLDADURA FUERTE .....	92
5.2.2	FUNDENTE PARA SOLDADURA BLANDA .....	93
5.3	METALES DE APORTE .....	93
5.3.1	METALES DE APORTE PARA SOLDADURA FUERTE.....	93
5.3.2	METALES APORTE PARA SOLDADURA BLANDA.....	96
5.3.3	RESISTENCIA DE LA UNION SOLDADA .....	98
5.4	SECUENCIA OPERACIONAL .....	98
5.4.1	MEDICIÓN Y CORTE .....	99
5.4.2	ESCARIAR.....	100
5.4.3	LIMPIEZA.....	100
5.4.4	APLICACIÓN DE FUNDENTE .....	101
5.4.5	MONTAJE Y SOPORTE .....	102
5.4.6	CALENTAMIENTO.....	103
5.4.7	APLICACIÓN DEL METAL DE APORTE .....	105
5.4.8	ENFRIAMIENTO .....	106
5.4.9	LIMPIEZA FINAL.....	106
CAPÍTULO 6: INSPECCIÓN EN JUNTAS UNIDAS MEDIANTE SOLDADURA INDIRECTA.....		107

6.1 INTRODUCCIÓN.....	107
6.2 LOCALIZACIÓN DE PROBLEMAS .....	107
6.2.1 ÓXIDOS RESIDUALES.....	108
6.2.2 FORMACIÓN DE ALEACIONES .....	109
6.2.3 PRECIPITACIÓN DE CARBUROS .....	109
6.2.4 AGRIETAMIENTO POR ESFUERZO .....	109
6.2.5 FRAGILIZACIÓN OCASIONADA POR EL HIDROGENO.....	110
6.2.6 FRAGILIZACIÓN OCASIONADA POR EL AZUFRE.....	110
6.2.7 FRAGILIZACIÓN OCASIONADA POR EL FÓSFORO .....	110
6.3 MÉTODOS DE ENSAYOS DESTRUCTIVOS .....	110
6.3.1 INSPECCIÓN METALGRÁFICA .....	110
6.3.2 PRUEBAS DE TENSIÓN Y CORTE .....	111
6.3.3 PRUEBAS DE TORSIÓN.....	111
6.4 METODOS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.....	111
6.4.1 INSPECCIÓN VISUAL .....	111
6.4.2 PRUEBA EN SERVICIO.....	112
6.4.3 PRUEBA DE FUGAS .....	112
6.4.4 INSPECCIÓN CON LÍQUIDOS PENETRANTES.....	112
6.4.5 INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA.....	113
6.4.6 INSPECCIÓN ULTRASÓNICA.....	113
6.5 IMPERFECCIONES COMUNES EN LAS UNIONES SOLDADAS .....	114
6.5.1 PRESENCIA DE POROS.....	114
6.5.2 FALTA DE LLENADO.....	114
6.5.3 ATRAPAMIENTO DEL FUNDENTE.....	114
6.5.4 EROSIÓN DEL METAL BASE.....	114
6.5.5 ASPECTO SUPERFICIAL.....	114
6.5.6 GRIETAS.....	115
6.6 CONTROL DE CALIDAD EN TUBERÍAS DE COBRE SOLDADAS.....	115
6.6.1 CALIDAD DE LA SOLDADURA .....	115
6.6.2 CARACTERÍSTICAS DE UNA BUENA SOLDADURA .....	115
6.6.3 ENSAYOS Y PRUEBAS REALIZADOS .....	116
6.7 ELABORACIÓN DEL BRAZING PROCEDURE SPECIFICATION.....	126
CAPÍTULO 7: CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES DE TUBERÍAS DE COBRE.....	132

7.1 INTRODUCCIÓN.....	132
7.2 DETECCIÓN Y REPARACIÓN DE FUGAS .....	132
7.2.1 LOCALIZACIÓN DE FUGAS .....	133
7.2.2 INSTRUCCIONES DE CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	134
7.2.3 REPARACIÓN DE INSTALACIÓN DE TUBOS DE COBRE .....	135
7.3 COSTOS EN LAS INSTALACIONES DE TUBERÍA DE COBRE .....	137
7.3.1 COSTOS DIRECTOS.....	137
7.3.2 COSTOS INDIRECTOS .....	140
7.3.3 COSTO TOTAL .....	140
CAPÍTULO 8: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS .....	141
8.1 INTRODUCCIÓN.....	141
8.2 ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO DE TRACCIÓN.....	142
8.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LA PRUEBA HIDROSTÁTICA.....	146
8.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE EL ENSAYO METALOGRAFICO.....	148
8.4.1 ANÁLISIS DEL MATERIAL BASE .....	149
8.4.2 ANÁLISIS DE LA SOLDADURA ESTAÑO-ANTIMONIO(95-5) .....	149
8.4.3 ANÁLISIS DE LA SOLDADURA BCUP-3.....	150
CONCLUSIONES .....	151
RECOMENDACIONES.....	154
BIBLIOGRAFÍA.....	156

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1: MATERIALES BASE PARA SOLDADURA INDIRECTA .....	18
TABLA 1.2 : SEPARACIÓN RECOMENDADA DE LA UNION A LA TEMPERATURA DE SOLDADURA FUERTE .....	23
TABLA 2.1: FUNDENTES.....	31
TABLA 2.2: FUNDENTES PARA SOLDADURA FUERTE .....	32
TABLA 2.3: FUNDENTES PARA SOLDADURA BLANDA .....	34
TABLA 2.4: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS ALEACIONES PARA SOLDADURA FUERTE .....	44
TABLA 2.5: COMPOSICIÓN APLICACIÓN Y RANGOS DE FUSIÓN DE LAS ALEACIONES DE SOLDADURA BLANDA .....	49
TABLA 3.1: CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS TUBERÍAS TIPO K..	54
TABLA 3.2: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS TUBERÍAS TIPO K.....	55
TABLA 3.3: CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS TUBERÍAS TIPO L ..	56
TABLA 3.4: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS TUBERÍAS TIPO L.....	57
TABLA 3.5: CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS TUBERÍAS TIPO M .	58
TABLA 3.6: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS TUBERÍAS TIPO M.....	59
TABLA 3.7: DOTACIÓN PARA FRACCIONAMIENTOS HABITACIONALES....	66
TABLA 3.8: DOTACIÓN PARA FRACCIONAMIENTOS INDUSTRIALES Y/O COMERCIALES.....	66
TABLA 3.9: PRESIONES Y CAUDALES DE SALIDA EN CADA PUNTO DE CONSUMO .....	69
TABLA 3.10: COEFICIENTES DE SIMULTANEIDAD .....	68
TABLA 3.11: DISTANCIA MÁXIMA ENTRE APOYOS PARA TUBOS DE COBRE QUE CONDUCEN AGUA .....	75
TABLA 5.1: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS ALEACIONES PARA SOLDADURA FUERTE .....	94

TABLA 5.2: CARACTERÍSTICAS DE LA ALEACIÓN BCuP-3.....	94
TABLA 5.3: CARACTERÍSTICAS DE LA ALEACIÓN BCuP-5.....	95
TABLA 5.4: CARACTERÍSTICAS DE LA ALEACIÓN BAg-1.....	95
TABLA 5.5: COMPOSICIÓN QUÍMICA Y TEMPERATURAS DE ALEACIONES PARA SOLDADURA BLANDA .....	96
TABLA 5.6: CARACTERÍSTICAS DE LA ALEACIÓN 95% Sn-5% Sb .....	97
TABLA 5.7: CARACTERÍSTICAS DE LA ALEACIÓN 50% Sn-50% Pb .....	97
TABLA 5.8: VALORES DE LA PRESIÓN DE TRABAJO EN LAS JUNTAS O UNIONES SOLDADAS.....	98
TABLA 6.1: SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS TÍPICOS DE LA SOLDADURA INDIRECTA .....	108
TABLA 6.2: CARACTERÍSTICAS DE LA SOLDADURA UTILIZADA .....	117
TABLA 6.3: PARÁMETROS DE PRUEBA.....	118
TABLA 7.1: COSTO DE METALES DE APORTE Y FUNDENTES .....	137
TABLA 7.2: COSTOS DE TUBERÍAS DE COBRE .....	138
TABLA 7.3: COSTO DE ACCESORIOS DE COBRE .....	138
TABLA 7.4: COSTO DE MATERIAL.....	139
TABLA 7.5: COSTO DE MANO DE OBRA .....	139
TABLA 7.6: COSTO TOTAL DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS .....	139
TABLA 7.7: COSTO TOTAL POR METRO DE TUBERÍA INSTALADA .....	140
TABLA 8.1: RESULTADOS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN .....	143
TABLA 8.2 :PARÁMETROS DE PRUEBA .....	146

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1: SOLDADURA POR FUSION Y SOLDADURA EN FASE SOLIDA.	2
FIGURA 1.2: ÁNGULO DE CONTACTO SOBRE LAS SUPERFICIES .....	5
FIGURA 1.3: FENÓMENO DE LA CAPILARIDAD .....	7
FIGURA 1.4: TIPOS DE JUNTAS SOLDADAS EN SOLDADURA FUERTE.....	21
FIGURA 1.5: TIPOS DE JUNTAS UTILIZADAS EN SOLDADURA BLANDA....	22
FIGURA 1.6: SEPARACIÓN CAPILAR ADECUADA.....	23
FIGURA 1.7: TEMPERATURAS IMPORTANTES DURANTE LA SOLDADURA .....	27
FIGURA 1.8: APLICACIÓN DE SIMBOLOS DE SOLDADURA INDIRECTA, APLICACIÓN DE PROCESOS.....	28
FIGURA 1.9: LOCALIZACIÓN DE ELEMENTOS DE SÍMBOLO DE SOLDADURA INDIRECTA .....	28
FIGURA 1.10: APLICACIÓN DE SÍMBOLOS DE SOLDADURA INDIRECTA EN JUNTAS INCLINADAS .....	28
FIGURA 1.11: APLICACIÓN DE SÍMBOLOS DE SOLDADURA INDIRECTA EN JUNTAS TRASLAPADAS.....	29
FIGURA 1.12: APLICACIÓN DE SÍMBOLOS DE SOLDADURA INDIRECTA EN JUNTAS RANURA,BISEL, CAMPANA Y FILETE .....	29
FIGURA 1.13: APLICACIÓN DE SÍMBOLOS DE SOLDADURA INDIRECTA EN JUNTAS RANURA DOBLE, BISEL CAMPANA Y FILETE .....	29
FIGURA 1.14: APLICACIÓN DE SÍMBOLOS DE SOLDADURA INDIRECTA EN JUNTA A TOPE .....	30
FIGURA 1.15: APLICACIÓN DE SÍMBOLOS DE SOLDADURA INDIRECTA EN JUNTA EN T .....	30
FIGURA 2.1: MATERIALES DE APORTE UTILIZADOS EN SOLDADURA INDIRECTA .....	39
FIGURA 2.2: DIAGRAMA DE FASE DE LA ALEACIÓN ESTAÑO-PLOMO ....	46
FIGURA 2.3: FUNDENTES UTILIZADOS EN SOLDADURA BLANDA .....	37

FIGURA 3.1: SISTEMA TÍPICO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE .....	61
FIGURA 3.2: SUMINISTRO DE AGUA POTABLE POR EFECTOS DE LA ACCIÓN DE LA GRAVEDAD, A TRAVÉS DE UN TANQUE DE REGULACIÓN.....	62
FIGURA 3.3: TOMA DOMICILIARIA TÍPICA .....	63
FIGURA 3.4: ESQUEMA DE INSTALACIÓN EN EL INTERIOR DE UNA EDIFICACIÓN.....	65
FIGURA 3.5: DIAGRAMA PARA CONOCER LA PÉRDIDA DE PRESIÓN EN TUBERÍAS DE COBRE .....	69
FIGURA 3.6: CLASIFICACIÓN GEOMÉTRICA DE LOS ACCESORIOS.....	70
FIGURA 3.7: TIPO DE UNIÓN DE LOS ACCESORIOS .....	71
FIGURA 3.8: ACCESORIOS DEACUERDO AL PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN .....	72
FIGURA 3.9: DESIGNACIÓN DE LOS ACCESORIOS .....	74
FIGURA 3.10: FIJACIONES PARA TUBOS DE COBRE .....	76
FIGURA 5.1: CORTE DEL TUBO.....	99
FIGURA 5.2: ESCARIADO DEL TUBO .....	100
FIGURA 5.3: LIMPIEZA MECÁNICA.....	101
FIGURA 5.4: APLICACIÓN DEL FUNDENTE .....	102
FIGURA 5.5: MONTAJE DEL ACCESORIO EN EL TUBO.....	103
FIGURA 5.6: CLASES DE SOPLETES .....	103
FIGURA 5.7: MÁQUINA SOLDADORA .....	104
FIGURA 5.8: CALENTAMIENTO DE LA JUNTA .....	105
FIGURA 5.9: APLICACIÓN DEL METAL DE APORTE .....	105
FIGURA 5.10: LIMPIEZA FINAL.....	106

FIGURA 5.2: ESCARIADO DEL TUBO .....	100
FIGURA 5.3: LIMPIEZA MECÁNICA.....	101
FIGURA 6.1: MÁQUINA PARA ENSAYO DE TRACCIÓN .....	116
FIGURA 6.2: PROBETA PARA ENSAYO DE TRACCIÓN.....	116
FIGURA 6.3: LÁMINAS DE COBRE.....	117
FIGURA 6.4: MAQUETA DE PRUEBA .....	120
FIGURA 6.5: SISTEMA DE PRESIÓN.....	121
FIGURA 6.6: CORTE LONGITUDINAL DE LA PROBETA.....	123
FIGURA 6.7: MONTAJE DE LA PROBETA.....	124
FIGURA 6.8: PULIDO DE PROBETAS.....	124
FIGURA 6.9: PULIDOR CON CHORRO DE AGUA .....	125
FIGURA 6.10: MICROSCÓPIO METALÚRGICO .....	125
FIGURA 7.1: UBICACIÓN Y FRECUENCIA DE FUGAS EN LAS TOMAS DOMICILIARIAS.....	134
FIGURA 8.1: ZONA DE ROMPIMIENTO DE LAS PROBETAS SOLDADAS ..	143
FIGURA 8.2: DIAGRAMA ESFUERZO-DEFORMACIÓN DE PROBETAS ENSAYADAS.....	144
FIGURA 8.3: PRESIONES DE ENSAYO.....	147
FIGURA 8.4: PRESIÓN DE FALLA .....	148
FIGURA 8.5: FOTOMICROGRAFÍA DEL MATERIAL BASE .....	99
FIGURA 8.6: FOTOMICROGRAFÍA DE SOLDADURA ESTAÑO-ANTIMONIO(95-5) .....	149
FIGURA 8.7: FOTOMICROGRAFÍA DE SOLDADURA BCuP-3(5% PLATA) .	150



**ÍNDICE DE ANEXOS**

## ANEXO A

FOTO 1: MATERIALES Y HERRAMIENTAS UTILIZADOS EN EL PROCESO DE SOLDADURA .....	160
FOTO 2: CORTE DEL TUBO PARA PREPARACIÓN DE LA PROBETA .....	160
FOTO 3: ESCARIADO DEL TUBO PARA PREPARACIÓN DE LA PROBETA.....	161
FOTO 4: LIMPIEZA DEL TUBO.....	161
FOTO 5: APLICACIÓN DEL FUNDENTE.....	162
FOTO 6: ACOUPLE DE ACCESORIOS.....	162
FOTO 7: EQUIPO PARA SOLDADURA FUERTE.....	163
FOTO 8: SOLDADURA DE LA PROBETA CON METAL DE APORTE BCUP-3.....	163
FOTO 9: SOLDADURA DE LA PROBETA CON METAL DE APORTE ESTAÑO-ANTIMONIO (95-5).....	164
FOTO 10: SUJECION DE LA PROBETA EN MORDAZAS DURANTE EL ENSAYO DE TRACCIÓN. ....	164
FOTO 11: REALIZACIÓN DEL ENSAYO DE TRACCIÓN LABORATORIO DE POLÍMETROS EPN.....	165
FOTO 12: REALIZACIÓN DE LA PRUEBA HIDROSTÁTICA LABORATORIO DE FLUIDOS EPN (PATIO).....	165

## RESUMEN

El proyecto, es una investigación que da a conocer la metodología para realizar las instalaciones de tuberías de cobre utilizadas en la conducción de agua potable, ya que la falta de conocimiento apropiado en las personas dedicadas a esta actividad, es lo que puede desarrollarse en técnicas limitadas de instalación y llevar a uniones pobres e imperfectas, pues obviar o aplicar erróneamente algún paso del proceso puede ser la diferencia entre una buena unión o el fracaso. Además, cubre los principios fundamentales del proceso de soldadura indirecta (soldadura fuerte y soldadura blanda) y su aplicabilidad práctica en la soldadura de las de tuberías de cobre; mediante la selección apropiada de materiales base como: los accesorios (fittings) y tuberías, las aleaciones de aporte y fundentes, así como la utilización de las herramientas y equipos adecuados para tal propósito y, la realización de la prueba hidrostática para determinar la hermeticidad y la ausencia de fugas en las instalaciones, de manera que se reduzca el mantenimiento y se verifique un ahorro considerable en los costos de la instalación tanto en la inversión original como en los de reparación. Finalmente, con el desarrollo teórico - práctico el proyecto y, los resultados obtenidos al realizar las pruebas y ensayos, se soluciona el problema de la aplicación adecuada del proceso de soldadura indirecta al realizar una instalación; alcanzado el objetivo fundamental que es el de obtener juntas soldadas de buena calidad que garanticen el correcto funcionamiento de las instalaciones de tuberías de cobre.

## INTRODUCCIÓN

Con el crecimiento de las ciudades y la necesidad de viviendas para la población, han aparecido múltiples necesidades, entre ellas la de contar con un suministro de agua potable para los domicilios, oficinas, industrias, centros comerciales, hospitales, clínicas, etc.

Esta necesidad con el pasar de los años se ha incrementado y no se han cumplido con las expectativas previstas, pues hasta hace poco tiempo atrás la manera de proveer agua potable hacia los lugares antes mencionados era por medio de instalaciones de tuberías, las mismas que están fabricadas de materiales adaptados a la fontanería como: el plomo y el acero galvanizado, los cuales al cabo de cierto tiempo perdían sus propiedades y no eran aptas para la conducción de agua para consumo humano, pues esta se contaminaba al circular por los tubos y podía causar enfermedades graves en las personas.

Con el desarrollo de la tecnología han aparecido nuevos materiales para conducir agua potable a los distintos lugares, entre ellos están el cobre y el plástico (PVC), los mismos que se utilizan ampliamente debido a sus excelentes propiedades, acabado estético, costo económico, entre otros factores.

Los expertos en tecnología de materiales reconocen que no existe material mejor que el cobre para la conducción de agua, ya que durante muchos años diversas instalaciones han funcionado sin problemas en el mundo entero; pues las propiedades que presenta el cobre han construido el prestigio de este material para ser utilizado en todo tipo de construcciones, residencias, departamentos, edificios comerciales, industriales y de oficinas. Para estos fines también se han utilizado cañerías de materiales plásticos, cuyo aparente beneficio es el precio. Sin embargo, investigaciones en todo el mundo demuestran que ésta es sólo una ventaja a corto plazo.

Actualmente las personas que se dedican a la fontanería efectúan el trabajo de instalación de las tuberías bajo su propia responsabilidad; muchas veces

desconociendo las ventajas y desventajas que tienen determinados materiales, el procedimiento de ejecución que se debe seguir para realizar la instalación, el proceso de soldadura para unir los tubos de cobre y accesorios y, la inspección final a toda la instalación de tuberías, mediante una prueba sencilla denominada prueba hidrostática.

Y aunque el proceso de soldadura fuerte y la soldadura blanda son los métodos más comunes de unión de accesorios y tubos de cobre; estas son a menudo las menos entendidas, ya que la falta de conocimiento acerca de este proceso es lo que puede desarrollarse en técnicas limitadas de instalación y llevar a uniones pobres e imperfectas; pues obviar o aplicar erróneamente algún paso del proceso puede ser la diferencia entre una buena unión o el fracaso.

Ya que, si no se cumple con las especificaciones técnicas, los procedimientos necesarios, no se realizan las pruebas ni una inspección adecuada, cuando se realice las instalaciones utilizando tuberías de cobre para el suministro de agua potable hacia domicilios, hospitales e industrias no se podrá garantizar que la distribución del agua potable sea eficiente, pues en algún lugar del circuito de tuberías podría existir una fuga, lo cuál disminuiría la presión del agua, causarían daños en paredes a causa de la humedad y lo más importante se incrementarían los costos tanto de reparación de los daños así como de realizar una nueva instalación.

Entonces, este proyecto pretende dar a conocer las principales características de las tuberías de cobre utilizadas en las instalaciones para la distribución de agua potable, de manera que se pueda dar prioridad a los criterios de confiabilidad, garantía de funcionamiento con el menor mantenimiento posible, eficiencia de manera que el suministro y distribución de agua se realice con el menor consumo de energía posible, otras características que incluyen aspectos de seguridad y funcionalidad en la construcción, salud e higiene, costo económico, no sólo inicial, sino durante la vida útil de la instalación; así como también seleccionar el procedimiento más adecuado de soldadura, el tipo de material de aporte, detallar

las variables necesarias para realizar las uniones en este tipo de tubería, realizar pruebas y el control de calidad de las juntas soldadas obtenidas.

Pues, hoy en día, debido a la arquitectura moderna y a la amplia gama de aplicaciones del cobre en instalaciones de agua fría y caliente, de calefacción, desagües y gases medicinales; se exige que el profesional proyectista (arquitecto e ingeniero) así como las personas dedicadas a la fontanería realicen su trabajo de una manera correcta y eficiente con el propósito de ofrecer a los clientes tranquilidad, calidad en las instalaciones, seguridad y versatilidad a largo plazo.

Así pues, el desarrollo del proceso de soldadura indirecta debe cumplir con un proceso y secuencia lógica para de esta manera conseguir una junta soldada de buena calidad. Los parámetros indispensables para realizar la soldadura son: el diseño adecuado de la junta y su separación capilar, la limpieza superficial de las partes que se van a unir, la selección y aplicación adecuada de un fundente, el método de calentamiento y la temperatura de trabajo apropiada, la aplicación del metal de aporte, el enfriamiento y la post – limpieza final.

Cada uno de estos factores influyen dentro del proceso de soldadura de manera determinante y si alguno de ellos falla ó no se realiza de forma correcta, se obtendrían piezas soldadas de mala calidad.

Cabe destacar que para realizar cualquier proceso de soldadura indirecta se requiere de un documento denominado Brazing Procedure Specification (Especificación del Procedimiento de Soldadura Fuerte) en el se detallan todas las variables necesarias como datos acerca del metal base, aleación de aporte, fundente, método de calentamiento, entre otros, con el propósito de comprender el proceso de soldadura que se desea realizar y, sin dejar nada a la libre interpretación.

Aunque las tuberías de cobre no requieren de un permanente mantenimiento, pueden protegerse fácilmente de daños y usarse en cualquier lugar, interior o exterior, sin sufrir deterioro por los rayos ultravioleta u otro elemento climatológico,

ya que si se evalúan criterios como salud, seguridad y costo, durante toda la vida útil de las instalaciones para el manejo de agua potable, la mejor decisión es sin duda utilizar tuberías de cobre, pues en un mundo cada vez más preocupado por la ecología, es un material que no solo ofrece unas excelentes ventajas para los aspectos antes mencionados, sino que también se puede reciclar para ayudar a conservar los recursos naturales del planeta.

En realidad, el ahorro temporal que produce el uso de un material diferente al cobre en un edificio, residencia, institución y en general cualquier construcción, se traduce rápidamente en gastos de mantenimiento. Es por esto, que el presupuesto inicial debe considerar ahorros futuros de mantenimiento, inspecciones y otros problemas relacionados con fallas de las instalaciones de tuberías.

Finalmente, el objetivo para desarrollar el presente proyecto es obtener juntas soldadas de buena calidad que garanticen el correcto funcionamiento de las instalaciones de tuberías de cobre.

# CAPITULO I

## SOLDADURA INDIRECTA DE METALES

### 1.1 INTRODUCCION

#### 1.1.1 LA SOLDADURA EN LA ANTIGÜEDAD

La soldadura fuerte, soldadura blanda y la soldadura por forja de hierro, son procesos de unión de metales que han estado en continuo desarrollo desde los tiempos antiguos pues muchos artefactos descubiertos en excavaciones arqueológicas fueron unidos por soldadura blanda y por soldadura de martillo que presentan apariencia dorada; han sido conocidas durante la edad de bronce, pero estos procesos fueron principalmente utilizadas para la fabricación de adornos.

Las aleaciones de cobre y plomo fueron las primeras que se unieron. Los primeros metalúrgicos aprendieron a identificar las aleaciones en sistemas binarios. El empleo de estas aleaciones hizo posible el proceso de soldadura blanda para unir formas simples y producir objetos complejos de joyería y utensilios.

La revolución industrial promovió el uso de las uniones soldadas en blando y los avances en la unión mediante el uso de aleaciones, técnicas de procesamiento y aplicaciones continúan en la actualidad; pues el proceso de soldadura indirecta se emplea en muchas aplicaciones industriales, sistemas de comunicaciones por satélite, computadoras y el programa espacial.

#### 1.1.2 LA SOLDADURA Y LOS MÉTODOS DE UNIÓN

En la sujeción de partes metálicas existen dos métodos fundamentales que son:

1. El método mecánico conocido como *empernado o remachado*.
2. El segundo método de unión es por *soldadura*.

En el primer método la resistencia de la junta es obtenida por medio de la resistencia al corte que ofrece el remache y las fuerzas de fricción que se generan entre las superficies de las piezas en la junta empernada.

En el método por soldadura, las superficies a ser unidas, son juntadas lo más estrechamente hasta lograr un contacto íntimo entre ellas y dependen principalmente de las fuerzas inter atómicas o inter moleculares; de tal manera de

alcanzar el enlace metálico (unión soldada) o, alternativamente el enlace de Van der Waals u otras fuerzas inter moleculares (uniones adhesivas).

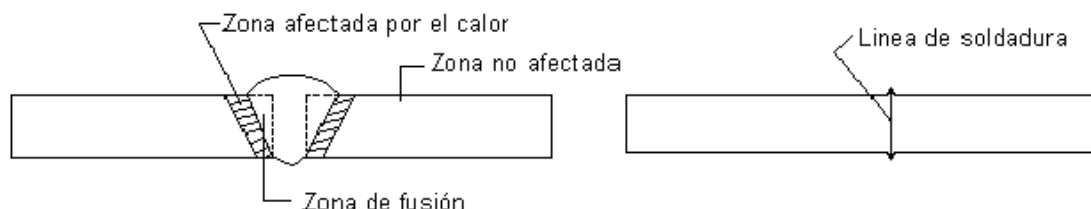
La principal característica que diferencia entre los dos métodos es que en el primero las partes metálicas son desmontables mientras que en el segundo la unión es permanente entre las piezas metálicas.

### 1.1.3 NATURALEZA DE LA SOLDADURA

Desde el punto de vista metalúrgico los procesos de soldadura pueden ser divididos en dos principales grupos que son:

- Procesos de soldadura por fusión.
- Procesos de soldadura de fase sólida.

En la soldadura por fusión los bordes de las superficies a ser unidas son calentados hasta alcanzar el punto de fusión de las mismas y el metal de aporte fundido es añadido para llenar la holgura de la junta. En estos procesos de soldadura, comprenden tres zonas metalúrgicas. Zona de fusión, zona afectada por el calor que se encuentra adyacente a la zona de fusión, y la Zona no afectada del metal base. (Figura. 1.1)



**Figura 1.1:** Soldadura por Fusión y Soldadura en Fase Sólida.

La soldadura en fase sólida, es realizada llevando a las dos superficies metálicas limpias a que entren en contacto suficientemente estrecho que permita formar entre ellas el enlace metálico.

De esta manera la soldadura por fusión requiere necesariamente que las partes del metal sean calentadas sobre el punto de fusión mientras que en la soldadura de fase sólida, se puede efectuar la unión soldada a temperaturas tan bajas como la temperatura normal del ambiente.

Y en la soldadura indirecta que utiliza el principio de la adhesión molecular consiste básicamente en interponer un metal líquido caliente entre las partes



metálicas, que al solidificarse dicho líquido, se produce el enlace metálico entre las piezas debido a la atracción molecular con el metal base (piezas).

#### **1.1.4 DEFINICIÓN DE SOLDADURA INDIRECTA**

La Soldadura Indirecta se puede definir como el proceso encaminado a obtener la unión inseparable de los materiales sólidos mediante el calentamiento local de las juntas a unir y la posterior adición del metal de aporte que fluye a través de una holgura por acción capilar hasta rellenar la holgura y su posterior solidificación.

#### **1.1.5 VENTAJAS DEL PROCESO DE LA SOLDADURA INDIRECTA**

La soldadura indirecta presenta ciertas ventajas si la comparamos otros procesos de unión, debido a que se requieren temperaturas más bajas para realizar el proceso y entre las que se pueden citar están:

1. Permite unir metales disímiles, sin fundir los metales base como se realiza en otros procesos de soldadura
2. Las propiedades del metal base son menos afectadas por el proceso de soldadura indirecta, ya que no se requiere de temperatura elevada que afecten los cambios estructurales de las piezas a ser unidas.
3. Los esfuerzos residuales y la distorsión son menores.
4. Los ensambles completos pueden ser expuestos a la temperatura requerida creando beneficios económicos en grandes lotes de producción.
5. Un beneficio importante en el proceso de soldadura indirecta, es la capacidad de desensamblar las uniones, posteriormente.
6. En muchos casos es posible unir varios cientos de piezas con muchos metros de uniones para soldadura fuerte en una sola operación.
7. Si se utiliza una atmósfera protectora, las piezas se mantienen limpias y es factible utilizar el ciclo de tratamiento térmico como parte del ciclo de soldadura fuerte.
8. Las uniones requieren poco o ningún acabado.
9. Permite unir piezas de precisión.
10. Se pueden unir piezas de diferentes espesores.
11. Conserva los recubrimientos y revestimientos.
12. Es una forma sencilla de unir áreas de empalmes grandes.
13. Se pueden unir metales y no metales.

### 1.1.6 DESVENTAJAS DEL PROCESO DE LA SOLDADURA INDIRECTA

Al igual que cualquier otro proceso de soldadura, la soldadura indirecta tiene algunas desventajas entre las que se pueden citar:

1. Las juntas soldadas mediante este proceso no pueden ser fácilmente verificadas con ensayos no destructivos.
2. Dependiendo de las combinaciones de materiales y del espesor de las piezas a unir, puede haber o no, erosión del metal base.
3. La formación de fases quebradizas inter metálicas o de otro tipo puede hacer que la unión resultante tenga una ductilidad inaceptablemente baja.
4. Los metales base que han sido trabajados en frío pueden ablandarse o relajarse durante el proceso de soldadura fuerte o blanda, por lo que se debe tener muy en cuenta al momento de diseñar una pieza terminada.

## 1.2 FUNDAMENTOS DE LA SOLDADURA INDIRECTA

En la preparación y ejecución de la unión soldada, intervienen muchos principios de las ciencias como son la física, la química y la metalurgia que están implicadas con el proceso de soldadura indirecta.

### 1.2.1 MOJABILIDAD

#### Aspectos Físicos

Al depositar una gota de líquido sobre una superficie, se tendrá un punto en el cual se pueden considerar tres fuerzas aplicadas a causa de la tensión superficial y que son:

- $\sigma_s$  que corresponde a la interfase sólido aire.
- $\sigma_e$  correspondiente a la interfase líquido aire.
- $\sigma_{es}$  corresponde a la interfase líquido sólido

En física se denomina tensión superficial al fenómeno por el cual la superficie de un líquido tiende a comportarse como si fuera una delgada película elástica y es considerada como una manifestación de las fuerzas inter moleculares en los líquidos.

Si la gota no se extiende en la superficie, existirá un equilibrio entre las tres fuerzas y por lo tanto:

$$\sigma_s = \sigma_{es} + \sigma_e \cdot \cos \theta.$$

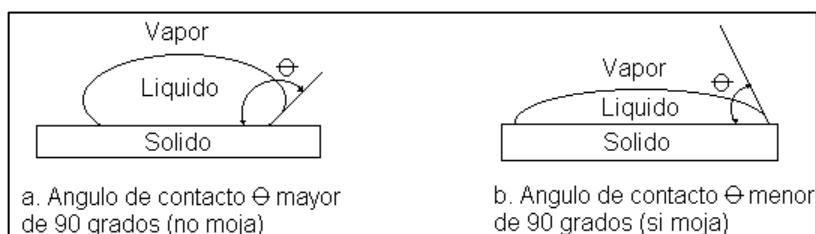
Si el líquido moja las superficies, entonces:

$\sigma_s > \sigma_{es}$  y el ángulo  $\theta$  es menor a  $90^\circ$

Caso contrario si el líquido no moja las superficies, entonces:

$\sigma_s < \sigma_{es}$  y el ángulo  $\theta$  es mayor a  $90^\circ$

Un ángulo de contacto menor a  $90^\circ$  medidos entre el sólido y el líquido usualmente identifica una característica de mojado positiva (buena adhesión), un ángulo de contacto mayor a  $90^\circ$  usualmente es una indicación de un líquido que no moja (mala adhesión).



**Figura 1.2:** Ángulos de Contacto sobre las superficies.

### Definición

La Mojabilidad se define como el ángulo de contacto que existe entre el líquido y el sólido, además se considera que hay mojado cuando el metal de aporte deja una película permanente y continua en la superficie del metal base.

El mojado y la extensión de los metales de soldadura sobre superficies metálicas están condicionados por dos aspectos básicos:

1. Las propiedades de tensión superficial de los materiales en cuestión.
2. El grado de aleación que tiene lugar durante la acción de soldadura.

### Extendido

Cuando una gota de metal de aporte de bajo punto de fusión está ubicada sobre una superficie y es ayudada con una temperatura apropiada, esta se extenderá hasta alcanzar un estado de equilibrio.

El proceso de extendido depende de varios factores como: la naturaleza de los dos metales, la temperatura, la presencia o ausencia de fundentes, la rugosidad de la superficie del sólido y del grado de oxidación.

Las capas de óxido impiden el mojado y extendido y una de las funciones del fundente es la de remover el volumen de óxido y exponer al metal limpio. El fundente puede también modificar la tensión superficial de las fases líquida y sólida.

Durante el proceso de extendido del metal de aporte, este puede difundirse dentro de la capa superficial del metal sólido, empezando de esta manera a efectivizarse la energía superficial del sólido que es una aleación formada entre el metal original y el metal de aporte.

### **La Mojabilidad en la soldadura indirecta**

Una correcta Mojabilidad y extendido son propiedades fundamentales en el proceso de soldadura indirecta, principalmente en los metales de aporte, porque la mecánica de los procesos demanda que la soldadura sea arrastrada de manera fácil, rápida y continua a la abertura de la junta.

La textura superficial tiene un efecto beneficioso sobre el extendido si ésta constituye una serie de canales inter conectados a lo largo de los cuales puede ser arrastrado por las fuerzas capilares. La difusión lateral de la soldadura desde tales canales forma luego bandas de difusión, las cuales fomenta el extendido del volumen del líquido.

### **1.2.2 CAPILARIDAD**

#### **Aspectos físicos**

Cuando la parte inferior de un tubo de vidrio se coloca verticalmente en un líquido como el agua, se forma un menisco convexo. La tensión superficial succiona la columna líquida hacia arriba hasta que el peso del líquido sea suficiente para que la fuerza gravitatoria sobreponga a las fuerzas inter moleculares.

El peso de la columna líquida es proporcional al cuadrado del diámetro del tubo, por lo que un tubo angosto succionará el líquido más arriba que un tubo ancho, por ejemplo, un tubo de vidrio de 0.1 mm de diámetro levantará 30 cm la columna de agua.

La capilaridad está dada por la expresión:

$$h = \frac{2\tau \cos \theta}{e\rho g}$$

En donde:

$h$ : altura de penetración.

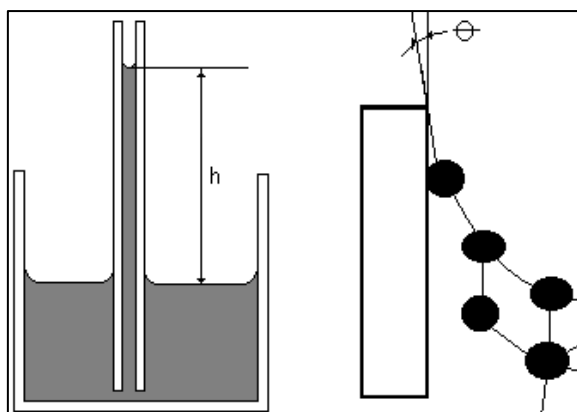
$\tau$ : tensión superficial líquido – gas.

$\theta$ : ángulo de contacto.

$e$ : espaciamiento de la junta.

$\rho$ : densidad del líquido.

$g$ : gravedad.



**Figura 1.3:** Fenómeno de la Capilaridad.

Se ha demostrado, que los líquidos que mojan, ascienden dentro de un tubo capilar vertical hasta alcanzar una altura de equilibrio ( $h$ ) o longitud de penetración; este fenómeno físico sucede con la gravedad en contra y es fácil aceptar que el largo de penetración se verá favorecida si la capilaridad está en posición horizontal o vertical con la gravedad a favor.

### **Definición**

La capilaridad es la habilidad que posee un tubo delgado para succionar un líquido en sentido contrario a la fuerza de gravedad.

Sucede cuando las fuerzas inter moleculares adhesivas entre el líquido y el sólido son más fuertes que las fuerzas inter moleculares cohesivas entre el líquido. Esto causa que el menisco tenga una forma cóncava cuando el líquido está en contacto con una superficie vertical. Este es el mismo efecto que causa que materiales porosos absorban líquidos.

### **La Capilaridad en la soldadura indirecta.**

El flujo capilar del metal líquido dentro de la junta a ser soldada generalmente depende de los siguientes aspectos:

- Tensión superficial,
- Características de mojado.
- Las reacciones metalúrgicas con el material base y los óxidos involucrados.

El espaciamiento u holgura de la junta que está formada entre las piezas a ser soldadas, es uno de los factores que más influye en la altura de penetración ( $h$ ) que alcanzan los líquidos, así como también el ángulo de mojado  $\theta$  que forma entre el metal de aporte líquido y el metal base sólido; con ángulos de contacto menores a  $90^\circ$  se dice que el líquido moja, es decir al líquido se lo puede considerar adhesivo y favorece para alcanzar mayores alturas de penetración.

En la soldadura indirecta, el metal de aporte líquido es arrastrado dentro del espaciamiento de la junta debido al efecto capilar; durante este desplazamiento es posible determinar la velocidad ( $v$ ) que alcanza el flujo del metal líquido en la holgura formada entre las piezas del metal base separadas por una distancia ( $e$ ) para cualquier altura ( $h$ ), la cual viene dada por la por relación:

$$v = \frac{\tau.e.\cos\theta}{4\eta h}$$

En donde:

$\eta$ : viscosidad del metal líquido.

De esta fórmula se puede deducir que la velocidad de flujo en la junta disminuye cuando el espaciamiento entre las piezas se reduce.

### 1.2.3 COHESIÓN

#### Definición

Si tenemos dos partículas de forma aislada, cada una de ellas se verá afectada por una fuerza que tiende a juntarlas y aproximarlas entre sí debido a que cuando el sólido es alargado por la acción de una carga externa, los átomos se mueven fuera de su posición de equilibrio y aparece un esfuerzo de tracción que se opone y balancea a la carga externa. Esta fuerza de atracción distribuida entre los

átomos se incrementa en proporción a la separación hasta cierto punto, es decir hasta aquellas distancias que todavía tienen incidencia las fuerzas inter atómicas; más allá de este punto dichas fuerzas son debilitadas y en los metales se alcanza el movimiento de las dislocaciones en la red del cristal por lo que se tiene el deslizamiento y flujo plástico en el material y finalmente su rotura.

Entonces, la cohesión se define como la fuerza de atracción que existe entre los iones metálicos entre partículas de la misma clase.

### **Aplicación en soldadura indirecta**

En soldadura indirecta lo que se pretende es acercar a las dos piezas metálicas hasta alcanzar aquellas distancias en las cuales las fuerzas de interacción atómica ya tienen influencia, lográndose de esta manera la cohesión o fuerzas de enlace entre los átomos constituyentes.

Estas fuerzas de enlace, que resultan de la unión entre un líquido y una superficie de metal sólido son esencialmente las mismas que en el proceso de soldadura en fase sólida, lo que implica efectuar la limpieza superficial de las partes y juntarlas lo suficientemente cerca para asegurar un contacto completo y lograr el enlace metálico entre ellas.

### **1.2.4 RESISTENCIA DE LA SOLDADURA INDIRECTA**

La resistencia de los materiales en general son más bajos que la cohesión debido a la presencia de defectos en la red de cristalina, por esta razón se puede alcanzar uniones soldadas con igual resistencia que del metal base.

La soldadura fuerte y blanda son los medios que permiten un extenso e íntimo contacto entre un metal de aporte líquido y la superficie metálica sólida, pues para alcanzar la máxima resistencia mecánica, las uniones soldadas deberán encontrarse a la temperatura ambiente.

La resistencia de una unión hecha con el proceso de soldadura indirecta (sea fuerte o blanda) depende de tres factores básicos.

1. La resistencia de la aleación utilizada para realizar la soldadura.
2. La resistencia de la unión entre las superficies del metal base y el metal de aporte de soldadura solidificado.
3. El diseño de la unión.

Las impurezas y contaminantes son factores importantes a ser considerados en el proceso de soldadura indirecta, pues estos pueden afectar las propiedades de la unión soldada debido al mal manejo de los materiales o por la inadecuada preparación de la junta.

En soldadura fuerte y blanda son casi inevitable algunos grados de inter solubilidad entre la soldadura y el metal base y consecuentemente hay inter difusión con la superficie de la parte a ser soldada. Aun donde no hay inter solubilidad, como por ejemplo entre el plomo y acero, se tiene el enlace metálico en aquellos sitios donde la distancia entre las dos superficies del metal es aproximadamente igual al espaciamiento normal de la red cristalina.

Es inmediatamente obvio aceptar que la probabilidad de lograr el requerido contacto íntimo es muy grande cuando la inter difusión tiene lugar porque en tales casos la capa inter difuminada puede extenderse lateralmente y penetrar bajo la capa de óxido.

### **1.2.5 METALURGIA DE LA SOLDADURA INDIRECTA**

Los cambios metalúrgicos que se presentan en la soldadura indirecta, están limitados a reacciones de estado sólido en el metal base, reacciones de solidificación e interfaz entre el metal de aporte y reacciones dentro del metal de aporte sólido. Estas reacciones generalmente son llamadas disoluciones.

La velocidad de disolución del metal de aporte en el metal base, depende de los siguientes factores que son:

1. Los límites de solubilidad mutuos.
2. La cantidad de metal de aporte de la soldadura disponible en la junta.
3. El ciclo de soldadura fuerte o blanda.
4. El potencial de formación de las temperaturas eutécticas más bajas.

En algunas ocasiones se puede formar una capa intermedia de compuesto inter metálico entre el metal de aporte y metal base durante la operación de soldadura. El grado de unión inter metálico y el tipo de fases presente pueden alterar las propiedades de la junta y los diagramas de equilibrio pueden ser usados para predecir la formación de estos compuestos.

Las propiedades de las juntas resultantes dependen sobre todo de la unión metalúrgica satisfactoria en la interfase y de la composición final del metal



soldado en el área de la junta, además las propiedades metalúrgicas de la junta pueden ser importantes cuando se requiera servicios a alta temperatura o exposición en medios corrosivos.

Es decir que las propiedades metalúrgicas y mecánicas de estas uniones pueden cambiar durante el servicio y deberán ser evaluadas como parte del proceso de calificación de la unión.

Si se forma una aleación eutéctica, al tener bajo punto de fusión es posible que se llene cualquier grieta de límite de grano y a este proceso se le conoce como *intrusión*. Entonces, cuando ocurren fallas rápidas en la junta o en la zona adyacente durante la operación de manufactura se debe sospechar del fenómeno de penetración en los bordes del grano.

Las características dinámicas de la soldadura fuerte y blanda están recibiendo un constante reconocimiento y cuidadosa consideración, pues a temperaturas elevadas, puede ser que lleguen a ocurrir cambios en estado sólido como resultado directo de la difusión, la oxidación o la corrosión.

### **1.3 CLASIFICACIÓN DE LA SOLDADURA INDIRECTA**

La clasificación del proceso de Soldadura Indirecta se da basándose en el punto de fusión de los materiales de aporte utilizados para rellenar la junta, pues:

Si la temperatura de fusión del metal de aporte es menor a **450 C°** el proceso se denomina **SOLDADURA BLANDA (SOLDERING)**; y si la temperatura de fusión del metal de aporte es mayor a **450 C°** el proceso se denomina **SOLDADURA FUERTE (BRAZING)**.

Esta clasificación se considera un poco arbitraria pero muy útil, pues permite diferenciar a fundentes, materiales, procedimientos y técnicas de soldadura para estos dos grupos.

### **1.4 SOLDADURA FUERTE (BRAZING)**

#### **1.4.1 DEFINICIÓN**

La American Welding Society define a la soldadura fuerte (brazing) como un proceso en el que se produce coalescencia de los materiales a ser unidos mediante calentamiento a temperaturas adecuadas por encima de los 450° centígrados y, la utilización de un metal de aporte no ferroso con un punto de fusión inferior al del

metal base, distribuyéndose el metal de aporte entre las superficies perfectamente ajustadas de la junta por atracción capilar.

#### **1.4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

Mediante el proceso de soldadura fuerte se pueden conseguir buenas uniones soldadas, para lo cual se debe cumplir con tres características fundamentales que son:

1. Las piezas deben unirse sin fusión de los metales base.
2. El metal de aporte debe tener una temperatura de fusión mayor a 450°C.
3. El metal de aporte debe mojar las superficies del metal base y penetrar en la unión o mantenerse en ella por medio de la acción capilar.

El éxito para cualquier proceso de soldadura fuerte depende en que las juntas de las piezas a unirse estén libres de óxidos y otros contaminantes por lo que deberán limpiarse correctamente y protegerse con un fundente o una atmósfera inerte.

Además, las piezas a soldarse deben diseñarse de modo que al momento de ensamblarlas, se encuentren correctamente alineadas, proveyendo un capilar, para que mediante un proceso de calentamiento el metal de aporte moje y se distribuya adecuadamente en la holgura de la junta mediante la acción capilar. Y al enfriarse, el metal solidificado de soldadura fuerte forme una ligadura sólida en la junta.

Durante el calentamiento y el enfriamiento, se toman ciertas precauciones para evitar el movimiento de las juntas a ser unidas, pues para la mayor parte del trabajo de producción, se utilizan plantillas ó sujetadores para mantener las piezas completamente alineadas durante el proceso de soldadura fuerte.

#### **1.4.3 VENTAJAS**

Al igual que cualquier proceso de soldadura o de unión, la soldadura fuerte tiene tanto ventajas como desventajas. Las ventajas varían con el método de calentamiento empleado, pero en general el proceso de soldadura fuerte resulta de los siguientes aspectos:

- Es muy económico cuando el proceso de producción se efectúa en grandes lotes.
- Existe una buena y controlada resistencia a la corrosión en la junta.
- Alta resistencia de la junta soldada a la fatiga.

- La temperatura que se requiere para la soldadura es baja y no afecta a las propiedades del metal base.
- Las juntas tienen buena conductividad eléctrica especialmente aquellas hechas con aleación de plata.
- La soldadura fuerte es uno de los mejores métodos para unir metales diferentes y donde se requieren altas resistencias a la rotura.
- La mayoría de los metales comunes pueden ser unidos por este proceso.
- Resulta económicamente atractiva para la producción de uniones metalúrgicas de alta resistencia mecánica en las que se conserva las propiedades deseables del metal base.

#### **1.4.4 DESVENTAJAS**

- Puesto que el proceso de soldadura fuerte emplea un metal fundido que fluye entre los materiales que se van a unir, existe la posibilidad de interacciones con el metal líquido que sean desfavorables.
- El tipo de precisión de la junta implica un mayor costo en la preparación.
- El relativo alto costo del material de aporte.
- La diferencia de color puede influir en el no uso de la soldadura fuerte.
- Los ensambles soldados con soldadura fuerte pueden ser arruinados si estos accidentalmente se someten a temperaturas sobre el punto de fusión del metal de aporte.
- En algunos procesos de soldadura fuerte manual se requieren técnicos altamente capacitados para realizar la operación.

#### **1.4.5 APLICACIONES**

El proceso de soldadura fuerte se utiliza para unir diversos materiales con numerosos propósitos, pues si se emplea un diseño de unión adecuado, la soldadura resultante puede funcionar mejor que los materiales base que se unieron. En muchos casos conviene unir diferentes materiales con el propósito de obtener el beneficio máximo y producir una unión óptima desde el punto de vista de la efectividad de los costos o del peso.

Las aplicaciones de la soldadura fuerte abarcan todas las áreas de fabricación, desde juguetes sencillos hasta motores de aviones de la más alta calidad y

vehículos aeroespaciales y se la utiliza porque puede producir resultados que no siempre pueden obtenerse con otros procesos de unión.

## **1.5 SOLDADURA BLANDA (SOLDERING)**

### **1.5.1 DEFINICIÓN**

La soldadura blanda (soldering) se define como un grupo de procesos de unión que producen coalescencia de los metales base mediante el calentamiento hasta la temperatura de soldadura blanda y el empleo de un metal de aporte no ferroso, cuyo punto de fusión no rebasa los 450° centígrados y está por debajo del punto de fusión de los metales a ser soldados.

### **1.5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

El procedimiento básico para realizar una soldadura blanda, consiste en limpiar adecuadamente las superficies del metal que se vaya a soldar para eliminar las impurezas, de manera que la soldadura fundida moje el metal base, se extienda y fluya por atracción capilar entre la separación de la junta.

Como la soldadura blanda es un proceso en la que interviene la acción entre dos metales base; es esencial que el metal que se esté soldando se encuentre tan caliente como la soldadura fundida durante toda la operación de soldadura. Caso contrario se obtendrá una junta fría sin que tenga lugar ninguna acción de aleación, por lo que es importante que la fuente de calor sea de una temperatura lo suficientemente alta para calentar el metal base a la temperatura de fusión del metal de aporte.

Este proceso no puede realizarse sin la aplicación de un fundente adecuado para este tipo de soldadura, pues aun cuando el metal base esté limpio adquiere rápidamente una película de óxido de un espesor sub microscópico debido al calor por la operación de soldar. Además, siempre que sea posible, es aconsejable cerciorarse de que la junta se encuentre mecánicamente segura antes de soldarla, para luego soldar la conexión y dejarla sin movimiento alguno hasta que esté completamente solidificada.

Por lo general se utiliza como metal de aporte, una delgada película de la aleación de plomo y estaño cuyo objetivo primordial es el de asegurar una conexión permanente, firme, hermética y con continuidad metálica, que no sea afectada por

los cambios de temperatura y que acepte deformaciones y esfuerzos menores de torsión sin romperse.

El agregar metal de aporte después de que se ha formado la delgada capa en las juntas a unir, es superfluo y solo representa desperdicio.

### **1.5.3 VENTAJAS**

- La soldadura blanda es un proceso sencillo de realizarlo.
- Es un proceso de unión de metales a baja temperatura por lo que ejerce un efecto mínimo sobre las propiedades del metal base.
- Es posible adoptar una amplia gama de procesos de calentamiento, que da como resultado la flexibilidad a los procedimientos de diseño y fabricación.
- Los procesos de soldadura blanda se pueden automatizar en alto grado si ya se evaluaron con detenimiento todas las variables de materiales, procesamiento y control.
- El costo en metales de aporte y fundentes es relativamente bajo.

### **1.5.4 DESVENTAJAS**

- Las uniones realizadas con soldadura blanda no se utilizan cuando las piezas o conjuntos van a trabajar a temperaturas que se acerquen al punto de fusión de la aleación de soldadura blanda.
- Las aleaciones para soldadura blanda tienen una resistencia a la tensión relativamente baja.
- La soldadura blanda exige ajustarse a tolerancias dimensionales y geométricas estrictas para asegurar uniones de calidad, por lo que el costo de producción de las piezas soldadas se incrementa.

### **1.5.5 APLICACIONES**

La tecnología de la soldadura blanda es muy esencial para la industria moderna, pues se emplea en muchas aplicaciones industriales, en comunicaciones, computadoras, circuitos electrónicos, el programa espacial, etc. También es posible soldar con este proceso en forma satisfactoria y eficiente piezas individuales o lotes pequeños empleando sopletes para soldadura blanda.

### **1.5.6 MÉTODOS ESPECIALES PARA LA SOLDADURA BLANDA**

Además de los métodos tradicionales para el calentamiento de la junta (que se describen en el punto 1.6), existen varios métodos especiales para suministrar el calor en el proceso de soldadura blanda que se citan a continuación:

1. Soldadura Blanda con Cautín.
2. Soldadura Blanda en Fase de Vapor.
3. Soldadura Blanda con Gas Caliente.
4. Soldadura Blanda de Ola.
5. Soldadura Blanda con Pistola de Aspersión.
6. Soldadura Blanda Ultrasónica.

### **1.6 PROCESOS DE SOLDADURA INDIRECTA**

Los procesos de soldadura indirecta se acostumbran a designar con las fuentes o los métodos de calentamiento y, de acuerdo con la American Welding Society (AWS) los procesos que actualmente gozan de importancia industrial son los siguientes:

1. Soldadura indirecta en horno (FB)
2. Soldadura indirecta por inducción (DB)
3. Soldadura indirecta al infrarrojo.
4. Soldadura indirecta por inmersión (IB)
5. Soldadura indirecta por resistencia (RB)
6. Soldadura indirecta con soplete (TB)

El proceso que se utiliza generalmente para realizar la soldadura en las tuberías de cobre es el que se detalla a continuación.

#### **1.6.1 SOLDADURA INDIRECTA CON SOPLETE**

##### **Descripción del proceso**

En este proceso de soldadura, se obtiene el calor necesario, mediante una llama que se dirige hacia la junta por soldar o a su cercanía y puede efectuarse en forma totalmente manual, en un proceso parcialmente mecanizado, ó en forma íntegramente automática, esta última puede efectuarse cuando las cantidades de piezas ó conjuntos soldados a producir oscilan entre 400 a 1400 por hora.

En primer lugar se aplica calor a la unión y se derrite el fundente, seguido por el metal de aporte que fluye al interior de la unión. Es preciso evitar un sobrecalentamiento del metal base y del metal de aporte, ya que este podría difundirse con rapidez y salir de la unión bajo la acción de la gravedad.

El metal de aporte para este proceso de soldadura fuerte puede colocarse previamente en la unión en forma de anillos, rondanas, tiras, cilindros o polvos, ó puede alimentarse manualmente en forma de alambres ó varillas. En todos los casos, la limpieza y el uso del fundente correcto son muy esenciales.

El calentamiento con soplete para soldadura fuerte solo puede utilizarse con metales de aporte acompañados de fundente o con auto fundente. Con excepción de los metales de aporte de cobre – fósforo; todos los metales de aporte como el aluminio – silicio, plata, cobre, cobre – cinc y níquel requieren fundentes.

### **Ventajas**

- Es un método muy flexible y aplicable a muchos ensambles.
- El equipo de soldadura es de bajo costo, ya que en muchas ocasiones es el mismo utilizado para realizar el proceso de soldadura oxigas.
- El calor puede aplicarse en forma localizada.

### **Limitaciones**

- Se requiere de un operador con habilidad y experiencia.
- El proceso es relativamente lento.
- La pieza de trabajo se oxida.
- Los metales base a unirse son muy limitados.
- Las juntas múltiples o inaccesibles no pueden soldarse.
- El calentamiento localizado ocasiona deformación.

### **Aplicación del proceso**

La soldadura fuerte con soplete se utiliza para casi cualquier conjunto y tiene ventajas particulares en los casos en que la superficie a unir es pequeña en relación con el tamaño total del conjunto, la configuración de la junta, u otras consideraciones hacen difícil o imposible aplicar la soldadura fuerte por otros métodos.

- Se utiliza para obtener ensambles en los que el auto acomodo es impráctico.

- En ensambles que requieran considerable sujeción.
- En pequeños lotes de producción, en las que el bajo costo del equipo compense las desventajas inherentes.

### **Equipo utilizado**

El equipo que se utiliza es similar al que se emplea para la soldadura oxigas y en ocasiones es el mismo, conformada por un acumulador de gas combustible, un cilindro de oxígeno, mangueras conductoras y un soplete.

## **1.7 MATERIALES BASE QUE PUEDEN SOLDARSE CON SOLDADURA INDIRECTA**

En la siguiente tabla se indican los materiales que pueden unirse mediante los procesos de soldadura indirecta (Brazing y Soldering)

<b>SOLDADURA FUERTE</b>	<b>SOLDADURA BLANDA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceros de bajo carbono y de baja aleación.</li> <li>• Acero para herramientas.</li> <li>• Aceros Inoxidables.</li> <li>• Carburos y cermets.</li> <li>• Cerámicas.</li> <li>• Cobre y sus aleaciones.</li> <li>• Hierro Colado.</li> <li>• Magnesio y sus aleaciones.</li> <li>• Metales Preciosos.</li> <li>• Níquel y sus aleaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acero al carbono.</li> <li>• Aleaciones de níquel y cromo - níquel.</li> <li>• Aleaciones no ferrosas de níquel.</li> <li>• Cadmio.</li> <li>• Cobre y sus aleaciones.</li> <li>• Estaño.</li> <li>• Latón</li> <li>• Plata.</li> <li>• Zinc.</li> </ul>

**Tabla 1.1:** Materiales base para soldadura indirecta.



## **1.8 PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DE LA SOLDADURA INDIRECTA**

En la ejecución de la soldadura indirecta, se recomienda seguir la siguiente secuencia de actividades con el propósito de garantizar el adecuado proceso productivo y la obtención de ensambles y piezas soldadas de calidad.

1. Diseño de la junta con separación capilar.
2. Limpieza de las superficies del metal base en la zona de la junta.
3. Aplicación del fundente compatible con el metal de aporte.
4. Ensamblado de las Piezas.
5. Calentamiento de la junta.
6. Aplicación del material de aporte.
7. Enfriamiento de las piezas.
8. Post - limpieza de la unión soldada de los residuos de fundente.

### **1.8.1 DISEÑO DE LA JUNTA**

Se debe diseñar y construir las piezas de tal manera que una vez ensambladas se tenga una junta con un espaciado adecuado, la misma que garantiza una buena penetración del metal de aporte líquido en la separación de la junta debido a la acción capilar.

#### **Juntas para Soldadura Fuerte**

Las dos juntas básicas que se utilizan para unir piezas en soldadura fuerte son:

- Junta Traslapada.
- Junta a Tope.

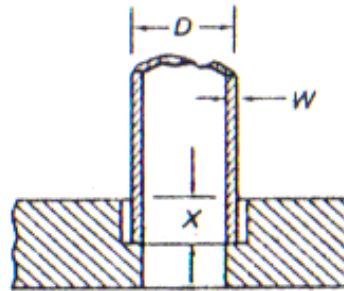
#### ***Junta Traslapada***

La junta traslapada es una junta indesarmable de dos piezas, que se encuentra superpuesta una sobre la otra y ofrece la máxima resistencia mecánica incluso cuando se emplea metales de aporte de baja resistencia mecánica ó en presencia de defectos pequeños en la unión, pues la resistencia de estas juntas depende de la penetración entre las superficies conformadas para quedar en estrecho contacto, más que de los cordones externos, ya que el esfuerzo al que han de trabajar las juntas es el cortante.

Una regla empírica muestra que la longitud de la junta debe ser por lo menos de tres veces el espesor de la sección más delgada. Sin embargo, cuando se trata de lograr un trabajo con mayor precisión, la longitud de la junta de zona traslapada o solapada puede diseñarse utilizando las fórmulas siguientes.

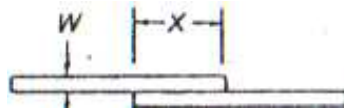
Para juntas tubulares:

$$X = \frac{W(D-W)Y.T}{LD}$$



Para juntas planas:

$$X = \frac{Y.T.W}{L}$$



En donde:

X: Longitud del traslape, en pulgadas.

W: Espesor de la pared del miembro más débil, en pulgadas

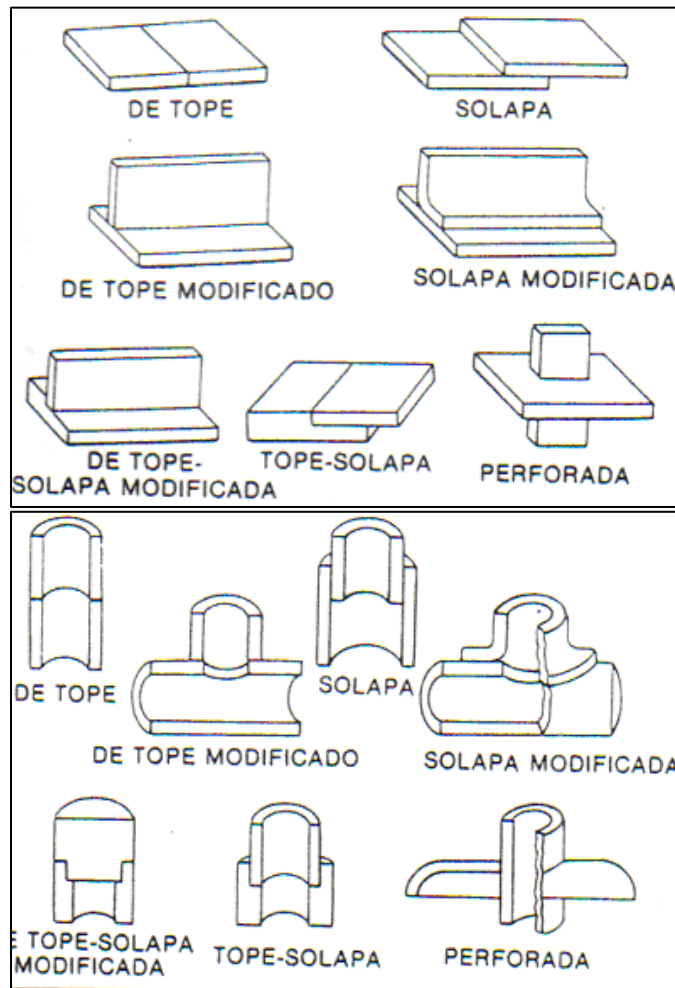
Y: Factor de seguridad (generalmente 4 o 5)

L: Resistencia al esfuerzo cortante de la aleación de soldadura, en PSI.

T: Resistencia a la tensión del miembro más débil, en PSI.

### **Junta a Tope**

Es la junta de dos piezas que se encuentran en el mismo plano y se utilizan en los casos en que el espesor de la unión traslapada sería objetable y en los que la resistencia de la junta a tope soldada en fuerte satisface los requisitos de servicio, pues esta resistencia únicamente depende de la resistencia mecánica del metal de aporte. Las juntas en T y las juntas de reborde, se consideran juntas a Tope. En la figura 1.4 se indican algunos tipos de juntas para unión de tubos y planchas.



**Figura 1.4:** Tipos de Juntas utilizadas en Soldadura Fuerte.

### **Juntas para Soldadura Blanda**

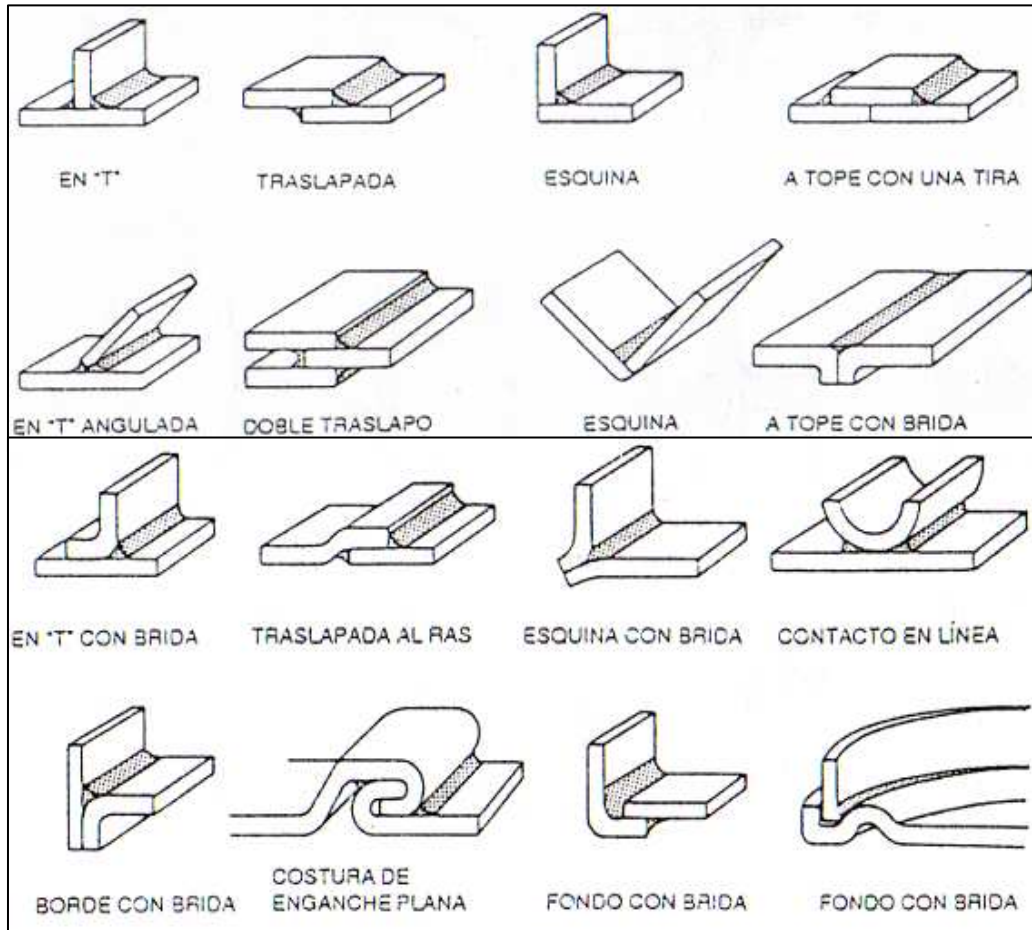
Para unir metales base mediante la soldadura blanda se emplean dos tipos básicos de diseños de juntas:

1. Junta Traslapada.
2. Junta de Costura de Enganche.

Siempre que sea posible, deberá usarse diseños de juntas tipo traslapado o de costura de enganche, con una separación capilar de 0.075 mm a fin de lograr una resistencia mecánica óptima. Las uniones a tope no se utilizan muy a menudo. En la figura 1.5 se indican algunos tipos de diseños de juntas utilizadas en la soldadura blanda.

En algunas aplicaciones de la soldadura blanda, la función principal de la soldadura es la de lograr una unión o conexión eléctrica de baja resistencia o el

de una superficie estéticamente atractiva. Para tales aplicaciones, la resistencia mecánica de las piezas a unirse puede asegurarse antes de soldar, utilizando métodos mecánicos como atornillando, torciendo, entrelazando las partes o aplicando otros medios de unión más adecuados.



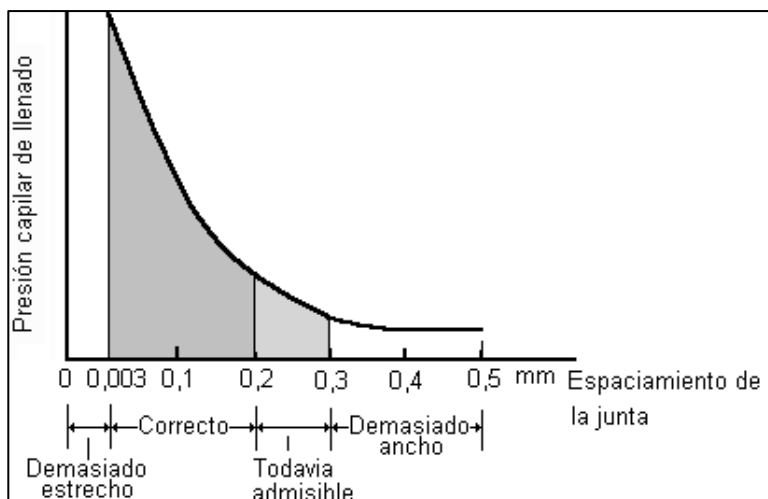
**Figura 1.5:** Tipos de Juntas utilizadas en Soldadura Blanda.

### Separación de la Unión

La separación de la unión, es un factor importante en el desempeño mecánico de una junta de soldadura, sea que la junta esté sujeta a cargas estáticas, de fatiga o de impacto y se encuentren aplicados a todos los diseños de juntas.

Una junta cuya separación sea demasiado estrecha puede impedir el flujo del material de aporte líquido, mientras que una separación muy grande puede que impida los plenos efectos de la acción capilar, dejando vacíos y distribución desigual del metal de aporte. De aquí se desprende que el espaciamiento de la junta afecta fuertemente sobre la resistencia en una junta soldada. La separación

óptima varía aproximadamente desde 0,025mm hasta 0.25mm, que garantiza una buena penetración del metal líquido gracias a la acción capilar de las superficies a ser soldadas como se indica en la figura 1.6.



**Figura 1.6:** Separación capilar adecuada.

En el caso del proceso de soldadura fuerte, se puede utilizar la tabla 1.2 para determinar las separaciones a la temperatura de soldadura fuerte cuando se diseñan las uniones, de modo que tengan la máxima resistencia mecánica.

Clasificación de metal de aporte de la AWS.	Separación recomendada.		Separación de la unión.
	Pulgadas.	Milímetros	
Grupo BAISI	0.006 - 0.010	0.15 - 0.25	Para longitud de traslape menor que 6.35mm (1/4´´)
	0.010 - 0.025	0.25 - 0.61	Para longitud de traslape menor que 6.35mm (1/4´´)
Grupo BCuP	0.001 - 0.005	0.03 - 0.12	
Grupo BAg	0.002 - 0.005	0.05 - 0.12	Soldadura fuerte con fundente (mineral)
	0.001 - 0.002	0.03 - 0.05	Soldadura fuerte en atmósfera (fundentes de fase gaseosa)
Grupo BAu	0.002 - 0.005	0.05 - 0.12	Soldadura fuerte con fundente (mineral)
	0.000 - 0.002	0.00 - 0.05	Soldadura fuerte en atmósfera (fundentes de fase gaseosa)
Grupo BCu	0.000 - 0.002	0.00 - 0.05	Soldadura fuerte en atmósfera (fundentes de fase gaseosa)
Grupo BCuZn	0.002 - 0.005	0.05 - 0.12	Soldadura fuerte con fundente (mineral)
Grupo BMg	0.004 - 0.010	0.10 - 0.25	Soldadura fuerte con fundente (mineral)
Grupo BNi	0.002 - 0.005	0.05 - 0.12	Aplicaciones generales (fundente o atmósfera)
	0.000 - 0.002	0.00 - 0.05	Tipos de flujo libre, soldadura fuerte en atmósfera.

**Tabla 1.2:** Separación recomendada de la unión a la temperatura de soldadura fuerte.

La separación a la temperatura de soldadura fuerte de una unión entre metales base disímiles se debe calcular a partir de datos de expansión térmica, obtenidas de gráficos y nomogramas.

### **1.8.2 LIMPIEZA DE LAS SUPERFICIES**

Es indispensable que las superficies se encuentren limpias y libres de impurezas para asegurar uniones soldadas íntegras y de calidad uniforme, ya que al eliminar la capa intermedia de óxido, mugre, grasa, humedad, suciedad, pintura, polvo y aceite se logra un buen mojado, extendido y arrastre del metal de aporte en la holgura de la junta.

El tiempo durante el cual la limpieza superficial es efectiva depende de algunos factores como los metales que están siendo tratados, de las condiciones atmosféricas, de que tanto se manipulan las piezas y de otros factores similares, por lo que se recomienda realizar el proceso de soldadura tan pronto como sea posible.

#### **Métodos de Limpieza**

Para remover las impurezas se pueden utilizar algunos procedimientos de limpieza superficial como: El Método Mecánico que utiliza cepillos de alambre o lijas y mediante Métodos Químicos que utiliza soluciones químicas para limpiar las superficies.

#### **Método de Limpieza Mecánico**

Es un método de limpieza superficial que se utiliza para eliminar óxidos, escamas e incrustaciones que pueden existir en el metal base. Se puede realizar por varios medios como:

1. Desbaste ó amolado mecánico.
2. Limado o lijado.
3. Cepillado con alambre.
4. Limpieza con Chorro de arena o municiones.

Cada uno de estos procesos se debe aplicar de acuerdo al material base que se limpiará, pues caso contrario se puede afectar el acabado estético así como las propiedades mecánicas de los materiales en cuestión.

#### **Método de Limpieza Químico**

Consiste en eliminar los residuos de aceites, grasas, sulfuros y óxidos de la superficie de los metales base. Los métodos más conocidos para realizar la limpieza superficial son:

1. El Desengrasado.
2. El Decapado.

***El Desengrasado.*** Es un método de limpieza superficial de tipo químico que utiliza disolventes para limpiar superficies grasosas o aceitosas.

Este método puede aplicarse en las piezas por medio de inmersión en disolventes líquidos como en gasolina; en detergentes alcalinos calientes, por ejemplo en sosa cáustica ó por un chorro de vapor.

***El Decapado.*** Consiste en la eliminación de óxidos de la superficie del metal base, mediante la utilización de ácidos como el clorhídrico, sulfúrico, nítrico en determinadas concentraciones.

El procedimiento de decapado, generalmente se lo realiza por inmersión de las piezas a limpiar en una tina o recipiente que contiene la solución del ácido, para después lavarlas minuciosamente con agua caliente, y secarse lo más pronto posible.

### **1.8.3 APLICACIÓN DE FUNDENTE**

El fundente se debe aplicar en una capa uniforme y sobre una superficie limpia, de manera que cubra por completo las partes de las piezas a unir, caso contrario el fundente formará grumos y dejará áreas descubiertas.

La forma más común de aplicar los fundentes, es como pastas, mediante el uso de una brocha; los de consistencia menos viscosa y los fundentes en estado líquido se pueden aplicar por inmersión, rociado a mano o algún mecanismo automático. También se puede rociar fundente seco o en polvo sobre la unión ó introduciendo el extremo caliente de la varilla de metal de aporte en el recipiente del fundente.

### **1.8.4 ENSAMBLADO DE LAS PIEZAS**

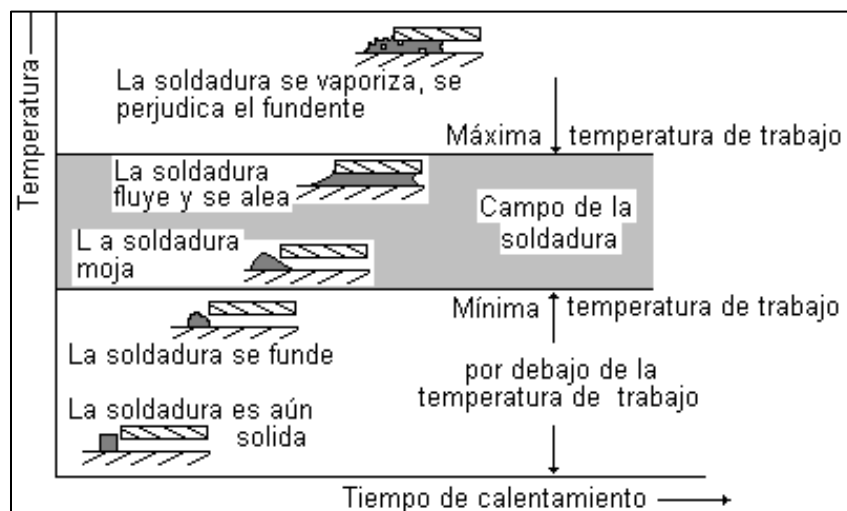
El método de auto acomodo es una forma de ensamble en la cual las partes componentes tienen características que aseguran que al ser ensambladas permanecerán en posición correcta durante todo el ciclo de soldadura.

Esta forma de ensamblar las piezas es la más adecuada, ya sea por su facilidad de montaje, por el costo económico y porque no se requiere la ayuda de dispositivos auxiliares. Las diversas formas por las que se puede conseguir el auto acomodo de las piezas pueden ser por:

- Colocación por Gravedad.
- Ajuste con Interferencia.
- Moleteado.
- Expansión.
- Unión por Rosca.
- Remachado.
- Plegado.
- Soldadura por puntos.

### 1.8.5 CALENTAMIENTO DE LAS PIEZAS

El calentamiento de las piezas es indispensable para alcanzar la adecuada temperatura del material base con el propósito que el metal de aporte pueda fundirse y alearse con las piezas a soldar. Los procesos de calentamiento ya se estudiaron en capítulos anteriores. En la figura 1.3 se ilustra la temperatura de trabajo adecuada.



**Figura 1.7:** Temperaturas importantes durante la soldadura.



### **1.8.6 APLICACIÓN DEL MATERIAL DE APORTE**

Los metales de aporte se producen en forma de alambres varillas, varillas recubiertas, láminas, calzas, polvos y pastas. Y la manera de aplicar la aleación de relleno depende del proceso productivo que se esté llevando a cabo, por ejemplo:

En la mayor parte de las uniones soldadas a mano utilizando el proceso de soldadura con Soplete, a Resistencia y con Cautín, el metal de aporte se alimenta a la unión en forma manual; y en el caso de la soldadura de alta producción como la Soldadura en Horno, Inducción e Inmersión, el metal de aporte se coloca previamente en la unión, utilizando equipo automático.

### **1.8.7 ENFRIAMIENTO**

Después que el proceso de soldadura ha terminado, el enfriamiento al ambiente y libre de vibraciones es lo mejor; pues los cambios bruscos de temperatura así como las vibraciones durante la solidificación (enfriamiento) pueden producir agrietamientos en la unión soldada.

### **1.8.8 POST - LIMPIEZA**

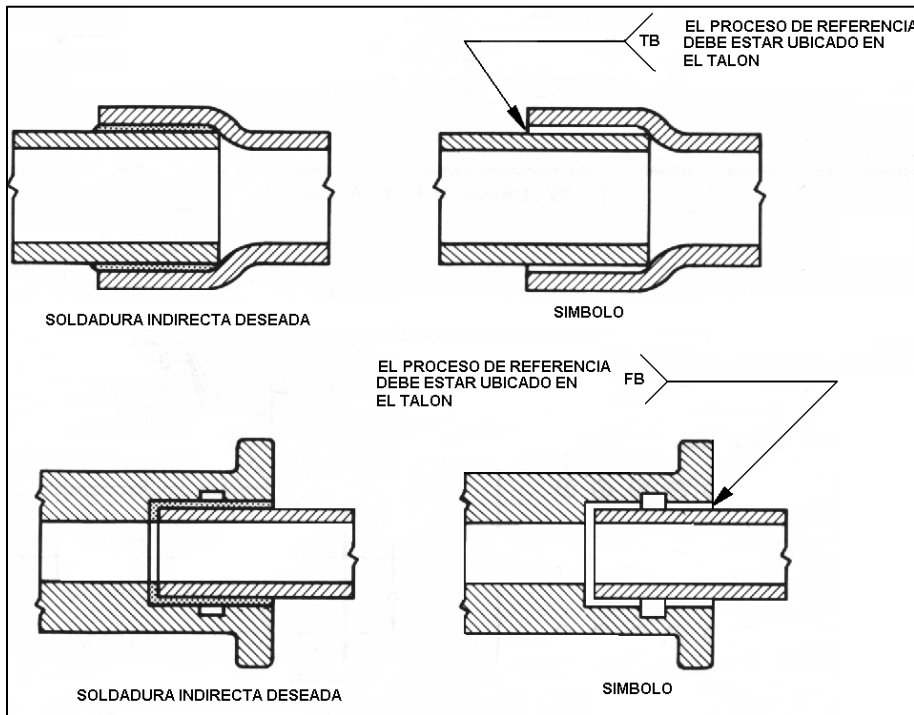
En todos los procesos de soldadura indirecta, es necesario eliminar todos los residuos del fundente, ya que si no se lo realiza, pueden atacar al material base en forma de corrosión o al material de aporte y debilitar la unión.

El método de eliminación de residuos depende del tipo de fundente utilizado y la mejor forma de eliminarlos es mediante la inmersión de las piezas en agua caliente a 60° C durante 10 a 15 minutos, siempre y cuando los residuos no se hayan quemado, es decir no exhiban un color negruzco. Y en casos difíciles, puede ser necesario el uso de una disolución de ácido sulfúrico caliente al 10%.

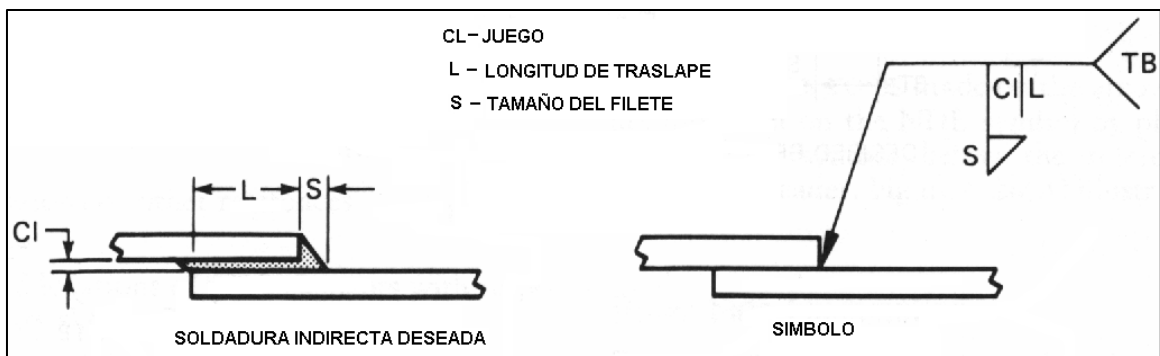
## **1.9 REPRESENTACIÓN DE LA SOLDADURA INDIRECTA EN EL DIBUJO TÉCNICO MECÁNICO**

La forma en que se representa la soldadura fuerte y blanda en el dibujo técnico, consiste básicamente en una línea de referencia con una flecha señalando el sitio en donde se requiere realizar la unión soldada y en el talón se describe la designación del proceso de soldadura, también se indican el tipo de junta y

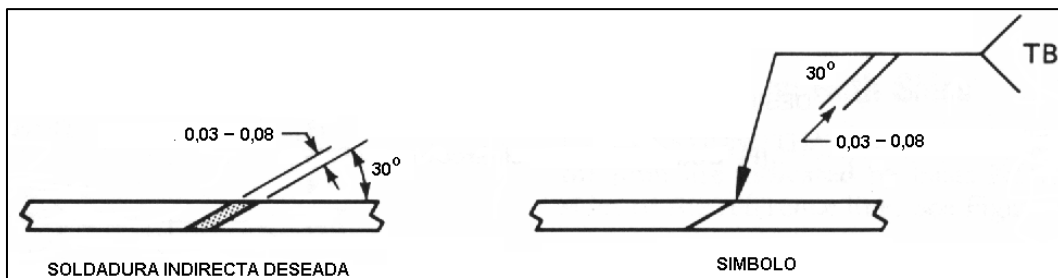
dimensiones geométricas del ajuste y de la soldadura final requerida. En las figuras 1.8 a 1.15 se indican algunos ejemplos de aplicación práctica.



**Figura 1.8:** Aplicación de símbolos de soldadura indirecta, designación de procesos.



**Figura 1.9:** Localización de elementos del símbolo de soldadura indirecta.



**Figura 1.10:** Aplicación de símbolos de soldadura indirecta en juntas inclinadas.

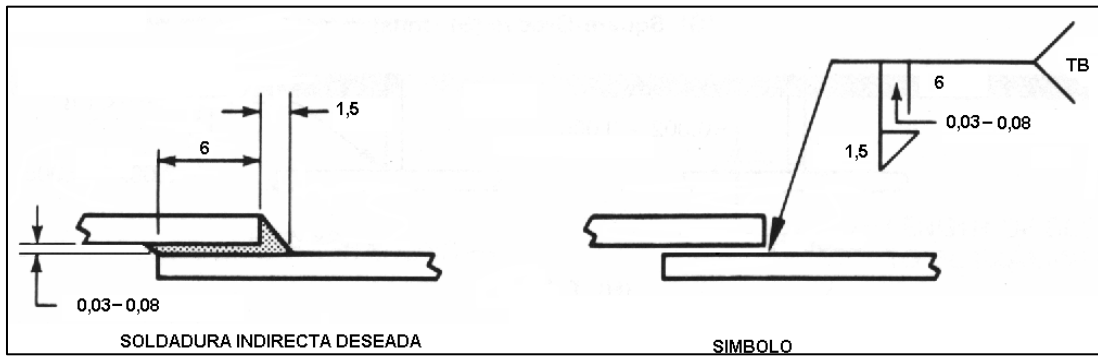


Figura 1.11: Aplicación de símbolos de soldadura indirecta en juntas traslapadas.

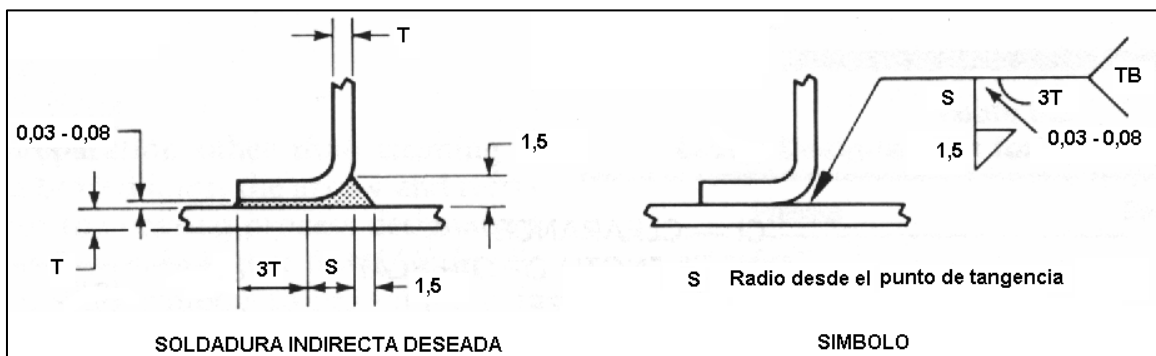


Figura 1.12: Aplicación de símbolos de soldadura indirecta, ranura – bisel – campana y filete.

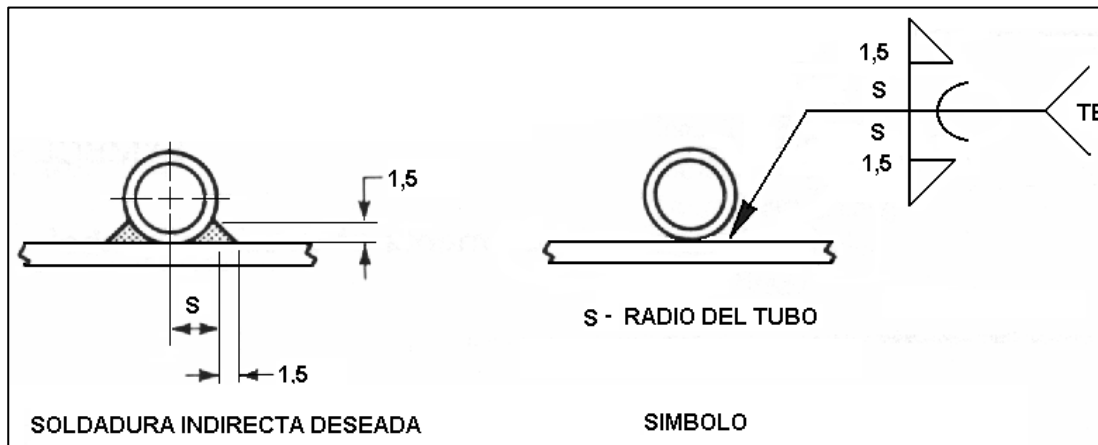
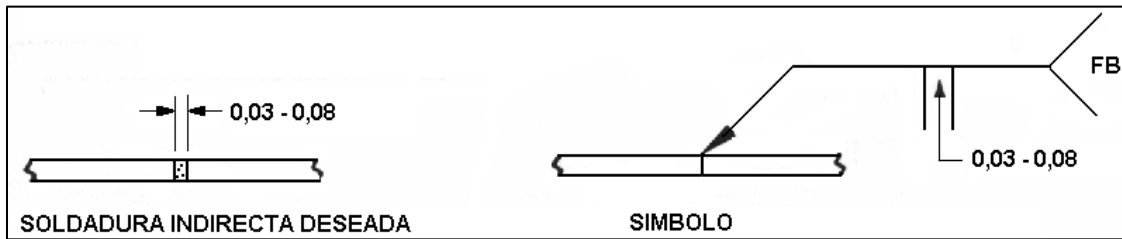
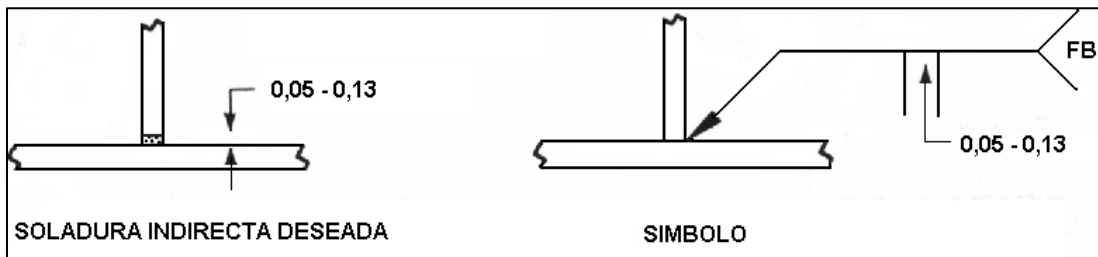


Figura 1.13: Aplicación de símbolos de soldadura indirecta, ranura doble – bisel – campana y filetes.



**Figura 1.14:** Aplicación de símbolos de soldadura indirecta en junta a tope.



**Figura 1.15:** Aplicación de símbolos de soldadura indirecta en junta en T.

## **CAPITULO 2**

### **FUNDENTES Y METALES DE APORTE PARA SOLDADURA INDIRECTA**

#### **2.1 FUNDENTE**

Los fundentes son sales o compuestos químicos que tienen la propiedad de desprender en poco tiempo la capa de óxido que cubre el metal base y protegerlo de la atmósfera que lo rodea, haciendo posible que el metal líquido de soldadura moje la pieza.

##### **2.1.1 FUNCIONES DEL FUNDENTE**

Las funciones principales del fundente son:

- Eliminar la película de óxido no metálico de la superficie del metal.
- Prevenir la oxidación de la superficie del metal base durante la operación de calentamiento.
- Mantener limpia la superficie de la pieza durante el calentamiento.
- Facilitar que el metal de aporte moje, fluya y se extienda sobre las superficies de las piezas a ser soldadas.
- Mantenerse el suficiente tiempo hasta que haya culminado la soldadura.

##### **2.1.2 FORMA DE SUMINISTRO**

Los fundentes para soldadura indirecta se obtienen en el comercio en forma de pasta, en forma líquida, en polvo, como núcleos sencillos o múltiples en soldados de alambre. Los fundentes en forma de polvo y pasta se comercializan en botes de 100, 250, 500, 750 y 1000 gramos, además en sacos de 25 kilogramos.

##### **2.1.3 SELECCIÓN DEL FUNDENTE ADECUADO**

La selección del tipo de fundente por lo regular depende de la facilidad con que un material puede soldarse, de las diferentes temperaturas de trabajo, de los distintos metales de aporte y de los metales base por soldarse, pues al utilizar un fundente incorrecto o una técnica de aplicación pobre, puede tener un dramático efecto en la calidad de la unión ya que actualmente se fabrica muchos fundentes diseñados específicamente para ciertas aplicaciones.

## **2.2 FUNDENTES PARA SOLDADURA FUERTE**

Los fundentes que se emplean para soldadura fuerte están codificados bajo la norma **AWS A5.31** (Especificación de Fundentes para Brazing), y básicamente están constituidos por: boratos, bórax fundido, ácido bórico, fluoruros, cloruros y fluoboratos. En la tabla 2.1 se indican datos generales sobre fundentes.

Para trabajos de producción en masa, la aplicación de los fundentes consume mucho tiempo, por lo tanto, se utilizan atmósferas controladas para remover el óxido y evitar la formación de la misma durante la operación de soldadura fuerte. Este método es muy empleado en soldadura fuerte por inducción y en horno.

Tipo de Fundente AWS.	Combinaciones de metales para las cuales varios fundentes son adecuados.		Intervalo efectivo de temperaturas del fundente. (°C)	Principales elementos constitutivos del fundente.	Forma física.	Métodos de aplicación. (*)
	Metales por soldar.	Metales de Relleno.				
1	Aluminio y aleaciones de aluminio.	BAISi	371 - 644	Fluoruros Cloruros.	Polvo.	a, b, c, d.
2	Aleaciones de Magnesio.	BMg	483 - 650	Fluoruros Cloruros.	Polvo.	c, d.
3A	Cobre y sus aleaciones (excepto las que contienen aluminio), aleaciones de hierro, hierro fundido, acero al carbono, acero aleado, acero inoxidable, níquel y sus aleaciones, metales preciosos.	BCu BAg	566 - 872	Ácido bórico Boratos Fluoruros Agentes humedecedores de fluoborato.	Polvo Pasta Líquido.	a, b, c.
3B	Cobre y sus aleaciones (excepto las que contienen aluminio), aleaciones de hierro, hierro fundido, acero al carbono, acero aleado, acero inoxidable, níquel y sus aleaciones, metales preciosos.	BCu BCuP BAg BAu RBCuZn BNi.	733 - 1150	Ácido bórico Boratos Fluoruros Agentes humedecedores de fluoborato.	Polvo Pasta Líquido.	a, b, c.
4	Bronce al aluminio, latón al aluminio.	BAg BCuZn BCuP.	566 - 872	Boratos Fluoruros Cloruros.	Polvo Pasta.	a, b, c.
5	Cobre y sus aleaciones (excepto las que contienen aluminio), níquel y sus aleaciones, aceros al carbono, aceros aleados, aceros inoxidables, hierro fundido, hierro y sus aleaciones, metales preciosos (excepto oro y plata)	BCu BCuP BAg (8-19) BAu BCuZn BNi.	760 -1205	Bórax Ácido bórico Boratos.	Polvo Pasta Líquido.	a, b, c.

\* a. Rociado de polvo seco en la junta.

\* b. Varilla de metal de aporte calentada por inmersión en polvo o pasta.

\* c. Mezclar a consistencia de pasta con agua, alcohol, monoclorobenceno, etc.

\* d. Baño de Fundente fundido.

**Tabla 2.1:** Recomendaciones generales para utilizar fundentes, metales de aporte y materiales base en la soldadura fuerte.

En una atmósfera controlada, un gas es suministrado en forma continua a un horno y se encuentra circulando dentro del mismo a una presión ligeramente más alta que la presión atmosférica. Este gas puede consistir de hidrógeno de alta pureza, dióxido de carbono, monóxido de carbono, nitrógeno, argón, amoníaco o alguna forma de gas combustible como el propano o butano. En la tabla 2.2 se citan algunas clasificaciones de los fundentes utilizados en soldadura fuerte.

<b>Clasificación AWS.</b>	<b>Forma.</b>	<b>Tipo de Metal de Aporte.</b>	<b>Intervalo de temperaturas de actividad. (°C)</b>
FB1-A	Polvo	BAISi	580 – 615
FB1-B	Polvo	BAISi	560 – 615
FB1-C	Polvo	BAISi	540 – 615
FB2-A	Polvo	BMg	480 – 620
FB3-A	Pasta	BAG y BCuP	565 – 870
FB3-C	Pasta	BAG y BCuP	565 – 925
FB3-D	Pasta	BAG, BCu, BNi, BAu y RBCuZn	760 – 1205
FB3-E	Líquido	BAG y BCuP	565 – 870
FB3-F	Polvo	BAG y BCuP	650 – 870
FB3-G	Suspensión	BAG y BCuP	565 – 870
FB3-H	Suspensión	BAG	565 – 925
FB3-I	Suspensión	BAG, BCu, BNi, BAu y RBCuZn	760 – 1205
FB3-J	Polvo	BAG, BCu, BNi, BAu y RBCuZn	760 – 1205
FB3-K	Líquido	BAG y RBCuZn	760 – 1205
FB4-A	Pasta	BAG y BCuP	595 – 870

**Tabla 2.2:** Fundentes utilizados en Soldadura Fuerte.

## **2.3 FUNDENTES PARA SOLDADURA BLANDA**

Los fundentes utilizados en soldadura blanda se pueden clasificar en tres grupos:

1. Fundentes Inorgánicos.
2. Fundentes Orgánicos.
3. Fundentes de Resina.

### **2.3.1 FUNDENTES INORGÁNICOS**

Esta clase de fundentes incluyen sales inorgánicas y ácidos que ejercen una acción fundente rápida y muy activa por lo que se pueden aplicar como



disoluciones, pastas o sales secas utilizando métodos de calentamiento para soldadura blanda con soplete, en horno, por resistencia o por inducción. Los constituyentes básicos de los fundentes inorgánicos son:

- Cloruro de zinc.
- Cloruro de amonio.
- Cloruro de estaño.
- Ácido clorhídrico.
- Ácido fosfórico.
- Otros cloruros metálicos

### **2.3.2 FUNDENTES ORGÁNICOS**

Los fundentes orgánicos contienen ácidos y bases orgánicas que son efectivos a temperaturas de soldadura blanda de 90° C a 320° C. Básicamente los compuestos que forman parte de estos fundentes son:

- Ácido abiético.
- Etilén – diamina.
- Ácido glutámico.
- Bromhidrato de hidracina.
- Ácido oleico.
- Ácido esteárico.

Se utilizan en aplicaciones en las que es posible emplear cantidades controladas de fundente para evitar descomponer o volatilizar los constituyentes corrosivos.

### **2.3.3 FUNDENTES DE RESINA**

#### **Resina no Activa**

Los fundentes de resina como la Colofonia Blanca, poseen propiedades físicas y químicas importantes que los hacen apropiados para la industria eléctrica, ya que el principal constituyente es el ácido abiético que se activa moderadamente a temperaturas de soldadura blanda entre 177°C y 316 °C.

#### **Resina Moderadamente Activada**

Son los fundentes preferidos para sistemas militares, telefónicos y otros productos electrónicos de alta confiabilidad que tienen mayor acción de fundente sin que se altere significativamente la naturaleza no corrosiva del residuo.

### **Resina Activada**

Es un tipo de fundente más activo con base de colofonia que se utilizan ampliamente en productos electrónicos comerciales y en aplicaciones de alta confiabilidad en las que el residuo debe ser susceptible de eliminación completa después de soldadura blanda.

En la tabla 2.3 se indican los fundentes más utilizados en soldadura blanda.

Tipo.	Composición.	Portador.	Usos.	Estabilidad térmica.	Capacidad para eliminar deslustre	Corrosividad.	Limpieza recomendada después de soldar.
<i>FUNDENTES INORGÁNICOS.</i>							
Ácidos.	Clorhídrico, fluorhídrico, ortofosfórico	Agua, pasta de petrolato	Estructurales	Buena	Muy buena.	Alta.	Enjuague con agua caliente y neutralización; disolventes orgánicos.
Sales.	Cloruro de cinc, cloruro de amonio, cloruro de estaño.	Agua, pasta de petrolato, polietilén - glicol.	Estructurales.	Excelente.	Muy buena.	Alta.	Enjuague con agua caliente y neutralización; solución de HCl al 2%; enjuague con agua caliente y neutralización.
<i>FUNDENTES ORGÁNICOS.</i>							
Ácidos.	Láctico, oleico, esteárico, glutámico.	Agua, disolventes orgánicos, pasta de petrolato, polietilén - glicol.	Estructurales, eléctricos.	Bastante buena.	Bastante buena.	Moderada.	Enjuague con agua caliente y neutralización; disolventes orgánicos.
Halógenos.	Clorhidrato de anilina, clorhidrato glutámico, derivados de bromo del ácido palmítico de hidracina.	Agua, disolventes orgánicos, pasta de petrolato, polietilén - glicol.	Estructurales, eléctricos.	Bastante buena.	Bastante buena.	Moderada.	Enjuague con agua caliente y neutralización; disolventes orgánicos.
Aminas y Amidas.	Urea, etilén - diamina.	Agua, disolventes orgánicos, pasta de petrolato, polietilén - glicol.	Estructurales, eléctricos.	Regular.	Regular.	Normalmente no es corrosivo.	Enjuague con agua caliente y neutralización; disolventes orgánicos.
Resina Activada	Colofonia blanca.	Alcohol isopropílico, disolventes orgánicos, polietilén - glicol.	Eléctricos.	Deficiente.	Regular.	Normalmente no es corrosivo.	Detergentes con base de agua, alcohol isopropílico, disolventes orgánicos.
Colofonia blanca.	Solo resina.	Alcohol isopropílico, disolventes orgánicos, polietilén - glicol.	Eléctricos.	Deficiente.	Deficiente.	Ninguna.	Igual que la colofonia blanca activada, pero normalmente no requiere limpieza posterior.

**Tabla 2.3:** Fundentes utilizados en Soldadura blanda.

## **2.4 METALES DE APORTE UTILIZADOS EN SOLDADURA INDIRECTA**

Los metales de aporte para soldadura indirecta, son metales que tienen propiedades adecuadas para producir juntas soldadas satisfactorias y se agregan al realizar el proceso de soldadura. Dichos metales tienen puntos de fusión sobre los 450° centígrados en el caso de soldadura fuerte y bajo los 450° centígrados para soldadura blanda; pero inferior a la del metal base que va a soldarse.

### **2.4.1 PROPIEDADES**

Los metales de aporte para soldadura indirecta deben tener las siguientes propiedades:

- Capacidad de formar uniones soldadas con propiedades físicas y mecánicas apropiadas para la aplicación de servicio propuesto.
- Punto de fusión o intervalo de fusión compatible con los metales base que se van a unir.
- Suficiente fluidez a la temperatura de soldadura (fuerte o blanda) para penetrar y distribuirse por atracción capilar en las juntas adecuadamente preparadas.
- Capacidad para mojar las superficies de los metales base y formar una junta soldada.
- Composición química con la suficiente homogeneidad y estabilidad para minimizar la separación de los constituyentes.
- Dependiendo de lo que se necesite, capacidad para producir o evitar las interacciones del metal de aporte y los metales base.

### **2.4.2 FORMA DE SUMINISTRO**

Los metales de aporte para soldadura indirecta se producen y se comercializan en el mercado en forma de alambres, varillas recubiertas, calzas, arandelas, pastillas, láminas finas, tiras, trozos, anillos, polvos y pastas. En la figura 2.1 se indican algunas formas de suministro.



**Fig. 2.1:** Materiales de aporte utilizados en Soldadura Indirecta

### 2.4.3 SELECCIÓN DEL METAL DE APORTE

El metal de aporte se selecciona de modo que ofrezca buen flujo, penetración y mojado durante la operación de soldadura y las propiedades de unión deseadas en el producto terminado para lo cual se deben considerar varios aspectos.

1) Compatibilidad del metal base y el diseño de la unión.

De este aspecto depende el uso del tipo de metal de aporte y la forma que presenta este para cada junta a ser soldada, especialmente en los casos en que se producen piezas y componentes en serie.

2) Requisitos de servicio del ensamble soldado.

La aleación de soldadura elegida debe satisfacer los requisitos de operación, como temperatura de servicio, ciclaje térmico, vida útil, esfuerzos de carga, condiciones de corrosión, estabilidad ante radiaciones y operaciones en vacío.

3) Temperatura de soldadura adecuada.

En general se prefieren las temperaturas de soldadura que sean bajas a fin de economizar energía calorífica, minimizar los efectos térmicos sobre el metal base como deformación y prolongar la vida útil de las fijaciones.

4) Método de calentamiento.

Los metales de aporte con puntos de fusión muy estrechos, de menos de 28° centígrados entre cambio de fase de sólido a líquido, pueden utilizarse con cualquier método de calentamiento y el metal de aporte se puede colocar previamente en el área de la unión.

#### 2.4.4 METALES DE APORTE PARA SOLDADURA FUERTE

La Norma que codifica a los metales de aporte para soldadura fuerte es la **AWS A5.8** (Especificación para metales de aporte de soldadura fuerte), que está basada en la composición química de los elementos aleantes más que en los requerimientos de las propiedades mecánicas.

Si es necesario determinar las propiedades mecánicas de una combinación de metal base y metal de aporte, la junta soldada deberá someterse a los ensayos que se especifica en la Norma **AWS C3.2**. (Método estándar para evaluar la resistencia mecánica de las juntas unidas por soldadura fuerte)

La Norma AWS A5.8, divide a los metales de aporte para soldadura fuerte en siete categorías.

- 1) Metales de aporte de ALUMINIO – SILICIO.
- 2) Metales de aporte de MAGNESIO.
- 3) Metales de aporte de COBRE y COBRE – CINC.
- 4) Metales de aporte de COBRE – FÓSFORO.
- 5) Metales de aporte de PLATA.
- 6) Metales de aporte de ORO.
- 7) Metales de aporte de NÍQUEL.

Estos metales se identifican por el elemento o los elementos principales que figuran en su composición química, por ejemplo:

En la designación de metal de aporte para soldadura fuerte **RBCuP-2**.

**R:** Designa las varillas para soldadura.

**B:** Identifica dicho metal como un metal de aporte para soldadura fuerte.

**CuP:** Significa que los dos elementos principales que contiene este metal de aporte son el cobre y el fósforo.

**2:** Un sufijo expresado como número o letra que denota un análisis químico en particular dentro de un grupo dado.

##### **Metales de Aporte de Aluminio Silicio. (BAISi)**

Este grupo se utiliza para soldar aluminio de los grados 1060, 1100, 1350, 3003, 3004, 3005, 5005, 5050, 6053, 6061, 6951 y las aleaciones fundidas A712.0 y C711.0. Todos estos metales de aporte son utilizados en los procesos de soldadura

fuerte por horno y por inmersión, y algunos de ellos también pueden soldarse con soplete empleando juntas traslapadas o en T en lugar de juntas a tope.

#### **Metales de Aporte de Magnesio. (BMg)**

Se utiliza este metal de aporte para unir las aleaciones de magnesio AZ10A, K1A, M1A, AZ31B y ZE10A, empleando procesos de soldadura fuerte con soplete, inmersión u horno, en los que los ensambles soldados trabajarán a temperaturas entre 120° a 150° centígrados.

Al momento de realizar el proceso de soldadura se debe tener en cuenta, el control del calentamiento con precisión para evitar la fusión del metal base, así como la separación óptima de las uniones que oscila entre 0.10 mm y 0.25 mm y la eliminación completa del fundente después de la soldadura fuerte para evitar la corrosión

#### **Metales de Aporte de Cobre y Cobre - Cinc. (BCu - BCuZn)**

Los metales de aporte para soldadura fuerte con cobre puro se suministran en formas forjadas y pulverizadas, utilizándolos para unir metales ferrosos, aleaciones con base de níquel y aleaciones cobre – níquel, mediante métodos de calentamiento en horno con una atmósfera de gas quemado, hidrógeno ó amoníaco disociado, y sin fundente.

Los metales de aporte de cobre – cinc, se emplean en su mayoría para soldar aceros simples al carbono, cobre y sus aleaciones, níquel y sus aleaciones y aceros inoxidable en los casos en que no se requiere resistencia a la corrosión. Estos metales de aporte se usan con los procesos de soldadura fuerte con soplete, en horno y por inducción, y con la aplicación previa de un fundente, por lo regular el bórax.

#### **Metales de Aporte de Cobre – Fósforo. (BCuP)**

Los metales de aporte de la soldadura fuerte de esta clasificación son usados principalmente para unir cobre y aleaciones de cobre con limitado uso sobre plata, tungsteno y molibdeno; no deben ser usados sobre aleaciones ferrosas o aleaciones de base de níquel. Estos metales de aporte son apropiados para todos los procesos de soldadura fuerte, pues tienen propiedades auto fundente cuando se utiliza para soldar cobre.

**Metales de Aporte de Plata. (BAg)**

Estos metales de aporte se usan para unir la mayor parte de metales ferrosos, no ferrosos, carburos cementados, estelitas y ciertas aleaciones refractarias como el molibdeno y tungsteno con excepción del aluminio y magnesio. Estos metales de aporte tienen buenas propiedades de resistencia mecánica y ductilidad para la soldadura fuerte y se pueden colocar previamente en la unión o alimentarse a la junta calentada.

Muchas veces los metales de aporte que contienen plata están aleados con ciertos elementos como cobre, cadmio, cinc, manganeso, níquel y raras veces cobalto, con el propósito de mejorar las propiedades de Mojabilidad, fluidez, y reducir el punto de fusión del metal de aporte.

**Metales de Aporte de Oro. (BAu)**

Estos metales de aporte contienen cierta cantidad de oro, pues sirven para unir piezas en ensambles de tubos de electrones en los que no pueden tolerarse componentes volátiles, se utilizan también para soldar en fuerte, metales con base de hierro, de níquel y de cobalto en los que se requiere alta resistencia a la corrosión. Por lo regular se usan con secciones delgadas en virtud de su reducida tasa de interacción con el metal base y el método de calentamiento usualmente utilizados son con inducción, en horno o calentamiento por resistencia en una atmósfera reductora o de vacío.

**Metales de Aporte de Níquel. (BNi)**

Estos metales de aporte son utilizados cuando se requieren propiedades de resistencia a la corrosión y resistencia a las altas temperaturas. Los metales base comúnmente soldados con este material de aporte son los aceros inoxidable de la serie AISI 300 y 400, aleaciones con base de cobalto y níquel, incluso acero al carbono, aceros de baja aleación y cobre cuando se desean propiedades específicas.

En la tabla 2.4 se indican los metales de aporte para soldadura fuerte con su composición química.



ALUMINIO-SILICIO											
Clasificación AWS	Silicio	Cobre	Hierro	Zinc	Magnesio	Manganeso	Cromo	Titanio	Aluminio	Otros elementos	
BAISI-2	6,8 - 8,2	0,25	0,8	0,20	-	0,10	-	-	resto	0,15	
BAISI-3	9,3 - 10,7	3,3-4,7	0,8	0,20	0,15	0,15	0,15	-	resto	0,15	
BAISI-4	11 - 13	0,30	0,8	0,20	0,10	0,15	-	-	resto	0,15	
BAISI-5	9 - 11	0,30	0,8	0,20	0,05	0,05	-	0,20	resto	0,15	
MAGNESIO											
Clasificación AWS	Aluminio	Manganeso	Zinc	Silicio	Cobre	Níquel	Hierro	Berilio	Magnesio	Otros elementos	
BMg-1	8,3 - 9,7	0,15 min	1,7 - 2,3	0,05	0,05	0.005	0,005	0,0002 - 0,0008	balance	0,30	
BMg-2	11 - 13	-	4,5 - 5,5	-	-	-	-	0,0002 - 0,0008	balance	0,30	
COBRE Y COBRE - ZINC											
Clasificación AWS	Cobre	Zinc	Estaño	Hierro	Manganeso	Níquel	Fósforo	Plomo	Aluminio	Silicio	Otros elementos
BCu-1	99,9 min.	-	-	-	-	-	0,075	0,02	0,01	-	0,10
BCu-1	99 min.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30 <sup>a</sup>
BCu-2	86,5 min.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,50 <sup>c</sup>
BCuZn-A	57 - 61	resto	0,25 - 1	*	*	-	-	0,05*	0,01*	*	0,50 <sup>d</sup>
BCuZn-D	46 - 50	resto	-	-	-	9,0-11	0,25	0,05*	0,01*	0,04 - 0,25	0,50 <sup>d</sup>
COBRE - FÓSFORO											
Clasificación AWS	Fósforo			Plata		Cobre			Otros elementos		
BCuP-1	4,8 - 5,2			-		resto			0,15		
BCuP-2	7,0 - 7,5			-		resto			0,15		
BCuP-3	5,8 - 6,2			4,8 - 5,2		resto			0,15		
BCuP-4	7,0 - 7,5			5,8 - 6,2		resto			0,15		
BCuP-5	4,8 - 5,2			14,5 - 15,5		resto			0,15		
PLATA											
Clasificación AWS	Plata	Cobre	Zinc	Cadmio	Níquel	Estaño	Litio	Fósforo	Otros elementos		

BAG-1	44 - 46	14 - 16	14 - 18	23 - 25	-	-	-	-	0,15
BAG-1a	49 - 51	14,5 - 16,5	14,5 - 18,5	17 - 19	-	-	-	-	0,15
BAG-2	34 - 36	25 - 27	19 - 23	17 - 19	-	-	-	-	0,15
BAG-2a	29 - 31	26 - 28	21 - 25	19 - 21	-	-	-	-	0,15
BAG-3	49 - 51	14,5 - 16,5	13,5 - 17,5	15 - 17	2,5 - 3,5	-	-	-	0,15
BAG-4	39 - 41	29 - 31	26 - 30	-	1,5 - 2,5	-	-	-	0,15
BAG-5	44 - 46	29 - 31	23 - 27	-	-	-	-	-	0,15
BAG-6	49 - 51	33 - 35	14 - 18	-	-	-	-	-	0,15
BAG-7	55 - 57	21 - 23	15 - 19	-	-	4,5 - 5,5	-	-	0,15
BAG-8	71 - 73	resto	-	-	-	-	-	-	0,15
BAG-8a	71 - 73	resto	-	-	-	-	0,15 - 0,3	-	0,15
BAG-13	53 - 55	resto	4 - 6	-	0,5 - 1,5	-	-	-	0,15
BAG-13a	55 - 57	resto	-	-	1,5 - 2,5	-	-	-	0,15
BAG-18	59 - 61	resto	-	-	-	9,5 - 10,5	-	0,025	0,15
BAG-19	92 - 93	resto	-	-	-	-	0,15 - 0,3	-	0,15
<b>METALES PRECIOSOS</b>									
Clasificación AWS		Oro		Cobre		Níquel		Otros elementos	
BAu-1		37,0 +1,-0		resto		-		0,15	
BAu-2		79,5 +1,-0		resto		-		0,15	
BAu-3		34,5 +1,-0		resto		2,5 - 3,5		0,15	
BAu-4		81,5 +1,-0		resto		resto		0,15	
<b>NIQUEL</b>									
Clasificación AWS	Níquel	Cromo	Boro	Silicio	Hierro	Carbono	Fósforo	Otros elementos	
BNi-1	resto	13 - 15	2,75 - 4	3 - 5	4 - 5	0,6 - 0,9	-	0,50	
BNi-2	resto	6 - 8	2,75 - 3,5	4 - 5	2 - 4	0,15	-	0,50	
BNi-3	resto	-	2,75 - 3,5	4 - 5	1,5	0,06	-	0,50	
BNi-4	resto	-	1 - 2,2	3 - 4	1,5	0,06	-	0,50	
BNi-5	resto	18 - 20	-	9,75 - 10,5	-	0,15	-	0,50	
BNi-6	resto	-	-	-	-	0,15	10 - 12	0,50	
BNi-7	resto	11 - 15	-	-	-	-	9 - 11	0,50	

**Tabla 2.4:** Composición química de las aleaciones para Soldadura Fuerte.

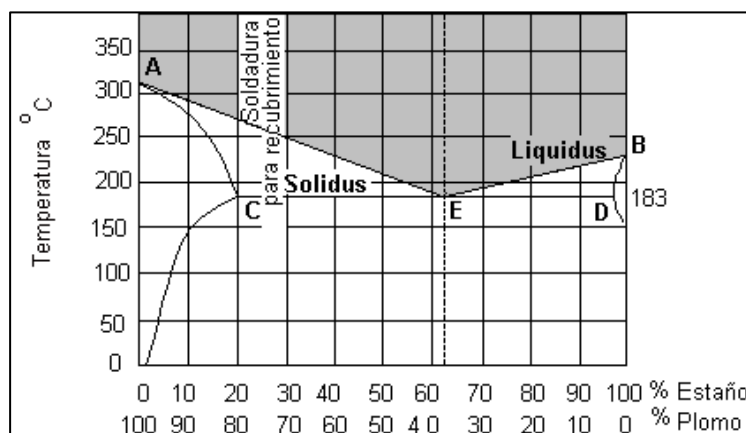
### 2.4.5 METALES DE APORTE PARA SOLDADURA BLANDA

Los metales de aporte para soldadura blanda están codificados por la Norma **ASTM B32** (Especificación estándar para metales de soldadura blanda) La mayor parte de los metales para soldadura blanda son aleaciones de estaño y plomo. El porcentaje de cada metal determina el punto de fusión de la aleación así como otras características.

En los materiales de aporte estaño - plomo es usual describirlo dando primero el contenido de estaño, así por ejemplo una aleación 40-60 indica que contiene 40% de estaño y 60% de plomo, pero la mejor forma de ilustrar el comportamiento de las diversas aleaciones estaño - plomo es por su diagrama constitucional como se observa en la figura 2.2

Para una comprensión total de este diagrama, los términos usados son definidos a continuación:

- Línea Sólidus. (Curva ACEDB) Indica la más alta temperatura a la cual un metal o aleación está completamente en estado sólido.
- Línea Líquidus. (Curva AEB) Es la temperatura más baja en la que un metal o aleación está completamente en estado líquido.
- Aleación Eutéctica. (Punto E) Es una aleación que se comporta como un elemento puro, pues cambia de fase sólida a fase líquida de una sola vez. Esta aleación tiene aproximadamente 63% en peso de Estaño.
- Intervalo de fusión. (Curva ACEDB y AEB) Es la temperatura entre el solidus y el liquidus en el cual la aleación se encuentra parcialmente fundida.



**Fig. 2.2:** Diagrama de Fase de la Aleación Estaño – Plomo.

Como se muestra en el diagrama, el plomo puro se funde a 327° C (punto A), el estaño puro a 232° C (punto B). La aleación que contiene 19.5% (punto C) a 97.5% (punto D) de estaño tiene la misma temperatura del solidus que es de 183° C. Cualquier otra composición que no sea la Eutéctica no empieza completamente a hacerse líquido más arriba de los 183° C. Por ejemplo la aleación 50-50% tiene una temperatura de sólidos de 183° C y una temperatura de líquidus de 214° C, por lo que el intervalo de fusión es de 31° C que es la diferencia entre el liquidus y el solidus.

#### **Aleación Estaño 5% Plomo 95%. (ASTM Grado 5)**

La aleación ASTM grado 5 tiene una temperatura de fusión relativamente alta, así como la característica de mojado y flujo del metal fundido son pobres si se compara con aleaciones que contienen más porcentaje de estaño; por este motivo se requiere cuidados extras en la preparación superficial del metal base.

Esta aleación se utiliza fundamentalmente con métodos de calentamiento por inducción, inmersión, horno y con soplete para sellar contenedores pre cubiertos, para recubrimientos y para unir metales que van a estar sometidos a temperaturas moderadamente elevadas.

#### **Aleación Estaño 10-20% Plomo 90-80%. (ASTM Grado 10-15-20)**

Presenta características de mojado y flujo mucho mejores que la aleación ASTM grado 5, pues tiene una temperatura de fusión más baja. Se pueden soldar con todos los procesos de soldadura blanda y todos los tipos de fundentes para este proceso son aplicables.

Estos materiales de aporte son usados para sellar los radiadores tipo panel en automóviles, para rellenos en juntas y hendiduras en partes del automóvil, y para recubrimientos y uniones de metales.

#### **Aleación Estaño 25-30% Plomo 75-70%. (ASTM Grados 25 y 30)**

El material de aporte ASTM grado 25 y 30 tiene una temperatura de líquidus más baja que los materiales de aporte previamente mencionados, pero tiene la misma temperatura del sólidos que el material de aporte ASTM grado 20.

Todos los fundentes, métodos de limpieza y técnicas de soldadura blanda pueden ser utilizados con estos materiales de aporte. Los procesos de soldadura más

ampliamente usados son: la soldadura blanda con soplete manualmente y a máquina.

**Aleación Estaño 30-50% Plomo 70-50%. (ASTM Grados 30, 40 y 50)**

El metal de aporte ASTM grado 30, 40 y 50 tiene una temperatura del líquido bastante baja para ser fácilmente trabajada. La temperatura del sólido es la misma que la del grado 20 y 30 y el rango pastoso es más pequeño.

Las soldaduras de este grupo tienen la mejor combinación de propiedades tales como: mojado, resistencia mecánica y economía, por esta razón son ampliamente usados para propósitos generales sobre trabajos de láminas metálicas así como para aplicaciones en electrónica tales como radio y televisión, entre otras.

**Aleación Estaño 60% Plomo 40%. (ASTM Grados 60)**

El material de aporte ASTM grado 60 es usado donde el requerimiento de temperatura son críticos tales como instrumentos delicados. La composición de este material de aporte está bastante cerca de la aleación eutéctica estaño - plomo y tiene un extremadamente pequeño rango pastoso. Todos los procesos de soldadura blanda, métodos de limpieza y fundentes pueden ser usados con esta soldadura.

**Aleaciones Estaño - Antimonio**

Esta aleación contiene 95% de estaño y 5% de antimonio, se utiliza en muchas aplicaciones de plomería, refrigeración y acondicionamiento de aire porque tiene buenas propiedades de plasto deformación.

**Aleaciones de Estaño – Plata, Estaño – Cobre y Estaño – Plomo – Plata**

La aleación que contiene 96% de estaño y 4% de plata, se encuentra libre de plomo, tiene buena resistencia al corte y a la plasto deformación, y a menudo se utiliza para unir acero inoxidable en equipos para procesar alimentos.

Las soldaduras estaño – plata y estaño – cobre – plata son las aleaciones estándar que se usan para unir tubos y conductos de cobre en los sistemas de instalaciones para agua potable. El plomo no se utiliza por razones de salubridad.

La aleación con 62% de estaño, 36% de plomo y 2% de plata se usa en aplicaciones electrónicas para soldar en blando superficies recubiertas con plata.

**Aleaciones Estaño - Zinc**

Estas aleaciones son utilizadas para soldar en blando aluminio. Son recomendadas las aleaciones de 70 a 80% de estaño con el resto de zinc.

**Aleaciones Plomo - Plata**

Los materiales de aporte plomo - plata tienen una relativa alta temperatura de solidus, lo cual es útil donde se requiere buenas resistencias a temperaturas moderadamente elevadas.

**Aleaciones Cadmio - Plata**

Estos metales de aporte cadmio - plata pueden ser usados para temperaturas de servicio más altas, pues se puede obtener juntas soldadas a tope con metal base de cobre, cuya resistencia a la tracción sea de 2600 psi a 219°C.

Es posible unir aluminio consigo mismo ó con otros metales, empleando el metal de aporte que contenga 95% de cadmio y 5% de plata.

**Aleaciones Zinc - Aluminio**

Los materiales de aporte de zinc - aluminio es utilizado para soldar aluminio, ya que las uniones soldadas con este material de aporte tienen una alta resistencia a la rotura y a la corrosión.

En la tabla 2.5 se indica la composición, usos y rangos de fusión de algunas aleaciones.

Composición Nominal. (%)				Rango de fusión (° C)		Aplicación.
Sn	Pb	Sb	Ag	Sólidos	Líquidos	
70	30	...	...	183	192	Recubrimiento de metales
63	37	...	...	183	183	Aleación de soldadura Eutéctica electrónica
60	40	...	...	183	190	Usos generales, componentes electrónicos
50	50	...	...	183	216	Usos generales, plomería
45	55	...	...	183	227	Núcleos de radiadores, costuras o uniones de techados
40	60	...	...	183	238	Uniones soldadas, usos generales
35	65	...	...	183	247	Soldadura con máquina y con soplete
30	70	...	...	183	255	Soldadura con máquina y con soplete
25	75	...	...	183	266	Soldadura con máquina y con soplete
20	80	...	...	183	277	Reparación ("relleno") de carrocerías de automóvil
15	85	...	...	227	288	Soldadura de radiadores
10	90	...	...	268	299	Recubrimiento de metales
5	95	...	...	300	313	Uniones soldadas
2	98	...	...	316	322	Soldadura de costuras laterales de latas
40	58	2	...	185	231	Usos generales; no se recomiendan para materiales
35	63,2	1,8	...	185	243	que contienen zinc.
30	68,4	1,6	...	184	250	Soldadura con soplete o con máquina excepto en
25	73,7	1,3	...	184	262	materiales que contienen zinc.
20	79	1	...	184	269	Soldadura con máquina y recubrimiento de metales,
						excepto materiales que contienen zinc.
95	...	5	...	232	240	Uniones en cobre; material eléctrico, plomería y
						calefacción; no se recomienda en metales que
						contengan zinc.
...	97,5	...	2,5	304	304	Para usos en cobre, latón calentados con soplete; no se
						recomienda en ambiente húmedo por su conocida
						susceptibilidad a la corrosión.
1	97,5	...	1,5	309	309	Para uso en cobre, latón calentado con soplete.

**Tabla 2.5:** Composición, aplicación y rangos de fusión de aleaciones de soldadura blanda.

## **CAPITULO 3**

### **INSTALACIONES PARA EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE**

#### **3.1 INTRODUCCION**

El agua es un elemento vital para impulsar el desarrollo del país. Las diversas prácticas urbanas han deteriorado la calidad de los mantos freáticos y el deshielo de los glaciares lo que han disminuido considerablemente la disponibilidad de este líquido vital especialmente en Quito, es por ello que se debe poner un gran empeño en mejorar las condiciones de vida de la población y del sector de la vivienda, a través del uso adecuado de los recursos naturales.

El propósito de este capítulo es proporcionar una guía de consulta práctica para resolver los problemas inherentes de este oficio a todas aquellas personas relacionadas con la realización de las instalaciones de distribución de agua potable, dentro de la construcción.

Los temas aquí presentados abarcan seis aspectos importantes los mismos que creemos que ayuden a solucionar los aspectos básicos de las instalaciones mencionadas.

El conocimiento de los diferentes tipos de tuberías utilizados para la conducción de agua potable con sus respectivas ventajas y desventajas dará un conocimiento para su elección teniendo en cuenta sus sistemas de unión; características a considerar de acuerdo a la naturaleza del material a sus usos y aplicaciones.

Las instalaciones de suministro de agua comprende primero la determinación de la cantidad total de agua necesaria para los diferentes usos que las personas la dan como alimentación, servicios sanitarios, calefacción aire acondicionado, fabricación y protección contra incendios, por ello hay que conocer la cantidad de agua necesaria para cada servicio y el número de ellos que se considera que pueden estar en uso simultáneo, una vez determinada esta cifra global se determinan los valores que deben tener los diámetros de las tuberías y las capacidades de las bombas para distribuir el agua entre los distintos servicios en cantidades requeridas y a las presiones que se deseen. Debemos asegurarnos



que la red de distribución de agua de una presión que permita un buen funcionamiento de todos los aparatos.

Mucha de la información que este capítulo contiene, es de interés primordial para los constructores de vivienda, sus habitantes y usuarios por lo que se ha dado un primer paso para que la disponibilidad de este recurso no represente más una preocupación para desarrolladores y habitantes de los conjuntos habitacionales; por el contrario, la garantía de su abasto y almacenamiento, el cuidado de las redes e instalaciones, el buen uso y manejo del agua, sin duda contribuirán al logro de una vida con calidad dentro de los proyectos de construcción.

## **3.2 MATERIALES UTILIZADOS PARA EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE**

El agua es una necesidad de la vida, es por ello que se debe garantizar su pureza con respecto a los organismos peligrosos a la vida humana o animal.

En el diseño de proyectos de construcción, es de esperar, sin posibilidad de excepción, que todos los residentes tengan libre acceso a una fuente de suministro de agua suficiente para sus necesidades básicas.

La selección del material de una tubería para un sistema de distribución de agua potable se basa en diversos factores. Algunos de ellos dependen del material mismo, de la aplicación y las condiciones de la instalación.

Las variables claves a considerar son:

- Las propiedades del material
- La degradación de la tubería por corrosión o calor
- El tipo de inmueble
- Los requerimientos específicos de instalación
- Los métodos para unir la tubería
- El diseño del sistema y los cálculos hidráulicos
- Aspectos de soporte y uniones,
- Economía y mantenimiento.

### **3.2.1 TUBERÍA DE PLOMO**

Tradicionalmente se ha utilizado el plomo en las conducciones de agua, pero debido a su comprobada toxicidad ha sido sustituido por otros materiales.

El plomo era usado por los antiguos en la construcción, los romanos lo utilizaban para conductos y tuberías de agua.

### **3.2.2 TUBERÍA DE ACERO GALVANIZADO**

Son tubos negros de acero en bajo contenido de carbono, cuyas superficies, exterior e interior han sido recubiertas de zinc, por cualquier procedimiento que satisfaga como mínimo las especificaciones contenidas en la norma ASTM A 53. En el mercado se presentan entre 5.49 y 6.40 metros; cuyos extremos deberán estar roscados.

Esta tubería deberá ser colocada sobre soportes de concreto, metal o mampostería de piedra.

### **3.2.3 TUBERÍAS DE PLÁSTICO**

Los tubos de plástico, se obtienen, por lo general por inyección-presión, es decir, haciendo pasar el material reblandecido por el calor, a través de una tobera calibrada al diámetro del tubo a obtener.

La materia prima utilizada para la fabricación de tubos plásticos es el cloruro de polivinilo (PVC) o el polietileno.

- Cloruro de polivinilo PVC

Es la tubería fabricada de Policloruro de Vinilo Rígido, para conducción de agua fría a presión.

- Polietileno

La tubería de polietileno, tienen características diferentes, si son de baja densidad PEBD (blandos) los cuales son muy flexibles y manejables, y los de alta densidad PEAD (duros) que soportan mejor las altas temperaturas hasta 70°C, y en su calidad de "reforzados", pueden ser roscados, encontrándose todos ellos en rollos de hasta 200 m. de longitud

#### **Ventajas**

- Es una de las tuberías más ligera en el campo de redes de abastecimiento, bastante inertes a la agresividad de las aguas y de las tierras.
- La superficie interior es completamente lisa, siendo la tubería que proporciona pérdidas de carga más pequeñas
- Mejor comportamiento frente a las heladas que los demás tubos, ya que algunos tipos de polietileno flexible puede admitir la deformación sin romperse

- Su condición de termoplásticos, permiten que al calentarlos se reblandezcan y se puedan curvar y manipular con gran facilidad.
- Son tubos aislantes térmicos y eléctricos, por lo cual los efectos de electrolisis que destruyen los tubos metálicos enterrados no les afectan.

#### **Desventajas**

- Su elevado coeficiente de dilatación térmica que obliga a tenerlo muy presente en las instalaciones.
- Su limitada presión de trabajo, que prácticamente está limitada a 25 atmósferas.
- Su alteración o "envejecimiento", con determinados medios, fundamentalmente al aire y sol.
- Estructura molecular (en cadena) que hace que en su destrucción se desintegre totalmente.

#### **3.2.4 TUBERÍA DE COBRE**

Durante los últimos 75 años, las instalaciones de cobre han sido la opción más confiable y eficiente en función de sus beneficios a largo plazo, para entregar agua limpia y fresca en todas las partes de las instalaciones de suministros de agua, tanto en construcciones de carácter unifamiliar, multifamiliar, hospitalarios, comerciales, e industriales. Las instalaciones de cobre se pueden montar tanto fuera como dentro de la obra, debido al grado de pureza de hasta 99.9%.

#### **Tipos De Tubos De Cobre**

Los tubos de cobre usados en fontanería para instalaciones de agua y gas se fabrican en diversas dimensiones, largo, diámetro y espesor de pared y son denominados Tipos K, L y M, de acuerdo con estas dimensiones. Se fabrican en cobre desoxidado de alto contenido de fósforo residual Cu-DHP según los requerimientos de la Norma ASTM B 88.

**a) Tubería Tipo K ( pared gruesa)**

Se fabrican en temple blando y duro. Se presentan en tiras rectas para los dos temples y en rollos tipo pancake para el temple blando. Las tiras tienen un largo máximo de 6 metros. Los rollos tienen un largo máximo de 18 metros. Las características principales se encuentran en las tablas 3.1 y 3.2

Se fabrican siguiendo las Normas ASTM B 88 en cobre tipo DHP, (cobre desoxidado de alto fósforo residual).

N°	Medida Nominal	Diámetro Exterior	Diámetro Interior	Espesor de Pared
	Pulgadas milímetros	Pulgadas Milímetros	Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros
1	3/8"	0.500"	0.402"	0.049"
	9.50 mm	12.700	10.210	1.245
2	1/2"	0.625"	0.527"	0.049"
	12.7 mm	15.875	13.385	1.245
3	3/4"	0.875"	0.745"	0.065"
	19 mm	22.225	18.923	1.651
4	1"	1.125"	0.995"	0.065"
	25 mm	28.575	25.273	1.651
5	1 1/4"	1.375"	1.245"	0.065"
	32 mm	34.925	31.623	1.651
6	1 1/2"	1.625"	1.481"	0.072"
	38 mm	41.275	37.617	1.829
7	2"	2.125"	1.959"	0.083"
	51 mm	53.975	49.759	2.108

**Tabla 3.1:** Características generales de la tubería tipo K

Nº	Peso Lb/pie kg/m	Peso por tramo libras Kilogramos	Presión Máxima PSI kg/cm <sup>2</sup>	Presión Constante PSI kg/cm <sup>2</sup>	Flujo G. P. M. L. P. M.
1	0.269	5.385	8,820	1,760	1.754
	0.400	2.445	620.04	124.00	6.640
2	0.344	6.890	7,056	1,411	3.304
	0.512	3.128	496.03	99.19	12.507
3	0.640	12.813	6,685	1,337	8.611
	0.954	5.817	469.95	93.99	32.594
4	0.840	16.799	5,200	1,040	19.826
	1.250	7.627	209.00	73.11	75.042
5	1.041	20.824	4,260	852	34.940
	1.549	9.454	299.47	59.89	132.270
6	1.361	27.231	3,988	797	56.074
	2.026	12.363	280.35	56.02	212.240
7	2.062	41.249	3,515	703	120.158
	3.070	18.727	247.10	49.42	454.800

**Tabla 3.2:** Características técnicas de la tubería tipo K

### Aplicaciones

- Servicios subterráneos de presión e instalaciones para gas licuado.
- Para presión de trabajo superior a 1.4 kg/cm<sup>2</sup> - 20 Lbs./pulg<sup>2</sup>
- Transporte de vapor, oxígeno, lubricantes, calefacción, gas, combustible.
- Servicios de agua a grandes presiones.
- Para severas condiciones de servicio.
- Drenaje de lluvias o nieve derretida.
- Sistemas de energía solar.
- Instalaciones industriales.
- Protección contra fuego.
- Gasfitería en general.
- Servicio doméstico.

### b) Tubería Tipo L (pared mediana)

En tiras rectas se emplean en plomería general, Se usan para instalaciones sanitarias de preferencia en conducciones de agua potable, a la intemperie,

empotradas o enterradas. En rollos por su fácil adaptación se utilizan en instalaciones de calefacción y en áreas de superficie irregular o con obstáculos sin necesidad de removerlos.

Se fabrican según Normas ASTM B 88. Se encuentran en temple duro y blando. La presentación es en tiras rectas y en rollos para los mismos largos y diámetros que los tubos tipo K. Las características de los tubos que se encuentran en el mercado se muestran en las tablas 3.3 y 3.4

N°	Medida Nominal	Diámetro Exterior	Diámetro Interior	Espesor de Pared
	Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Pulgadas Milímetros
1	1/4"	0.375"	0.315"	0.030"
	6.35 mm	9.525	8.001	0.762
2	3/8"	0.500"	0.430"	0.035"
	9.50 mm	12.700	10.922	0.889
3	1/2"	0.625"	0.545"	0.040"
	12.7 mm	15.875	13.843	1.016
4	3/4"	0.875"	0.785"	0.045"
	19 mm	22.225	19.939	1.143
5	1"	1.125"	1.025"	0.050"
	25 mm	28.575	26.035	1.270
6	1 1/4"	1.375"	1.265"	0.055"
	32 mm	34.925	32.131	1.397
7	1 1/2"	1.625"	1.505"	0.060"
	38 mm	41.275	38.227	1.524
8	2"	2.125"	1.985"	0.070"
	51 mm	53.975	50.419	1.778
9	2 1/2"	2.625"	2.465"	0.080"
	64 mm	66.675	62.611	2.032
10	3"	3.125"	2.945"	0.090"
	76 mm	79.375	74.803	2.286
11	4"	4.125"	3.905"	0.110"
	102 mm	104.775	99.187	2.794

**Tabla 3.3:** Características generales de la tubería tipo L.

Nº	Peso Lb/pie kg/m	Peso por tramo libras Kilogramos	Presión Máxima PSI kg/cm <sup>2</sup>	Presión Constante PSI kg/cm <sup>2</sup>	Flujo G. P. M. L. P. M.
1	0.126	2.524	7,200	1,440	
	0.187	1.146	506.16	101.23	
2	0.198	3.965	6,300	1,260	1.873
	0.295	1.800	442.89	88.57	7.089
3	0.285	5.705	5,760	1,152	3.656
	0.424	2.590	404.92	80.98	13.493
4	0.455	9.110	4,632	926	9.600
	0.678	4.136	325.62	65.09	36.336
5	0.655	13.114	4,000	800	19.799
	0.976	5.954	281.20	56.24	74.94
6	0.885	17.700	3,600	720	35.048
	1.317	8.036	253.08	50.61	132.660
7	1.143	22.826	3,323	664	56.158
	1.698	10.363	233.60	46.67	212.560
8	1.752	35.042	2,965	593	119.099
	2.608	15.909	208.43	41.68	450.790
9	2.483	49.658	2,742	548	214.298
	3.695	22.545	192.76	38.52	811.120
10	3.332	66.645	2,592	518	347.397
	4.962	30.257	182.21	36.41	1,314.90
11	5.386	107.729	2,400	480	747.627
	8.017	48.909	168.72	33.74	2,829.77

**Tabla 3.4:** Características técnicas de la tubería tipo L

#### Aplicaciones

- Gasfitería en general.
- Tomas domiciliarias.
- Riego de jardines.
- Protección contra incendio.
- Drenaje de lluvias o nieve derretida.
- Sistemas de energía solar.
- Líneas principales de edificios de gran altura.
- Instalaciones sanitarias y redes de agua potable (fría y caliente).

- Instalaciones de vapor o gas licuado en baja y media presión (Hasta 1,4 kg/cm<sup>2</sup> - 20 Lbs./pulg<sup>2</sup>)
- Aplicaciones industriales a la intemperie, empotradas o enterradas.

### c) Tubería Tipo M (pared delgada)

Se utilizan en instalaciones cuya presión es de menor exigencia y donde el diseño de ingeniería lo determine. Igual que en los dos casos anteriores se presentan en tiras y en rollos, fabricándose en ambos temple. Las dimensiones y los diámetros son los mismos que para los tubos tipos K y L, pero las exigencias de presión son menores como se ve en las tablas 3.5 y 3.6.

Nº	Medida Nominal	Diámetro Exterior	Diámetro Interior	Espesor de Pared
	Pulgadas Milímetros	Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros
1	1/4"	0.375"	0.325"	0.025"
	6.35 mm	9.525	8.255	0.635
2	3/8"	0.500"	0.450"	0.025"
	9.50 mm	12.700	11.430	0.635
3	1/2"	0.625"	0.569"	0.028"
	12.7 mm	15.875	14.453	0.711
4	3/4"	0.875"	0.811"	0.032"
	19 mm	22.225	20.599	0.812
5	1"	1.125"	1.055"	0.035"
	25 mm	28.575	26.767	0.889
6	1 1/4"	1.375"	1.291"	0.042"
	32 mm	34.925	32.791	1.067
7	1 1/2"	1.625"	1.527"	0.049"
	38 mm	41.275	38.785	1.245
8	2"	2.125"	2.009"	0.058"
	51 mm	53.975	51.029	1.473
9	2 1/2"	2.625"	2.495"	0.065"
	64 mm	66.675	63.373	1.651
10	3"	3.125"	2.981"	0.072"
	76 mm	79.375	75.718	1.889
11	4"	4.125"	3.935"	0.095"
	102 mm	104.775	99.949	2.413

**Tabla 3.5:** Características generales de la tubería tipo M



Nº	Peso Lb/pie kg/m	Peso por tramo libras Kilogramos	Presión Máxima PSI kg/cm <sup>2</sup>	Presión Constante PSI kg/cm <sup>2</sup>	Flujo G. P. M. L. P. M.
1	0.107	2.132	6,133	1,226	
	0.159	0.968	431.15	86.18	
2	0.145	2.903	4,500	900	2.247
	0.216	1.318	316.35	63.27	8.507
3	0.204	4.083	4,032	806	4.064
	0.304	1.854	283.45	56.66	15.382
4	0.328	6.566	3,291	658	10.656
	0.488	2.981	231.35	46.25	40.333
5	0.465	9.310	2,800	560	21.970
	0.693	4.227	196.84	39.36	83.180
6	0.683	13.656	2,749	550	39.255
	1.016	6.200	193.25	38.66	148.580
7	0.941	18.821	2,713	542	62.335
	1.400	8.545	190.72	38.10	235.940
8	1.461	29.233	2,470	491	131.000
	2.176	13.272	173.65	34.51	495.860
9	2.032	40.647	2,228	445	231.461
	3.025	18.454	156.62	31.28	876.010
10	2.683	53.663	2,073	414	375.189
	3.994	24.363	145.73	29.10	1,420.09
11	4.665	93.310	2,072	414	799.395
	6.945	42.363	145.65	29.10	3,025.71

**Tabla 3.6:** Características técnicas de la tubería tipo M

#### Aplicaciones

- Riego de jardines
- Gasfitería en general
- Sistemas de energía solar
- Protección contra incendio
- Drenaje de lluvias o nieve derretida
- Calefacción basada en paneles radiantes
- Líneas interiores de calefacción o presión de menor exigencia

- Redes de agua fría y caliente para casas habitación de interés social residencial, edificios habitacionales y comerciales

**Prohibido en:**

- Instalaciones de gas considerando cualquier presión de trabajo

**Ventajas**

- Resistencia a la corrosión y no tiende a formar con el agua potable, costras voluminosas de óxido u otros compuestos que pudiesen obstruir los tubos.
- El cobre constituye un material de alta seguridad en casos de incendio debido a que no propagan las llamas, no se descomponen por el calor y tampoco se consumen ni dejan de conducir agua, por la acción de las llamas.
- Fácil de unir con acoplamientos perfectamente estancos, usando en ello soldadura blanda, soldadura fuerte, acoplamientos mecánicos y adhesivos.
- Los tubos de cobre se pueden doblar adaptándolos a las condiciones de espacio disponible y realizar las instalaciones prescindiendo del empleo de un alto número de uniones y codos.
- El cobre es un material con propiedades bactericida y fungicida, lo que lo hace un medio de conducción y almacenaje de agua en que no proliferan los gérmenes patógenos
- Las cañerías de cobre soldadas son completamente impermeables a los productos químicos dañinos.
- Buena conductividad térmica, se fabrican tubos de cobre con un eficiente aislante externo para evitar pérdidas de calor en la conducción de agua caliente.
- Los tubos de cobre y de aleación de cobre tienen alto valor residual, después de demoler las edificaciones en que han estado empotrados, pueden venderse como chatarra para ser reciclados como materia prima en la fabricación de tubos u otros productos nuevos.
- Mayor capacidad de transporte para el agua, que las cañerías de plásticos o de acero.
- Baja pérdida de carga ya que oponen muy poca resistencia al paso de los fluidos.

## Desventajas

- Su alto costo respecto a otros materiales

## 3.3 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

### 3.3.1 REDES DE DISTRIBUCIÓN

Al sistema de tubos (tubería), accesorios y estructuras que conducen el agua desde los tanques de regulación o plantas de bombeo hasta la toma domiciliaria o hidrantes públicos se le denomina red de distribución, cuya función es proporcionar el servicio a los usuarios. En principio, la finalidad del sistema es mantener la distribución del agua permanentemente, tanto en cantidad como en calidad, y a una presión adecuada.

Un esquema general de una red de distribución típica se muestra en la figura 3.1 en la que se pueden identificar los componentes principales.

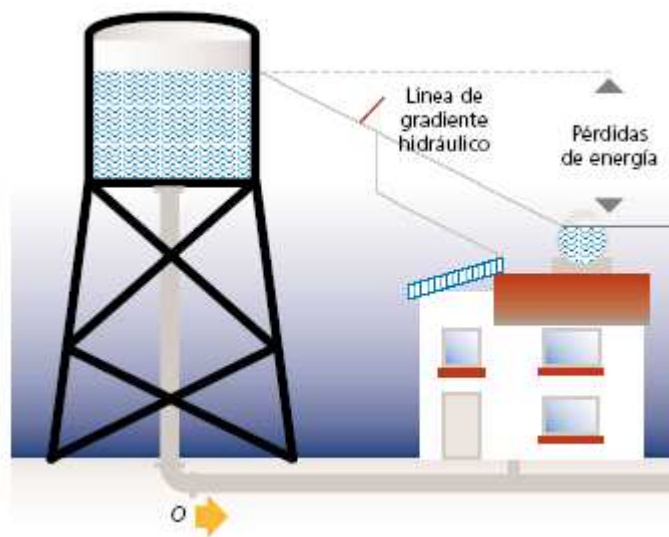


**Figura 3.1:** Sistema típico de abastecimiento de agua potable

La distribución del líquido a los usuarios puede hacerse a través de un bombeo directo a la red. Sin embargo, esto es lo menos recomendable, pues una falla en el suministro eléctrico significa una interrupción completa del servicio. Además, la variación en el consumo de agua durante el día provoca una variación en la

presión al interior de la tubería, lo que repercute en la eficiencia de operación de las bombas, un mayor consumo de energía eléctrica y una disminución en la vida útil de los equipos de bombeo. De manera similar, la variación en la presión de entrega de las bombas provoca un aumento en las fugas.

De lo anterior se desprende que la forma más eficiente y confiable de distribuir el agua a los consumidores es a través de la alimentación de un tanque elevado que mantenga la presión suficiente y prácticamente constante, para el mejor servicio a los usuarios.



**Figura 3.2:** Suministro de agua potable por efectos de la acción de la gravedad, a través de un tanque de regulación

### 3.3.2 TOMAS DE AGUA

Las tomas de agua son elementos de la red de distribución en la cual se establece el volumen de agua que finalmente llega a los usuarios.

A continuación se presenta las partes de las tomas de agua típicas en un domicilio.

- **Ramal.**

Es la parte de la toma que lleva el agua de la red secundaria hasta el interior del predio del consumidor. Da inicio en el acoplamiento con la tubería, lo que se hace con un insertor y una abrazadera (marcada con el número 1 en la figura 3.3), que es la encargada de hacer hermética la unión entre la red y el ramal.

Existen también las válvulas de inserción, cuya ventaja radica en su instalación sin la necesidad de suspender el servicio.

- **Cuadro.**

En esta parte de la toma (4) se aloja el medidor de caudal (5), indispensable para cuantificar el consumo y evaluar la tarifa correspondiente. El material utilizado puede ser hierro galvanizado o cobre rígido tipo 'M', e incluye la válvula de globo (6); codos y té de bronce, cobre o hierro galvanizado; y llave para manguera (7).

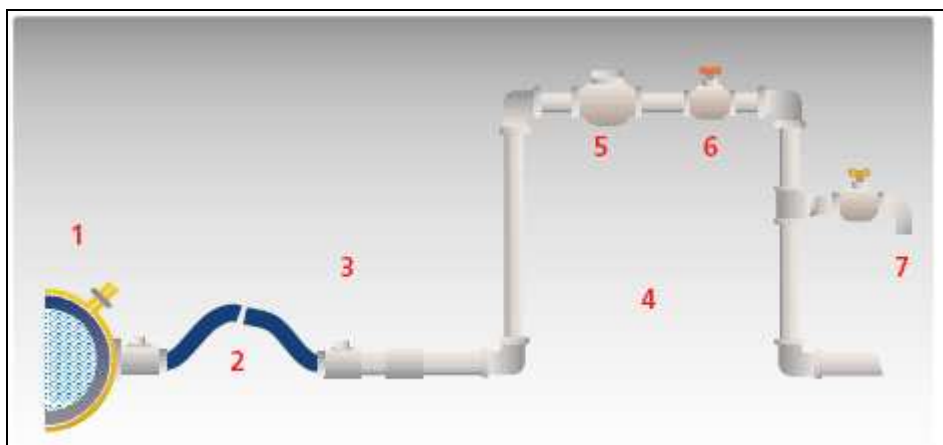
- **Medidor (5).**

Aunque es parte del cuadro, este elemento tiene especial importancia por ser el medio para evaluar la eficiencia del servicio, los consumos de los usuarios y la recuperación de los costos de operación y mantenimiento a través de las tarifas y la recaudación.

A partir de la abrazadera, se instala la tubería flexible que permita absorber los movimientos diferenciales del terreno entre la red y la instalación intradomiciliaria (2). Esta tubería suele ser de cobre flexible tipo "L" o bien de polietileno de alta densidad (PEAD). En este tubo se instala una válvula, generalmente de bronce, denominada llave de banqueta (3), cuya función principal es la interrupción del flujo para llevar a cabo reparaciones sin necesidad de excavar; como lo indica su nombre, se instala en el exterior del predio.

Conviene resaltar la importancia de llevar a cabo la correcta instalación del ramal, y sobre todo la utilización de los materiales adecuados para garantizar la hermeticidad y durabilidad de la toma domiciliaria, pues en este elemento es en el que se presentan el 74% de las fallas que provocan las fugas.

Es práctica común la adquisición de manguera plástica que está muy lejos de cumplir con la calidad requerida. Se obtiene un pequeño ahorro económico, pero se provoca una gran pérdida de agua por falta de conocimiento.



**Figura 3.3:** Toma domiciliaria típica

La insistencia en recomendar la correcta instalación y prueba de tomas domiciliarias se sustenta en el que éstas representan un gran porcentaje en las fugas de agua. Es un asunto que compromete a autoridades municipales, a los organismos encargados de la prestación de los servicios y a todos los usuarios, pero principalmente a quienes realizan la instalación.

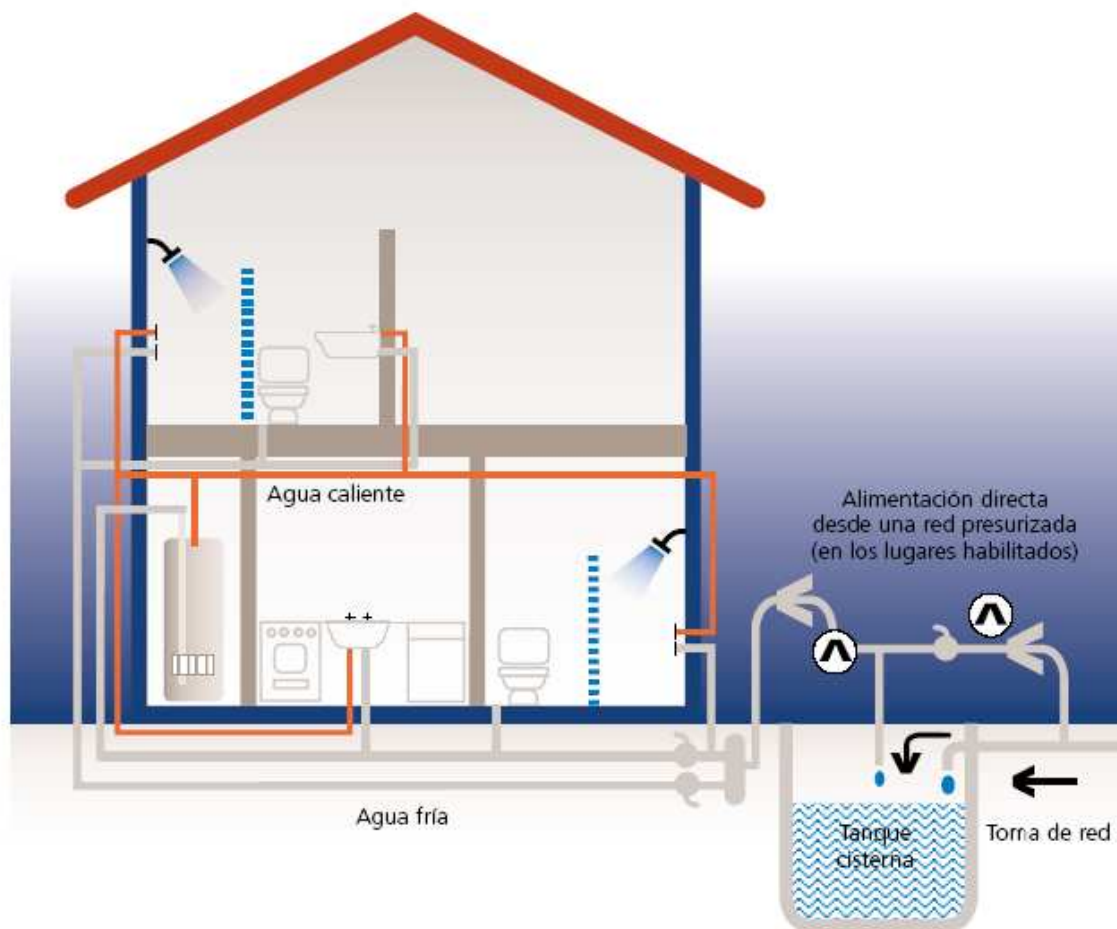
### **3.3.3 DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN EL INTERIOR DE UNA EDIFICACIÓN**

La red intradomiciliaria consiste en el conjunto de tubos de conducción y distribución del agua ubicado al interior de la vivienda, a partir de la salida del medidor y hasta la entrega en los muebles sanitarios, lavabos, cocina, lavadero, u otros receptores. Ver figura 3.4

Es recomendable que los materiales de cobre utilizados cumplan con las normas ASTM B88, lo que a una buena instalación, permitirá la durabilidad de la red y la inexistencia de fugas.

Existen muchos factores que determinan la correcta y conveniente selección del material de la tubería en la construcción de los ramales intradomiciliarios, entre ellos destaca la exposición a la intemperie del tubo, tanto a los rayos ultravioleta en el día como al sometimiento a temperaturas extremadamente bajas por la noche, en algunas regiones del país.

Actualmente, los fabricantes incluyen entre las bondades del tubo que venden la baja rugosidad interior, ofreciendo con ello una menor pérdida de presión o de energía hidráulica. Sin embargo, esta aseveración carece de importancia, pues las distancias en cualquier red de distribución interna en una vivienda y consecuentemente la caída de energía debido a la fricción son muy pequeñas en relación con las pérdidas de energía locales, provocadas por la presencia de cambios de dirección, válvulas y accesorios.



**Figura 3.4:** Esquema de Instalación en el interior de una edificación

El suministro de agua en una edificación comprende primero la determinación de la cantidad total de agua necesaria para alimentación, servicios sanitarios, calefacción, aire acondicionado, y protección contra incendios. Para ello hay que conocer la cantidad de agua necesaria para cada servicio y el número de ellos que se considera que pueden estar en uso simultáneamente. Una vez determinada esta cifra global, se determinan los valores que deben tener la cabidas de los tanques, los diámetros de las cañerías y las capacidades de las bombas, para distribuir el agua entre los distintos servicios en las cantidades requeridas y a las presiones que se deseen. Si se trata de una red de distribución de agua para toda una ciudad debemos asegurarnos de que la presión permita un normal funcionamiento de todos los aparatos.

### 3.4 REQUERIMIENTOS DE LAS INSTALACIONES

#### 3.4.1 CONSUMO DE AGUA

El consumo y necesidad de agua varía de acuerdo con las circunstancias y vienen a añadirse al consumo personal de los habitantes

En viviendas, hoteles, hospitales e industria las necesidades de instalaciones como lavaplatos, lavaderos, aire acondicionado o el empleo del agua dentro del proceso de producción vienen a añadirse al consumo personal de los habitantes

A continuación se muestran tablas 3.7 y 3.8 con las dotaciones en litros por persona por día que deben considerarse cuando se hacen cálculos de redes hidráulicas.

Nº	Tipo de fraccionamiento	Dotación lts. / hab. / día
1	Popular	200 lts/ hab/ día
2	Residencial	200 lts/ hab/ día
3	Zona Rural	85 lts/ hab/ día
4	Hoteles (con todos los servicios)	200 lts/ hab/ día
5	Hospitales	300 lts/cama/día
6	Fábricas sin consumo industrial	60 lts/obrero/día

**Tabla 3.7:** Dotación para fraccionamientos habitacionales

Nº	Tipo de fraccionamiento	Dotación lts/trabajador/día/jornal	
<b>A</b>	<b>INDUSTRIAL</b>		
		Con uso de regaderas	100
		Sin uso de regaderas	
		Con superficie menor a 500 m <sup>2</sup>	6.0
		De 501 m <sup>2</sup> a 1,000 m <sup>2</sup>	3.0
		De 1,001 a 1,500 m <sup>2</sup>	1.5
		Mayor de 1500 m <sup>2</sup>	1.0
<b>B</b>	<b>COMERCIAL</b>		
		Sin uso de regaderas	
		Con superficie menor a 500 m <sup>2</sup>	6.0
		De 501 m <sup>2</sup> a 1,000 m <sup>2</sup>	3.0
		De 1,001 a 1,500 m <sup>2</sup>	1.5
		Mayor de 1500 m <sup>2</sup>	1.0
<b>C</b>	<b>DEMANDA CONTRA INCENDIO</b>	Para los fraccionamientos habitacionales no deberá de considerarse la demanda contra incendio	

**Tabla 3.8:** Dotación para fraccionamientos industriales y/o comerciales



La tabla 3.9 muestra los caudales y presiones de salida más convenientes para los distintos artefactos sanitarios utilizados en las instalaciones de agua potable, así como también el diámetro de la tubería a utilizarse en la instalación

Aparato	Diámetro de la tubería (pulgadas)	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Caudal (lts/seg)
Lavabo	3/8	0.58	0,2
Grifo de cierre automático	1/2	0.87	0,15
Lavabo público, 3/8"	3/8	0.73	0,25
Fregadero, 1/2"	1/2	0.36	0,25
Bañera	1/2	0.36	0,4
Lavadero	1/2	0.36	0,3
Ducha	1/2	0.58	0,3
W. C : con tanque de descarga	1/2	0.58	0,2
W. C. con válvula de descarga	1	0.73 - 1.46	1,25 – 2,5
Mingitorio con válvula de descarga	1	1.09	1
Manguera de jardín de 15 m	1/2	2.19	0,3

**Tabla 3. 9:** Caudales y presiones de salida en cada punto de consumo

### 3.4.2 VELOCIDAD DEL AGUA EN LAS TUBERÍAS

La velocidad del agua en los sistemas de distribución de agua tiene influencia directa en:

- Nivel de erosión
- Nivel de ruido
- Golpes de ariete
- Caída de presión

Para tuberías de cobre se recomienda un límite máximo de velocidad de 2,5m/s para evitar ruidos molestos en la instalación y no debe ser menor de 0.9 m/s, pues con esta velocidad no se contaría con el flujo suficiente.

### 3.4.3 CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD

Todos los artefactos no funcionan simultáneamente y el caudal total para un departamento o una casa corresponde a la suma de los caudales de los artefactos afectados por un coeficiente corrector denominado: **coeficiente de simultaneidad**

La tabla 3.10 Indica directamente el coeficiente de simultaneidad para un número determinado de artefactos

COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD (Y)									
ARTEFACT	Y	ARTEFACT	Y	ARTEFACT	Y	ARTEFACT	Y	ARTEFACT	Y
1	1	11	0,316	21	0,223	31	0,182	50	0,143
2	1	12	0,301	22	0,218	32	0,180	60	0,130
3	0,7	13	0,288	23	0,213	33	0,177	70	0,120
4	0,577	14	0,277	24	0,208	34	0,174	80	0,112
5	0,50	15	0,267	25	0,204	35	0,171	90	0,106
6	0,447	16	0,258	26	0,200	36	0,169	100	0,100
7	0,408	17	0,250	27	0,196	37	0,166	150	0,082
8	0,378	18	0,242	28	0,192	38	0,164	200	0,071
9	0,353	19	0,236	29	0,189	39	0,162	300	0,058
10	0,333	20	0,229	30	0,186	40	0,160	500	0,045

**Tabla 3.10:** Coeficientes de simultaneidad

Ejemplo: para un departamento «estándar» de agua fría:

1 lavabo      0,20 lts/seg

1 grifo        0,15 lts/seg

1 bañera     0,40 lts/seg

1 ducha      0,3 lts/seg

1 WC          0,20 lts/seg

5 artefactos   1,25 lts/seg

C. Simultaneidad: 0,5

Caudal probable:  $1,25 \times 0,5 = 0,625$  lts/seg.

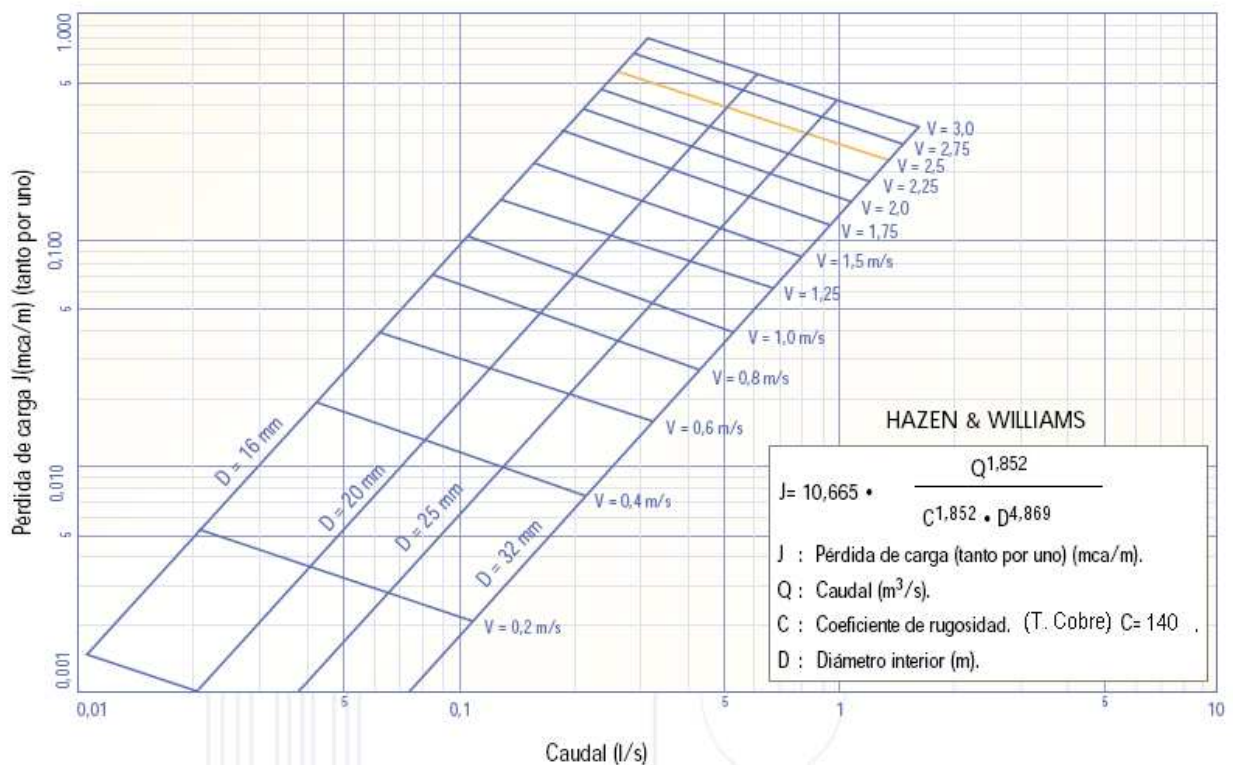
### 3.4.4 PÉRDIDAS DE PRESIÓN

Una vez que se ha determinado el caudal de simultaneidad de cada uno de los tramos, se puede proceder a determinar el diámetro adecuado de la tubería. El diámetro mínimo para alimentar un artefacto es 13 mm y para surtir dos o más artefactos, el diámetro mínimo es 20 mm.

A continuación se incluye un diagrama de pérdidas de presión en tuberías de cobre. La selección de la tubería se basa en el caudal de simultaneidad y la pérdida de presión considerada como aceptable.

Para un cálculo riguroso de la pérdida de presión deben conocerse las pérdidas de presión en válvulas, mezcladores, caudalímetros, válvulas de corte, accesorios, curvas, codos, tees, etc.

Para conocer la pérdida de presión provocada por la tubería de cobre, ver la figura 3.5



**Figura 3.5:** Diagrama para conocer la pérdida de presión en la tubería de cobre

Las pérdidas de presión admitidas están en función:

- De la presión disponible en la entrada (Pr)

Presión en la red ..... 15mca (metros de columna de agua)

- De la suma de las pérdidas de presión debidas por elevación ( $P_h$ ) y la presión de salida en el artefacto más desfavorable ( $P_s$ ).

Presión de elevación entre el punto de entrada y el punto de distribución .....10mca

Presión mínima en el artefacto más desfavorable: ..... 3mca

En conclusión, la pérdida de carga máxima de la distribución no deberá exceder la diferencia ( $P$ )

$$P = P_r - (P_h + P_s)$$

### 3.5 UNIONES Y ACCESORIOS

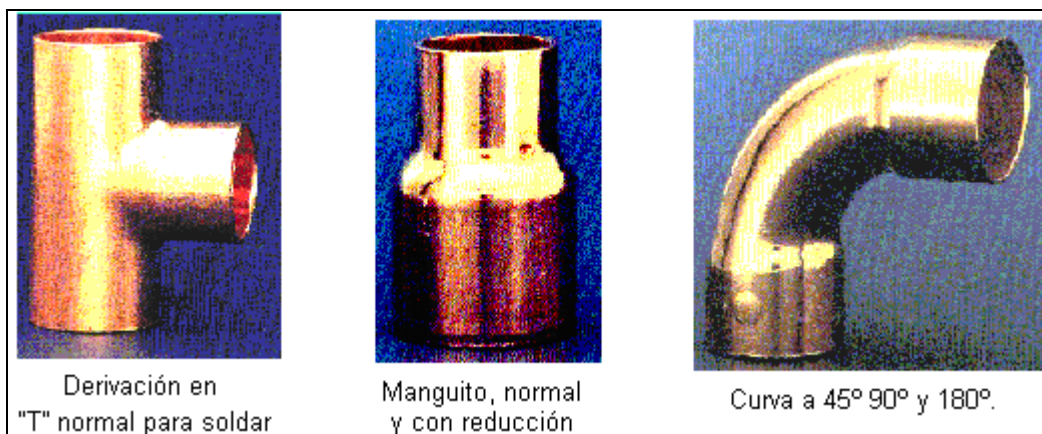
Todas las redes de distribución además de los tubos de cobre, constan de una serie de accesorios o conexiones (fittings) que sirven para unir o para la derivación de otras tuberías. Estas conexiones, accesorios o fittings, como se denominan, son también fabricadas de cobre o de aleaciones como el bronce o el latón.

#### 3.5.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ACCESORIOS

En algunos países se acostumbra clasificar los accesorios según:

##### a) La Forma Geométrica

En función de la geometría del accesorio este se clasifica en tres grupos como se muestra en la figura 3.6



**Figura 3.6:** Clasificación geométrica de accesorios

##### b) El Tipo de Unión

En función del tipo específico de conexión el accesorio puede subdividirse en: Ver figura 3.7

- **Accesorio o conexión para soldar**

Los accesorios para soldar pueden ser de cobre, bronce o latón, tienen extremos lisos y las uniones soldadas de los tubos de cobre se realizan con conexiones capilares donde el material de la soldadura, fundido, penetra por capilaridad bañando totalmente el extremo del tubo inserto en la conexión

- **Accesorio mixto**

Los accesorios combinados o mixtos tienen un extremo liso para soldar y otro roscado, con hilo. Se dividen en dos tipos:

1. Para soldar / Con hilo
2. Para soldar / Para unión mecánica

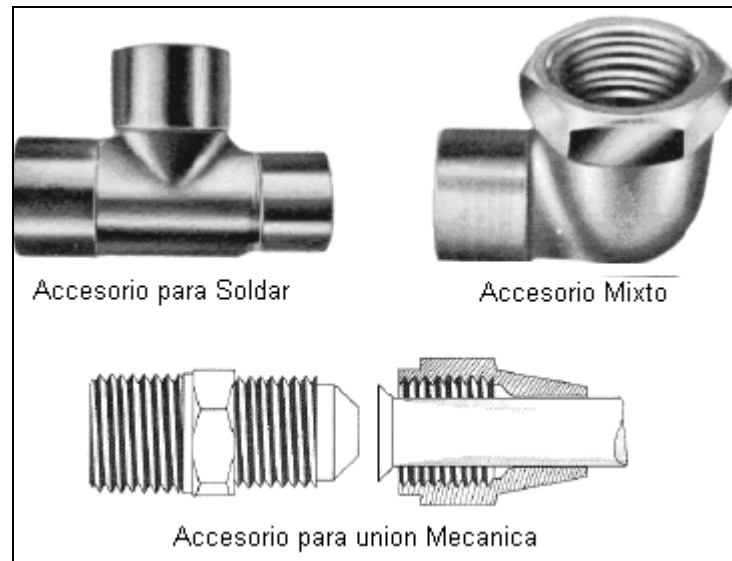
Ambos tipos son utilizados para conectar aparatos y para unir tubos de cobre con tubos de acero. Como estos accesorios se fabrican generalmente en bronce o en latón evitan el contacto directo del cobre con el acero.

Como el latón y el bronce tienen un potencial electroquímico intermedio entre el cobre y el acero su presencia en la conexión tiene el efecto de reducir la diferencia de potencial entre estos dos metales.

- **Accesorio para unión mecánica**

Las conexiones mecánicas comprenden los siguientes tipos

1. De compresión con insertos de doble cono o biónicos
2. De compresión con anillos de cierre metálico.
3. De compresión con guarnición plástica toroidal
4. Con cuello plano.
5. Con cuello cónico.



**Figura 3.7:** Tipo de unión de los accesorios

### c) La Fabricación

De acuerdo con el procedimiento utilizado para su fabricación los accesorios se clasifican en dos grupos:

1. Accesorios estampados
2. Accesorios fundidos

En la figura 3.8 se muestran accesorios estampados, fundido y con terminaciones mecanizadas.



**Figura 3.8:** Accesorios de acuerdo con el procedimiento de fabricación

### 3.5.2 DENOMINACIÓN DE LOS ACCESORIOS

Los accesorios, se designan por un nombre que comprende las siguientes partes:

- a) La denominación del tipo de conexión, (adaptadores, coplas, manguitos, curvas, codos, tes, uniones americanas, fittings, etc.)
- b) El tipo de los extremos del accesorio
- c) El diámetro nominal.
- d) El diámetro de la sección roscada para las conexiones combinadas (mixtas).

Existe una definición con los nombres de los diferentes tipos de accesorios en la forma que sigue:

#### Nombre de los Extremos en Función del Tipo de Acoplamiento

SI = extremo para soldar, hembra, maquinado para recibir interiormente al tubo de cobre, (C)

SE = extremo para soldar macho, maquinado al diámetro exterior del tubo de cobre (FTG)

RI = extremo roscado interior hembra, para unión con accesorio o tubo roscado exterior (F)

RE = extremo roscado exterior macho para unión con accesorio o tubo roscado interior (M)

Cuando los accesorios tienen enchufes iguales, se designan con el número que caracteriza al tubo con el que van a utilizarse.

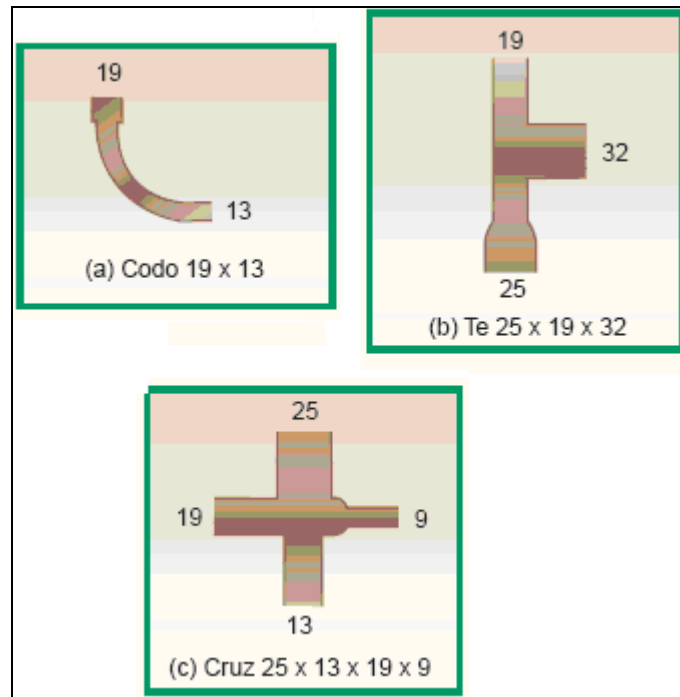
Ejemplo: Codo 13 SI (Codo 1/2 " C)

Cuando los accesorios tienen enchufes desiguales se designan indicando el número correspondiente a cada extremo de acuerdo con las definiciones anteriores. Estas designaciones se escriben separadas por el signo "x" y en el orden que se señala en las letras a), b) y c), a continuación:

**a)** Los accesorios con dos entradas se designan indicando primero el enchufe de mayor diámetro. Figura 3.9 a

**b)** Los accesorios con tres entradas se designan indicando primero el mayor de los que están en línea recta, se sigue por el opuesto en línea y por último el lateral. Figura 3.9 b

c) Los accesorios con cuatro entradas se designan indicando primero el mayor de ellos, en seguida el opuesto a este, después el mayor de las entradas laterales y por último el opuesto. Figura 3.9 c



**Figura 3.9:** Designación de accesorios

Si uno de los enchufes a soldar fuera macho SE (FTG) se enuncia primero, pero manteniendo la prioridad de la línea recta.

Para accesorios combinados (mixtos) en todas las designaciones se mantendrá la prioridad que sigue a continuación:

- 1) Extremo para soldar macho SE (FTG)
- 2) Extremo para soldar hembra SI (C)
- 3) Extremo roscado hembra RI (F)
- 4) Extremo roscado macho RE (M)

La designación del extremo roscado corresponde a la dimensión nominal de la tubería roscada "Rosca Whitworth para Tubos y Fitting". Cuando los accesorios requieran roscas diferentes, se deberá indicar expresamente a continuación de su designación.

También se usa la designación HE para indicar hilo exterior y HI para hilo interior.



Para los accesorios con reducciones que tienen un extremo liso para soldar y otro con hilo se indica primero la parte para soldar y en seguida la parte con hilo.

### **3.5.3 TENDIDO DEL TUBO DE COBRE**

Cuando un tendido de cañerías de cobre ya viene dimensionado, un problema que se puede presentar es si tiene suficiente capacidad, o sea si es capaz de transferir una cierta cantidad de fluido por unidad de tiempo. En función del tipo de fluido y del largo y complejidad del tendido se optimizan dos aspectos que son: la distribución de las pérdidas de carga y el diámetro de las tuberías.

Esto debe efectuarse respetando el límite de velocidad admitido para un fluido determinado considerando fenómenos como la erosión, el ruido y la presión ejercida por el fluido sobre las curvas. Una vez definido el diámetro del tubo y de sus eventuales derivaciones, en la mayor parte de los casos, por lo menos en las instalaciones de agua fría y caliente y en las sanitarias, el proyectista ha terminado su labor y procede en este caso la instalación misma. El problema de la instalación ha sido resuelto indicando sobre un plano la disposición de los tubos en planta y también agregando secciones transversales e indicaciones sobre algún otro tipo de instalación.

Una vez en terreno, el mayor problema aparece en los tendidos horizontales de las tuberías. Es evidente que por lo menos debe evitarse el aspecto antiestético que presentan cañerías.

En el tipo de instalaciones al que se refiere este capítulo, la distancia entre dos apoyos sucesivos debe ser determinada de manera que no se sobrepase un cierto valor máximo de la flecha originada por flexión.

En la tabla 3.11 viene calculada la distancia máxima entre apoyos para tubos que conducen agua para una flecha máxima de 0,3 mm. Los tubos de cobre se fijan a los muros utilizando abrazaderas de las que existen varios tipos que se muestran en la figura 3.10

Dimensión (Ø x e) mm	Distancia mm	Dimensión (Ø x e) mm	Distancia mm
6x1	700	22x1,5	1450
8x1	850	28x1,5	1650
10x1	950	35x1,5	1850
12x1	1050	42x1,5	2050
14x1	1150	54x2	2300
15x1	1200	76,1x2,5	2750
16x1	1250	88,9x2,5	3000
18x1	1300	108x3	3300

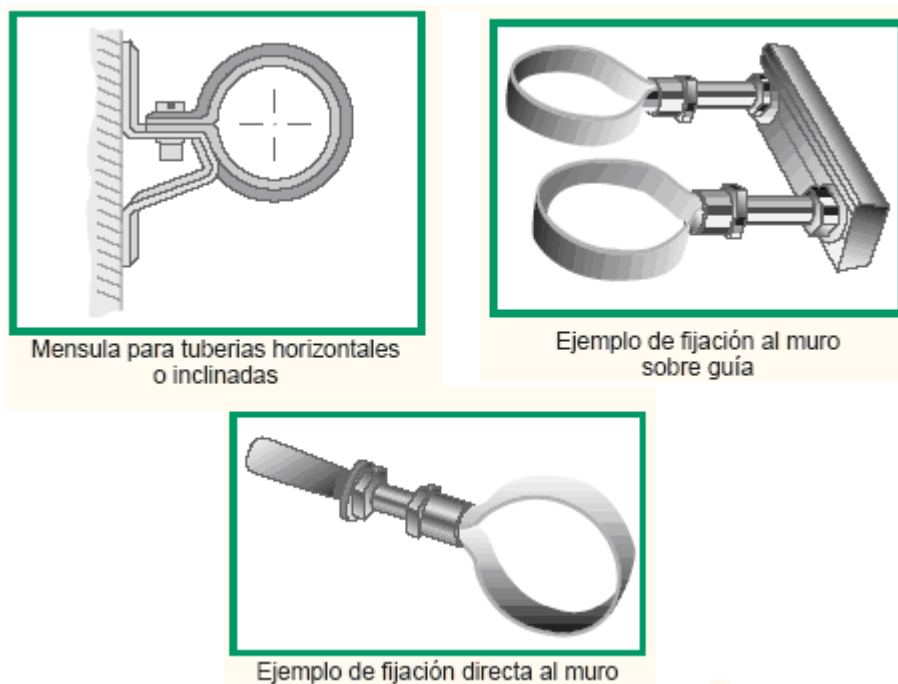
**Tabla 3.11:** Distancia máxima entre apoyos para tubos de cobre que conducen agua

La fijación puede hacerse directamente sobre estribos pegados a la pared o sobre soportes metálicos que a su vez se fijan a la pared.

En general, se distinguen tres tipos de fijaciones para tendidos de tubos de cobre que reciben los, siguientes nombres:

- a) Fijaciones simples
- b) Fijaciones flotantes
- c) Fijaciones de punto fijo

El tendido de la red está condicionado al tipo de fijaciones que se utilicen, pero siempre debe primar el respeto al trazado diseñado por el proyectista y a las pendientes previstas en este diseño.



**Figura 3.10:** Fijaciones para tubos de cobre

## **CAPÍTULO 4**

### **NORMAS DE SEGURIDAD EN LA SOLDADURA INDIRECTA**

#### **4.1 INTRODUCCIÓN**

Los riesgos que representan las operaciones de soldadura fuerte y blanda son similares a los que se asocian a la soldadura oxigas (autógena) y al oxicorte, por lo que el personal que labora, así como las instalaciones requieren protección contra materiales calientes, gases, humos, choque eléctrico, radiación y sustancias químicas.

Los requisitos mínimos de seguridad para la soldadura fuerte y blanda así como para otros procesos de soldadura autógena y corte se especifican en la norma **ANSI Z49 – 1** (Seguridad al soldar y cortar) publicada por la American Welding Society.

#### **4.2 PRÁCTICAS SEGURAS DE ÁREA GENERAL**

El equipo para soldadura fuerte y blanda, máquinas, cables, sopletes, cilindros de acetileno, oxígeno y demás aparatos deben colocarse de modo que no representen ningún peligro para el personal en las áreas de trabajo, pasillos o escaleras.

##### **4.2.1 PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS**

Los incendios puede que resulten de operaciones de soldadura o corte po oxígeno, si se permite el contacto entre materiales combustibles y chispas voladizas, escorias que caen, metal caliente, ó el mismo arco o llama.

De preferencia, la soldadura fuerte debe realizarse en áreas designadas específicamente para eso. No deberá soldarse en fuerte si la atmósfera es inflamable o si gases (como el hidrógeno) pueden volverse inflamables al mezclarse con el aire.

Durante la soldadura fuerte debe haber suficiente equipo para la extinción de fuego, el mismo que debe consistir en cubetas con agua, una manguera, cubetas con arena, extinguidores portátiles o un sistema de rociado automático,

dependiendo de la naturaleza y la cantidad de combustible que haya en el área adyacente.

Los riesgos de incendio y / o explosión se pueden prevenir aplicando una serie de normas de seguridad de tipo general que se citan a continuación.

- Se prohíben los trabajos de soldadura y corte, en locales donde se almacenen materiales inflamables, combustibles, donde exista riesgo de explosión o en el interior de recipientes que hayan contenido sustancias inflamables.
- Para trabajar en lugares que hayan contenido sustancias explosivas o inflamables, se debe limpiar con agua caliente y desgasificar con vapor de agua. Además se comprobará con la ayuda de un medidor de atmósferas peligrosas (explosímetro), la ausencia total de gases.
- Se debe evitar que las chispas producidas por el soplete alcancen o caigan sobre las botellas, mangueras o líquidos inflamables.
- Es recomendable utilizar Observadores equipados con extinguidores de incendios adecuados en trabajos donde el riesgo de daño grave por fuego sea grande.
- No utilizar el oxígeno en herramientas neumáticas, en quemadores de precalentamiento de aceite, para arrancar los motores, para soplar la tubería, para crear presión en un bote, ni en cualquier lugar, como sustituto para aire bajo presión u otros gases.
- Nunca use el oxígeno para limpiar la ropa o el trabajo, pues una chispa causará que la ropa en una atmósfera de oxígeno se explote en fuego inmediato.
- Si una botella de gas se calienta por cualquier motivo, puede explotar; cuando se detecte esta circunstancia se debe cerrar el grifo y enfriarla con agua, si es preciso durante horas.
- Si se incendia el grifo de una botella de gas, se tratará de cerrarlo, y si no se consigue, se apagará con un extintor de nieve carbónica o de polvo.
- Después de un retroceso de llama o de un incendio del grifo de una botella de gas, debe comprobarse que la botella no se calienta sola.

### **Atmósferas para Soldadura Fuerte**

En ocasiones se utilizan gases inflamables como atmósferas para operaciones de soldadura fuerte en horno. Dichos gases incluyen gas combustible quemado, hidrógeno, amoníaco disociado y mezclas nitrógeno – hidrógeno. Antes de introducir tales atmósferas

### **Peligro por vapor de agua de materiales húmedos**

En soldadura fuerte y blanda por inmersión la presencia de humedad sobre las piezas podría causar la generación de vapor de agua instantáneo el cual podría expeler con una fuerza explosiva los metales líquidos calientes y crear serias quemaduras, por esta razón se recomienda secar bien las partes a ser soldadas así como del fundente para evitar estas explosiones peligrosas que causan quemaduras.

### **Riesgos Eléctricos**

Todo el equipo eléctrico que se utilice en la soldadura fuerte y blanda deberá ser instalado y supervisado por personal calificado, para garantizar que la operación sea segura; pues una falla eléctrica da origen a dos tipos de accidentes.

1. Choque o descarga eléctrica.
2. Incendio.

### **4.2.2 ETIQUETAS PRECAUTORIAS**

Las operaciones de soldadura fuerte y en ciertas ocasiones la soldadura blanda presenta riesgos potenciales por humos, gases, choque eléctrico, calor y radiación, por lo que en casos aplicables, se deberá prevenir al personal de tales riesgos empleando etiquetas precautorias apropiadas.

En los procesos de soldadura fuerte por resistencia, por inducción, con gas oxcombustible, en horno ó por inmersión, la información debe colocarse en los recipientes de materiales consumibles, en las fuentes de potencia, en los equipos para soldadura oxigas, en horno y en los controles empleados en estos procesos de soldadura. A continuación se indica un ejemplo de etiqueta precautoria para soldadura con gas oxcombustible.

**PRECAUCION:** Protéjase usted mismo y a los demás. Lea y entienda esta etiqueta.

Los HUMOS y GASES pueden ser peligrosos para la salud.

Los RAYOS CALORÍFICOS (Radiación Infrarrojo de las flamas o el metal caliente) pueden dañar los ojos.

- ◆ Antes de usar, lea y entienda las instrucciones del fabricante, las hojas de datos de seguridad de materiales y las prácticas de seguridad de su empresa.
- ◆ Mantenga la cabeza fuera de los humos.
- ◆ Utilice suficiente ventilación, extractor en la flama, o ambas cosas, para evitar que los humos y gases invadan su zona de respiración y el área general.
- ◆ Utilice protección para ojos, cara y cuerpo correcta.

**NO RETIRE ESTA ETIQUETA.**

### 4.3 PROTECCIÓN PERSONAL

El equipo obligatorio de protección individual, se compone de:

- Ropa protectora.
- Protectores del Rostro y ojos.
- Calzado de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Casco de seguridad, cuando el trabajo así lo requiera.

#### 4.3.1 ROPA PROTECTORA

La Ropa protectora apropiada para la soldadura deberá cubrir debidamente el cuerpo y ser de materiales que minimicen las quemaduras causadas por salpicaduras o por radiación. Son preferibles los materiales gruesos de lana o algodón ya que son menos inflamables. Toda la indumentaria deberá estar libre de grasa, aceite y disolventes combustibles.

#### 4.3.2 EQUIPO PROTECTOR RESPIRATORIO

Cuando los controles como la ventilación no logran reducir la contaminación del aire a niveles tolerables, o en los casos en que de acuerdo a la naturaleza del proceso o en sus operaciones normales o de rutina, exponen a los trabajadores a una atmósfera que pueda producir enfermedades crónicas, incomodidad muy marcada, puedan resultar daños permanentes físicos, o la muerte después de exposiciones repetidas o prolongadas; se deberá utilizar un equipo de respiración

para proteger al personal de concentraciones peligrosas de contaminantes en el aire.

#### **4.3.3 PROTECCIÓN DEL ROSTRO Y DE LOS OJOS**

Por seguridad para la soldadura en general se recomienda protegerse los ojos utilizando un apropiado tono de la gafa, pues cuando se ejecuta la soldadura fuerte o blanda con soplete, el tono de la gafa recomendada para soldadura fuerte es N° 3 ó 4 y para soldadura blanda N° 2. Los operadores de equipo de soldadura fuerte por resistencia, por inducción o por inmersión en baño de sal deberán usar caretas, gafas o lentes de seguridad, según sea apropiado, a fin de protegerse la cara y los ojos.

#### **4.3.4 PROTECCIÓN DE LOS PIES**

La protección de los pies se debe realizar utilizando calzado de seguridad, de manera que se eviten daños a causa de la caída de objetos pesados, pues estos zapatos brindan la protección mediante un casquete de acero sobre los dedos (dentro de la bota o del zapato)

#### **4.3.5 PROTECCIÓN DE LAS MANOS**

Por la aparente vulnerabilidad de los dedos y manos con frecuencia se deben usar equipos protectores como el guante y de acuerdo a sus materiales y sus diversas adaptaciones hace que tengan un amplio uso de acuerdo a las consideraciones correspondientes a su aplicación. Los guantes deben usarse en operaciones que involucre manejo de material caliente, con filos o puntas, raspaduras, magulladuras e incluso materiales tóxicos y corrosivos. Nunca se deben utilizar los guantes en máquinas rotativas, pues existe la posibilidad de que sean arrastrados junto con la mano hacia la máquina.

Cuando no sea posible utilizar guantes, antes de comenzar el trabajo, deberán frotarse las manos con una “crema barrera” que es ligeramente antiséptica, soluble en agua, que llena los poros de la piel e impide que en ellos penetre el polvo y la infección.

## **4.4 RIESGOS HIGIÉNICOS**

Los problemas higiénicos que se presentan en las operaciones de soldadura se deben a:

1. Los humos metálicos procedentes de los materiales a soldar (tanto del metal base como del recubrimiento o material de aportación)
2. Los humos procedentes de recubrimientos de las piezas a soldar (pinturas o productos derivados de sustancias desengrasantes, galvanizado, cromado, fundentes, etc.).
3. Por otra parte, las altas temperaturas que se producen en ciertos procesos de soldadura, originan la ionización de los gases existentes en el aire formándose ozono y óxidos nitrosos.
4. Otros tipos de riesgos son los debidos a contaminantes físicos originados por las radiaciones ultravioletas y en algunos tipos de soldadura por ruido, sobre todo en las operaciones de calderería.

### **4.4.1 HUMOS Y GASES**

Es indispensable que haya una ventilación adecuada para que el personal no inhale los gases y humos que se generan durante la soldadura indirecta, pues algunos metales de aporte y metales bases contienen materiales tóxicos tales como: Berilio, Cadmio, Zinc, Mercurio o Plomo que se vaporizan durante la soldadura. Los fundentes que contienen compuestos químicos fluorados, clorados y boro son muy peligrosos si son inhalados o si contactan con los ojos y la piel.

Algunos fundentes tales como la resina, petrolato y tipos reactivos, originan una considerable cantidad de humo, se ha establecido que el límite seguro para la salud es de 0,1 mg/m<sup>3</sup> de resina en aire, para mantener este límite se debe prever una adecuada ventilación durante la operación de la soldadura, algunos fundentes originan humos que son peligrosos si son respirados en cualquier pequeña cantidad, los fundentes tipo anilina y aminas también generan humos que son dañinos y pueden causar dermatitis. Los fundentes fluorados pueden ser peligrosos para la salud causar quemaduras y son fatales si son ingeridos. Por lo tanto una apropiada ventilación es necesaria en el área de trabajo para remover los humos de la operación de soldadura.



#### **4.4.2 MATERIALES PELIGROSOS**

##### **Níquel y Cromo**

Ciertas aleaciones con base de níquel, cromo, acero inoxidable contienen una considerable cantidad de estos elementos que pueden causar enfermedades. Por ejemplo el níquel puede causar asma. El níquel y el cromo pueden ocasionar cáncer. Y el cromo puede ocasionar problemas respiratorios y perforaciones entre las fosas nasales.

##### **Aceros**

El acero de baja aleación y el acero al carbono contienen manganeso. El manganeso puede ocasionar la enfermedad de Parkinson la cual lesiona los nervios y los músculos.

##### **Zinc**

El zinc en el metal galvanizado o en la pintura puede ocasionar lo que se conoce como fiebre por vapor de metal la cual le hará sentir como que tiene un resfrío fuerte y desaparece en unas pocas horas o días después de haber sido expuesto.

##### **Plomo**

El plomo, contenido en algunas pinturas y en las aleaciones de aporte estaño – plomo utilizadas en soldadura blanda pueden ocasionar envenenamiento por plomo, dolores de cabeza, sensibilidad en los músculos y las articulaciones, náusea, retortijones, irritabilidad, pérdida de la memoria, anemia y daño en los riñones y el sistema nervioso. Si el polvo del plomo penetra en su hogar a través de su ropa o sus zapatos, podría también enfermar a su familia, en particular a los niños.

##### **Cadmio**

El cadmio contenido en algunas pinturas y en ciertas aleaciones de aporte tanto para soldadura fuerte como para soldadura blanda, puede ocasionar problemas en los riñones y también puede causar el cáncer.

##### **Disolventes**

Soldaduras hechas sobre disolventes, o cerca de ellos, pueden generar fosgeno, un gas venenoso, el mismo que puede producir líquido en los pulmones. Quizá ni

siquiera note el problema hasta horas después de haber terminado de soldar, pero el líquido en los pulmones puede ocasionar la muerte.

#### **4.4.3 RUIDO**

El Ruido excesivo es un contaminante tan peligroso para el ambiente de trabajo como un producto químico tóxico. Los efectos del ruido son:

- Fatiga, la que da lugar a descuidos y accidentes.
- Comunicaciones mal interpretadas entre los trabajadores, lo que ocasiona accidentes.
- Daños al oído lo que ocasiona sordera.
- Desórdenes nerviosos permanentes.

Idealmente el ruido debería suprimirse en su propia fuente ó aislar al operador de él, pues se trata de una forma de energía, razón por la cual representa un desperdicio, ya que es inútil.

#### **4.4.4 HIGIENE PERSONAL**

La higiene personal tiene la mayor importancia, pues esta es la única forma de mantener la integridad física y la salud de las personas para prevenir las enfermedades profesionales.

La enfermedad de la piel debida al contacto continuo con el aceite u otros agentes irritantes constituyen el riesgo más importante para la salud en la industria de la ingeniería. Los efectos van desde una irritación cutánea hasta la dermatitis y el cáncer de la piel.

Los efectos dependerán del tipo de aceite, su temperatura y el grado y el período de la exposición. Dependerán también del estado en que se encuentre la piel, los cortes y las heridas ocasionadas por las virutas, la irritación por aditivos y la infección.

#### **4.4.5 EFECTOS PARA LA SALUD**

##### **Efectos narcóticos (Anestésicos.)**

La exposición a pequeñas concentraciones de sustancias narcóticas ocasiona mareo y dolor de cabeza. La exposición a concentraciones elevadas resulta en pérdida de conciencia y terminar en la muerte.

Entre los muchos solventes utilizados en la industria se encuentran ejemplos de sustancias narcóticas como los solventes que se utilizan en las pinturas, los adhesivos y los agentes desengrasantes.

### **Efectos Irritantes**

Muchas sustancias causan irritación de la piel, tanto externa como internamente. También sensibilizan a la piel de forma que esta resulta irritada por sustancias que normalmente no se consideran tóxicas.

- a) Los irritantes externos ocasionan dermatitis industrial al ponerse en contacto con la piel. Los principales irritantes que se encuentran en el taller son los aceites, especialmente los utilizados para enfriar y los solventes adhesivos.
- b) Los irritantes internos son los más peligrosos, ya que tienen efectos profundos en los órganos principales del cuerpo. Dan lugar a inflamación y ulcerado, envenenamiento, o a la formación de tumores cancerosos. Los irritantes internos son usualmente contaminadores del aire, en forma de polvos, humos y vapores.

### **Efectos Sistémicos**

Las sustancias conocidas como sistémicas afectan los órganos y las funciones corporales fundamentales. Afectan al corazón, el cerebro, el hígado, los riñones, los pulmones, el sistema nervioso central y la médula de los huesos. Su efecto no es reversible y por lo tanto ocasiona enfermedades crónicas y una muerte prematura.

Las sustancias tóxicas ingresan al cuerpo por distintas vías.

- a) El polvo, los vapores y los gases se respiran por la nariz.
- b) Los líquidos y los polvos que contaminan las manos pasan al sistema digestivo al manejar los alimentos.
- c) Los líquidos, los polvos, el polvo ambiental y los vapores ingresan al cuerpo a través de la piel.

## **4.5 SEGURIDAD EN LA SOLDADURA DE TUBOS DE COBRE**

### **4.5.1 SEGURIDAD CON EL EQUIPO OXIGAS**

#### **Utilización de Cilindros**

- Los cilindros deben estar perfectamente identificadas en todo momento, en caso contrario deben inutilizarse y devolverse al proveedor.
- Todos los equipos, canalizaciones y accesorios deben ser los adecuados a la presión y gas a utilizar.
- Nunca utilice un cilindro ni su contenido para propósitos que sean otros que los intentados.
- Mantener siempre los cilindros y las válvulas limpios y libres de aceite, grasa, polvo o suciedad.
- Se deben guardar separadamente los cilindros vacíos y los cilindros llenos.
- Las botellas de propano o acetileno llenas se deben mantener en posición vertical, al menos 12 horas antes de ser utilizadas. En caso de tener que tumbarlas, se debe mantener el grifo con el orificio de salida hacia arriba, pero en ningún caso a menos de 50 cm del suelo.
- Las botellas en servicio deben estar libres de objetos que las cubran total o parcialmente.
- Las botellas deben estar a una distancia entre 5 y 10 m de la zona de trabajo.
- Cuando existan materias inflamables como la pintura, aceite o disolventes aunque estén en el interior de armarios especiales, se debe respetar una distancia mínima de 6 m.
- Antes de empezar, un cilindro se debe comprobar que el manómetro marca “cero” con la válvula cerrada.
- No exponer los cilindros a chispas, escorias calientes, llamas abiertas y toda fuente de calor excesivo.
- Si la válvula de una botella se atasca, no se debe forzar la botella, se debe devolver al suministrador marcando convenientemente la deficiencia detectada.

- Se debe comprobar que no existan fugas en los cilindros de gas utilizando agua jabonosa. Si se detectan fugas se debe proceder a devolver al suministrador inmediatamente.
- Las botellas no deben consumirse completamente pues podría entrar aire. Se debe conservar siempre una ligera sobre presión en su interior.
- Cerrar las válvulas de las botellas después de cada sesión de trabajo. Después de cerrar el grifo de la botella se debe descargar siempre el manoreductor, las mangueras y el soplete.
- Las averías en las válvulas de las botellas deben ser solucionadas por el suministrador, evitando en todo caso él desmontarlos.
- No se deben sustituir las juntas de fibra por otras de goma o cuero.
- Si como consecuencia de estar sometidas a bajas temperaturas se congela el manoreductor de alguna botella, se debe utilizar trapos de agua caliente para deshelarlas.
- Nunca utilice los cilindros como soporte ni como rodillos.
- Nunca trate de mezclar gases en un cilindro.
- Nunca trate de llenar un cilindro de nuevo.
- Se debe proteger las válvulas de los cilindros contra choques, caídas, objetos que caen y de la intemperie.
- Almacenar las botellas al sol de forma prolongada no es recomendable, pues puede aumentar peligrosamente la presión en el interior de las botellas que no están diseñadas para soportar temperaturas superiores a los 54°C.
- En caso de utilizar un equipo de mantención mecánica para su desplazamiento, las botellas deben depositarse sobre una cesta, plataforma o carro apropiado con las válvulas cerradas y tapadas con el capuchón de seguridad.

### **Mangueras**

- Las mangueras deben estar siempre en perfectas condiciones de uso y sólidamente fijadas a las tuercas de empalme.
- Las mangueras deben conectarse a las botellas correctamente evitando la presencia de fugas.

- Se debe evitar que las mangueras entren en contacto con superficies calientes, bordes afilados, ángulos vivos o caigan sobre ellas chispas.
- Las mangueras no deben atravesar vías de circulación de vehículos o personas sin estar protegidos con apoyos de paso de suficiente resistencia a la compresión.
- Antes de iniciar el proceso de soldadura se debe comprobar que no existen pérdidas en las conexiones de las mangueras utilizando agua jabonosa, por ejemplo. Nunca utilizar una llama para efectuar la comprobación.
- No se debe trabajar con las mangueras situadas sobre los hombros o entre las piernas.
- Después de un retorno accidental de llama, se deben desmontar las mangueras y comprobar que no han sufrido daños. En caso afirmativo se deben sustituir por unas nuevas desechando las deterioradas.

### **Sopletes y Reguladores**

- Nunca utilizar el soplete como martillo para golpear las escorias de las piezas soldadas, pues la deformación del soplete o de los picos, puede que cause problemas.
- Inspeccionar las tuercas de unión, conexiones y toda superficie de asentamiento en los reguladores y sopletes antes de utilizarlos. Los conectadores dañados deberán removerse y los asientos defectuosos deberán repararse enseguida, pues, estos aumentan la posibilidad de incendios, retrocesos momentáneos ó prolongados de llama.
- Nunca se debe conectar un regulador a un cilindro que contenga un gas, que no sea el gas para el cual el regulador está diseñado.
- No utilizar aceite, grasa ni otras sustancias muy oxidables en ningún soplete o regulador, pues en la presencia de oxígeno, estas sustancias puede que se quemen con violencia explosiva.
- No colgar nunca el soplete en las botellas, ni siquiera apagado.
- No depositar los sopletes conectados a las botellas en recipientes cerrados.
- La reparación de los sopletes la deben hacer técnicos especializados.

- Limpiar periódicamente las toberas del soplete pues la suciedad acumulada facilita el retorno de la llama. Para limpiar las toberas se puede utilizar una aguja de latón.
- Si el soplete tiene fugas se debe dejar de utilizar inmediatamente y proceder a su reparación.

#### **4.5.2 SEGURIDAD AL SOLDAR**

Al soldar tuberías de cobre, siempre existe la presencia de humos peligrosos y gases que se evaporan de los metales de aporte, de los fundentes y de los óxidos e impurezas de la superficie del metal base; por lo que es necesario tomar las debidas precauciones para evitar enfermedades y peligros en la persona quien realiza el trabajo.

1. Ventilar adecuadamente el área donde se realizará la soldadura de los tubos de cobre, pues al momento de calentarlos, el fundente puede emitir vapores y humos que son peligrosos para la salud, si son respirados.
2. Limpiar adecuadamente los metales base, de manera que el contaminante que se encuentra en la superficie de los mismos no pueda generar peligro del humo y que puede causar una interrupción demasiado rápida del flujo, conduciendo al calentamiento excesivo.
3. Utilizar suficiente fundente, para que proteja los metales base y la aleación de relleno durante la etapa de calentamiento, pues la cobertura completa del fundente reduce la emisión de humos.
4. Tener cuidado de sujetar o tocar con las manos descubiertas los tubos y los accesorios calientes, pues pueden producir quemaduras.
5. Utilizar ropa adecuada para realizar el trabajo, así como el equipo de seguridad personal.
6. Se debe tener cuidado con los metales base, ya que pueden contener en su superficie cadmio y durante el calentamiento se volatiliza y produce humo tóxico. Las capas de cinc (galvanizadas) también pueden producir humos peligrosos. Se recomienda que estén quitadas antes de que las piezas se calienten para soldar.

7. El equipo para soldadura se debe mantener siempre limpio, libre de polvo, grasa u otros agentes que puedan afectar el buen funcionamiento del equipo para soldadura de tubos de cobre y la seguridad de las personas.
8. Al momento de realizar la soldadura de los tubos de cobre se debe observar el entorno de manera que no existan materiales combustibles peligrosos.



## **CAPÍTULO 5**

### **SOLDADURA EN TUBERÍAS DE COBRE PARA CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE.**

#### **5.1 TIPOS DE SOLDADURAS**

Al concluir una instalación sanitaria e industrial son varios los elementos que hacen posible su correcto funcionamiento; uno de ellos es el procedimiento para unir las tuberías. El método más común, es utilizando la soldadura indirecta.

La soldadura indirecta, básicamente consiste en la unión de un tubo y un accesorio, mediante la aportación de un metal que se introduce en el intersticio, en estado de fusión debido al calentamiento de la unión. El perfecto ajuste entre tubo y accesorio es de importancia fundamental para obtener una unión bien soldada, pues la fuerza de atracción es tal que hace que la soldadura fundida penetre en el intersticio, cualquiera sea la posición de esta. Es decir, la soldadura sube o baja sin la menor dificultad, ofreciendo grandes ventajas especialmente cuando se tiene que efectuar uniones en ubicaciones difíciles o de poca accesibilidad.

Los procesos de soldadura fuerte y blanda, se utilizan de acuerdo a las condiciones que requerirá la instalación de tuberías de cobre. Las juntas unidas por soldadura blanda son usadas donde la temperatura de servicio no exceda los 125° C, mientras que las uniones por soldadura fuerte pueden ser utilizadas donde se requiera mayor resistencia mecánica en las juntas soldadas o donde los sistemas trabajan con temperatura altas.

Soldar tubos de cobre con el proceso de soldadura indirecta es el mismo, ya que las únicas variables que intervienen son: el metal de aporte, tipo de fundentes, la cantidad de tiempo y el calor requerido para completar la unión dada. En la actualidad, para los sistemas a partir de cobre, la mayoría de las soldaduras blandas se realizan a temperaturas entre 177 °C hasta 315°C, mientras que la mayoría de las soldaduras fuertes se dan a temperaturas que oscilan entre 593 °C hasta 815 °C.

### **5.1.1 SOLDADURA FUERTE**

Este tipo de proceso se utiliza principalmente para:

- Instalaciones cuyas uniones deban resistir grandes esfuerzos mecánicos.
- Instalaciones cuyas temperaturas máximas de servicio son relativamente elevadas.
- Instalaciones para gas en media y alta presión.
- Instalaciones frigoríficas.

### **5.1.2 SOLDADURA BLANDA**

- Instalaciones hidro sanitarias y redes de distribución de agua fría y caliente.
- Tuberías de desagüe.
- Tuberías para gas licuado, gas natural y gas de ciudad en baja presión.
- Otras instalaciones siempre que la temperatura máxima de servicio no supere los 125 °C.

## **5.2 FUNDENTES UTILIZADOS**

Cuando se trabaja con tuberías de cobre, se considera adecuado aplicar sobre su superficie lijada y limpia el fundente en forma de pasta. El objetivo de la utilización del fundente es para eliminar los óxidos y otras impurezas de las áreas y juntas expuestas a la acción de la soldadura. Asimismo, favorece la fusión del material de aporte.

### **5.2.1 FUNDENTE PARA SOLDADURA FUERTE**

Los fundentes para soldar tuberías de cobre en fuerte se encuentran normalmente en el comercio en forma de polvo. Estos pueden ser diluidos en agua destilada, obteniéndose así una pasta. Una vez convertido en pasta, el fundente puede ser aplicado fácilmente sobre las superficies limpias de los extremos del tubo y del accesorio mediante la utilización de un pincel.

Los fundentes para soldadura fuerte son recomendados para todos los casos que requieren de soldadura de plata incluyendo aceros, cobre, bronce, acero inoxidable, latones y aleaciones con base de níquel, pues poseen una excelente capacidad desoxidante a partir de los 300°C, son de fácil aplicación, secan

rápidamente y son muy solubles al agua. Para soldar tuberías de cobre, los fundentes más apropiados deben ser de los Tipos FB3-A o FB3-C.

### **5.2.2 FUNDENTE PARA SOLDADURA BLANDA**

Esta pasta está compuesta por lo general de componentes químicos de alta pureza, por ejemplo: jalea de petróleo, cloruro de amonio, cloruro de zinc y otros. Por su composición los fundentes son aptos para ser utilizados con soldaduras blandas, cuyos puntos de fusión oscilan entre los 180°C y 312°C y, la proporción de fundente que se recomienda para estas soldaduras es de 1 a 8 (60 grs por cada 480 grs de soldadura).

## **5.3 METALES DE APORTE**

En general se puede decir que los metales de aporte son aleaciones de dos o más metales que en diferentes proporciones se emplean para unir piezas, ya sea por calor directo o por la temperatura alcanzada por las mismas.

### **5.3.1 METALES DE APORTE PARA SOLDADURA FUERTE**

Los metales de aporte más adecuados para soldar en fuerte tubos de cobre son de dos clases:

1. Las aleaciones Cobre – Fósforo (BCuP)
2. Las aleaciones de Plata (BAg)

Las dos clases de aleaciones de relleno difieren al fundirse así como en las características de flujo, y esto debe considerarse en la selección del metal de aporte adecuado. Las aleaciones de aporte de la serie Cobre - Fósforo son más económicos que las aleaciones de Plata y están mejor adecuados para los usos generales en tubería.

Los metales de aporte comúnmente utilizados en el área de la Fontanería, la Refrigeración y los Sistemas contra Incendios son: BCuP-2, BCuP-3, BCuP-4 ó BCuP-5 y BAg-1, BAg-5 y BAg-7. En la tabla 5.1 se indica la composición química y ciertas características de los metales de aporte para soldar tubos de cobre.

CLASIFICACIÓN AWS.	ELEMENTOS PRINCIPALES. (%)					
	Plata	Fósforo	Zinc	Cadmio	Estaño	Cobre
BCuP -2	.....	7 - 7.5	.....	.....	.....	Resto
BCuP -3	4.8 - 5.2	5.8 - 6.2	.....	.....	.....	Resto
BCuP -4	5.8 - 6.2	7.0 - 7.5	.....	.....	.....	Resto
BCuP -5	14.5-15.5	4.8 - 5.2	.....	.....	.....	Resto
BAg -1	44 - 46	.....	14 - 18	23 - 25	.....	14 – 16
BAg -2	34 - 36	.....	19 - 23	17 -19	.....	25 – 27
BAg -5	44 - 46	.....	23 - 27	.....	.....	29 – 31
BAg -7	55 - 57	.....	15 - 19	.....	4.5 - 5.5	21 – 23

**Tabla 5.1:** Composición química de aleaciones para soldadura fuerte.

### Soldadura BCuP – 3

Es una soldadura compuesta de cobre y fósforo, con un contenido de plata equivalente al 5% y con alta resistencia a la tensión; lo cual es recomendable utilizar en tuberías de cobre y aleaciones del mismo metal, en instalaciones sanitarias, contactos eléctricos, mordazas de hornos, serpentines de unidades de refrigeración y aire acondicionado, uniones con elevada vibración, etc.

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Composición.	5% Ag, 89% Cu, 6% P.
Apariencia.	Opaco.
Color.	Café - cobrizo.
Temperatura de solidificación.	643 ° C
Temperatura de fusión.	824 ° C
Temperatura de trabajo.	704 – 816 ° C
Resistencia a la tensión.	25 kg/mm <sup>2</sup>
Alargamiento.	8 %
Densidad específica.	8.2 gr/cm <sup>2</sup>

**Tabla 5.2:** Características de la aleación BCuP - 3.

### Soldadura BCuP – 5

Es una aleación de temperatura intermedia, diseñada para ser usada en uniones de cobre, latón y bronce, de gran capacidad de absorción de esfuerzos debido a altas

vibraciones y altas presiones. No se debe utilizar en uniones de acero debido a que se forman juntas soldadas quebradizas.

Se utiliza especialmente para refrigeración, calefacción, instalaciones de gases industriales, instalaciones de tuberías de cobre para gases medicinales, reparación de contactores y arrancadores eléctricos, motores de arranque, bobinas de inducción, tuberías de cobre para aguas blancas en edificios, instalación de controles e instrumentación, etc.

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Composición.	15% Ag, 80% Cu, 5% P.
Apariencia.	Brillante
Color.	Café - cobrizo.
Temperatura de solidificación.	643 ° C
Temperatura de fusión.	802 ° C
Temperatura de trabajo.	704 – 816 °C
Resistencia a la tensión.	25 kg/mm <sup>2</sup>
Alargamiento.	10 %
Densidad específica.	8.4 gr/cm <sup>2</sup>

**Tabla 5.3:** Características de la aleación BCuP - 5.

### **Soldadura BAg – 1**

Es una soldadura de bajo punto de fusión con gran capacidad de fluidez, especialmente para uniones bien diseñadas y de alta presión, donde es necesario minimizar el efecto del calor sobre el metal base. Es recomendable utilizar en uniones de acero al carbono, aceros aleados, aceros inoxidables, cobre, latón, bronce, níquel - monel, níquel - plata.

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Composición.	45% Ag, 16% Cu, 17% Zn, 22% Cd.
Apariencia.	Brillante
Color.	Plateado.
Temperatura de solidificación.	607 ° C
Temperatura de fusión.	618 ° C
Temperatura de trabajo.	618 – 760 °C
Resistencia a la tensión.	45 kg/mm <sup>2</sup>
Alargamiento.	30 %
Densidad específica.	9.4 gr/cm <sup>2</sup>

**Tabla 5.4:** Características de la aleación BAg - 1.

### 5.3.2 METALES DE APORTE PARA SOLDADURA BLANDA

Son todas aquellas soldaduras que tienen un punto de fusión bajo los 450° C. Antiguamente, en procesos de soldadura capilar se utilizaba la aleación de 50% estaño (Sn) y 50% plomo (Pb). Hoy, ha sido reemplazada por aleaciones sin plomo debido a las restricciones medio ambientales que regulan su presencia en el agua.

Las soldaduras blandas libres de plomo disponibles en el mercado, contienen un alto porcentaje de estaño aleado con un segundo metal que se agrega para mejorar las propiedades de resistencia mecánica. Para aplicaciones que requieren mayor resistencia o que tengan que soportar grandes temperaturas de trabajo, se utilizan metales de aporte de estaño - cobre. Es la aleación de mayor utilización en tuberías para refrigeración.

Las aleaciones para soldadura blanda comercialmente se encuentran en carretes y barras. Los carretes pesan aproximadamente medio kilo cada uno. Estos carretes desarrollan una longitud aproximada de 7 metros con un diámetro de soldadura de 3mm, apropiado para instalaciones sanitarias. En la tabla 5.2 se indica la composición y características de las aleaciones.

Tipo de Soldadura.	Contenido Metálico (%)	Temperatura (°C)		Temperatura adecuada para soldar (°C)
		Sólido	Líquido	
Estaño	100	232	232	350
Estaño / Antimonio	95 / 5	232	238	340
Estaño / Plata	96.5 / 3.5	221	221	355
Estaño / Cobre	99 / 1	230	235	350
Estaño / Plomo	50 / 50	183	216	250

**Tabla 5.5:** Composición química y temperaturas de aleaciones para soldadura blanda.

#### Soldadura 95/5

La composición de esta soldadura es 95% de estaño (Sn) por 5% de antimonio (Sb). Se utiliza en instalaciones de casas de interés social, residencial, clínicas, hospitales, baños públicos, también en instalaciones de gas natural o licuado de petróleo, en la conducción de aire acondicionado y calefacción.

Este tipo de metal de aporte es muy apropiado para instalaciones de vapor húmedo a presiones máximas de  $1.0 \text{ kg/cm}^2$ , así como en aquellas líneas donde pudiera llegar a congelarse el agua.

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Composición.	95% Sn y 5% Sb
Apariencia.	Brillante
Color.	Grisáceo
Temperatura de solidificación.	$232^{\circ} \text{ C}$
Temperatura de fusión.	$240^{\circ} \text{ C}$
Presión máxima de trabajo con agua.	$18 \text{ kg/cm}^2$
Presión máxima de trabajo con vapor.	$1.0 \text{ kg/cm}^2$
Temperatura máxima de servicio.	$155^{\circ} \text{ C}$
Densidad específica.	$7.50 \text{ gr/cm}^2$

**Tabla 5.6:** Características de la aleación 95% Sn y 5% Sb.

### Soldadura 50/50

Esta soldadura se compone de 50% de estaño (Sn) y 50% de plomo (Pb). Por lo general se recomienda utilizar para la soldadura y reparación en instalaciones de conducción de desagües de casas, residencias, en edificios habitacionales y comerciales. En vapor se recomiendan a presiones máximas de  $0.5 \text{ kg/cm}^2$ .

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Composición.	50% Sn y 50% Pb
Apariencia.	Brillante
Color.	Grisáceo
Temperatura de solidificación.	$183^{\circ} \text{ C}$
Temperatura de fusión.	$216^{\circ} \text{ C}$
Presión máxima de trabajo con agua.	$10 \text{ kg/cm}^2$
Presión máxima de trabajo con vapor.	$0.5 \text{ kg/cm}^2$
Temperatura máxima de servicio.	$120^{\circ} \text{ C}$
Densidad específica.	$8.85 \text{ gr/cm}^2$

**Tabla 5.7:** Características de la aleación 50% Sn y 50% Pb.

### 5.3.3 RESISTENCIA DE LA UNIÓN SOLDADA

La resistencia de una unión en un tubo de cobre depende principalmente en mantener el espacio capilar adecuado entre la parte externa del tubo y el diámetro interno del accesorio o fitting, de manera que garanticen el correcto llenado con la aleación de aporte en la junta y que cualquier variación extrema en las dimensiones del tubo ó del accesorio afectará en las propiedades de resistencia mecánica de la junta soldada. La tabla indica las presiones de trabajo que soportan las uniones soldadas según el tipo de aleación de aporte utilizado.

Soldadura usada en las uniones	Temperatura de servicio (° C)	Presión en agua (kg/cm <sup>2</sup> )			Presión en vapor saturado (kg/cm <sup>2</sup> )
		Medidas nominales			
		1/4" a 1"	1 1/4" a 2"	2 1/2" a 4"	
50 % estaño y 50 % plomo	37.8	14.06	12.30	10.55	-
	65.6	10.55	8.79	7.03	-
	93.3	7.03	6.33	5.27	-
	121.1	5.98	5.27	3.52	0.5
95% estaño y 5% antimonio	37.8	35.15	28.12	21.09	-
	65.6	28.12	24.61	19.33	-
	93.3	21.09	17.58	14.06	-
	121.1	14.06	12.30	10.55	1.05

**Tabla 5.8:** Valores de la presión de trabajo en las juntas o uniones soldadas

### 5.4 SECUENCIA OPERACIONAL

Sin importar el proceso, ya sea mediante soldadura fuerte o con soldadura blanda, los mismos pasos básicos deben ser seguidos, con la única diferencia en el uso adecuado de los fundentes, metales de aporte y en la temperatura de calentamiento. El siguiente proceso de unión señala los requerimientos básicos para lograr consistentemente una unión soldada de alta calidad.

1. Medición y Corte.
2. Escariar.
3. Limpieza.
4. Aplicación del Fundente.
5. Montaje y Soporte.



6. Calentamiento.
7. Aplicación del Metal de Aporte.
8. Enfriamiento.
9. Limpieza Final.
10. Pruebas.

#### 5.4.1 MEDICIÓN Y CORTE

Se debe medir exactamente la longitud de cada segmento del tubo. La inexactitud puede comprometer la calidad de la unión, pues si el tubo es muy corto, este no alcanzará todo el tramo hasta el enlace, y una unión apropiada no podrá ser efectuada. Si el segmento de tubo es muy largo, se puede ocasionar un mal funcionamiento en el sistema, el cual puede afectar el desempeño del mismo.

El corte del tubo puede ser realizado a través de varias formas que producirán el resultado deseado. Mediante una cortadora de tubo tipo disco (Figura 5.1) que permite efectuar el corte, en forma fácil, precisa, limpia y suave, ahorrando tiempo y mano de obra, a la vez que se obtiene calidad en la instalación.

En los casos de no tener este tipo de herramienta y para efectuar cortes en las tuberías de diámetros mayores de 4" (5" y 6"), dichos cortes se pueden efectuar con una segueta de diente fino (32 dientes por pulgada), una rueda abrasiva, o una sierra de motor portátil.

No importando el método, el corte debe ser limpio y preciso para que el tubo se asiente apropiadamente en el enlace, además se deben tomar precauciones para asegurar que el tubo no se deforme mientras se corta.

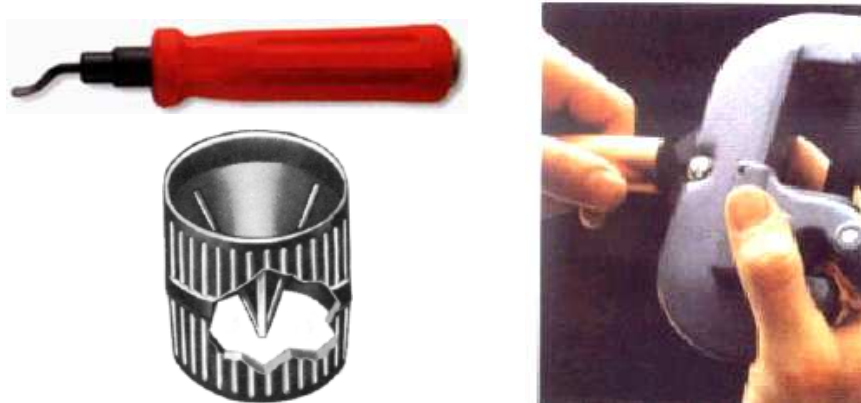


**Figura 5.1:** Corte del Tubo.

### 5.4.2 ESCARIAR

Consiste en eliminar todas las rebabas del tubo de cobre, producto del corte, para asegurar un montaje adecuado del tubo en el enlace. Se debe escariar los extremos abarcando el diámetro completo del tubo hacia adentro. Si el borde interno se encuentra áspero y no es removido por él escareo, puede ocurrir desgaste por erosión ó corrosión debido a turbulencias locales y la velocidad en el flujo dentro del tubo.

Una pieza de tubo correctamente escariada provee una superficie acabada para un flujo laminar suave. Algunas herramientas utilizadas para escariar los extremos de los tubos incluyen una navaja escariadora de media u hoja completa en la cortadora de tubos, un escariador, rimadores en forma de barril que en su interior llevan un cono formado por tres cuchillas (Figura 5.2).



**Figura 5.2:** Escariado del tubo

### 5.4.3. LIMPIEZA

Es muy importante remover todo óxido, suciedad e impurezas de los extremos del tubo y de los enlaces de los accesorios para obtener un mojado y flujo adecuado del metal de relleno en la unión.

El espacio capilar entre el tubo y el enlace es aproximadamente de 0.004 pulgada (aproximadamente 0.1 mm). Este espaciado es crítico porque determina si existe un flujo capilar apropiado en el metal de relleno al espacio, asegurando una unión fuerte.

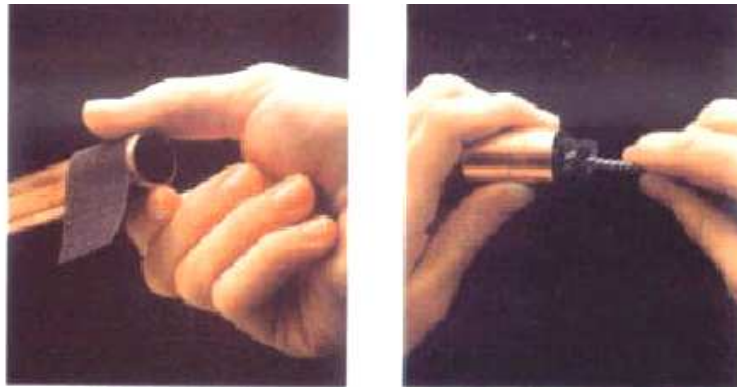
El proceso de limpieza se lo puede realizar mediante dos métodos:

## 1. Método Mecánico

Consiste en utilizar materiales abrasivos como lijas para metal N° 120 o un pad de nylon abrasivo sobre los extremos de los tubos limpiándolos suavemente por una distancia ligeramente superior a la densidad del enlace.

También se puede utilizar pads abrasivos o un cepillo metálico de entalle de tamaño adecuado, ya sea para el diámetro interno del enlace del accesorio ó para el diámetro exterior del tubo.

El bronce es un metal relativamente suave. Si se remueve demasiado material del extremo del tubo o del enlace, puede que pierda forma y resulte en una unión pobre y con una calidad deficiente.



**Figura 5.3:** Limpieza Mecánica.

## 2. Método Químico

La limpieza química puede utilizarse si los extremos de los tubos y los ajustes de los fittings son enjuagados a fondo luego de la limpieza, de acuerdo con el procedimiento facilitado por el fabricante del químico. No se debe tocar la superficie que fue limpiada con las manos desnudas o con guantes aceitosos. Los aceites de uso para la piel, aceites lubricantes y la grasa perjudican la adherencia del metal de relleno.

### 5.4.4 APLICACIÓN DE FUNDENTE

El fundente se aplica luego de la limpieza en forma de una capa delgada con un cepillo para entubar ó un pincel y dependiendo del proceso de soldadura indirecta sea fuerte o blanda que se esté utilizando, se seleccionan los fundentes más adecuados.

En la soldadura fuerte se utilizan tres formas de aplicación de fundente:

1. *En polvo*. Es el más común, mezclado con agua hasta formar una pasta que se aplica con pincel en las zonas de contacto de la unión.
2. *En varillas de metal de aporte revestidas con fundente*, que al aplicarla a la unión calentada, hacen que el fundente se fusione penetrando en el intersticio de la unión, precediendo al metal de aportación.
3. *Mixto*. Se sumerge en el fundente en polvo la varilla de metal de aportación previamente calentada. El fundente actúa de forma similar a las varillas ya revestidas. Este sistema requiere de una mayor especialización.

Si se utilizan cantidades excesivas de fundente, el residuo del mismo puede ocasionar corrosión. En casos extremos, tal corrosión por fundentes puede perforar la pared del tubo, del enlace del accesorio o de ambos, por tanto se debe retirar el exceso de fundente del exterior de la unión con un trapo de algodón.



**Figura 5.4:** Aplicación del fundente.

#### **5.4.5 MONTAJE Y SOPORTE**

Es una operación que consiste en asegurar el extremo del tubo insertándolo en el enlace del accesorio. Un leve movimiento de giro asegura aún la cobertura que da el fundente, de manera que la uniformidad del espacio capilar asegurará un buen flujo capilar del metal fundido de soldadura.



**Figura 5.5:** Montaje del accesorio en el tubo.

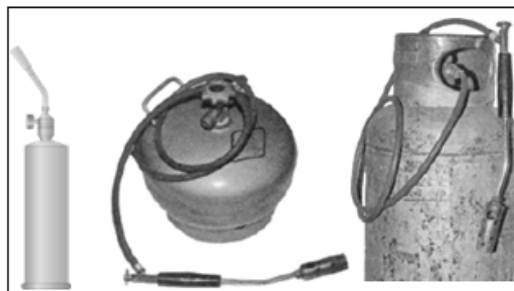
#### 5.4.6 CALENTAMIENTO

##### **Equipo para Calentamiento**

Una vez realizado el montaje de unión, se procede al calentamiento. Para conseguir que las piezas obtengan la temperatura de fusión del metal de aportación, es necesario utilizar un equipo adecuado para el calentamiento.

En la actualidad la industria moderna ha puesto en circulación algunas clases de sopletes que pueden alimentarse por butano, propano o gas natural, donde la combustión con el oxígeno del aire producen una temperatura de llama aproximadamente de 2200° C, y que varían desde el cilindro portátil manual tipo “spray” pasando por el cilindro portátil de 2 Kg hasta el de 20 Kg con boquillas de perforaciones múltiples y de asidero de pinzas que permite mantener el tubo dentro y uniformizar el calor (Figura 5.6).

Cuando se utiliza el oxiacetileno, se regula la llama para que sea ligeramente reductora, presentando un dardo fino de 7 a 8 mm de color azul en el interior, cerca de la punta del soplete.



**Figura 5.6:** Clases de sopletes.

El calor necesario para soldar tuberías de cobre debe estar en función del diámetro de las mismas. Así para diámetros de hasta de 1" no se debe emplear una flama demasiado fuerte pues el calentamiento de la conexión sería demasiado rápido y no se podría controlar fácilmente, con el peligro de una evaporación inmediata del fundente y oxidación subsiguiente del cobre, impidiendo el flujo de la soldadura.

En medidas superiores a 1" puede emplearse una flama intensa pues siendo mayor la superficie a calentar ya no existe ese peligro. En diámetros de 3" a 4" será conveniente emplear más de un soplete.

En casos especiales en las que el uso del soplete sea un inconveniente como en lugares con alto riesgo de incendio, daño a paredes, pisos o tuberías de plástico próximas a la tubería de cobre; la máquina soldadora (Figura 5.7) se utiliza de manera eficiente, ya que la temperatura necesaria para la soldadura se obtiene por la concentración del calor en los electrodos calefactores.

Es una máquina simple, fácil de maniobrar, segura, de calentamiento rápido y concentrado en un punto determinado que ahorra tiempo en la soldadura de tubos de cobre y fittings. Particularmente está recomendada para reparaciones o reemplazos



**Figura 5.7:** Máquina Soldadora

### **Método de Aplicación**

Es conveniente utilizar una boquilla especial que distribuya uniformemente la potencia calorífica de la llama. Inicialmente se dirige la llama solamente sobre el tubo (a 2 - 2,5 cm del accesorio) para calentarlo primero.

Se debe mantener la llama sobre el tubo en continuo movimiento y en sentido perpendicular a su eje; de esta manera, se abarcará toda la circunferencia y se evitará recalentamientos locales.

Continuar hasta que el fundente comience a fundir y esto ocurre cuando toma un aspecto transparente.

Dirigir la llama al accesorio y calentarlo uniformemente con un movimiento continuo hasta que el fundente adopte un aspecto transparente, tanto en el tubo como en el accesorio.

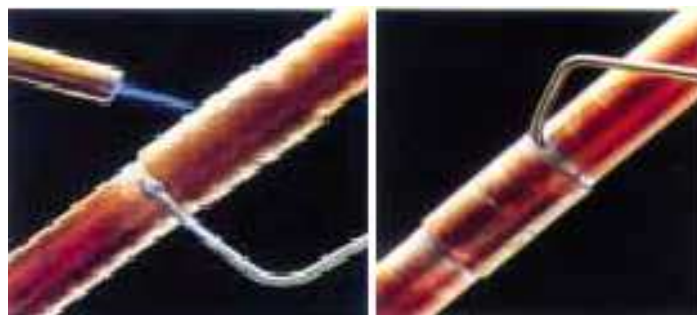
Después se dirige la llama hacia delante y hacia atrás en la dirección del eje de la unión, evitando calentamiento locales.



**Figura 5.8:** Calentamiento de la junta

#### **5.4.7 APLICACIÓN DEL METAL DE APORTE**

Una vez calentada la unión y sin retirar la llama para mantener la temperatura, se procede a la aportación de la aleación de la soldadura aproximando la varilla al borde del accesorio. Cuando la temperatura es la adecuada, el material de aportación penetra rápidamente en el intersticio entre el tubo y el accesorio por capilaridad.



**Figura 5.9:** Aplicación del metal de aporte

Cuando esta unión esté llena, se observará un cordoncillo continuo de soldadura alrededor del tubo y al borde del accesorio.

En uniones horizontales es preferible aplicar la soldadura primero en la parte inferior de la unión, y luego en los laterales y finalmente en la parte superior. En uniones verticales, no tiene importancia el punto de iniciación. Si la derivación del accesorio está dirigida hacia abajo, es importante no recalentar el tubo, porque la aleación de soldadura podría escurrirse fuera del accesorio, a lo largo del tubo. Si esto ocurriese, debe alejarse la fuente de calor, dejar solidificar la aleación, para después reanudar la operación.

Si la aleación de soldadura en estado fundido no se distribuye regularmente por el intersticio de la unión y tiende a formar gotas, significa que las superficies que deben ser soldadas no están desoxidadas y no dejan que la aleación las humedezca, o no están suficientemente calientes. Por el contrario, si la aleación no penetra en el intersticio pero se escurre sobre la superficie exterior, lo que ha ocurrido es un calentamiento insuficiente, sea del elemento macho o hembra de la unión.

#### **5.4.8 ENFRIAMIENTO**

Permite que la unión soldada se refresque y enfríe naturalmente. El enfriamiento repentino con agua puede ocasionar fisuras en la unión.

#### **5.4.9 LIMPIEZA FINAL**

Una vez enfriada la unión, limpiar el residuo de fundente con un trapo húmedo o con un cepillo metálico. Cuando sea posible, los sistemas completos deben ser drenados y enjuagados para remover el exceso de fundente y escombros.



**Figura 5.10:** Limpieza final



## **CAPÍTULO 6**

### **INSPECCIÓN EN JUNTAS UNIDAS MEDIANTE SOLDADURA INDIRECTA**

#### **6.1 INTRODUCCIÓN**

La inspección de los ensambles unidos por soldadura indirecta siempre debe ser obligatoria a fin de proteger al usuario final, pero a menudo se especifica en los códigos, normas ó en las políticas reguladoras del fabricante. La inspección puede realizarse con especímenes de prueba (probetas) o probando el ensamble o las piezas soldadas durante el funcionamiento.

En general, las discontinuidades que se presentan en las piezas unidas por soldadura indirecta pertenecen a tres clases que son:

1. Las asociadas a requisitos dimensionales.
2. Las asociadas a discontinuidades estructurales de la unión soldada.
3. Las asociadas al metal de aporte de soldadura o a la unión soldada.

Y pueden ser determinados mediante pruebas de ensayos destructivos y ensayos no destructivos.

#### **6.2 LOCALIZACIÓN DE PROBLEMAS**

Una soldadura indirecta insatisfactoria, sea fuerte o blanda, por lo regular es el resultado de las siguientes deficiencias:

- Falta de Mojabilidad que no produce el flujo capilar por lo que quedan espacios vacíos en la junta.
- El Mojado excesivo que puede causar demasiado flujo de metal de aporte en zonas donde no se requiere por ejemplo en agujeros o en superficies maquinadas.
- Erosión, en la que el metal de aporte ataca el metal base y reduce el espesor de las piezas originales.

Cuando es posible identificar la causa básica de cada una de estas deficiencias, se podrá resolver el problema. En la tabla 6.1 se presenta una lista de los aspectos a considerar para cada uno de estos problemas.

### 6.2.1. ÓXIDOS RESIDUALES

La formación de óxidos estables en metales calentados a temperaturas de soldadura fuerte, es una condición que interfiere, con la soldabilidad y la integridad de la junta, y probablemente es la causa más común de fallas en soldadura fuerte. Esto puede ocurrir por varias razones, incluso la presencia de oxígeno molecular en la atmósfera de soldadura fuerte, reacciones químicas que liberan oxígeno como un subproducto, un inadecuada "reducción" de la atmósfera o del agente fundente.

Materiales especialmente difíciles requieren un tratamiento especial. Estos materiales incluyen cromo, aluminio, titanio, silicio, magnesio, manganeso, y berilio. Metales bajos que contienen cromo, silicio y el manganeso requiere puro hidrógeno seco o vacío. La soldadura de titanio generalmente se limita al proceso en vacío

PROBLEMA:	CAUSAS:
No hay flujo, no moja.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Metal de aporte diferente o equivocado.</li> <li>- Baja temperatura, mala técnica,</li> <li>- Tiempo demasiado corto.</li> <li>- Piezas sucias, limpieza inadecuada.</li> <li>- Selección inadecuada de fundente, gas o vacío deficientes, atmósfera de protección equivocada, poca aplicación de fundente.</li> <li>- Separación excesiva, control de auto posición deficiente.</li> </ul>
Exceso de flujo o mojado que causa taponado de agujeros, suelda uniones equivocadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura demasiado alta, mala técnica, error de selección y operación del horno.</li> <li>- Tiempo demasiado prolongado.</li> <li>- Exceso metal de aporte, mala técnica, diferente espesor de separación.</li> <li>- Metal de aporte distinto o equivocado.</li> <li>- No se utilizó bloqueador.</li> </ul>
Erosión. El metal de aporte de soldadura (fuerte o blanda) carcome el metal original.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selección inadecuada del metal de aporte</li> <li>- Temperatura demasiado elevada, mala técnica.</li> <li>- Tiempo a temperatura demasiado largo.</li> <li>- Demasiado metal de aporte, mala técnica, cambio en la separación, piezas en diferente posición relativa.</li> <li>- Piezas trabajadas en frío muy susceptibles, no se aliviaron las tensiones internas.</li> </ul>

**Tabla 6.1:** Soluciones a los problemas típicos de soldadura indirecta.

### **6.2.2 FORMACIÓN DE ALEACIONES**

A las temperaturas relativamente altas que se encuentran en la soldadura fuerte, las propiedades metalúrgicas del metal base pueden cambiar de manera indeseable. Por ejemplo, el metal de aporte fundido puede disolver el metal base, asimismo, puede ligarse prematuramente con el metal base, cambiando de liquidus a la temperatura del solidus del metal de aporte. Este proceso puede dañar los espesores delgados de piezas sensibles, por lo que el control preciso de los parámetros de tiempo y temperatura es la mejor manera para resolver estos problemas.

### **6.2.3 PRECIPITACIÓN DE CARBUROS**

Este problema puede ocurrir en aceros inoxidable típicamente de los tipos 302, 304, y 316 cuando las temperaturas de soldadura fuerte sobrepasan los 450 a 820° C. A estas temperaturas, el carbono se combina con el cromo y es rechazado en forma de carburo de cromo, que aparece en los contornos de los cristales. Esto ocasiona que el metal base disminuya la resistencia a la corrosión en la zona afectada por el calor.

La manera de disminuir la precipitación de carburos se puede resolver mediante cortos ciclos de soldadura fuerte, así como el calentamiento posterior de la parte afectada a una temperatura de 1000 a 1100° C, mantenerla durante 2 horas y dejarla enfriar al aire.

### **6.2.4 AGRIETAMIENTO POR ESFUERZO**

El agrietamiento por esfuerzo se presenta al unir por soldadura fuerte materiales que adquieren temple por envejecimiento y que tienen altas temperaturas de recocido. Estas fisuras ocurren casi instantáneamente durante la aplicación de la soldadura fuerte, y son generalmente visibles porque el metal de aporte tiende a fluir en las grietas. Este inconveniente se puede evitar de la siguiente manera:

- Recociendo las partes trabajadas en frío antes de aplicar la soldadura fuerte.
- Eliminando la fuente de esfuerzo aplicado desde el exterior como en partes que no están bien ajustadas ó por el voladizo de piezas que no están soportados.
- Rediseñando las partes, o revisando el diseño de la junta.

- Pre calentamiento del material base

### **6.2.5 FRAGILIZACIÓN OCASIONADA POR EL HIDRÓGENO**

La fragilización por hidrógeno se presenta al soldar metales que no han sido desoxidados completamente durante la operación de vaciado y solidificación en atmósferas que contengan hidrógeno. Esto se debe a que las moléculas de hidrógeno difuso con las moléculas de oxígeno, formen burbujas de vapor de agua, las mismas que son demasiado grandes para salir hasta la superficie, por lo que el vapor de agua atrapado crea una presión de magnitud considerable en el interior de la estructura del metal, y la rompe, reduciendo su resistencia a la tensión.

### **6.2.6 FRAGILIZACIÓN OCASIONADA POR EL AZUFRE**

Esta condición puede ser causada por una inadecuada limpieza de las partes a ser soldadas en las aleaciones de níquel y aleaciones de cobre – níquel, especialmente de sustancias que contienen azufre como el aceite, grasa, pintura, aditivos, etc. Se presenta como resultado de un compuesto frágil y débil de sulfuro de níquel con bajo punto de fusión, el que se forma en los límites de grano del metal base, ocasionando su fractura.

### **6.2.7 FRAGILIZACIÓN OCASIONADA POR EL FÓSFORO**

La fragilización por fósforo ocurre al combinarse el fósforo con otros metales para formar los fosfuros y, puede reducirse al mínimo evitando el uso de metales de aporte con cobre - fósforo y el de aleaciones formadas con base de hierro o de níquel.

## **6.3 MÉTODOS DE ENSAYOS DESTRUCTIVOS**

Los métodos de inspección destructivos muestran de manera clara si un diseño de ensamble soldado satisface o no los requerimientos del servicio al que se destinará. Estos métodos deben limitarse a un muestreo parcial. Los métodos de pruebas destructivas se citan a continuación.

### **6.3.1 INSPECCIÓN METALOGRAFICA**

Este método se realiza mediante el corte de secciones de las uniones soldadas en fuerte o en blando y su preparación para un examen macroscópico o microscópico.

La inspección metalográfica detecta defectos de porosidad, flujo deficiente de metal de aporte, erosión excesiva del metal base, difusión del metal de aporte, alineación incorrecta de la unión y revelación de la micro estructura de la unión soldada.

### **6.3.2 PRUEBAS DE TENSIÓN Y CORTE**

Estas pruebas determinan cuantitativamente la resistencia mecánica de la unión soldada en fuerte o blando. El muestreo al azar de uniones soldadas se utiliza para controlar la calidad y verificar el rendimiento de la soldadura indirecta.

### **6.3.3 PRUEBAS DE TORSIÓN**

Se utiliza para evaluar las uniones soldadas en fuerte, cuando un perno, tornillo o tubo soldado se encuentra unido a un miembro base. El método consiste en sujetar con rigidez el elemento mecánico o el tubo y se gira hasta que ocurra una falla, sea en el metal base o en la aleación de soldadura.

## **6.4 MÉTODOS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS**

Los objetivos de la inspección no destructiva de uniones soldadas en fuerte o blando deben ser:

1. Detectar discontinuidades definidas en normas de calidad ó códigos.
2. Obtener indicios que permitan determinar la causa de irregularidades en el proceso de fabricación.

### **6.4.1 INSPECCIÓN VISUAL**

Toda junta unida por soldadura indirecta deberá examinarse visualmente con el propósito establecer una prueba preliminar cuando se van a usar otros métodos para determinar que los materiales base se encuentren libre de impurezas como grasa, pintura, aceite, películas de óxido, fundente o bloqueador.

La inspección visual revelará fallas debido a daños, falta de alineación, embonamiento deficiente de las piezas, inexactitudes dimensionales, flujo

insuficiente de los metales de aporte, agujeros expuestos en la unión, defectos superficiales como grietas o porosidad y daños térmicos al metal base.

#### **6.4.2 PRUEBA EN SERVICIO**

La prueba en servicio es un método de inspección que somete la unión soldada a cargas ligeramente superiores a las que experimentará durante su vida de servicio y se la utiliza cuando no es posible asegurar que la pieza servirá empleando otros métodos de inspección no destructiva. Estas cargas se pueden aplicar con métodos hidrostáticos, cargas de tensión, pruebas centrífugas o muchos otros métodos.

#### **6.4.3 PRUEBA DE FUGAS**

Las pruebas a presión se emplean para determinar la hermeticidad de un recipiente cerrado y se pueden usar como método de preselección para encontrar fugas obvias antes de adoptar métodos de prueba más sensibles. La prueba con aire o gas a baja presión se puede hacer con uno de estos tres métodos:

- Sumergir el recipiente a presión en agua y observar si suben burbujas.
- Presurizar el ensamble, cerrar la entrada de aire o gas y determinar si hay algún cambio en la presión interna durante cierto período.
- Presurizar el ensamble y verificar si hay fugas aplicando solución jabonosa o alguna preparación líquida comercial con una brocha en el área de la unión y observando en qué lugar existen burbujas.

Un método que a veces se utiliza junto con una prueba en servicio hidrostática es examinar visualmente las uniones soldadas en busca de indicios de fuga de fluido hidrostático por la unión.

#### **6.4.4 INSPECCIÓN CON LÍQUIDOS PENETRANTES**

Este método de prueba se utiliza para determinar grietas, porosidad, flujo incompleto y defectos superficiales; en ciertas ocasiones este método se dificulta por las irregularidades de los filetes de soldadura y los residuos de depósito de fundente.

La inspección consiste en colocar un líquido penetrante coloreado o fluorescente sobre la junta soldada a inspeccionarse y que ingresan en las irregularidades por acción capilar. Una vez que se elimina el líquido penetrante de la superficie, el

penetrante introducido en los defectos se extrae con un revelador blanco que se aplica sobre la superficie. El líquido coloreado (no fluorescente) puede verse bajo la luz ordinaria, mientras que el líquido fluorescente brilla bajo una fuente de luz ultravioleta (luz negra).

#### **6.4.5 INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA**

Este método por lo general se emplea para detectar la falta de adhesión o el flujo incompleto de metal de aporte para soldadura fuerte en las piezas y productos fabricados mediante este proceso de unión. Las juntas a inspeccionarse deberán tener un espesor uniforme y la exposición deberá realizarse en una línea normal a la unión, pues la sensibilidad de este método por lo regular es del 2% del espesor de la unión.

#### **6.4.6 INSPECCIÓN ULTRASÓNICA**

El método de prueba ultrasónica emplea ondas mecánicas de baja energía y alta frecuencia (ondas sonoras), detecta, localiza e identifica con facilidad discontinuidades en las uniones soldadas. La aplicabilidad de este método a los ensambles depende en buena parte del diseño de la unión, la condición de la superficie, el tamaño de grano de los materiales y la configuración de las áreas adyacentes.

### **6.5 IMPERFECCIONES COMUNES DE LAS UNIONES SOLDADAS**

Las inspecciones destructiva y no destructiva identifican los siguientes tipos de imperfecciones.

#### **6.5.1 PRESENCIA DE POROS**

La presencia de poros en la superficie de la de soldadura fuerte disminuye la resistencia de la junta soldada. Las posibles causas pueden ser debido a:

- Sobre calentamiento de la aleación para soldadura fuerte durante el proceso.
- Sobre calentamiento del fundente durante la operación de soldadura fuerte.
- Inclusiones de residuos de fundente en la junta a soldarse.
- Muy poca aleación de soldadura fuerte en la unión.

### **6.5.2 FALTA DE LLENADO**

Las imperfecciones como huecos, declives pueden ser el resultado de una limpieza inadecuada, separación excesiva, falta de metal de aporte, gas atrapado y por el movimiento de las piezas acopladas por deficiencia de la fijación, lo cual puede reducir la resistencia mecánica de la unión a causa de que se reduce el área que soporta la carga y puede proveer una fuga.

### **6.5.3 ATRAPAMIENTO DE FUNDENTE**

El fundente que es utilizado en toda operación de soldadura indirecta puede quedar atrapado en la junta a soldarse, el mismo que impide el flujo del metal de aporte al interior de la junta. Las inclusiones de fundente ocurren frecuentemente cuando la región a soldarse no se encuentra a la temperatura adecuada.

### **6.5.4 EROSIÓN DEL METAL BASE**

La erosión ocurre cuando el metal de aporte de soldadura fuerte se alea con el metal base. Puede causar socavamiento o la desaparición de la superficie de empalme así como la reducción de la resistencia mecánica de la junta soldada, ya que se altera la composición química de los materiales base y reduce el área de sección transversal de los metales soldados.

### **6.5.5 ASPECTO SUPERFICIAL**

Una apariencia insatisfactoria como aspereza superficial y una extensión excesiva del metal de aporte de soldadura pueden actuar como concentraciones de esfuerzos o lugares propicios para originar corrosión y pueden interferir en la inspección del ensamble soldado.

### **6.5.6 GRIETAS**

Las grietas actúan como concentradores de esfuerzos que reducen la resistencia mecánica del ensamble soldado, causando la falla prematura por fatiga y por ende la reducción de la vida de útil de las piezas soldadas.



## **6.6 CONTROL DE CALIDAD EN TUBERÍAS DE COBRE SOLDADAS**

### **6.6.1 CALIDAD DE LA SOLDADURA**

La calidad de una soldadura como producto final, depende de varios factores, los que intervienen durante todo el proceso de soldar. Entre estos factores se mencionan los siguientes:

#### **Especialista.**

Una buena unión soldada en una instalación, es producto de la eficacia del especialista que conoce los materiales y el procedimiento que debe aplicar.

#### **Material adecuado.**

Un acabado óptimo de la unión soldada se obtiene mediante la selección adecuada del metal base (tubo) a unirse, la utilización de la aleación de aporte, el fundente y el conocimiento de la temperatura de calentamiento.

#### **Herramientas apropiadas.**

El empleo de herramientas adecuadas proporciona la posibilidad de lograr cortes y ajustes perfectos, que son de gran importancia en la obtención de una unión bien soldada.

#### **Método correcto según tipo y situación.**

Aunque la soldadura fuerte y la soldadura blanda son básicamente simples, la variación entre una técnica bien desarrollada y una deficiente, puede reflejar la diferencia entre una unión de buena o mala calidad de la soldadura.

### **6.6.2 CARACTERÍSTICAS DE UNA BUENA SOLDADURA**

Entre los aspectos que caracterizan a una soldadura de buena calidad, deben considerarse los siguientes:

- La firmeza o adhesión de la soldadura en la superficie de unión.
- El sellado compacto y exento de porosidad que evitará la fuga del fluido interior.
- La estética de la soldadura aplicada de manera homogénea y libre de aglomeraciones.

- La aplicación de una adecuada temperatura de calentamiento sin que se debiliten las características del tubo.

### 6.6.3 ENSAYOS Y PRUEBAS REALIZADOS

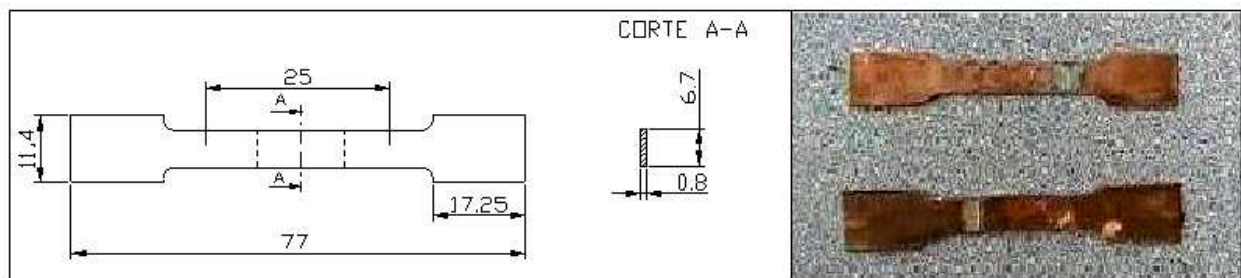
#### a) Ensayo de Tracción

El ensayo se realiza en una Máquina Universal (figura 6.1) y la operación consiste en someter una probeta de láminas de cobre de unión soldada con diferentes materiales de aporte (ver figura 6.2) a una carga de tracción gradualmente creciente hasta que ocurra la falla.



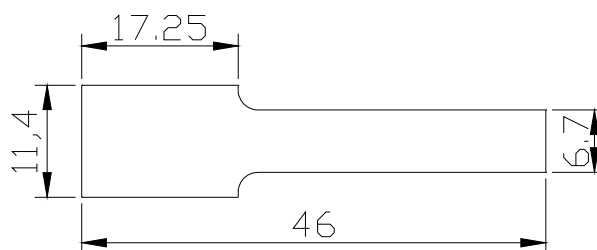
**Figura 6.1:** Máquina para Ensayo de Tracción

Las probetas para ensayos de tracción se fabrican en una variedad de formas, para láminas y placas usualmente se emplea una probeta plana como se indica en la figura 6.2.



**Figura 6.2:** Probeta para ensayo de tracción

Los sistemas de unión se preparan cortando láminas de cobre de 0.4 mm de espesor y de dimensiones como muestra la figura 6.3



**Figura 6.3:** Láminas de cobre

La transición del extremo a la sección reducida debe hacerse por medio de un bisel adecuado para reducir la concentración de esfuerzos causados por el cambio brusco de sección

Estas láminas se sueldan a traslape empleando cinco tipos de metales de aporte. La tabla 6.2 muestra los diferentes tipos de metales de aporte empleados

Nº	Aleación	Norma	T Fusión (°C)	Comp. Química (%)							
				Ag	Cu	P	Zn	Cd	Sn	Pb	Sb
1	Argenta SP5	AWS BCuP-3	704-816	5	89	6	-	-	-	-	-
2	Argenta SP15	AWS BCuP-5	704-816	15	80	5	-	-	-	-	-
3	Argenta SP45	AWS BAg-1a	618-760	45	15	-	15	25	-	-	-
4	Estaño-Plomo	ASTM Grado 50	183-250	-	-	-	-	-	50	50	-
5	Estaño-Antimonio	ASTM	232-340	-	-	-	-	-	95	-	5

**Tabla 6.2:** Características de la soldadura utilizada

En este ensayo las propiedades usualmente determinadas son: La resistencia a la fluencia ( $\sigma_y$ ), la resistencia a la tracción ( $\sigma_{ut}$ ), la resistencia a la rotura ( $\sigma_r$ ), ductilidad, el módulo de Young o de elasticidad (**E**).

### **Objetivos**

Analizar el comportamiento y calcular la resistencia a la tracción de las diversas láminas de cobre soldadas con diferente material de aporte al ser sometidos a un esfuerzo de tracción uniaxial.

### **Material y equipo a utilizar**

- Máquina Universal (Figura 6.1)
- Calibrador.
- Mordazas
- Probetas soldadas de cobre

### **Procedimiento**

1. Tomar las medidas correspondientes a cada una de las probetas a ensayar.
2. Preparar la máquina para ensayos a tracción: ingresar parámetros de prueba (Ver tabla 6.3) y dimensiones iniciales de la probeta en el computador. (figura 6.2)

Velocidad al aplicar carga	50 (mm/min)
Humedad	50 %
Temperatura	22 °C

**Tabla 6.3:** Parámetros de prueba

3. Sujetar la probeta en las mordazas correctamente para evitar que se suelte al aplicar la carga.
4. Graduar el indicador de carga en "cero".
5. Aplicar la carga de una manera continua y lenta.
6. Una vez que ocurra la falla, retirar las partes de la probeta ensayada.
7. Colocar una nueva probeta en la máquina y repetir los pasos anteriores.

### **Recomendaciones**

- Se debe sujetar de manera correcta las probetas a las mordazas para evitar datos erróneos al soltarse los extremos de las probetas cuando se aplica la carga.

- La velocidad con que se la aplica la carga a la probeta en el ensayo de tracción se debe tomar en cuenta ya que el material no se va a comportar de la misma manera como se comporta cuando se le aplica una carga lenta, puede variar la zona elástica y el esfuerzo último

### **b) Prueba Hidrostática**

La instalación de tuberías de distribución de agua potable no debe ser aprobadas hasta que se hayan hecho las pruebas de presión, las que se harán una vez colocadas todas las tuberías y antes de revocar los muros y techos y hacer los pisos en la construcción.

El fabricante deberá verificar el método de diseño con comprobación de pruebas hidrostáticas a las tuberías de distribución de agua.

Se podrá realizar la prueba hidrostática en cualquier lugar de los puntos de la instalación de agua como se crea conveniente

La presión mantenida durante la prueba debe ser de 50% a 100% más alta que la presión máxima a que va a trabajar la red. La presión se obtiene aplicándola a la instalación con una bomba de mano. Una vez conseguida la presión requerida, se para la bomba y se observa la aguja del manómetro, que debe permanecer fija. Si baja, indica que hay alguna fuga y se procede a inspeccionar las tuberías para ver si gotean en algún punto.

#### ***Objetivo***

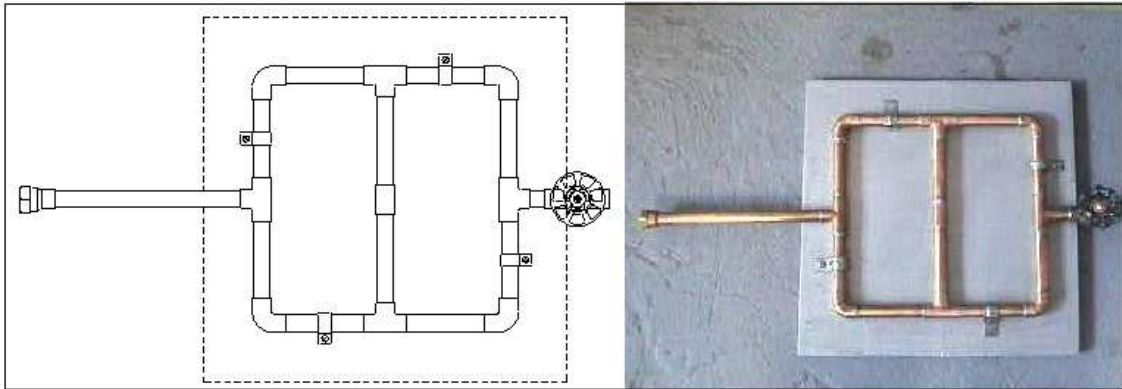
Determinar posibles fallas en las uniones soldadas así como también la resistencia a la rotura de la soldadura en un intervalo corto de tiempo y bajo presión hidrostática interna, de una maqueta de instalación de tubería de cobre soldada con metal de aporte de aleación 95%Sn y 5%Sb, destinada a la conducción de agua potable

#### ***Material y equipo a utilizar***

1. Bomba de mano (Capaz de suministrar presión hidrostática de manera gradualmente creciente)
2. Recipiente que contenga agua a temperatura ambiente
3. Manómetro
4. Reloj (Con graduación en horas y minutos)

### ***Preparación de la maqueta***

1. Dibujo del plano de la maqueta.
2. Selección de materiales, implementos y herramientas.
3. Corte del tablero de sujeción de la maqueta.
4. Pintar el tablero.
5. Corte de tubos de cobre tipo M  $\varnothing$  1/2" a la medida.
6. Escariar y eliminar rebabas de los tubos cortados.
7. Limpiar los tubos y los accesorios con un cepillo metálico.
8. Aplicar fundente con un pincel en las superficies limpias.
9. Ensamblar los accesorios y los tubos.
10. Calentar la junta a soldar.
11. Aplicar el metal de aporte.
12. Enfriamiento del conjunto soldado.
13. Limpieza final de los tubos y accesorios soldados.
14. Colocación y sujeción de la maqueta en el tablero. Ver Figura 6.4



**Figura 6.4:** Maqueta de Prueba

### ***Procedimiento***

1. Limpiar el recipiente de agua para evitar que impurezas pasen a través del sistema de presión
2. Acoplar correctamente la maqueta al sistema de presión como indica la figura 6.5



**Figura 6.5:** Sistema de presión

3. Colocar el manómetro al sistema de presión
4. Llenar el recipiente con agua
5. Purgar el aire del sistema a través de la válvula de globo colocada en la maqueta
6. Someter el conjunto a presión e incrementarla de manera uniforme, hasta alcanzar la presión de ensayo
7. Cerrar la válvula de flujo y mantener la presión constante durante el tiempo especificado para cada ensayo. Ver figura 8.3 y tabla 8.2
8. Someter el conjunto a presión e incrementarla de manera uniforme y continua hasta que la instalación falle. Ver figura 8.4

### **Recomendaciones**

- Se debe revisar las fijaciones de la tubería, apoyos y soportes antes de aplicar la prueba
- El sistema de presión conectado a la instalación de prueba se bloquea o desbloquea de la instalación por medio de válvulas.

### **c) Ensayo Metalográfico**

La metalografía consiste en el estudio de la constitución y la estructura de los metales y las aleaciones.

El examen micrográfico, es una técnica en la que se examinan las superficies metálicas con la ayuda de instrumentos ópticos (microscopio), pudiendo determinar de esta forma las características microscópicas. De este examen se extraen datos sobre los tratamientos mecánicos sufridos por el material, es decir poder determinar si el material fue trefilado, laminado, forjado, etc., además se

puede comprobar la distribución de defectos como grietas superficiales, de forja, rechupes, partes soldadas, etc.

Los exámenes macroscópicos se realizan generalmente sin preparación especial, pero a veces es necesaria una cuidadosa preparación de la superficie para poner de manifiesto las características macroscópicas. En macroscopía, se utilizan criterios para el tipo de corte a realizar (transversal o longitudinal) para extraer la muestra dependiendo el estudio a realizar, por ejemplo:

Corte transversal: Naturaleza del material, homogeneidad, segregaciones, procesos de fabricación de caños, y otros.

Corte longitudinal: Proceso de fabricación de piezas, tipo y calidad de la soldadura y otros.

El examen micrográfico, es una técnica más avanzada y se basa en la amplificación de la superficie mediante el microscopio para observar las características estructurales microscópicas (micro estructura). Este tipo de examen permite realizar el estudio o controlar el proceso térmico al que ha sido sometido un metal, debido a que los mismos nos ponen en evidencia la estructura o los cambios estructurales que sufren en dicho proceso.

Como consecuencia de ello también es posible deducir las variaciones que experimentan sus propiedades mecánicas (dependiendo de los constituyentes metalográficos presentes en la estructura).

El examen de la micro estructura es muy útil para determinar si un metal o aleación satisface las especificaciones en relación a trabajos mecánicos anteriores, tratamientos térmicos y composición general. La micro estructura es un instrumento para analizar las fallas metálicas y para controlar procesos industriales.

Para un estudio de la estructura microscópica se necesita una preparación aún más cuidadosa de la superficie. No obstante el procedimiento de preparación de la superficie es básicamente el mismo para ambos ensayos metalográficos.



**Objetivo**

Interpretar una fotomicrografía para conocer la estructura del metal base y el metal de aporte de las diferentes muestras metalográficas preparadas para el ensayo.

**Materiales a utilizar:**

- Probetas de tubo de cobre soldadas con material de aporte Estaño- Antimonio (95-5) y BCuP-3
- Reactivo de ataque : ácido clorhídrico
- Materiales para esmerilar: papeles lijas con distintos tamaños de grano 240, 320, 400 y 600
- Materiales para pulir: paño sujeto sobre disco de la pulidora automática y abrasivo alúmina (1 micra)
- Microscopio metalográfico.

**Preparación de una muestra**

Los cuatro pasos básicos que se requieren para preparar la superficie para su observación son:

**1) Corte longitudinal**

Se cortan en forma longitudinal varios trozos pequeños del material a examinar. Ver figura 6.6



**Figura 6.6:** Corte longitudinal de la probeta

**2) Montaje**

La muestra se encierra en una resina de poliéster termoplástico transparente, se añade un catalizador para provocar la reacción de polimerización y esta mezcla se coloca en un tubo en el cual se encuentra la probeta, se espera unos minutos

hasta que el plástico se endurece, y por último se saca del molde el objeto ya montado. Ver figura 6.7



**Figura 6.7:** Montaje de probeta

### 3) Desbaste y pulido

Se debe obtener una superficie plana, libre de toda huella de marcas de herramientas, y en la que todas las marcas del esmerilado sigan la misma dirección.

- **Desbaste grueso**

Se efectúa utilizando papel de grano 240 húmedo sobre una superficie plana y dura. Ver figura 6.8



**Figura 6.8:** Pulido de probetas

- **Desbaste fino**

Se efectúa utilizando papeles de grano 320, 400 y 600. Ahora la muestra debe desplazarse en forma tal que las rayas hechas por las distintas lijas formen ángulos rectos con las del inmediatamente anterior. Así, puede verse con claridad si se han eliminado las rayas más gruesas que se hicieron en la operación anterior.

- **Pulido**

La muestra se hace girar con lentitud en sentido contrario al de giro de la rueda cubierta con una tela (pañó), cargada con una suspensión de alúmina 1 micra. Ver Figura 6.9



**Figura 6.9:** Pulidor con chorro de agua

#### **4) Ataque**

Se sumerge la muestra con cara pulida hacia arriba en un reactivo adecuado (ácido clorhídrico), o pasar sobre la cara pulida un algodón embebido en dicho reactivo. Luego se lava la probeta con agua, se enjuaga con alcohol o éter y se seca en corriente de aire

#### ***Examen microscópico***

La muestra se coloca en la placa de un microscopio metalúrgico, de modo que la superficie sea perpendicular al ojo óptico. Puede observarse con ampliaciones diferentes, y elegir la adecuada.



**Figura 6.10:** Microscopio metalúrgico

#### ***Recomendaciones***

- La forma en que se corten las muestras afectará los resultados y su interpretación. La zona donde se efectuara la muestra depende del tipo de pieza a examinar
- Si la muestra es demasiado pequeña se debe sujetar con tenazas o dentro de una resina termoplástica.
- Cuando se termina de esmerilar con un papel de lija, las marcas deben estar todas en la misma dirección
- El desbaste se da por terminado cuando se obtiene una cara perfectamente plana, con rayas muy finas en toda la superficie, producidas en un solo sentido
- La rotación de la muestra durante el pulido reduce a un mínimo el peligro de formación de ranuras.
- Los resultados del pulido pueden mejorarse cuando se realiza sobre la rueda girando a baja velocidad.
- El reactivo de ataque que se utiliza depende del tipo de muestra a examinar

## **6.7 ELABORACIÓN DEL BRAZING PROCEDURE SPECIFICATION**

El BPS, es un documento escrito acerca del proceso de soldadura fuerte y blanda en el que se especifica los datos y variables inherentes en el proceso. Normalmente de Sociedad Americana de Soldadura (AWS) recomienda que las especificaciones del procedimiento para la soldadura indirecta deban considerar los siguientes factores:

1. Tipo de proceso.
2. Metal de aporte y forma.
3. Rango de temperatura para ejecutar la soldadura indirecta.
4. Fundente o atmósfera protectora.
5. Posición para el flujo del metal líquido caliente.
6. Método de aplicación del material de aporte.
7. Tiempo a la temperatura de ejecución de la soldadura indirecta.

## BRAZING PROCEDURE SPECIFICATION.

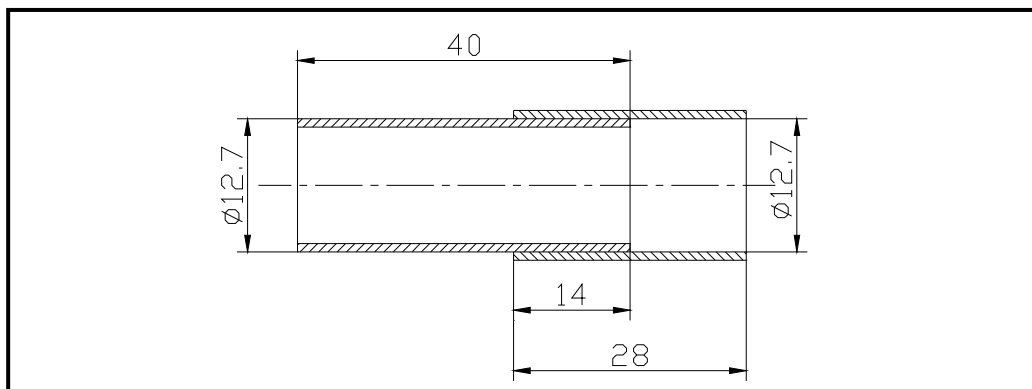
Preparado por: *Medardo Mendoza*Fecha: *2007 - 01 - 06*Aprobado por: *Ing. Homero Barragán*Fecha: *2007 - 04 - 20*BPS: *01*Revisión N°: *01* Fecha:

APLICABILIDAD.		
ASME IX... <b>X</b> ...	AWS.....	OTRO.....

### PROCESO DE SOLDADURA FUERTE.

Proceso: *Soldadura Fuerte con Soplete.*Técnica: *Manual.*Rango de temperatura: *704 – 816 °C*Pre – calentamiento: *No*

### METAL BASE.

Especificación: *Tubo de Cu* Grado: *M A* Especificación: *Accesorio de Cu.* Grado: *M*Rango del espesor del Metal Base: *0,5 a 1 mm.*Rango del diámetro del Tubo: *12,5 a 13 mm*Tipo de junta: *Junta Traslapada.*Descripción de la junta: *Junta traslapada de un tubo y accesorio utilizado para probeta.*Longitud de traslape: *14.0 mm.*Croquis N°: *01*Preparación: *Ninguno.*

### METAL DE APORTE.

Clasificación AWS: *RBCuP-3.*

Clasificación SFA:

Forma: *Varilla plana.*Dimensión: *500 x 3.2 x 1.4 mm.*Aplicación: *Manual.*Posición de flujo: *Descendente.*

### FUNDENTE.

Tipo: *AWS FB3 - A*Atmósfera: *No.*Forma: *Pasta.*Aplicación: *Con pincel.*

Notas adicionales:

## BRAZING PROCEDURE SPECIFICATION.

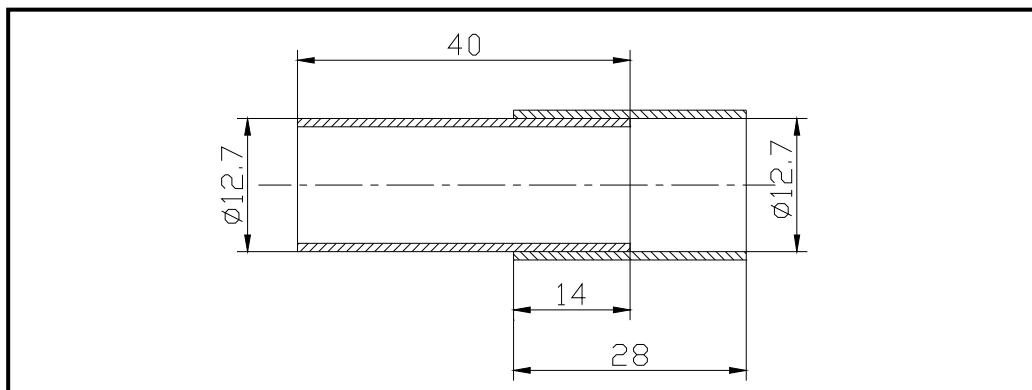
Preparado por: *Medardo Mendoza*Fecha: *2007 - 01 - 06*Aprobado por: *Ing. Homero Barragán*Fecha: *2007 - 04 - 20*BPS: *02*Revisión N°: *01*      Fecha:

APLICABILIDAD.		
ASME IX...X...	AWS.....	OTRO.....

### PROCESO DE SOLDADURA BLANDA.

Proceso: *Soldadura Blanda con Soplete*Técnica: *Manual.*Rango de temperatura: *340 °C*Pre – calentamiento: *No.*

### METAL BASE.

Especificación: *Tubo de Cu*      Grado: *M A*      Especificación: *Accesorio de Cu.* Grado: *M*Rango del espesor del Metal Base: *0,5 a 1 mm.*Rango del diámetro del Tubo: *12,5 a 13 mm*Tipo de junta: *Junta Traslapada.*Descripción de la junta: *Junta traslapada de un tubo y accesorio utilizado para probeta.*Longitud de traslape: *14.0 mm.*Croquis N°: *01*Preparación: *Ninguno.*

### METAL DE APORTE.

Clasificación AWS: *.....*Clasificación ASTM: *95Sn / 5Sb.*Forma: *Alambre.*Dimensión: *Ø 3 mm.*Aplicación: *Manual.*Posición de flujo: *Descendente.*

### FUNDENTE.

Tipo: *Fundente Inorgánico*      Atmósfera: *No.*Forma: *Pasta.*      Aplicación: *Con pincel.*Notas adicionales: *Fundente en base a Cloruro de Zinc*

## BRAZING PROCEDURE SPECIFICATION.

Preparado por: *Medardo Mendoza*Fecha: *2007 - 01 - 06*Aprobado por: *Ing. Homero Barragán*Fecha: *2007 - 04 - 20*BPS: *03*Revisión N°: *01*      Fecha:

APLICABILIDAD.

ASME IX...X...      AWS.....      OTRO.....

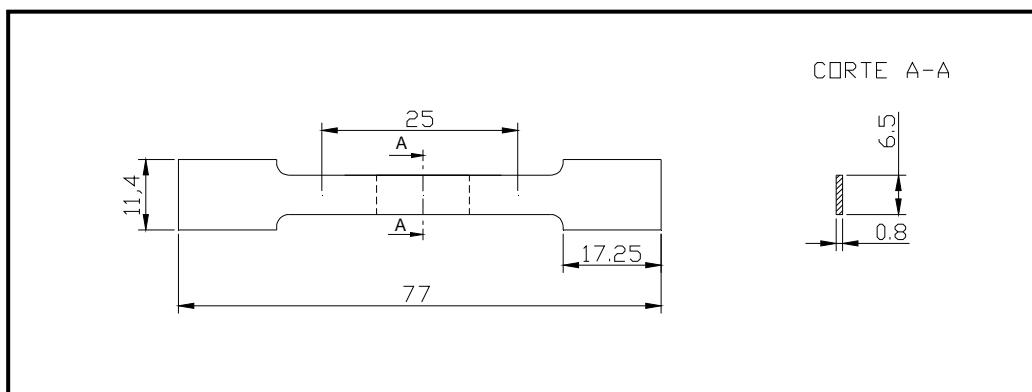
### PROCESO DE SOLDADURA FUERTE.

Proceso: *Soldadura Fuerte con Soplete.*Técnica: *Manual.*Rango de temperatura: *618 – 760 °C*Pre – calentamiento: *No.*

### METAL BASE.

Especificación: *Lámina de Cu*    Grado: *A*    Especificación: *Lámina de Cu.*    Grado:Rango del espesor del Metal Base: *0,4 mm.*

Rango del diámetro del Tubo:

Tipo de junta: *Junta Traslapada.*Descripción de la junta: *Junta traslapada de dos láminas de cobre utilizado para probeta.*Longitud de traslape: *15.0 mm.*Croquis N°: *01*Preparación: *Ninguno.*

### METAL DE APORTE.

Clasificación AWS: *RBCuP-3.*

Clasificación SFA:

Forma: *Varilla.*Dimensión: *500 x 3.2 x 1.4 mm.*Aplicación: *Manual.*Posición de flujo: *Descendente.*

### FUNDENTE.

Tipo: *AWS FB3 - A*Atmósfera: *No.*Forma: *Pasta.*Aplicación: *Con pincel.*

Notas adicionales:

### BRAZING PROCEDURE SPECIFICATION.

Preparado por: *Medardo Mendoza*

Fecha: *2007 - 01 - 06*

Aprobado por: *Ing. Homero Barragán*

Fecha: *2007 - 04 - 20*

BPS: *04*

Revisión N°: *01* Fecha:

APLICABILIDAD.		
ASME IX... <b>X</b> ...	AWS.....	OTRO.....

#### PROCESO DE SOLDADURA BLANDA.

Proceso: *Soldadura Blanda con Soplete.*

Técnica: *Manual.*

Rango de temperatura: *340 °C*

Pre – calentamiento: *No.*

#### METAL BASE.

Especificación: *Lámina de Cu* Grado: *A* Especificación: *Lámina de Cu.* Grado:

Rango del espesor del Metal Base: *0.4 mm.*

Rango del diámetro del Tubo:

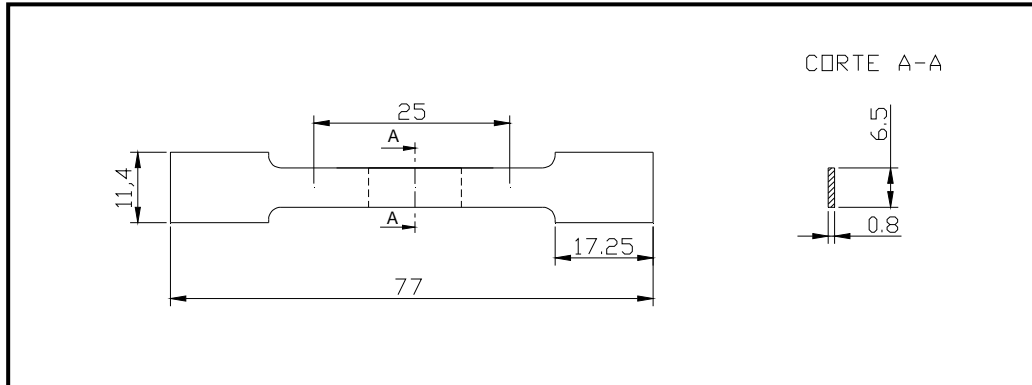
Tipo de junta: *Junta Traslapada.*

Descripción de la junta: *Junta traslapada de dos láminas de cobre utilizado para probeta.*

Longitud de traslape: *15.0 mm.*

Croquis N°: *01*

Preparación: *Ninguno.*



#### METAL DE APORTE.

Clasificación AWS: .....

Clasificación ASTM: *95Sn / 5Sb.*

Forma: *Alambre.*

Dimensión: *∅ 3.0 mm.*

Aplicación: *Manual.*

Posición de flujo: *Descendente.*

#### FUNDENTE.

Tipo: *Fundente Inorgánico.* Atmósfera: *No.*

Forma: *Pasta.* Aplicación: *Con pincel.*

Notas adicionales: *Fundente en base a Cloruro de Zinc.*



## BRAZING PROCEDURE SPECIFICATION.

Preparado por: *Medardo Mendoza*Fecha: *2007 - 01 - 06*Aprobado por: *Ing. Homero Barragán*Fecha: *2007 - 04 - 20*BPS: *05*Revisión N°: *01*      Fecha:

APLICABILIDAD.		
ASME IX... <b>X</b> ...	AWS.....	OTRO.....

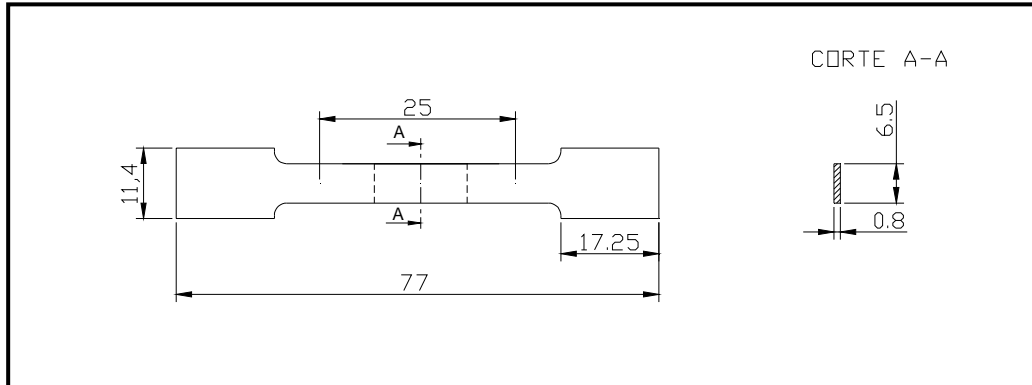
### PROCESO DE SOLDADURA BLANDA.

Proceso: *Soldadura Blanda con Soplete.*Técnica: *Manual.*Rango de temperatura: *250 °C*Pre – calentamiento: *No.*

### METAL BASE.

Especificación: *Lámina de Cu*    Grado: *A*    Especificación: *Lámina de Cu.*    Grado:Rango del espesor del Metal Base: *0,4 mm.*

Rango del diámetro del Tubo:

Tipo de junta: *Junta Traslapada.*Descripción de la junta: *Junta traslapada de dos láminas de cobre utilizado para probeta.*Longitud de traslape: *15.0 mm.*Croquis N°: *01*Preparación: *Ninguno.*

### METAL DE APORTE.

Clasificación AWS: .....

Clasificación ASTM: *50Sn / 50Pb*Forma: *Alambre.*Dimensión: *∅ 3.0 mm.*Aplicación: *Manual.*Posición de flujo: *Descendente.*

### FUNDENTE.

Tipo: *Fundente Inorgánico.*Atmósfera: *No.*Forma: *Pasta.*Aplicación: *Con pincel.*Notas adicionales: *Fundente en base a Cloruro de Zinc.*

## **CAPITULO 7**

### **CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES DE TUBERÍAS DE COBRE**

#### **7.1 INTRODUCCION**

La selección del material de una tubería para un sistema de distribución de agua potable se basa en diversos factores, algunos de ellos dependen del material mismo, de la aplicación y las condiciones de la instalación, así como también de la economía y mantenimiento del sistema.

Basándose en los criterios anteriores, el cobre es el material más adecuado para casi todos los sistemas de distribución de agua, especialmente en construcciones residenciales ya que tiene ciertas ventajas sobre otros materiales como el tubo PVC, el tubo de hierro galvanizado, etc.

Por su rigidez, la tubería de cobre requiere menos ganchos y soportes que las tuberías de otros materiales. Las uniones y los accesorios son de menor tamaño cuando se utiliza cobre beneficiando en el diseño de sistemas de distribución cuando es poco el espacio disponible, sobre todo en edificios.

Debido a las propiedades del cobre se permite utilizar tubos de menor tamaño y doblarlos fácilmente para evitar las obstrucciones. Esto se convierte en una gran ventaja, ya que frecuentemente los planos de las instalaciones no coinciden con la instalación real, pues casi siempre se requieren cambios de último momento en el diseño.

La tubería de cobre tiene excelente resistencia a daños externos e internos causados por corrosión. No se genera una rugosidad interior en la superficie ni se presenta una reducción del flujo por corrosión interna, además no se deteriora con el tiempo, ni se vuelve frágil. Si existe algún daño en la instalación éste puede repararse sin dificultades y con rapidez.

#### **7.2 DETECCIÓN Y REPARACIÓN DE FUGAS.**

Las fugas se presentan como roturas, desgaste de piezas, conexiones y tuberías picadas. Generalmente se producen por la mala calidad de los materiales de los elementos instalados, por las deficientes instalaciones de tubería a través de las

conexiones, por empaques desgastados o mal colocados, por la antigüedad de las instalaciones, por la falta de mantenimiento o por presiones muy altas en la alimentación. Estas fugas se pueden reducir mediante las siguientes actividades:

1. Inspección de las instalaciones y elaboración de un diagnóstico general.
2. Realización de reparaciones necesarias en tuberías, accesorios, etc.
3. Coordinación de programas ciudadanos para concienciar a los usuarios.

### **7.2.1 LOCALIZACIÓN DE FUGAS.**

Las fugas en el interior de una vivienda y edificación se presentan en:

- La tubería de conducción interna.
- Las conexiones entre tuberías y accesorios, llaves, etc.
- Los muebles sanitarios como lavabo, ducha, fregadero y principalmente en los herrajes del inodoro.

Las fugas internas son los gastadores silenciosos del agua en las edificaciones. Una llave de agua goteando o inodoros donde constantemente está corriendo el agua son los problemas más obvios, pero muchas fugas están escondidas y pueden desperdiciar muchos litros de agua al día.

Las fugas pueden detectarse a simple vista a través de goteo de las llaves o tuberías, al observarse humedad en los muros, o por medio del medidor. Las más comunes se encuentran en el inodoro, ya sea en la válvula, el tubo de contra o el flotador, situación que con un poco de trabajo y disposición se puede solucionar.

Si la fuga se localiza en el tubo general de distribución, deben cerrarse las válvulas generales de la vivienda (agua fría y caliente). Si consigue localizar cual de las dos es la afectada por la avería, puede mantener la otra abierta.

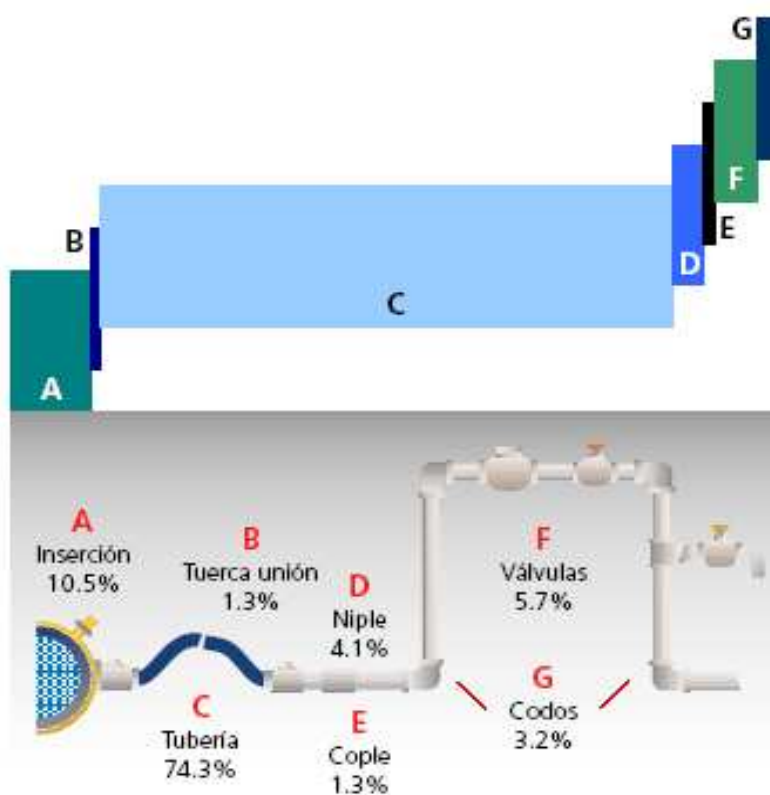
Para constatar la correcta instalación de la red, se le aplica presión o se empata a la red de distribución pública para ver que no se presenten fugas de agua, si esto sucede se cierra la válvula o llave de entrada y se hacen las reparaciones que sean pertinentes.

Si la fuga se localiza en el interior de un cuarto (cocina, baños, lavadero, etc.) deben cerrarse las dos válvulas de corte correspondientes al local afectado.

Si la fuga está localizada en la grifería, deben cerrarse las pequeñas válvulas de corte situadas en el tubo flexible que le suministra agua al grifo correspondiente.

Si la grifería afectada es la de la bañera, deben cerrarse las válvulas del cuarto de baño.

La insistencia en recomendar la correcta instalación y prueba de tomas domiciliarias se sustenta en el porcentaje que éstas representan en las fugas de agua. Es un asunto que compromete a autoridades municipales, a los organismos encargados de la prestación de los servicios y a todos los usuarios, pero principalmente a quienes realizan la instalación. En la Figura 7.1 se muestra la ubicación y fugas de agua más frecuentes en la toma domiciliaria.



**Figura 7.1:** Ubicación y frecuencia de fugas en las tomas domiciliarias.

### 7.2.2 INSTRUCCIONES DE CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.

- Si se producen derrames de agua en el interior de una vivienda o una edificación deberán tomarse ciertas medidas de precaución para evitar graves problemas de inundaciones, daños en la infraestructura, accidentes y pérdidas económicas.
- En caso de ausencia prolongada de la vivienda, deben cerrarse las válvulas generales de corte (agua fría y agua caliente).

- En caso de corte de agua es necesario asegurarse que todos los grifos están correctamente cerrados, para evitar que, cuando regrese el suministro, puedan provocarse inundaciones. No deben dejarse en funcionamiento la lavadora ni el lavavajillas cuando la vivienda está desocupada.
- Debe revisarse la correcta fijación de los aparatos sanitarios al suelo y paredes, ya que la existencia de holguras o movimientos de los aparatos puede provocar fugas en los tubos de alimentación y desagües.
- Nunca se deben utilizar los tubos como tomas de tierra de aparatos eléctricos.
- No es recomendable apretar excesivamente los mandos de los grifos, puesto que se podría dañar la junta de cierre.
- Las juntas de goma de los grifos deben revisarse y, si es el caso, ser sustituidas cada dos años o después de un largo periodo de inactividad. Si los grifos poseen cierre cerámico no es precisa esta operación.
- Cualquier modificación de las partes de la instalación debe ser realizada por personal especializado.
- No se debe poner en contacto, en una instalación, el cobre y el acero galvanizado, puesto que se produciría corrosión.
- Los aparatos y accesorios cromados deben secarse y limpiarse adecuadamente para mejorar su durabilidad.

### **7.2.3 REPARACIÓN DE INSTALACIONES DE TUBOS DE COBRE.**

Las instalaciones de tuberías de cobre se las construye y ensambla de manera que perduren indefinidamente; sin embargo, existen ciertos factores que alteran la funcionalidad del mismo y por ende se recurre a la inmediata reparación por motivo de evitar daños mayores y costos innecesarios.

Una de los primeros aspectos que se debe seguir para realizar la reparación de una instalación de tuberías de cobre es cerrar el flujo del agua y vaciar la tubería antes de hacer una reparación con soplete, porque de lo contrario puede acumularse una peligrosa presión de vapor en los tubos que podrían lastimar al operario.

Para reparar una junta que se ha aflojado o que tiene fugas, debe calentarse la junta con un soplete de propano hasta extraer por completo el accesorio del tubo

utilizando unas pinzas, ya que tratar de soldar alrededor de la junta defectuosa para terminar con la fuga, sencillamente no funcionará.

Una vez desarmada la junta, se utiliza un cuchillo, lima, un papel de lija ó un cepillo metálico para retirar la soldadura vieja así como los residuos del tubo y de la parte interna del accesorio. Si va a trabajar con elementos nuevos, deberá limpiarse adecuadamente los extremos del tubo y la parte interna de los accesorios con papel de lija fino ó con un cepillo metálico.

Si el tubo y el accesorio se encuentren totalmente limpios, se procede a realizar la soldadura con la secuencia que se indica a continuación:

1. Aplicar una capa de fundente en la parte externa del tubo y en la parte interna del accesorio.
2. Insertar completamente el accesorio en el tubo de cobre y girarlo suavemente para extender el fundente.
3. Extraer del rollo de soldadura 95 / 5 unas 8 pulgadas y doblar en el extremo del alambre de manera que llegue a la junta fácilmente.
4. Encender el soplete de propano y regular la llama hasta que tenga unas dos pulgadas de largo, pues para efectuar este trabajo, no necesita una llama demasiado grande; las pequeñas son más fáciles de controlar.
5. Mantener la llama en contacto con el accesorio durante unos segundos y, después girar alrededor de éste para distribuir el calor. La junta unida estará lo suficientemente caliente cuando al tocar la soldadura sobre esta, el metal de aporte se derrite y se extiende alrededor de la junta.
6. Aplicar el metal de aporte en diferentes lugares alrededor del tubo cerca de cada extremo del accesorio, de modo que el calor del tubo la funda y ésta fluya por el interior de la junta. No es conveniente fundir el alambre de la soldadura con la llama del soplete para hacerla gotear sobre la junta. Éste es un error común.
7. Cuando la unión soldada se encuentre fría, se debe limpiar cuidadosamente con un trapo. Una junta bien soldada debe tener un anillo de soldadura delgado y uniforme alrededor del tubo.
8. Por último, se debe probar la instalación reparada, permitiendo que el agua circule y que salga con fuerza. Si llegara a existir una fuga, lo que se debe hacer es identificar el origen de la fuga y proceder a su inmediata reparación.

### 7.3 COSTOS EN LAS INSTALACIONES DE TUBERÍAS DE COBRE

Los costos que intervienen en una instalación de tuberías de cobre para conducción de agua potable dependen de las inversiones o gastos que se generan en cuanto al consumo de materiales, equipos, herramientas, mano de obra y otros gastos generales, los cuales se pueden clasificar en dos grupos.

1. Costos Directos.
2. Costos Indirectos.

#### 7.3.1 COSTOS DIRECTOS

Son aquellos costos que se verifican con la instalación terminada como: tuberías de cobre, accesorios, aleaciones de aporte, fundentes, mano de obra, equipos y herramientas.

##### **Aleaciones de Aporte y Fundentes**

En el mercado local las aleaciones para soldadura blanda como la 95/5 y la aleación 50/50, se encuentran en forma de carretes de alambre de aproximadamente 7 metros de longitud y con un peso de ½ kilogramo. Para soldadura fuerte las aleaciones de aporte de cobre – fósforo: RBCu-P-3 (5% Ag), RBCu-P-5 (15% Ag) y aleaciones de plata BAg-1 (45% Ag) se encuentran en forma de laminas y varillas. Los fundentes para soldadura blanda como para soldadura fuerte se encuentran en forma de pasta y su costo depende de la marca y calidad del fundente.

DESCRIPCION.	CANTIDAD	PRECIO
Aleación 95/5 (Marca Indeep)	1 U.	12.50
Aleación 50/50 (Marca Indeep)	1 U.	7.50
RBCu-P-3	1 U.	1.20
RBCu-P-5	1 U.	2.80
RBAg-1	1 U.	7.39
Fundente para Soldadura Blanda. (Marca Indeep, 100 gramos)	1 U.	2.50
Fundente para Soldadura Fuerte.	1 U.	2.55

**Tabla 7.1:** Costo de metales de aporte y fundentes.

### Tuberías y Accesorios

El cobre es competitivo frente a otros productos en términos de costo de material e instalación y, su probada durabilidad demuestra la excelente relación calidad - precio. Los instaladores pueden usar un solo tipo de material para todos los servicios de agua y desagüe, de manera que se ahorre tiempo y gastos innecesarios. Las tablas 7.2 y 7.3 presentan los precios de tubos rígidos y accesorios de cobre que más se utilizan en las instalaciones.

TUBERIA DE COBRE	CANTIDAD	PRECIO
Tubo 1/2" x 6 Tipo L.	1 U.	35.18
Tubo 3/4" x 6 Tipo L.	1 U.	57.10
Tubo 1" x 6 Tipo L.	1 U.	82.90
Tubo 1/2" x 6 Tipo M	1 U.	25.52
Tubo 3/4" x 6 Tipo M	1 U.	40.36
Tubo 1" x 6 Tipo M	1 U.	58.20

**Tabla 7.2:** Costo de Tuberías de Cobre

ACCESORIOS DE COBRE	CANTIDAD	PRECIO
Codo 1/2" x 90° Cu	1 U.	0.37
Codo 1/2" x 45° Cu	1 U.	0.82
Puente 1/2" Cu	1 U.	4.95
Reducción 3/4" x 1/2" Cu	1 U.	3,77
Tee 1/2" Cu	1 U.	0.62
Tapón 1/2" Cu	1 U.	0.24
Universal 1/2" Cu	1 U.	2.80
Unión 1/2" Cu	1 U.	0.27

**Tabla 7.3:** Costo de Accesorios de Cobre

En la siguiente tabla se analizan los costos unitarios de materiales (tuberías, accesorios de cobre, aleaciones de aporte y fundentes)

Descripción	Unidad	Cantidad (A)	Precio Unitario (B)	Costo (C=A*B)
Tubería tipo M 1/2" más accesorios (codos)	m	1.05	4.99	5.23
Aleación de aporte Sn - Sb (95/5)	m	0.02	1.78	0.03
Fundente en pasta.	U.	0.01	0.02	0.0002
<b>Subtotal M</b>				<b>5.26</b>

**Tabla 7.4:** Costo de Material



### Mano de Obra

Son aquellas personas quienes realizan la instalación de tuberías de cobre. Generalmente la realiza un plomero y un ayudante. En la tabla 7.5 se especifican el costo de mano de obra.

Descripción	Cantidad (A)	Jornal- Hora (B)	Costo - Hora (C=A*B)	Costo
Plomero.	1.	5.00	5.00	5.00
Ayudante.	1.	1.42	1.42	1.42
<b>Subtotal N</b>				<b>6.42</b>

**Tabla 7.5:** Costo Total de Mano de Obra

### Equipo y Herramientas

El costo de herramientas menores (herramientas pequeñas como cepillos metálicos para limpieza, cortador de tubo, escariador, etc.) equivale al cinco por ciento del costo total de la mano de obra, se detalla en la tabla 7.6.

Descripción	Cantidad (A)	Tarifa-Hora (B)	Costo - Hora (C= A*B)	Costo
Herramientas menores.	-	-	-	0.32
Equipo de soldadura.	1.	0.25	0.25	0.25
<b>Subtotal O</b>				<b>0.57</b>

**Tabla 7.6:** Costo Total de Equipos y Herramientas

### 7.3.2 COSTOS INDIRECTOS

Son aquellos costos que no intervienen con la instalación de tuberías de cobre ya concluida, por ejemplo: la utilización de transporte.

### 7.3.3 COSTO TOTAL

El costo total de una instalación de tubería de cobre para conducción de agua potable se puede determinar mediante dos factores que son:

1. Costo por metro de Tubería Instalada

El costo por metro de tubería instalada se puede determinar mediante la suma de los costos directos (cálculo de los costos unitarios de materiales, mano de obra, equipos y herramientas) y los costos indirectos (sí existe el caso). El valor final

obtenido es en dólares por metro lineal [\$/ m] En la tabla 7.7 se muestran tales valores.

<b>COSTOS DIRECTOS. (X=M+N+O)</b>	<b>12.25</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS.</b>	<b>0.00</b>
<b>COSTO TOTAL. (Costo por metro de instalación)</b>	<b>12.25 [\$/ m]</b>

**Tabla 7.7:** Costo Total por Metro de Tubería Instalada.

## 2. Punto de agua

En el caso del punto de agua, que significa, el conjunto de tuberías y accesorios (fittings) conectados en una secuencia lógica desde la red principal hasta la salida en un accesorio utilizable como: un grifo, una ducha, un lavabo, etc. Se puede determinar el valor en dólares [\$/ Punto], multiplicando el número de metros lineales de tubería por el costo del metro de tubería instalada.

## **CAPÍTULO 8**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS**

#### **8.1 INTRODUCCION**

Uno de los objetivos que se plantearon en la realización de esta tesis pasaban por determinar y analizar la resistencia de la soldadura bajo presión hidrostática interna y esfuerzo de tracción uniaxial. Otro de los objetivos prioritarios era conocer la estructura del metal base y metal de aporte de las diferentes uniones soldadas de tuberías de cobre, obtenidas por el proceso de soldadura indirecta utilizadas en la conducción de agua potable.

Para intentar cumplir estos objetivos se realizaron:

- Ensayos de tracción a laminas electrolíticas de cobre de 0,4 mm de espesor soldadas a traslape con cinco materiales de aporte como indica la tabla 5.3
- Prueba hidrostática en intervalo corto de tiempo a una maqueta de instalación de tubería de cobre soldada con metal de aporte (95% Sn y 5% Sb) destinada a la conducción de agua potable
- Ensayo metalográfico con el fin de interpretar una fotomicrografía a diferentes muestras de uniones soldadas de tubería de cobre cortadas longitudinalmente

Con los resultados de los diferentes ensayos experimentales ya estamos en condiciones de realizar un análisis del porque de cada uno de los resultados obtenidos a si como decidirnos por la mejor unión soldada utilizada en la conducción de agua potable y comprobar si se han cumplido los objetivos propuestos al inicio de este trabajo.

Para realizar este estudio se ha dividido el mismo en tres partes: primeramente se analizara los resultados del ensayo de tracción, para lo cual se tomaran en cuenta todas las respuestas obtenidas de cada una de las probetas ensayadas buscando la probeta que presente mayor resistencia de soldadura y que la soldadura empleada sea segura, confiable y no tóxica.

Una vez hallada la probeta soldada con mejores resultados se procederá a realizar una maqueta de instalación de tubería de cobre utilizando la soldadura seleccionada para realizar la prueba hidrostática.

Finalmente se realizará el análisis de la constitución y estructuras del metal base y metal de aporte de las diferentes muestras soldadas a través del ensayo metalográfico.

## 8.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO DE TRACCION

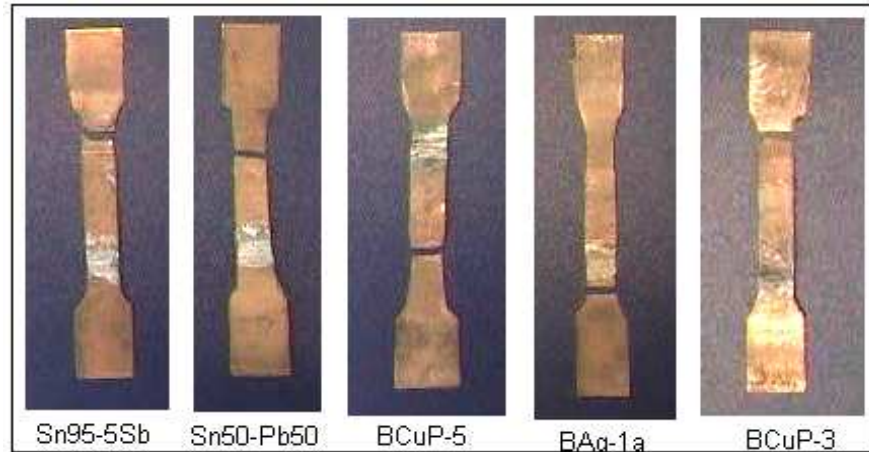
Se prepararon 3 probetas de cada metal de aporte de soldadura las cuales fueron ensayadas en una máquina universal para ensayos de tracción (Ver Anexo A Foto 11) Laboratorio de Polímeros de la EPN, la cual nos arrojó los siguientes resultados.

### Datos obtenidos

Nº	Aleación	$\epsilon$ (%) c.max	F (KN) c.max	$\sigma_{ut}$ (MPa) c. max	$\epsilon$ (%) rotura	F (KN) rotura	$\sigma_r$ (MPa) rotura	$\epsilon$ (%) fluen.	F (KN) fluen.	$\sigma_y$ (MPa) fluencia	E (MPa) M Young
1	Arg.SP5 (BCuP-3)	27,23	0,59	110,10	29,07	0,4993	93,15	6,46	0,1189	22,18	1689
2	Arg.SP15 (BCuP-5)	28,74	0,6317	117,9	30,13	0,4821	89,95	6,77	0,1393	26,00	2129
3	Arg.SP45 (BAg-1a)	32,07	0,6166	115,00	33,20	0,5010	93,46	10,99	0,1393	26,00	1520
4	Sn-Pb (50 - 50)	21,39	0,7461	139,20	23,20	0,7301	136,20	4,836	0,1344	25,08	1676
5	Sn-Sb (95 - 5)	23,65	0,699	130,60	24,67	0,692	129,1	7,041	0,116	21,65	1508

**Tabla 8.1:** Resultados del Ensayo de tracción

La fuerza máxima a la tracción de las uniones soldadas, se muestran en la tabla 8.1. La soldadura presenta una alta calidad en la unión, las probetas se rompieron sobre la zona soldada. Esto puede ser observado en la figura 8.1



**Figura 8.1:** Zonas de rompimiento de las probetas soldadas

La resistencia mecánica de la lámina sin soldar es de 197 MPa y después de soldado fue de 110 a 140 MPa. Valor correspondiente a un cobre recocido, que es la situación de la probeta por lo que la resistencia a la tracción de la lámina sin soldadura se reduce en un 44% después de soldada, el valor correspondiente al cobre recocido se produce cuando la temperatura alcanza entre 500 y 600 °C, y dependiendo del tiempo a esta temperatura se produce un engrosamiento del grano en la estructura cristalina lo que origina que el cobre pierda su dureza y parte de sus cualidades características.

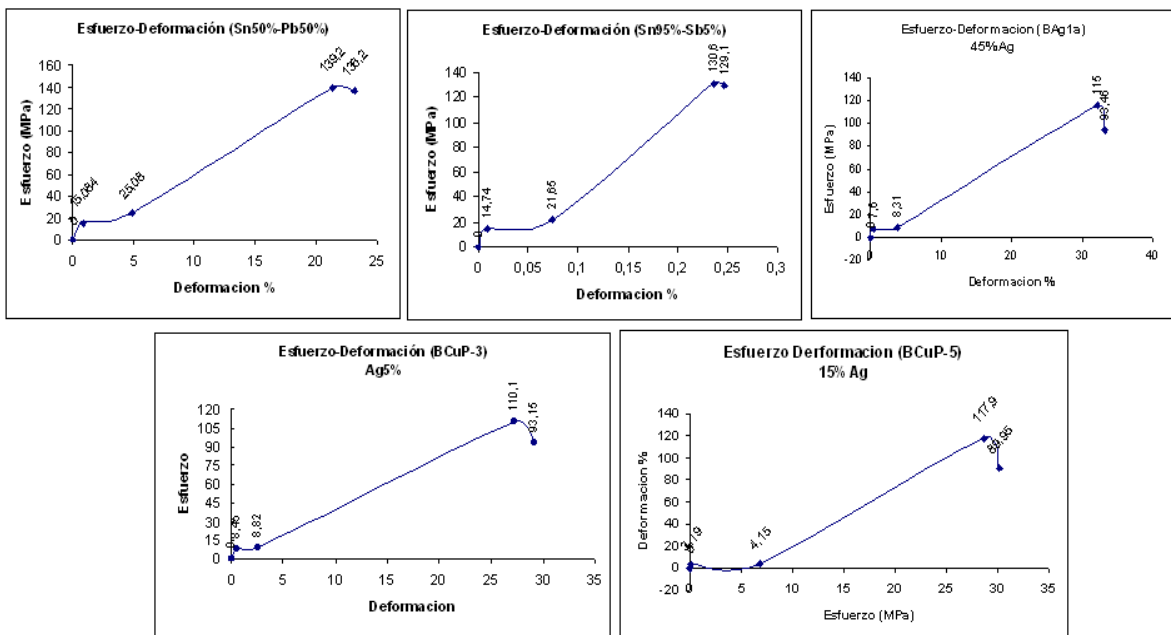
La resistencia a la tracción, la resistencia a la rotura disminuyen cuando el material se somete a temperaturas de calentamiento más altas, en tanto que la ductilidad y el módulo de elasticidad se incrementa según muestran los datos obtenidos del ensayo.

La resistencia del material ( $\sigma_{ut}$ ) es un parámetro de calidad y no puede interpretarse como un parámetro de diseño, ya que al aplicarse un esfuerzo correspondiente a su resistencia el material fallará, por lo que es importante analizar el esfuerzo de fluencia ( $\sigma_y$ ) como parámetro de diseño.

De acuerdo a los datos del parámetro de calidad de la soldadura ( $\sigma_{ut}$ ) la probeta de aleación Estaño - Plomo (50-50) presenta mayor resistencia ya que posee un punto de fusión mas bajo que las anteriores como indica la tabla 6.2, pero debido a la toxicidad del plomo no se recomienda para la distribución de agua potable.

Después de realizar la prueba de tracción y de establecer el esfuerzo y la deformación para varias magnitudes de la carga, se puede trazar un diagrama de esfuerzo contra deformación. Tal diagrama es característico del material y proporciona información importante acerca de las propiedades mecánicas y el comportamiento típico del material.

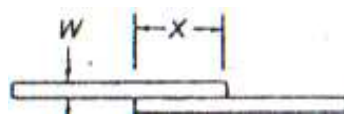
En la figura 8.2 muestra el diagrama esfuerzo deformación de cada una de las probetas ensayadas



**Figura 8.2:** Diagrama esfuerzo-deformación de probetas ensayadas (fuera de escala)

Con los datos obtenidos en el ensayo de tracción se puede determinar la resistencia al esfuerzo cortante de la aleación de soldadura mediante la aplicación de la siguiente formula.

$$L = \frac{Y.T.W}{X}$$



En donde:

- X:** Longitud del traslape, en pulgadas.
- W:** Espesor de la pared del miembro más débil, en pulgadas
- Y:** Factor de seguridad (generalmente 4 o 5)
- L:** Resistencia al esfuerzo cortante de la aleación de soldadura, en PSI.
- T:** Resistencia a la tensión del miembro más débil, en PSI.

- **Resistencia al esfuerzo cortante de la Aleación Argenta SP5 (BCuP-3)**

$$X = 0,59 \text{ plg}$$

$$W = 0,016 \text{ plg}$$

$$Y = 5$$

$$T = 110,10 \text{ MPa} = 15968.65 \text{ PSI.}$$

$$L = \frac{Y.T.W}{X} = \frac{5 * 15968.65 * 0.016}{0.59} = 2165.24 \text{ PSI}$$

- **Resistencia al esfuerzo cortante de la Aleación Argenta SP15 (BCuP-5)**

$$X = 0,59 \text{ plg}$$

$$W = 0,016 \text{ plg}$$

$$Y = 5$$

$$T = 117,9 \text{ MPa} = 17099,95 \text{ PSI.}$$

$$L = \frac{Y.T.W}{X} = \frac{5 * 17099.95 * 0.016}{0.59} = 2318.64 \text{ PSI}$$

- **Resistencia al esfuerzo cortante de la Aleación Argenta SP45 (BAg-1a)**

$$X = 0,59 \text{ plg}$$

$$W = 0,016 \text{ plg}$$

$$Y = 5$$

$$T = 115 \text{ MPa} = 16679,34 \text{ PSI.}$$

$$L = \frac{Y.T.W}{X} = \frac{5 * 16679.34 * 0.016}{0.59} = 2261.6 \text{ PSI}$$

- **Resistencia al esfuerzo cortante de la Aleación Estaño- Plomo(50 - 50)**

$$X = 0,59 \text{ plg}$$

$$W = 0,016 \text{ plg}$$

$$Y = 5$$

$$T = 139,2 \text{ MPa} = 20189,25 \text{ PSI.}$$

$$L = \frac{Y.T.W}{X} = \frac{5 * 20189.25 * 0.016}{0.59} = 2737.53 \text{ PSI}$$

- **Resistencia al esfuerzo cortante de la Aleación Estaño-Antimonio (95 - 5)**

$$X = 0,59 \text{ plg}$$

$$W = 0,016 \text{ plg}$$

$$Y = 5$$

$$T = 130,6 \text{ MPa} = 18941,93 \text{ PSI.}$$

$$L = \frac{Y.T.W}{X} = \frac{5 * 18941.93 * 0.016}{0.59} = 2568,39 \text{ PSI}$$

De los cálculos realizados se puede determinar que la aleación que presenta mayor resistencia al esfuerzo cortante es la de Estaño-Plomo (50-50) seguida de la de Estaño Antimonio (95-5), siendo esta última una aleación segura, confiable y no toxica en la conducción de agua potable.

### 8.3 ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LA PRUEBA HIDROSTÁTICA

La maqueta de ensayo para la prueba hidrostática se preparo con tubo y accesorios de cobre Tipo M de diámetro ½ in. Los sistemas de unión se realizó con aleación Estaño–Antimonio (95-5).

Esta prueba se la realizó en el Laboratorio de Fluidos de la EPN, el método constió en someter a la maqueta a presión hidrostática interna constante durante un tiempo corto y bajo determinadas condiciones de ensayo. Ver tabla 8.2

Presión (PSI)	Ø Tubería (plg)	Temperatura (20 °C)	Fluido	Tiempo (min)
75	½	ambiente	agua	30
225	½	ambiente	agua	15
400	½	ambiente	agua	5
Falla (4200)	½	ambiente	agua	

**Tabla 8.2:** Parámetros de Prueba

La maqueta realizada simula una instalación para conducción de agua potable utilizada en domicilios, por lo que los tiempos empleados en el ensayo son proporcionales

Las prueba hidrostática en instalaciones reales de agua potable debe efectuarse en longitudes no mayores de 800 metros a la vez y en un tiempo de 45 minutos a una presión aproximada de 110 PSI, antes de efectuar las pruebas, deben comprobarse que los bloques de anclaje construidos hayan endurecido lo



suficiente y que los accesorios y válvulas estén debidamente instalados, además de que estos queden descubiertos, para poder observar e inspeccionar fácilmente si existe alguna de estas fallas, que se detallan a continuación.

### Fallas de prueba

- **Fugas.** Transmisión del fluido de ensayo a través de grietas o perforaciones ocurridas en las uniones o accesorios de la instalación con la consecuencia de pérdida de presión suministrada.
- **Hinchamiento.** Cualquier expansión local anormal de los accesorios producida por la presión interna
- **Reventamiento.** Falla por rotura de la pared o soldadura en los accesorios o uniones de la instalación
- **Exudación.** Filtración que ocurre a través de fisuras microscópicas en la pared o unión soldada. Se evidencia en forma de manchas o gotas en el lugar de la misma.

Luego de introducir la presión y mantenerla de acuerdo a los parámetros de prueba se observa que la aguja del manómetro permanece fija, además se aprecia la estanqueidad del agua y buen funcionamiento de la instalación al no observarse ninguna falla de prueba. Ver figura 8.3



**Figura 8.3:** Presiones de Ensayo

Para determinar la resistencia a la rotura en la soldadura se somete la maqueta a presión hidrostática interna uniformemente creciente, hasta que se produzca

alguna falla de prueba, y se observa que a 4000 PSI aproximadamente no se produce falla en las uniones soldadas sino en la parte interior de la válvula de globo acoplada en la instalación. Ver figura 8.4



**Figura 8.4:** Presión de Falla

Al realizar esta inspección se comprueba que las uniones soldadas con Estaño-Antimonio (95-5) han cumplido todas las disposiciones establecidas para las tuberías de distribución de agua potable ya que garantizan la seguridad y confiabilidad de la instalación a si como también el correcto suministro de agua potable al no presentarse ninguna falla de prueba.

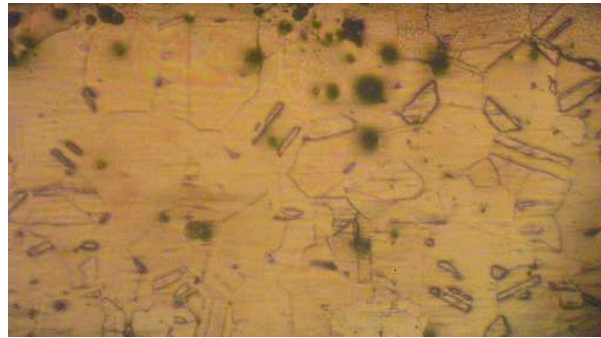
#### **8.4 ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE EL ENSAYO METALOGRAFICO**

Se soldaron 2 accesorios de tubería de cobre Tipo M de diámetro ( $\frac{1}{2}$  in) con metal de aporte Estaño- Antimonio (95-5) y BCuP-3, la superficie de estas probetas fueron preparadas para realizar la observación metalográfica que busca ver defectos superficiales, fases presentes, difusión de átomos, forma de grano etc.

El ensayo se realizo en el Laboratorio de Metalografía de la EPN.

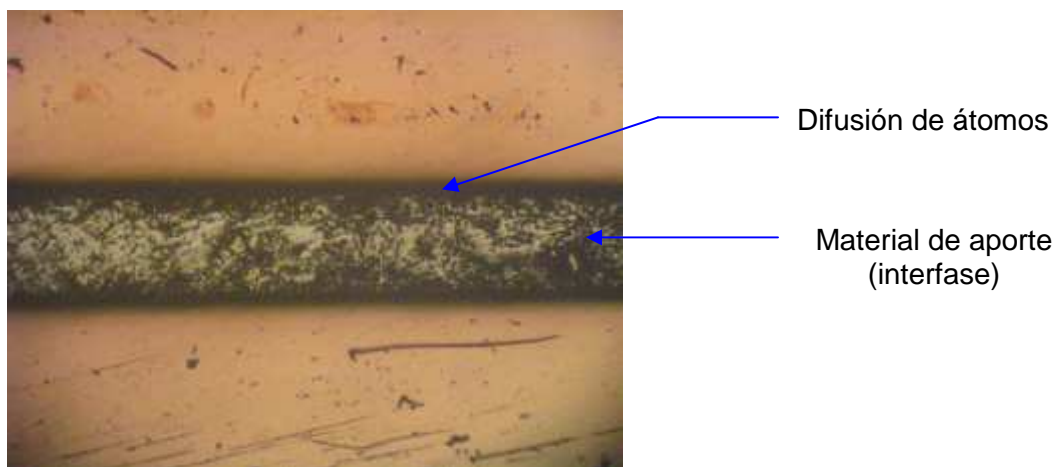
#### 8.4.1 ANÁLISIS DEL MATERIAL BASE

Por medio de la metalografía en la figura 8.5 tomada de la muestra atacada químicamente se observa la presencia de una sola fase continua de cobre por tratarse de un material 99,9% de pureza, con una micro estructura típica de granos equiaxiales de los metales puros



**Figura 8.5:** Fotomicrografía del material base (Superficie de cobre)

#### 8.4.2 ANALISIS DE LA SOLDADURA ESTAÑO-ANTIMONIO (95-5)

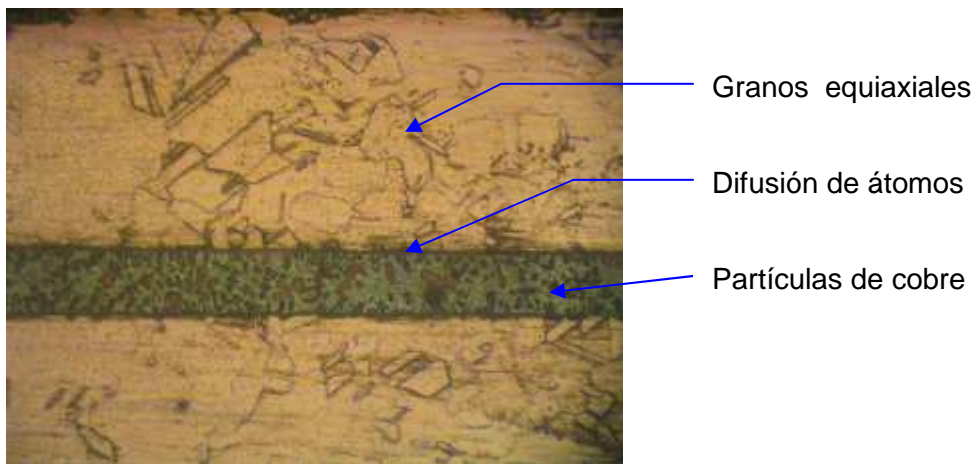


**Figura 8.6:** Fotomicrografía de Soldadura Estaño-Antimonio (95-5)

- La aleación de aporte es constante y homogénea en su constitución en toda la longitud de la junta, lo cual garantiza una unión soldada hermética y a prueba de fugas.
- Existe una interfase completamente clara, que diferencia la aleación de aporte estaño – antimonio (material de aporte) y el cobre (material base).

- Se puede observar con facilidad la difusión de átomos hacia el material base, lo cual incrementa la resistencia mecánica de la junta soldada.
- En el material base (cobre) no se observa transformación alguna, ya que el proceso de calentamiento para efectuar la soldadura blanda no supera los 450°centígrados.

#### 8.4.3 ANALISIS DE LA SOLDADURA BCuP-3 (5% Ag)



**Figura 8.7:** Fotomicrografía de Soldadura BCuP-3(5% Ag)

Al igual que la aleación de aporte 95/5 existen ciertas similitudes como las que se citan:

- Existe una interfase completamente clara, que diferencia la aleación de aporte cobre - fósforo (5% de plata) y el cobre.
- La aleación de aporte es constante en toda la longitud de la junta, lo cual garantiza una unión soldada hermética y a prueba de fugas.
- Se puede observar con facilidad la difusión de átomos hacia el cobre, lo cual incrementa la resistencia mecánica de la junta soldada.
- En la aleación de aporte se observa la inclusión de pequeñas partículas de cobre, que son producto de la propia aleación de relleno.

## CONCLUSIONES

- El proceso de soldadura indirecta (soldadura fuerte y soldadura blanda) es de suma importancia en la actualidad, debido a las innumerables aplicaciones que tienen en la producción de ensamblajes soldados, herramientas de corte, en la industria electrónica, de la computación, en el campo aerospacial, etc.
- El fundamento físico en que se basa el proceso de soldadura indirecta es la capilaridad.
- A causa de que en el proceso de soldadura fuerte y soldadura blanda la temperatura de trabajo es menor a la temperatura de fusión del metal base, se evitan los problemas metalúrgicos ligados con la misma, la deformación se mantiene al mínimo, pueden unirse metales extremadamente delgados y es posible la soldadura de materiales diferentes.
- El proceso de soldadura fuerte es un medio efectivo de producir uniones soldadas con propiedades de alta resistencia mecánica, ductilidad, conductibilidad térmica como eléctrica, además de ofrecer gran resistencia hermética (resistencia a las fugas) siempre y cuando se conozcan y se aplique adecuadamente los fundamentos del proceso.
- La unión que se realiza entre dos materiales, radica en la película delgada de soldadura de aproximadamente 0.1 mm de espesor, que se localiza entre los materiales que se unen, por lo que el agregar metal de aporte a la junta después de que se ha formado esta película de aleación, es sobrefluo, y solo representa desperdicio.
- Una de las aplicaciones más práctica de la soldadura indirecta en el Ecuador es la soldadura blanda, que se utiliza fundamentalmente para unir tubos de cobre que se utilizarán en la conducción de agua potable para los domicilios, las industrias y los hospitales.

- El cobre por sus propiedades físicas y mecánicas de resistencia al desgaste, resistencia a la corrosión, ser un material dúctil, maleable, no tóxico, etc., es sin duda, un metal muy apropiado para toda clase de instalaciones de tuberías para la conducción de agua, ya que en comparación con otros materiales como el tubo de PVC y el tubo de hierro galvanizado; la tubería de cobre permite con mucha facilidad y rapidez la preparación y colocación de las uniones en un tiempo mínimo, así como también existe la posibilidad de prefabricación y las pequeñas pérdidas de carga debido a la superficie lisa de las paredes interiores son mínimas.
- El metal base (tubo de cobre y el fitting) deben encontrarse perfectamente limpios y con fundente adecuado, de manera que el metal de aporte pueda mojar y fluir por acción capilar en el intersticio de la junta.
- Para la soldadura de tuberías de cobre es importante escoger una aleación con el punto de fusión bajo que cumpla las condiciones para la conducción de agua ya que el cobre pierde su dureza a temperaturas altas, perdiendo parte de sus cualidades características.
- La aleación Estaño-Antimonio (95-5) garantiza una soldadura de buena calidad para la conducción de agua potable ya que es segura, confiable y no tóxica de acuerdo a las pruebas y ensayos que se realizaron.
- La temperatura de calentamiento debe ser la más adecuada, ya que si alguna de las piezas a unir está sobrecalentada o la otra no ha sido calentada suficientemente, la aleación de relleno no ingresará en el intersticio de la unión y tiende a correrse afuera de alguna de las piezas.
- El empleo de herramientas adecuadas, proporciona la posibilidad de lograr cortes y ajustes perfectos que son de gran importancia en la obtención de una unión bien soldada.

- Toda edificación ubicada en sectores donde el abastecimiento de agua potable tenga una presión insuficiente para la altura de las construcciones, deberá estar provista de uno o varios estanques de almacenamiento (acumulación) y regulación que permitan el suministro de agua en forma adecuada a todos los aparatos sanitarios o instalaciones previstas.

## RECOMENDACIONES

- Si el metal de relleno no fluye o tiende a englobarse, esto indica que hay óxido en las superficies metálicas o calor insuficiente en las partes a ser unidas.
- Si el tubo o el enlace comienzan a oxidarse durante el calentamiento, es por que hay muy poco fundente.
- Es conveniente utilizar una boquilla especial que distribuya uniformemente la potencia calorífica de la llama. Inicialmente se dirige la llama solamente sobre el tubo (a 2 - 2,5 cm del accesorio) para calentarlo primero.
- Se debe mantener la llama sobre el tubo en continuo movimiento y en sentido perpendicular a su eje; de esta manera, se abarcará toda la circunferencia y se evitará recalentamientos locales.
- Es recomendable que una junta a unir, se encuentre segura por cualquier método de autoacomodo, de manera que se evita el movimiento del ensamble durante la soldadura y la solidificación
- Si la soldadura se niega a entrar en la unión y tiende a escurrirse fuera de cualquiera de las partes de unión, indica que este accesorio está recalentado o que la cañería no está lo suficientemente caliente. En los dos casos, debe interrumpirse la operación y desarmar el acople, volver a limpiar y aplicar de nuevo fundente en la unión.
- Se debe emplear equipo de protección personal para prevenir accidentes e incidentes que pueden producirse al realizar la soldadura
- Se recomienda que se trabaje en sitios bien ventilados ya que los los decapantes o fluxes, en su aplicación en frío o en su calentamiento durante



la soldadura, se descomponen en productos potencialmente tóxicos y dañinos para la salud bajo forma de vapores

- Es importante una revisión periódica de los sistemas de distribución de agua, por lo general, éstos tienen una duración de 20 años en promedio si se cuenta con el mantenimiento y los materiales adecuados
- Se debe hacer conciencia del uso eficiente del agua ya que se trata de un bien económico limitado que debe racionalizarse pues de su correcta administración y consumo se derivan considerables beneficios, para todos los seres vivos y para el medio ambiente.

## BIBLIOGRAFIA

- American Welding Society: (1996) "Soldadura Fuerte", Manual de Soldadura (Ed. Prentice - Hall, 8<sup>va</sup> edición, México D.F), pág. 380 - 421.
- American Welding Society: (1996) "Soldadura Blanda", Manual de Soldadura (Ed. Prentice - Hall, 8<sup>va</sup> edición, México D.F), pág. 424 - 446.
- Augé R. (1969) "Fontanería Elemental". (Ed. Paraninfo, Tomo II, Madrid)
- Conafovi. (2005) "Guía para el uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales" (I edición, México DF)
- Deere, John: (1980) "Soldadura Fuerte y Soldadura Blanda", Soldadura (Ed. Moline, 1<sup>ra</sup> edición, Illinois), pág. 47 - 59.
- Deere, John: (1980) "Seguridad en la Soldadura", Soldadura (Ed. Moline, 1<sup>ra</sup> edición, Illinois), pág. 103 - 112.
- Fawcett G y Stein M (1988) "Manual de las Instalaciones en los Edificios" (G. Pili ,S.A, Tomo I. México )
- Granja Mario: (2000) "Soldadura Indirecta de Metales" (Ed. E.P.N, Quito)
- Horwitz, Heary: (1997) "Soldadura Fuerte", Soldadura: Aplicaciones y Práctica (Ed. Alfaomega, México D.F), pág. 226 - 255.
- Horwitz, Heary: (1997) "Soldadura con Metales o Aleaciones de Bajo Punto de Fusión", Soldadura: Aplicaciones y Práctica (Ed. Alfaomega, México D.F), pág. 256 - 265.
- Lashko, N y Lashko, A: (1979) "Introducción", Soldadura Indirecta de Metales (Ed. MIR, Moscú), pág. 9 - 22.
- Leyensetter, A: (1979) "Unión mediante falsa soldadura", Tecnología de los Oficios Metalúrgicos (Ed. Reverté S.A, España), pág. 334 - 344.
- Timings, R: (2001) "Fijaciones y Uniones", Tecnología de la Fabricación: Procesos y Materiales del Taller (Ed. Alfaomega, México D.F), pág. 138 - 154.
- Timings, R: (2001) "Riesgos en el Taller", Tecnología de la Fabricación: Procesos y Materiales del Taller (Ed. Alfaomega, México D.F), pág. 25 - 27.
- Webster B. (1964). "Drenaje y Sanidad" (Ed Continental, I Edición. México D.F)
- <http://www.construir.com/Econsult/Construr/N59/document/cobre.htm>
- <http://www.copper.org/>

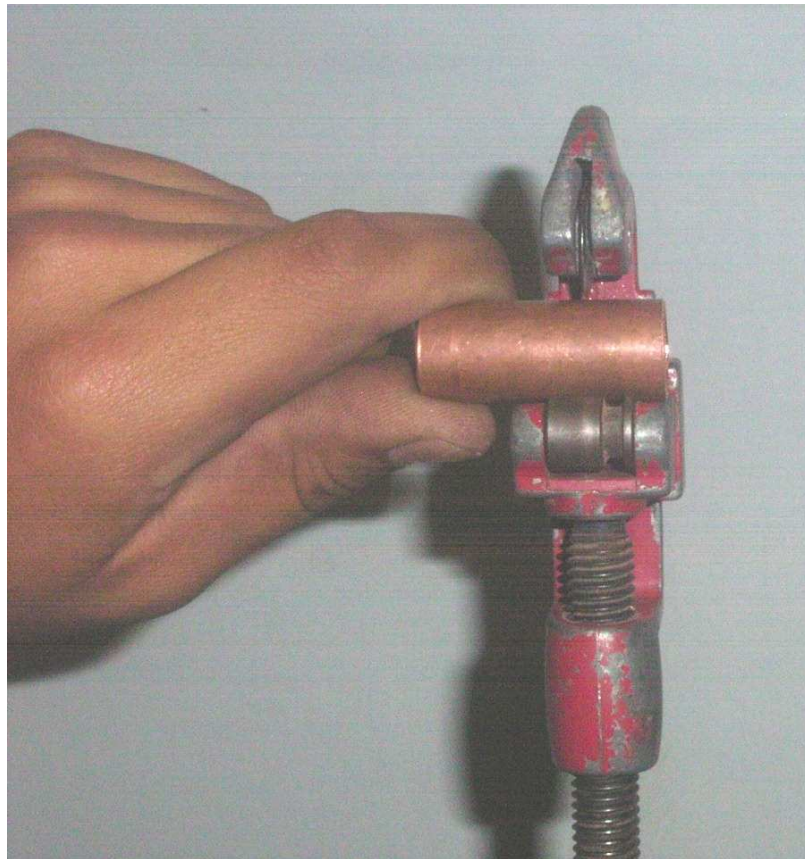
- <http://www.medasa.com/>
- [http://www.nacobre.com.mx/CC\\_Soldaduras.asp](http://www.nacobre.com.mx/CC_Soldaduras.asp)
- <http://www.procobre.cl/principalherramientas.htm>
- [http://www.procobreperu.org/pub\\_tub\\_Tubicobre2002\\_2.htm](http://www.procobreperu.org/pub_tub_Tubicobre2002_2.htm)
- <http://www.platex.net/libro.pdf>

**ANEXOS**

**ANEXO A**  
**FOTOGRAFÍAS**



**Foto 1:** Materiales y Herramientas Utilizados en el Proceso de Soldadura.



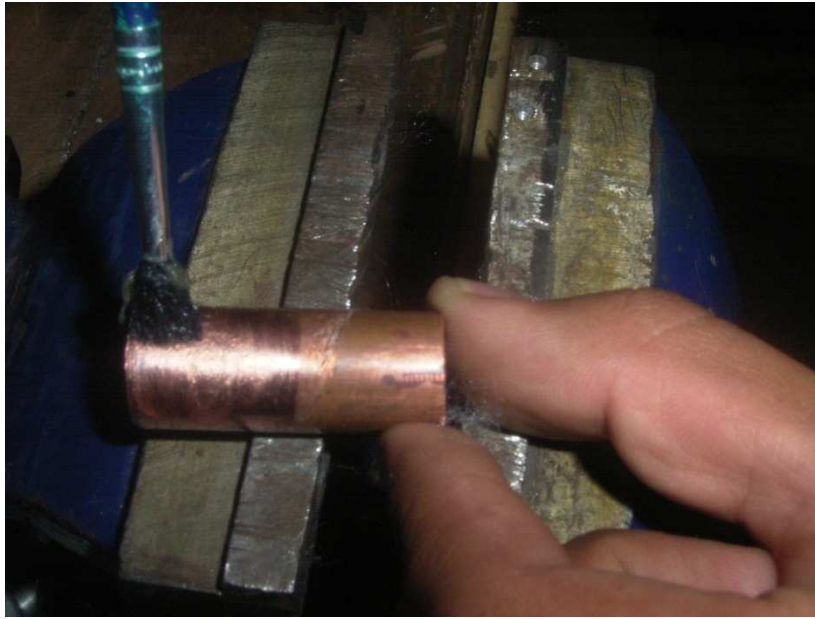
**Foto 2:** Corte del tubo para preparación de la probeta



**Foto 3:** Escariado del tubo para preparación de la probeta



**Foto 4:** Limpieza del Tubo



**Foto 5:** Aplicación del Fundente

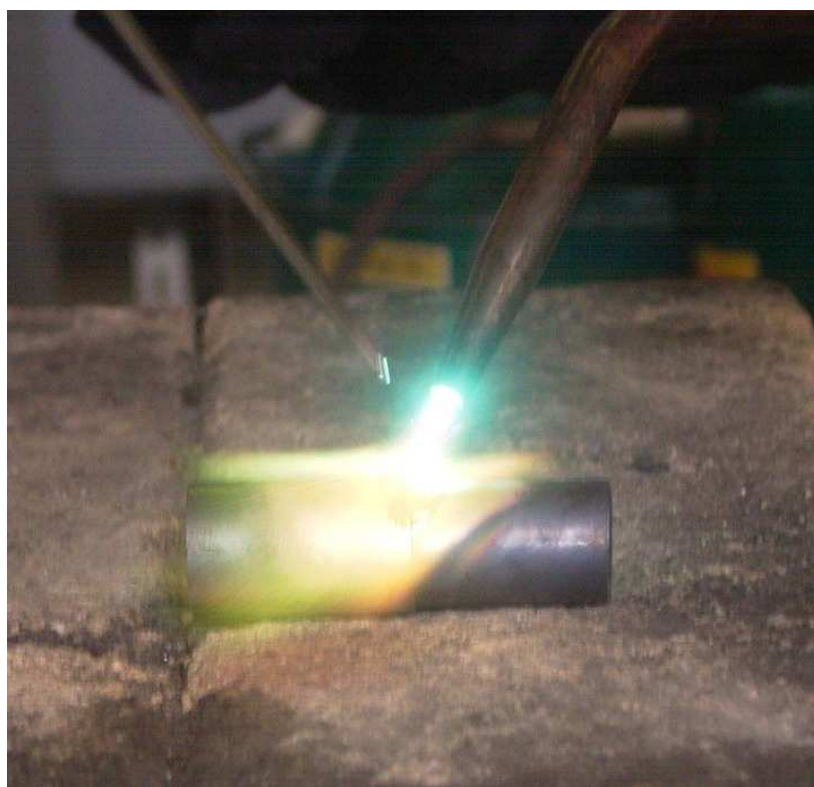


**Foto 6:** Acople de Accesorios





**Foto 7:** Equipo para soldadura fuerte.



**Foto 8:** Soldadura de la Probeta con Metal de Aporte BCuP-3



**Foto 9:** Soldadura de la Probeta con Metal de Aporte Estaño-Antimonio (95-5)



**Foto 10:** Sujeción de la Probeta en Mordazas Durante el Ensayo de Tracción



**Foto 11:** Realización del Ensayo de Tracción Laboratorio de Polímetros EPN



**Foto 12:** Realización de la Prueba Hidrostática Laboratorio de Fluidos EPN (Patio)