FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS DE LA DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

Las autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del Jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia sólamente a los alumnos que tengan un mínimo del 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el período de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

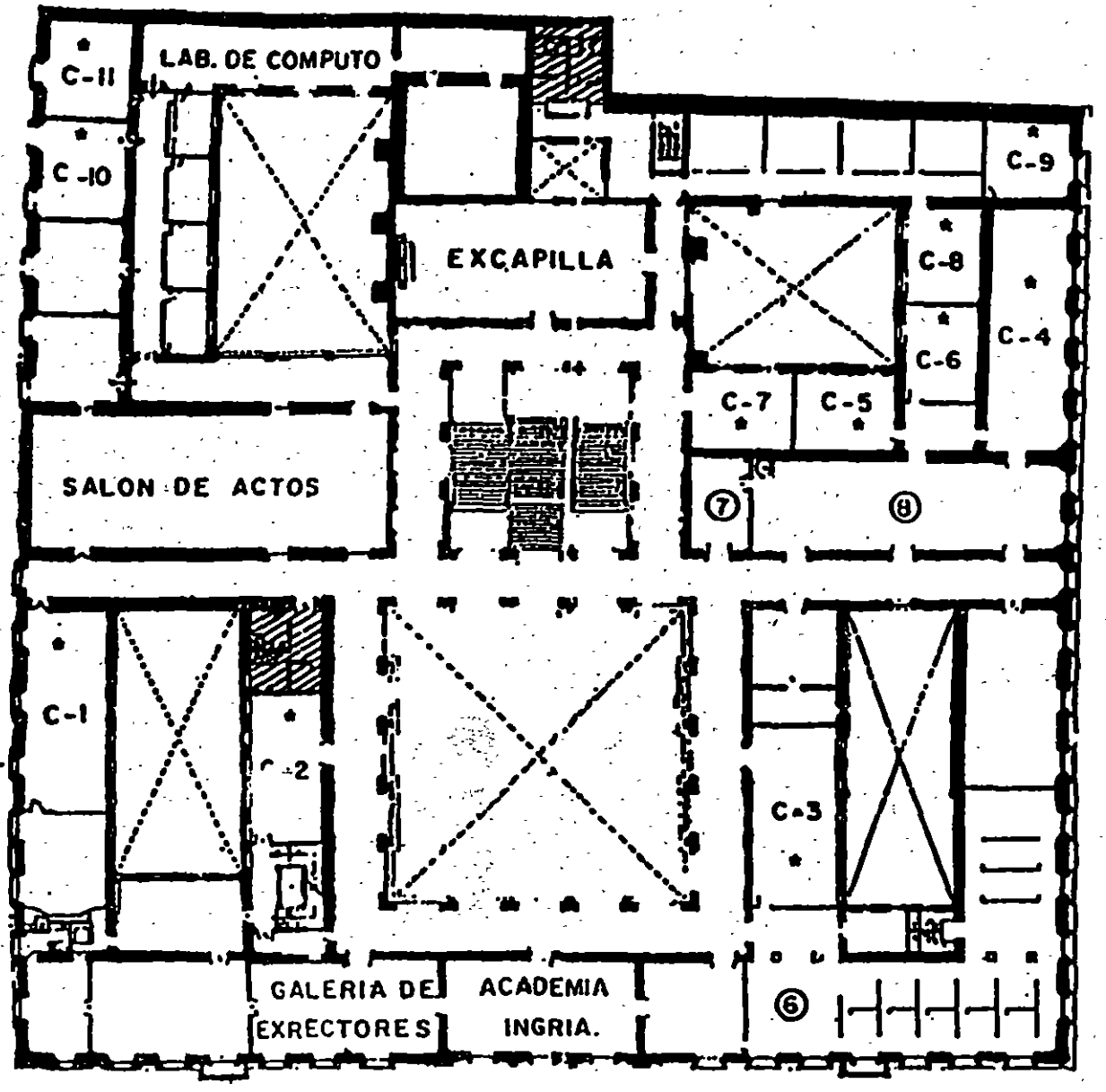
Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con ésto sean más fehacientes sus apreciaciones.

¡ G R A C I A S !

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. APDO. Postal M-2285
Teléfonos: 512-8955 512-5121 521-7335 521-1987 Fax 510-0573 521-4020 AL 26



1er. PISO

GUIA DE LOCALIZACION

1 – ACCESO

2 – BIBLIOTECA HISTORICA

3 – LIBRERIA U N A M

4 – CENTRO DE INFORMACION Y DOCUMENTACION "ING. BRUNO MASCANZONI"

5 – PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACION

⁂ AULAS

6 – OFICINAS GENERALES

7 – ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA.

8 – SALA DE DESCANSO

▨ SANITARIOS

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INGENIERIA DE CALDERAS Y RECIPIENTES SUJETOS A PRESION
MODULO III: INGENIERIA DE SOPORTE A CALDERAS Y RECIPIENTES SUJETOS A PRESION

Del 2 al 16 de junio de 1995.

FECHA	HORARIO	TEMA	PROFESOR
Viernes 2	16;00 a 21;00 hrs.	Procesos de Soldadura	Ing. José O. Torres y Ortega
Sábado 3	09;00 a 14;00 hrs.	Cuidados de calderas	Ing. Gil Zárate Aguilar
Viernes 9	09;00 a 14;00 hrs. 16;00 a 21;00 hrs.	Pruebas no destructivas	Ing. Alfonso García del Cueto
Sábado 10	09'00 a 14;00 hrs.	Dispositivos de seguridad	Ing. Jorge Izaguirre Montiel Ing. José A. Sánchez Rivera
Viernes 16	09;00 a 14;00 hrs. 16;00 a 21;00 hrs.	Procedimientos de inspección y reparaciones mayores	Ing. Manuel Cabrera Moreno Dr. Pedro Quinto Díez

EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

CURSO: Módulo III: Ingeniería de soporte a calderas y recipientes sujetos a presión
FECHA: Del 2 al 16 de junio de 1995.

CONFERENCISTA	DOMINIO DEL TEMA	USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	COMUNICACION CON EL ASISTENTE	PUNTUALIDAD
Ing. José G. Torres y Ortega				
Ing. Gil Zárate Aguilar				
Ing. Alfonso García del Cueto				
Ing. Jorge I. Montiel (coord.)				
Ing. José A. Sánchez Rivera				
Ing. Manuel Cabrera Moreno				
Dr. Pedro Quinto Díez				

EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

ORGANIZACION Y DESARROLO DEL CURSO	
GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL CURSO	
ACTUALIZACION DEL CURSO	
APLICACION PRACTICA DEL CURSO	

EVALUACION DEL CURSO

CONCEPTO	CALIF.
CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO	
CONTINUIDAD EN LOS TEMAS	
CALIDAD DEL MATERIAL DIDACTICO UTILIZADO	

ESCALA DE EVALUACION: 1 A 10

1.- ¿LE AGRADO SU ESTANCIA EN LA DIVISION DE EDUCACION CONTINUA?

SI	NO

SI INDICA QUE "NO" DIGA PORQUE.

2.- EDIO A TRAVES DEL CUAL SE ENTERO DEL CURSO:

PERIODICO EXCELSIOR		FOLLETO ANUAL		GACETA UNAM		OTRO MEDIO	
PERIODICO EL UNIVERSAL		FOLLETO DEL CURSO		REVISTAS TECNICAS			

3.- ¿QUE CAMBIOS SUGERIRIA AL CURSO PARA MEJORARLO?

4.- ¿RECOMENDARIA EL CURSO A OTRA(S) PERSONA(S)?

SI		NO	

5.- ¿QUE CURSOS LE SERVIRIA QUE PROGRAMARA LA DIVISION DE EDUCACION CONTINUA.

6.- OTRAS SUGERENCIAS:

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

C U R S O S A B I E R T O S

DIPLOMADO EN INGENIERIA DE CALDREAS Y RECIPIENTES SUJETAS A PRESION

MODULO III:
INGENIERIA DE SOPORTE A CALDERAS Y RECIPIENTES SUJETAS A PRESION

NOTAS DE TODO EL CURSO

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. APDO. Postal M-2285
Teléfonos: 512-8955 512-5121 521-7335 521-1987 Fax 510-0573 521-4020 AL 26

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA

DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE CALDERAS Y RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN

Módulo III
INGENIERIA DE SOPORTE A CALDERAS Y RECIPIENTES SUJETOS A PRESION

Coordinadores generales: Ing. Jorge Izaguirre Montiel
Ing. Alfredo Sánchez Flores

2 al 16 de junio

1995

Este diplomado se imparte en colaboración con la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del IPN, el Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas y la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL

Procesos de Soldadura (ASME Sec. IX)

Expositor: **Ing. José Guadalupe Torres y Ortega**

* *CÓDIGOS DE SOLDADURA, NORMAS, ESPECIFICACIONES Y PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA*

**ING. JOSE G. TORRES O.

INDICE **PAGINA**

* Material preparado y recopilado del "Manual de Soldadura Moderna" Howard B. Cary, 2ª Ed. y "Código ASME seccion IX"

** Presidente del Comite Nacional Permanente de Peritos en Soldadura (CNPPS) del CIME.

CÓDIGOS DE SOLDADURA, NORMAS, ESPECIFICACIONES Y PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA

CONFIABILIDAD DE LAS SOLDADURAS

LA DEMANDA DE PRODUCTOS MAS CONFIABLES, LA TECNOLOGÍA CADA VEZ MAS COMPLEJA, Y LA NECESIDAD DE CONSERVAR LOS RECURSOS HACE QUE LA CALIDAD DE LAS SOLDADURAS CADA DÍA SEA DE MAYOR IMPORTANCIA. UN SISTEMA DE "CALIDAD EN SOLDADURA" COMO PARTE DEL SISTEMA TOTAL DE FABRICACIÓN PRODUCIRÁ ARTÍCULOS DE BUENA CALIDAD ESTABLECIENDO CAPACIDADES DE INGENIERÍA PARA :

1.- SELECCIONAR, APLICAR ADECUADAMENTE E INSPECCIONAR LOS PROCESOS Y LOS EQUIPOS DE SOLDADURA: EL PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD

2.- SELECCIONAR, O GENERAR Y APLICAR PROCEDIMIENTOS CALIFICADOS DE SOLDADURA PARA CADA OPERACIÓN: LA CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA.

3.- DIRIGIR, ADIESTRAR Y CALIFICAR AL PERSONAL SOLDADOR QUE PRODUCE LAS CONSTRUCCIONES SOLDADAS: LA CALIFICACIÓN DEL SOLDADOR.

EL SISTEMA DE FABRICACIÓN PROPORCIONA EL APOYO GERENCIAL A TRAVÉS DE LOS PLANES DE ACCIÓN Y DE LA AUTORIDAD DELEGADA. EL SISTEMA COMPRENDE LA DOCUMENTACIÓN QUE ESTABLECE LOS DISEÑOS, LAS TÉCNICAS DE MANUFACTURA Y LOS MÉTODOS DE CONTROL DE CALIDAD. DESDE UN PUNTO DE VISTA DE LA SOLDADURA, INCLUYE TAMBIÉN LAS CALIFICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA, DEL DESEMPEÑO DE LOS SOLDADORES, Y UN PROGRAMA GENERAL DE CONTROL DE CALIDAD DE LAS SOLDADURAS.

LA FINALIDAD DE UNA CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA ES DEMOSTRAR QUE LA CONSTRUCCIÓN SOLDADA PROPUESTA TENDRÁ LAS PROPIEDADES NECESARIAS PARA QUE SU APLICACIÓN SEA LA DESEADA; ESTO ES, DETERMINAR LAS PROPIEDADES DE UNA BUENA SOLDADURA. EL DOCUMENTO QUE HACE LO ANTERIOR ES EL PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR), ESTE PROPORCIONA LAS VARIABLES REALES EN LA SOLDADURA USADA PARA PRODUCIR UNA SOLDADURA ACEPTABLE DE PRUEBAS Y LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS EFECTUADAS.-

EL OBJETIVO DE LA PRUEBA DE CALIFICACIÓN DEL HABILIDAD DEL SOLDADOR ES DETERMINAR LA CAPACIDAD DEL SOLDADOR O DE LA PERSONA QUE HACE LA SOLDADURA, PARA EFECTUAR UN BUEN DEPOSITO DE METAL DE SOLDADURA SIGUIENDO UNA ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA. EL DOCUMENTO QUE SE MANEJA EN ESTADOS UNIDOS ES EL WELDER PERFORMANCE QUALIFICACION. EN EL SE CALIFICA AL SOLDADOR O A LA PERSONA QUE HACE LA SOLDADURA EN PROCESO ESPECÍFICOS, PARA DISTINTAS SOLDADURAS, POSICIONES Y ESPESORES.

NI LA CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA NI LA CALIFICACIÓN DE HABILIDAD DEL SOLDADOR ESTABLECEN LA CAPACIDAD DE LA ORGANIZACIÓN O DEL EQUIPO DE SOLDADURA PARA EJECUTAR UNA SOLDADURA ACEPTABLE EN UN PRODUCTO. POR TANTO, UN PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD, O PARA ASEGURAR LA MISMA, ESTABLECE LA AUTORIDAD Y LA RESPONSABILIDAD; LA BASE DEL DISEÑO, EL CONTROL DE ADQUISICIÓN Y DE MATERIALES, LA TECNOLOGÍA DE MANUFACTURA, LA SELECCIÓN Y LA APLICACIÓN DE PROCESOS Y EQUIPOS DE SOLDAR; LOS SUJETADORES Y LAS HERRAMIENTAS NECESARIAS; LOS REQUISITOS DE PRE Y POSTCALENTAMIENTO; LA CALIBRACIÓN DEL EQUIPO; EL ENTRENAMIENTO Y LA ENSEÑANZA DE LOS SOLDADORES Y DE LA SUPERVISIÓN, Y EL COMPROMISO DE TODOS LOS NIVELES GERENCIALES PARA OBTENER PRODUCTOS DE ALTA CALIDAD.

LA PARTE RESTANTE DE ESTA SECCIÓN TRATA SOBRE EL PLAN DE CONTROL DE CALIDAD Y SUGIERE UN PROGRAMA PARA EL CONTROL DE CALIDAD. LO PUEDEN ADOPTAR LAS COMPAÑÍAS QUE DESEEN MEJORAR LA CALIDAD DE LA SOLDADURA, Y ES MUY SEMEJANTE A PROGRAMAS YA ESTABLECIDOS POR ALGUNOS DE LOS CÓDIGOS NUCLEARES.

LA CALIDAD DE LA SOLDADURA DE CUALQUIER PRODUCTO SE DEBE JUZGAR CON RESPECTO A UNA NORMA LA CUAL DEBE BASARSE EN EL SERVICIO ESPERADO DEL PRODUCTO. DEBE HABER UN EQUILIBRIO ENTRE LOS REQUISITOS DE SERVICIO Y LA CONSECUENCIA DE UNA FALTA, Y LOS FACTORES ECONÓMICOS. PARA MUCHOS PRODUCTOS, EN VARIAS INDUSTRIAS, LOS REQUISITOS DE CALIDAD DE LAS SOLDADURAS ESTÁN CONTROLADOS POR LOS REGLAMENTOS Y ESPECIFICACIONES APLICABLES. SIN EMBARGO, CUANDO NO SE APLICA CÓDIGOS O ESPECIFICACIONES, EL FABRICANTE DEBE MANTENER UNA ALTA CALIDAD ES SUS PRODUCTOS PARA SOBREVIVIR. EL ÉXITO PARA MANTENER UN EQUILIBRIO ENTRE LA ALTA CALIDAD Y BAJO COSTO SE DECIDE EN EL CAMPO Y EN EL MERCADO, DONDE LA CALIDAD Y EL PRECIO DETERMINARA SI CONTINUA EL ÉXITO DEL FABRICANTE. -

HACE POCO TIEMPO LAS CONSTRUCCIONES SOLDADAS DE LOS VEHÍCULOS ESPACIALES Y LOS RECIPIENTES NUCLEARES ESTABAN EXPUESTAS A MEDIOS SIN PRECEDENTE. LA PERFECCIÓN DE LA SOLDADURA REQUERIDA Y OBTENIDA EN ESTA CLASE DE TRABAJO HA SIDO POSIBLE GRACIAS A PROCEDIMIENTOS EXCELENTES, ENTRENAMIENTO EXTENSO, Y MÉTODOS ESTRICTOS DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD. ESTE NIVEL DE CALIDAD SE ALCANZA DEBIDO A LA AMPLIA PREPARACIÓN, A LOS PROCEDIMIENTOS TEDIOSOS, PRUEBAS Y CALIFICACIONES, QUE CONTRIBUYEN AL ALTO COSTO FINAL. SIN EMBARGO, NO EN TODO TIPO DE CONSTRUCCIÓN SOLDADA SE REQUIEREN SOLDADURAS PERFECTAS. LA INDUSTRIA DE LAS SOLDADURA DEBE PROCURAR NO ESTABLECER REQUISITOS EXCESIVOS DE CALIDAD CUANDO NO SE NECESITEN.

LA RESPONSABILIDAD DE ELABORAR PRODUCTOS DE ALTA CALIDAD DEPENDE DE MUCHA GENTE. ES RESPONSABILIDAD DE LA GERENCIA ALENTAR ADECUADAMENTE AL PERSONAL PARA QUE HAYA COOPERACIÓN ENTRE DISEÑADORES, GERENTES Y TRABAJADORES DE PRODUCCIÓN, SUPERVISORES Y PERSONAL DE CONTROL DE CALIDAD E INSPECCIÓN PARA ASEGURAR QUE LOS REQUISITOS DE CALIDAD SEAN LOS REQUERIDOS Y ESTÉN DE ACUERDO CON EL SERVICIO ESPERADO. ES RESPONSABILIDAD DEL SOLDADOR PRODUCIR SOLDADURAS DE ALTA CALIDAD. CADA SOLDADOR DEBE ACEPTAR ESTA RESPONSABILIDAD. EL SUPERVISOR DE SOLDADURAS TIENE LA RESPONSABILIDAD DE LOS SOLDADORES Y DE SU DESEMPEÑO. EL INSPECTOR DE SOLDADURA DEBE VERIFICAR QUE SE CUMPLA CON LAS NORMAS DE CALIDAD. LAS NORMAS DE SOLDADURA O ESPECIFICACIONES Y PROCEDIMIENTO SON LA BASE PARA LA CALIDAD DE LA SOLDADURA, Y ESTOS FACTORES, AUNADOS AL DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN SOLDADA, SON RESPONSABILIDAD DE LOS DISEÑADORES, DE LOS INGENIEROS DE SOLDADURA, LOS GERENTES DE MATERIALES, Y DEL PERSONAL DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD. ES RESPONSABILIDAD TOTAL CON TODO LO QUE IMPLICA. ESTA INTERPELACIÓN ES MUY COMPLEJA.

LOS DISEÑADORES, LOS RESPONSABLES DE LAS ESPECIFICACIONES, LOS QUE ESPECIFICAN MATERIALES, Y DEMÁS, DEBEN MANTENER ESTRECHO CONTACTO CON LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS EN EL CAMPO. DEBEN SER SENSIBLES A LAS NECESIDADES DEL CAMBIO Y REDUCIR O ESTRECHAR LAS NORMAS CUANDO SEA NECESARIO. LOS SUPERVISORES DE SOLDADURA Y LOS GERENTES DE PRODUCCIÓN DEBEN ESTAR SIEMPRE EN ALERTA PARA DESCUBRIR CUANDO LA MANO DE OBRA NO CUMPLA CON LAS NORMAS.

LA NECESIDAD DE DIFERENCIAR ENTRE LA SOLDADURA ADECUADA Y LA PERFECTA HA CONDUCIDO A INVESTIGACIONES CON RESPECTO A LA ACEPTABILIDAD DE IMPERFECCIONES EN LAS SOLDADURAS, Y A COMO DICHAS IMPERFECCIONES AFECTAN LA VIDA DE SERVICIO. ESTO TAMBIÉN A CONDUCIDO A INVESTIGACIONES DEL GRADO DE IMPERFECCIÓN Y AJUSTE EN LO QUE RESPETA AL OBJETIVO DE LA CONSTRUCCIÓN SOLDADA. A TRAVÉS DE LOS AÑOS LOS DATOS SE HAN CONVERTIDO EN REGLAMENTOS O CÓDIGO Y ESPECIFICACIONES PARA DISTINTOS TIPOS DE EQUIPO. EL CONOCIMIENTO LOGRADO DE EXPERIENCIAS DE CAMPO Y DE CONSTRUCCIONES SOLDADAS SE REFLEJAN EN LAS ACTUALIZACIONES O REVISIONES DE LOS REGLAMENTOS.

UN PROBLEMA IMPORTANTE DE LA PRODUCCIÓN DE CONSTRUCCIONES SOLDADAS ES LA SOSPECHA DEL DISEÑADOR DE QUE LA CONSTRUCCIÓN SOLDADA NO SE FABRIQUE COMO ESTA DISEÑADA. ESTA SOSPECHA SE TIENE CUANDO LOS DISEÑADORES TOMAN EN CUENTA FACTORES DE MANO DE OBRA QUE NO ESTÁN BAJO SU CONTROL. PIENSA QUE EL SOLDADOR, PUEDE LOGRAR UNIONES IGUALES A LAS REQUERIDAS POR EL DISEÑADOR BAJO CONDICIONES IDEALES, Y QUE EL SOLDADOR PRODUCE UNA SOLDADURA DE BUENA CALIDAD CUANDO PASA LA PRUEBA DE CALIFICACIÓN DE DESEMPEÑO; SIN EMBARGO, QUIERE TENER LA SEGURIDAD DE QUE TODA SOLDADURA EN LA CONSTRUCCIÓN SEA DE BUENA CALIDAD. PARA TENER UNA SEGURIDAD POSITIVA ES NECESARIO IMPLEMENTAR UN PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD. ESOS PROGRAMAS A LA LARGA AHORRAN DINERO PORQUE ELIMINAN EL PROBLEMA DE FALLAS PREMATURAS DE CAMPO, DESASTRES, O EL COSTO DE SOBRE SOLDAR PARA CONTRARRESTAR LA SOSPECHA DE MALAS PRACTICAS DE TALLER.

SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO REVESTIDO

LA SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO REVESTIDO ES UN PROCESO DE SOLDADURA EN EL QUE LA COALESCENCIA ES PRODUCIDA POR EL CALENTAMIENTO, CON, UN ARCO ELÉCTRICO GENERADO ENTRE UN ELECTRODO METÁLICO REVESTIDO Y LA PIEZA DE TRABAJO .

LA PROTECCIÓN SE OBTIENE DE LA DESCOMPOSICIÓN DEL RECUBRIMIENTO DEL ELECTRODO. NO SE REQUIERE PRESIÓN Y EL METAL DE APORTE SE OBTIENE DEL ELECTRODO.

EL PROCESO CONSISTE BÁSICAMENTE DEL ESTABLECIMIENTO DE UN ARCO ELÉCTRICO ENTRE UN ELECTRODO METÁLICO Y LA PIEZA DE TRABAJO A SER SOLDADA. EN ESTE PROCESO EL ELECTRODO ES REVESTIDO CON MATERIALES QUE, CUANDO SE CALIENTAN O ROMPE POR EL ARCO, REALIZAN VARIAS FUNCIONES: (1) PRODUCEN UN GAS QUE PROTEGE EL ARCO DE LA ATMÓSFERA, (2) PROMUEVEN LA CONDUCCIÓN ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL ARCO Y AYUDAN A ESTABILIZARLO, (3) AÑADEN MATERIALES FORMADORES DE ESCORIA AL METAL FUNDIDO CON EL PROPÓSITO DE REFINAR EL METAL LIQUIDO Y, EN ALGUNOS CASOS, ADICIONAN ELEMENTOS ALEANTES, Y (4) PROPORCIONAN MATERIALES CON EL PROPÓSITO DE CONTROLAR LA FORMA DEL CORDÓN. UNA REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA SE MUESTRA EN LA FIG. 10.

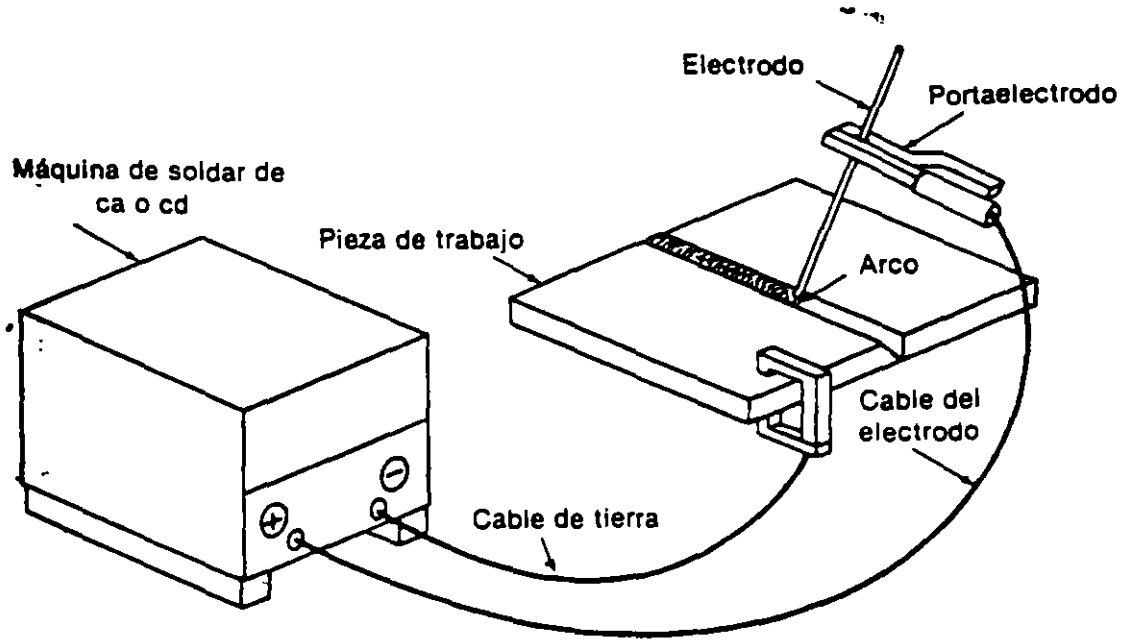
EN LA APLICACIÓN DE SOLDADURA POR ARCO, EL CONTROL DE TRES VARIABLES VELOCIDAD DE AVANCE, AMPERAJE Y VOLTAJE DEL ARCO ES EL PROBLEMA PRINCIPAL. EN SOLDADURA MANUAL, EL SOLDADOR CONTROLA DOS DE ELLAS: VELOCIDAD DE AVANCE Y VOLTAJE DEL ARCO.

LAS VARIABLES QUÍMICA, METALÚRGICA, MECÁNICA Y ELÉCTRICA INVOLUCRADAS SON EN MAYOR O MENOR GRADO, TOMADAS EN CUENTA EN EL DISEÑO Y MANUFACTURA DEL EQUIPO Y MATERIALES EMPLEADOS.

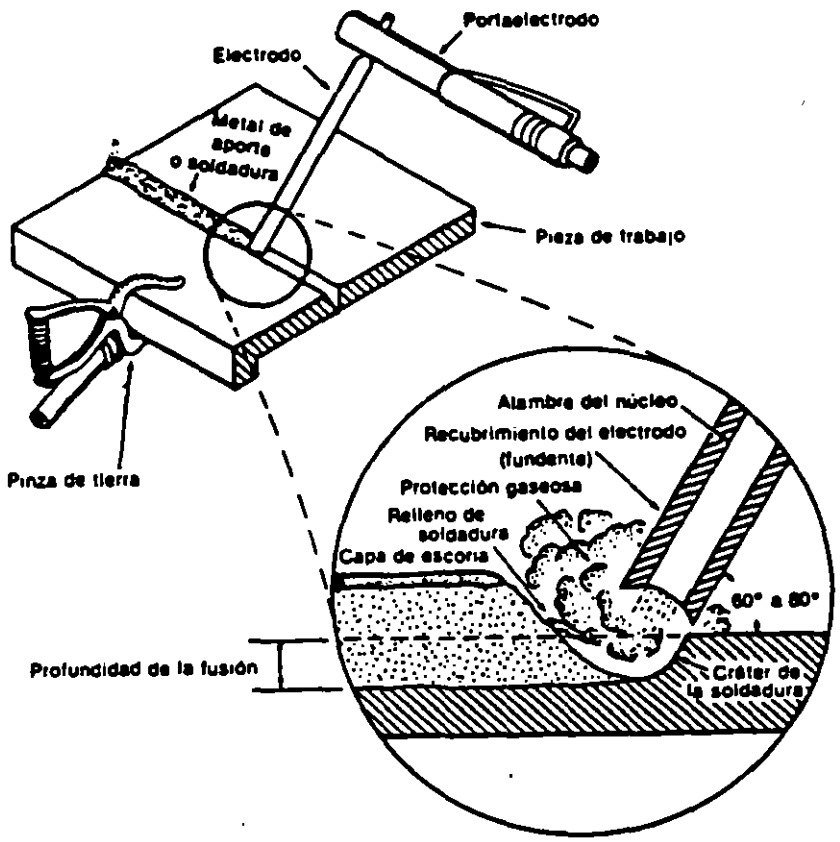
EL ARCO DESARROLLO UN INTENSO CALOR, QUE FUNDE EL METAL A SER SOLDADO Y FORMA UN "CHARCO" LIQUIDO, AL MISMO TIEMPO QUE LA PUNTA DEL ELECTRODO FUNDE Y ES TRANSPORTADA HASTA EL "CHARCO" A TRAVÉS DEL ARCO. EL RANGO DE CORRIENTE CASUAL PARA OPERACIÓN MANUAL ES DE 15 A 500 AMPERES.

EL VOLTAJE A TRAVÉS DEL ARCO VARIA DE 14 A 24 VOLTS CON BARRAS O ELECTRODOS LIGERAMENTE REVESTIDOS, Y DE 20 A 40 VOLTS CON ELECTRODOS RECUBIERTOS.

LA ENERGÍA DISPONIBLE EN EL ARCO ES SUFICIENTE PARA VAPORIZAR SOLO UN PEQUEÑO PORCENTAJE DE LA CANTIDAD TOTAL DE METAL QUE PASA A TRAVÉS DEL ARCO. PARTE DE ESE METAL VAPORIZADO, SIN EMBARGO, ES CONDENSADO EN EL "CHARCO" FUNDIDO, QUE SE ENCUENTRA A UNA TEMPERATURA MUCHO MENOR QUE LA PUNTA DEL ELECTRODO. UN POCO DEL METAL VAPORIZADO ESCAPA HACIA EL AIRE CIRCUNDANTE, SE OXIDA Y APARECE COMO HUMOS O VAPORES. TAMBIÉN UN POCO DE ESTE METAL, EN LA FORMA DE GOTAS, ES LANZADO FUERA DE LA SOLDADURA, COMO SALPICADURAS, PERO LA MAYOR PARTE DEL METAL ES TRANSFERIDO DESDE EL ELECTRODO AL TRABAJO.



Disposición de los elementos básicos para soldadura de arco metálico protegido.



Proceso de soldadura por arco.

FIGURA 10

EL EQUIPO NORMALMENTE CONSISTE DE UNA FUENTE DE SUMINISTRO QUE TIENE UN CARACTERÍSTICA DE CAÍDA VOLT-AMPERE. ADEMÁS SE REQUIEREN PORTA ELECTRODOS AISLADOS DE CAPACIDAD ALECTRICA Y TÉRMICA SUFICIENTE, JUNTO CON CABLES Y PINZAS DE TIERRA.

EL PROCESO PUEDE OPERAR UTILIZANDO CORRIENTE ALTERNA Y CORRIENTE DIRECTA, CON EL ELECTRODO POSITIVO O NEGATIVO. LOS REVESTIMIENTOS DEL ELECTRODO ESTÁN FORMULADOS PARA OPERAR CON CORRIENTE ALTERNA, DIRECTA O AMBAS.

LA FUNCIÓN DEL METAL EN ZONA DEL ARCO SE RELACIONA DIRECTAMENTE CON LA ENERGÍA ELÉCTRICA SUMINISTRADA AL ARCO. PARTE DE ESTA ENERGÍA SE USA PARA FUNDIR EL MATERIAL BASE Y PARTE SE UTILIZA PARA FUNDIR EL ELECTRODO Y SU REVESTIMIENTO. LA POLARIDAD ELÉCTRICA Y LOS CONSTITUYENTES EN EL ENCUBRIMIENTO DEL ELECTRODO DETERMINAN EL BALANCE DE ENERGÍA. CUANDO LA ENERGÍA ES MAS ASOCIADA CON EL MATERIAL BASE, LA PENETRACIÓN MAYOR; CUANDO LA ENERGÍA ES MAS ASOCIADA CON EL ELECTRODO, LA VELOCIDAD DE FUNCIÓN DEL ELECTRODO ES MAYOR.

CON ESTO, LA VELOCIDAD DE FUNSION DEL ELECTRODO SE INCREMENTA DIRECTAMENTE CON LA CORRIENTE. DICHA VELOCIDAD DE FUSIÓN ES RELATIVAMENTE INDEPENDIENTE DEL VOLTAJE DEL ARCO.

LA SELECCIÓN DE ELECTRODOS APROPIADOS PARA LA SOLDADURA, POR ARCO CON ELECTRODO REVESTIDO, DE ACEROS AL CARBONO DEPENDE DE LA CALIDAD REQUERIDA EN EL ENSAMBLE DE SOLDADURA, EL EQUIPO DISPONIBLE, LA POSICIÓN DE SOLDADURA, COSTO, METAL BASE, DISEÑO DE JUNTA Y PROPIEDADES DESEADAS EN EL METAL.

MUCHAS APLICACIONES DE SOLDADURA POR ARCO SE REALIZAN DE ACUERDO CON ALGUNOS CÓDIGOS O ESPECIFICACIONES INDUSTRIALES. EJEMPLOS DE CÓDIGOS SON LOS SIGUIENTES:

ASME - SOCIEDAD AMERICANA DE INGENIEROS MECÁNICOS.
AWS - SOCIEDAD AMERICANA DE SOLDADURA.
API - INSTITUTO AMERICANO DEL PETRÓLEO.
ANSI - INSTITUTO NACIONAL AMERICANO DE NORMAS.

EN GENERAL, LAS ESPECIFICACIONES INDUSTRIALES NO SE INVOLUCRAN EN LA APROBACIÓN DE ELECTRODOS, HASTA QUE SE EFECTÚAN PRUEBAS. POR LO TANTO, LA CONFORMIDAD DE LOS ELECTRODOS, DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES INDUSTRIALES, ESTA DETERMINADA POR EL PROVEEDOR CON BASE EN PRUEBAS REALES.

LA SOCIEDAD AMERICANA DE SOLDADURA (AWS) EN COOPERACIÓN CON LA SOCIEDAD AMERICANA DE PRUEBAS Y MATERIALES HA PUBLICADO UNA SERIE DE ESPECIFICACIONES DISEÑADAS PARA CUBRIR DIFERENTES ELECTRODOS. LAS ESPECIFICACIONES DISPONIBLES CUBREN ELECTRODOS PARA ACERO DULCE, ACERO BAJA ALEACIÓN, COBRE Y ALEACIONES DE COBRE, ALUMINIO Y ALEACIONES DE ALUMINIO. OTRAS ESPECIFICACIONES CONTEMPLAN ELECTRODOS PARA RECUBRIMIENTOS Y HIERROS FUNDIDOS. ES IMPORTANTE NOTAR QUE LAS DESIGNACIONES PARA CLASIFICAR LOS ELECTRODOS, ESTABLECIDOS POR AWS-ASTM, SON LAS MAS EMPLEADAS, Y TIENEN ESENCIALMENTE EL MISMO SIGNIFICADO EN MUCHOS CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES INDUSTRIALES.

EN PARTICULAR, PARA ACEROS AL CARBONO Y DE BAJA ALEACIÓN, LA SOCIEDAD AMERICANA DE SOLDADURA HA DESARROLLADO UN SISTEMA PARA LA CLASIFICACIÓN DE ELECTRODOS PARA UTILIZARSE CON EL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO REVESTIDO.

ELECTRODO POSICIÓN

E XX X X

RESISTENCIA A LA TENSIÓN

REVESTIMIENTO/CARACTERISTICAS DE OPERACION.

LA CLASIFICACIÓN CONSISTE DE UNA LETRA "E", QUE SIGNIFICA ELECTRODO, SEGUIDA DE CUATRO O CINCO DÍGITOS. LOS PRIMEROS DOS O TRES DÍGITOS SE REFIEREN ALA MISMA RESISTENCIA A LA TENSIÓN DEL METAL DE SOLDADURA DEPOSITADO. ESTOS NÚMEROS ESTABLECEN LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN EN MILES DE LIBRAS POR PULGADA CUADRADA. POR EJEMPLO : "70" SIGNIFICA QUE LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN DEL METAL DEPOSITADO ES POR LO MENOS 70,000 PSI.

EL SIGUIENTE NUMERO SE REFIERA LAS POSICIONES EN LAS CUALES EL ELECTRODO SE PUEDE EMPLEAR. UN "2" SIGNIFICA QUE EL METAL LIQUIDO ES TAN FLUIDO QUE EL ELECTRODO SOLO PUEDE SER UTILIZADO EN LA POSICIÓN PLANA O DE FILETE HORIZONTAL. UN "1" NOS DICE QUE EL ELECTRODO ES ADECUADO PARA UTILIZAR EN CUALQUIER POSICIÓN.

EL ULTIMO NUMERO DESCRIBE LA UTILIDAD DEL ELECTRODO, DETERMINADA POR EL RECUBRIMIENTO PRESENTE EN EL MISMO. ASÍ MISMO ESTE RECUBRIMIENTO DETERMINA SUS CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN Y CORRIENTE ELÉCTRICA RECOMENDADA:

AC	-	CORRIENTE ALTERNA	
DCEP	-	CORRIENTE DIRECTA -	ELECTRODO POSITIVO
DCEN	-	CORRIENTE DIRECTA -	ELECTRODO NEGATIVO

LA TABLA SIGUIENTE ENLISTA EL SIGNIFICADO DEL ULTIMO DÍGITO EN EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE ELECTRODOS AWS.

CLASIFICACIÓN	CORRIENTE	PENETRACIÓN	PENETRACIÓN Y ESCORIA	POLVO DE HIERRO %
EXX10	DCEP	ELEVADA	CELUL.-SODIO	0-10
EXXX1	AC-DCEP	ELEVADA	CELUL-POTASIO	0
EXXX2	AC-DCEN	MEDIA	RUTILO-SODIO	0-10
EXXX3	AC-DC	BAJA	RUTILO-POTASIO	0-10
EXXX4	AC-DC	BAJA	RUTILO-POLVO DE HIERRO	25-40
EXXX5	DCEP	MEDIA	BAJO HIDR-SODIO	0
EXXX6	AC-DCEP	MEDIA	BAJO HIDR-POTASIO	0
EXXX8	AC-DCEP	MEDIA	BAJO HIDR-POLVO DE HIERRO	25-40
EXX20	AC-DC	MEDIA	OXIDO HIERRO-S.	0
EXX24	AC-DC	BAJA	RUTILO-POLVO DE HIERRO	50
EXX27	AC-DC	MEDIA	OXIDO HIERRO POLVO DE HIERRO.	50
EXX28	AC-DCEP	MEDIA	BAJO HIDR-POLVO DE HIERRO	50

ES IMPORTANTE NOTAR QUE AQUELLOS ELECTRODOS QUE TERMINAN EN "5", "6" U "8" SE CLASIFICAN COMO TIPOS BAJO HIDROGENO. PARA MANTENER EL BAJO CONTENIDO DE HUMEDAD, ESTOS DEBEN ALMACENARSE EN SU CONTENEDOR ORIGINAL O EN HORNOS DE ALMACENAMIENTO ADECUADOS. ESTOS HORNOS DEBEN SER CALENTADOS ELÉCTRICAMENTE Y TENER UN CONTROL DE TEMPERATURA, EN EL RANGO DE 150 A 450°F (65 A 230°C). DADO QUE ESTE DISEÑO AYUDARA A MANTENER BAJO EL NIVEL DE HUMEDAD (MENOS DE 2%), DEBE SER VENTILADO ADECUADAMENTE. CUALQUIER ELECTRODO TIPO BAJO HIDROGENO QUE NO SEA UTILIZADO INMEDIATAMENTE, DEBE COLOCARSE EN LOS HORNOS, TAN RÁPIDO COMO SU CONTENEDOR SEA ABIERTO.

SIN EMBARGO, ES IMPORTANTE NOTAR QUE LOS ELECTRODOS DIFERENTES A LOS MENCIONADOS ARRIBA, PUEDEN DAÑARSE SI SE COLOCAN EN HORNOS. ALGUNOS ELECTRODOS ESTÁN DISEÑADOS PARA TENER UN CIERTO NIVEL DE HUMEDAD. SI ESTA SE ELIMINA, LAS CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ELECTRODO SE DETERIORAN SIGNIFICATIVAMENTE.

LOS ELECTRODOS UTILIZADOS PARA SOLDAR ACEROS DE BAJA ALEACIÓN PUEDEN PRESENTAR TAMBIÉN UN SUBFIJO QUE SE AÑADE A LA DESIGNACIÓN ESTÁNDAR DESPUÉS DE UN GUIÓN. LA DESCRIPCIÓN DE ESTOS SUFIJOS SE INDICA ENSEGUIDA:

SUBFIJO	ELEMENTO(S) ALEANTE (S)
A1	0.5% MOLIBDENO
B1	0.5% MOLIBDENO 0.5% CROMO
B2	0.5% MOLIBDENO 1.25% CROMO
B3	1.0% MOLIBDENO 2.25% CROMO
B4	0.5% MOLIBDENO 20% CROMO
C1	2.5% NÍQUEL
C2	3.5% NÍQUEL
C3	1.0% NÍQUEL
D1	0.3% MOLIBDENO 1.5% MANGANESO
D2	0.3% MOLIBDENO 1.75% MANGANESO
G*	0.2% MOLIBDENO 0.3% CROMO
	0.5% NÍQUEL 10% MANGANESO
	0.1% VANADIO

* NECESITA TENER EL CONTENIDO MÍNIMO PARA UN ELEMENTO SOLAMENTE.

SOLDADURA POR ARCO PROTECCIÓN DE GAS

LA SOLDADURA POR ARCO CON PROTECCIÓN DE GAS, ES UN PROCESO GASEOSA Y TRANSFERIDO A LA JUNTA, DONDE EL ARCO PROPORCIONA EL CALOR SUFICIENTE PARA FUNDIR EL METAL BASE. LA FIGURA 11 PRESENTA LOS ELEMENTOS ESENCIALES DEL PROCESO. EL METAL FUNDIDO DEBE SER PROTEGIDO DE LA ATMÓSFERA DURANTE LA OPERACIÓN DE SOLDADURA, DE OTRA MANERA, EL OXIGENO Y EL NITRÓGENO SE COMBINARAN FÁCILMENTE CON EL METAL DE SOLDADURA LIQUIDO DANDO COMO RESULTADO UNA SOLDADURA POROSA. UNA CARACTERÍSTICAS IMPORTANTE ES EL HECHO DE QUE TODA LA PROTECCIÓN DE LA SOLDADURA ES PROPORCIONADA POR UNA ATMÓSFERA PROTECTORA DE GAS, QUE ES EMITIDA DESDE LA PISTOLA DE LA SOLDADURA. LOS GASES EMPLEADOS INCLUYEN GASES INERTES Y GASES REACTIVOS, (MAS ADELANTE SE DARÁ UNA EXPLICACIÓN DETALLADA DE LOS GASES DE PROTECCIÓN EMPLEADOS EN ESTE PROCESO).

LOS ELECTRODOS UTILIZADOS PARA ESTE PROCESO SON ALAMBRES SÓLIDOS, QUE SON SUMINISTRADOS EN BOBINAS O CARRETES DE VARIOS TAMAÑOS. COMO ES EL CASO DE LOS ELECTRODOS REVESTIDOS, TAMBIÉN EXISTE UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN ESTABLECIDO, TAMBIÉN EXISTE UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN ESTABLECIDO POR LA SOCIEDAD AMERICANA DE SOLDADURA PARA LOS ELECTRODOS UTILIZADOS EN EL PROCESO POR ARCO CON PROTECCIÓN DE GAS. ESTOS ESTÁN DENOTADOS POR LAS LETRAS "ER", SEGUIDAS POR DOS O TRES NÚMEROS, UNA LETRA "S", UN GUIÓN , Y FINALMENTE OTRO NUMERO, COMO SE INDICA.

RESISTENCIA A LA TENSIÓN

COMPOSICIÓN QUÍMICA

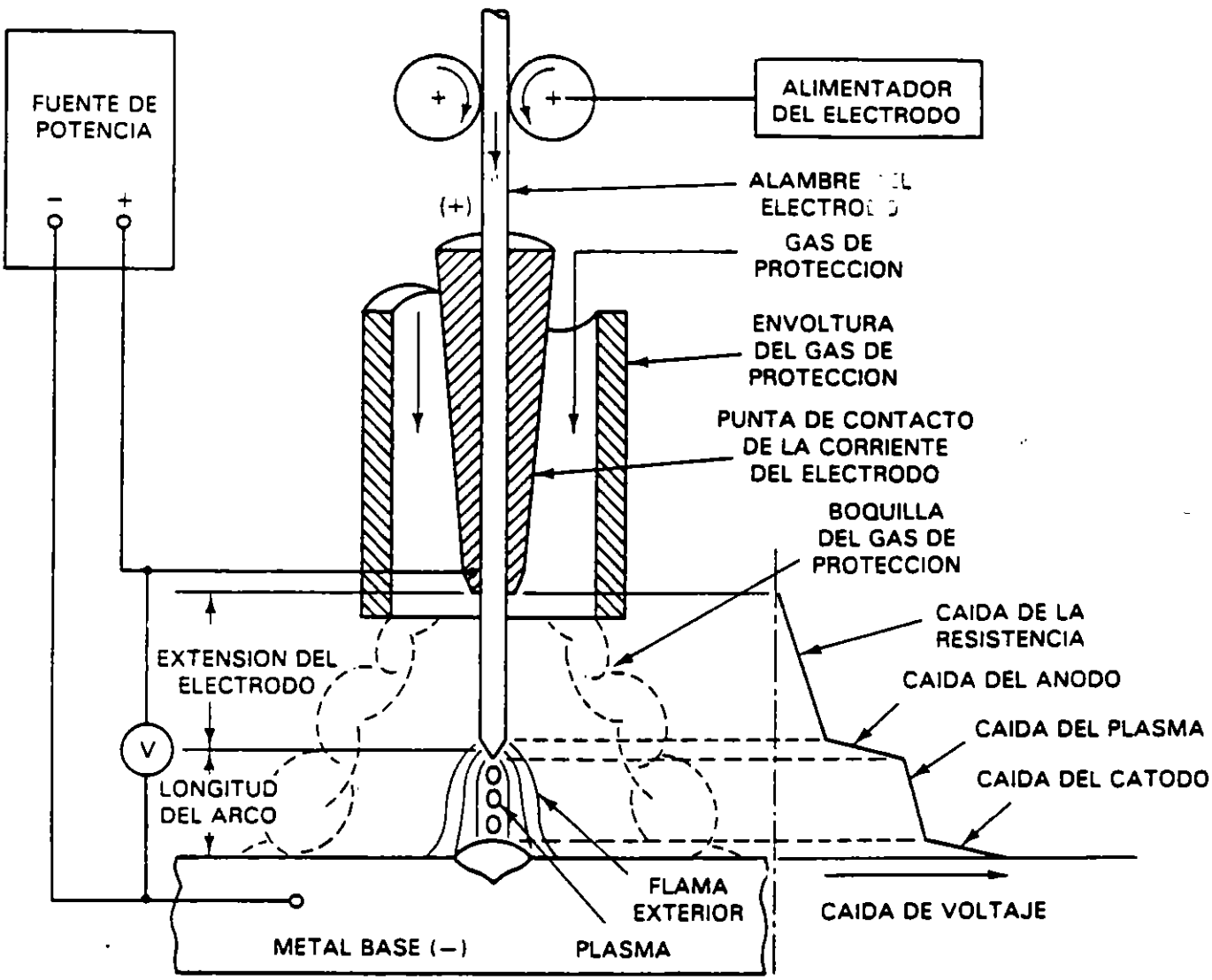
ERXXS-X

ELECTRODO/VARILLA

ALAMBRE SOLIDÓ

"ER" DESIGNA EL ALAMBRE, SIENDO ELECTRODO O VARILLA; ESTO SIGNIFICA QUE PUEDE CONDUCIR CORRIENTE ELÉCTRICA O SER APLICADO SIMPLEMENTE COMO METAL DE APORTE CUANDO SE UTILIZA CON OTROS PROCESOS DE SOLDADURA. LOS SIGUIENTES DOS O TRES DÍGITOS ESTABLECEN LA MISMA LA MÍNIMA RESISTENCIA A LA TENSIÓN DEL METAL DE SOLDADURA DEPOSITADO, EN MILES DE LIBRAS POR PULGADA CUADRADA. POR EJEMPLO, AL IGUAL QUE PARA ELECTRODOS REVESTIDOS, UN "70" DENOTA UN METAL DE APORTE QUE PRESENTA UNA RESISTENCIA MÍNIMA DE 70,000 PSI, EN LA CONDICIÓN DE DEPOSITO. LA LETRA "S" INDICA QUE SE TRATA DE UN ALAMBRE SOLIDÓ. FINALMENTE EL NUMERO DESPUÉS DEL GUIÓN SE REFIERE AL ANÁLISIS QUÍMICO DEL ELECTRODO.
ESTO TAMBIÉN DETERMINA LAS CARACTERÍSTICAS EN EL METAL DE SOLDADURA. TÍPICAMENTE, LOS ELECTRODOS PARA ESTE PROCESO TIENEN CANTIDADES SUPERIORES DE DESOXIDANTES TALES COMO MANGANESO, SOLICIO Y ALUMINIO PARA AYUDAR A LOS GASES AUXILIARES EN LA PROTECCIÓN DEL METAL DE SOLDADURA LIQUIDO.

AUNQUE EL ALAMBRE NO TIENE UN REVESTIMIENTO DE FUENTE, ES IMPORTANTE ALMACENAR EL MATERIAL CUANDO NO SE ENCUENTRA EN USO.



SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO CONSUMIBLE

FIGURA 11

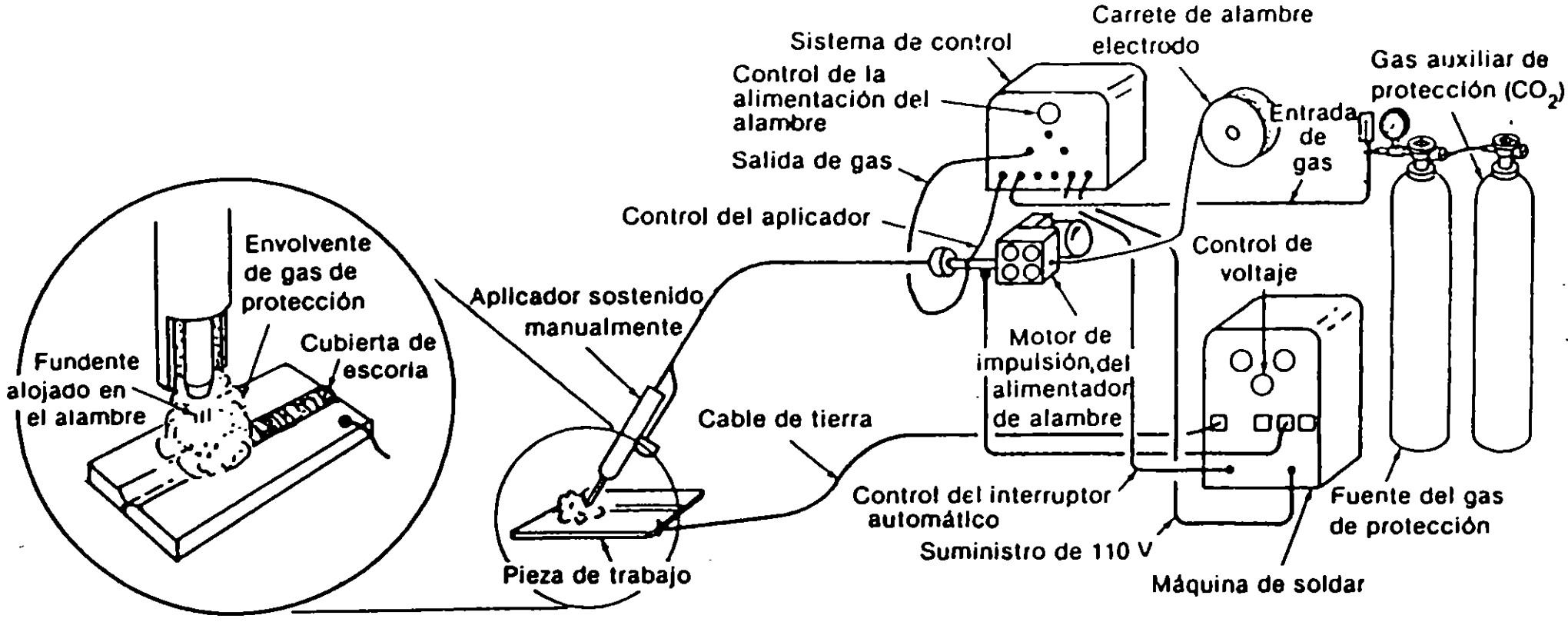
EL FACTOR MAS CRITICO ES QUE EL ALAMBRE DEBE CONSERVARSE LIMPIO. SI SE PERMITE QUE PERMANEZCA EN EL EXTERIOR PUEDE CONTAMINARSE CON OXIDO, ACEITE, HUMEDAD, POLVO, U OTROS ELEMENTOS PRESENTES EN UN TALLER. POR TANTO, CUANDO SEA POSIBLE, EL ALAMBRE DEBE CONSERVARSE EN SU ENVOLTURA PLÁSTICA ORIGINAL O EN SU PAQUETE DE ENVIÓ. CUANDO UNA BOBINA DE ALAMBRE SE COLOCA EN EL ALIMENTADO, DEBE CUBRIRSE CON UNA CUBIERTA PROTECTORA, CUANDO NO SE USE POR PERIODOS PROLONGADOS DE TIEMPO.

LA FUENTE DE SUMINISTRO UTILIZADA PARA LA SOLDADURA POR ARCO CON PROTECCIÓN DE GAS ES MUY DIFERENTE DEL TIPO EMPLEADO PARA LA SOLDADURA CON ELECTRODO REVESTIDO. EN LUGAR DE UNA MAQUINA A CORRIENTE CONSTANTE, EL PROCESO POR ARCO CON PROTECCIÓN DE GAS, UTILIZA LO QUE SE REFIERE COMO UNA FUENTE DE SUMINISTRO A VOLTAJE, SOBRE UN RANGO DE CORRIENTES.

LA SOLDADURA POR ARCO CON PROTECCIÓN DE GAS NORMALMENTE SE REALIZA UTILIZANDO CORRIENTE DIRECTA, ELECTRODO POSITIVO (POLARIDAD INVERTIDA) CUANDO ESTE TIPO DE FUENTE DE SUMINISTRO SE COMBINA CON UN ALIMENTADO DE ALAMBRE, DA COMO RESULTADO UN PROCESO DE SOLDADURA QUE PUEDE SER SEMIAUTOMÁTICO , MECÁNICO O TOTALMENTE AUTOMÁTICO. ESTO REDUCE EL GRADO DE HABILIDAD REQUERIDO PARA REALIZAR LA SOLDADURA CON ESTE PROCESO. LA FIGURA 12 MUESTRA EL ARREGLO TÍPICO DE LAS CONEXIONES PARA EL SISTEMA.

COMO PUEDE VERSE, EL EQUIPO ES MAS COMPLEJO QUE EL UTILIZADO PARA LA SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO REVESTIDO. EL EQUIPO COMPLETO INCLUYE UNA FUENTE DE SUMINISTRO, ALIMENTADOR DE ALAMBRE, SUMINISTRO DE GAS Y UNA PISTOLA PARA SOLDAR, CONECTADA AL ALIMENTADOR DE ALAMBRE MEDIANTE UN CABLE FLEXIBLE A TRAVÉS DEL CUAL VIAJA EL ELECTRODO Y EL GAS. ANTES DE INICIAR LA SOLDADURA, EL SOLDADOR DEBERÁ AJUSTAR EL VOLTAJE EN LA FUENTE DE SUMINISTRO Y LA VELOCIDAD DE ALIMENTACIÓN DEL ALAMBRE REALMENTE CONTROLA ESTA CARACTERÍSTICA.

CUANDO LOS AJUSTES DE MAQUINA MODIFICADOS, LAS CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN SON ALTERADOS DRÁSTICAMENTE. EN PRINCIPIO, ES IMPORTANTE ENTENDER LA FORMA EN LA QUE EL METAL FUNDIDO ES TRANSFERIDO DESDE LA PUNTA DEL ELECTRODO, A TRAVÉS DEL ARCO, HASTA EL METAL BASE, EN EL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO CON PROTECCIÓN DE GAS, HAY TRES MODOS BÁSICOS DE TRANSFERENCIA DEL METAL. ESTO SON: SPRAY, GLOBULAR Y CORTO CIRCUITO. SUS CARACTERÍSTICAS SON TAN DIFERENTES QUE EN ALGUNAS OCASIONES SE LES CONSIDERA COMO TRES PROCESOS DE SOLDADURA DIFERENTE. CADA TIPO ESPECIFICO TIENE VENTAJAS Y LIMITACIONES DEFINIDAS QUE LOS HACEN MEJORES PARA ALGUNAS APLICACIONES QUE OTRA. EL TIPO DE TRANSFERENCIA DEL METAL DEPENDE DE DIVERSOS FACTORES, QUE INCLUYEN: GAS DE PROTECCIÓN, NIVELES DE CORRIENTE Y VOLTAJE Y CARACTERÍSTICAS DE LA FUENTE DE SUMINISTRO.



Conjunto de elementos para soldadura MIG, modificado para contar con protección auxiliar de gas.

FIGURA 12

UNA DE LAS DIFERENCIAS BÁSICAS EN LAS QUE DIFIEREN ESTOS TRES TIPOS, ES LA CANTIDAD DE CALOR QUE PROPORCIONAN A LA PIEZA DE TRABAJO, LA TRANSFERENCIA EN SPRAY, SE CONSIDERA LA MAS CALIENTE, SEGUIDO POR LAS TRANSFERENCIAS GLOBULAR Y CORTO CIRCUITO.

POR LO TANTO, LA TRANSFERENCIA EN SPRAY ES LA MAS EDECUADA PARA SECCIONES GRUESAS Y UNIONES DE PENETRACIÓN COMPLETA, ASÍ COMO LAS QUE PUEDEN COLOCARSE EN POSECIÓN PLANA.

LA TRANSFERENCIA GLOBULAR PROPORCIONA MUCHO CALENTAMIENTO Y ELEVADA VELOCIDAD DE DEPOSITO, PERO SUS CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN TIENDEN A SER MENOS ESTABLES, RESULTANDO EN EXCESIVAS SALPICADURAS.

LA TRANSFERENCIA DE CORTO CIRCUITO PROVOCA MENOS CALENTAMIENTO DEL METAL BASE, TRANSFORMÁNDOLA EN UNA EXCELENTE SELECCIÓN, PARA LA SOLDADURA DE PLACAS DELGADAS Y UNIONES QUE TIENEN SEPARACIONES EXCESIVAS, DEBIDO A POBRE ALINEAMIENTO. ESTE TIPO DE TRANSFERENCIA ES TÍPICAMENTE LA MAS FRÍA DEBIDO AL HECHO DE QUE EL ELECTRODO REALMENTE ESTA EN CONTACTO CON EL METAL BASE, CREANDO UN CORTO CIRCUITO PARA UNA PORCIÓN DEL CICLO DE SOLDADURA. LOS BREVES PERIODOS DE EXTINCIÓN DEL ARCO PERMITEN TENDENCIA DE "QUEMADO" EN MATERIALES DELGADOS. DEBE TENERSE CUIDADO CUANDO LA TRANSFERENCIA EN CORTO CIRCUITO SE UTILIZA PARA LA SOLDADURA DE SECCIONES GRUESAS, DADO QUE RESULTAN EN FUSIÓN INCOMPLETA DEBIDO AL INSUFICIENTE CALENTAMIENTO DEL METAL BASE.

COMO SE MENCIONO, LOS GASES DE PROTECCIÓN TIENEN UN EFECTO SIGNIFICATIVO SOBRE EL TIPO DE TRANSFERENCIA DEL METAL. LA TRANSFERENCIA EN SPRAY PUEDE SER ALCANZADA SOLAMENTE CUANDO HAY, POR LO MENOS, 80% DE ARGÓN EN LA MEZCLA DE GASES. EL DIOXIDO DE CARBONO, CO_2, ES PROBABLEMENTE EL GAS MAS POPULAR PARA ESTE PROCESO, EN ACEROS AL CARBÓN, DEBIDO, EN PRINCIPIO, A SU BAJO COSTO Y LAS EXCELENTES CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN. UN INCONVENIENTE QUE DEBE TOMARSE EN CUANTA, SIN EMBARGO, ES QUE PRODUCE MUCHAS SALPICADURAS, REDUCIENDO LA EFICIENCIA.

LA VERSATILIDAD OFRECIDA, POR ESTE PROCESO HA RESULTADO EN SU UTILIZACIÓN EN MUCHAS APLICACIONES INDUSTRIALES. EL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO CON PROTECCIÓN DE GAS PUEDE SER USADO EFICIENTEMENTE PARA UNIR O RECUBRIR MUCHOS METALES Y ALEACIONES FERROSAS Y NO FERROSAS.

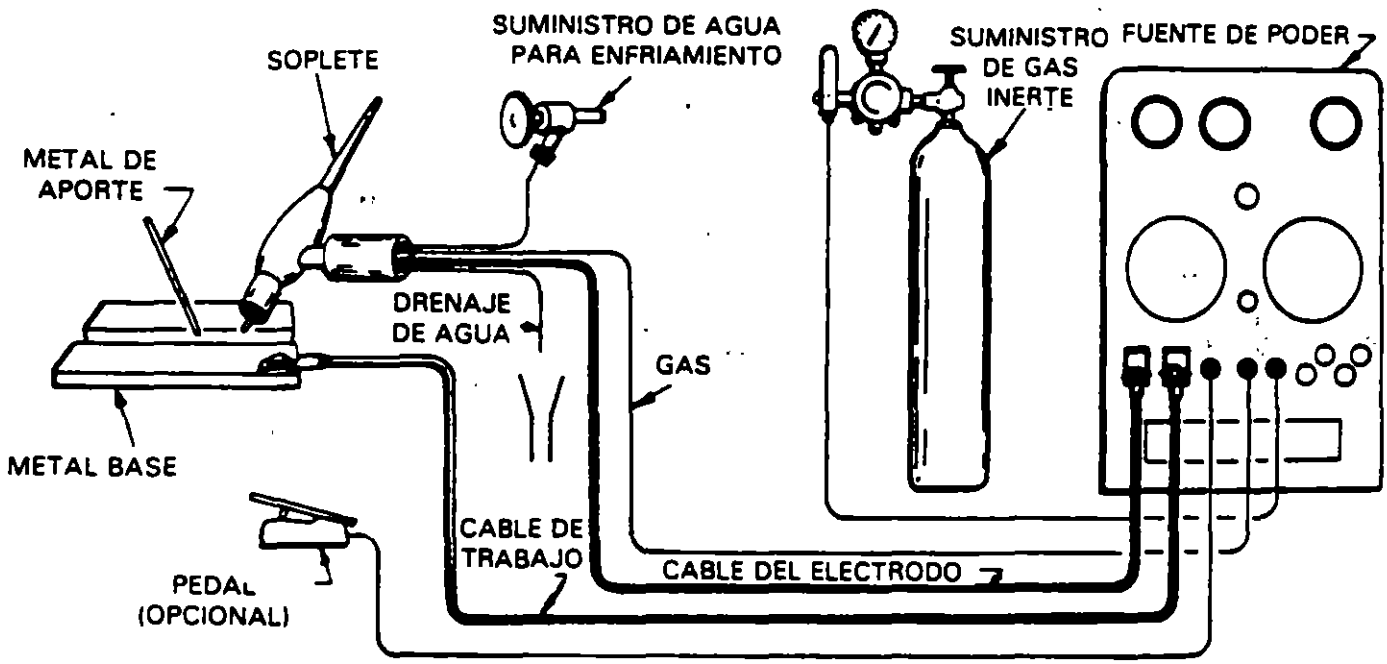
EL USO DE GAS DE PROTECCIÓN EN LUGAR DE ALGÚN TIPO DE FÚNDENTE REDUCE LA POSIBILIDAD DE INTRODUCIR HIDROGENO EN LA ZONA DE SOLDADURA, DE TAL FORMA QUE ESTE PROCESO PUEDE UTILIZARSE EXITOSAMENTE EN SITUACIONES DONDE LA PRESENCIA DE HIDROGENO PUEDE CAUSAR PROBLEMAS. DEBIDO A LA AUSENCIA DE ESCORIA, EL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO CON PROTECCIÓN DE GAS ES MUY ADECUADO PARA SOLDADURA AUTOMÁTICA U OTRAS SITUACIONES DE ALTA PRODUCCIÓN. DADO QUE MUY POCA O NINGUNA LIMPIEZA SE REQUIERE DESPUÉS DE LA SOLDADURA, LA EFICIENCIA ES MUY ELEVADA. ESTA EFICIENCIA ES MAYOR POR EL HECHO DE QUE EL ROLLO DE ALAMBRE ES CONTINUO, Y NO REQUIERE CAMBIOS TAN FRECUENTES COMO LOS ELECTRODOS UTILIZADOS EN EL PROCESO MANUAL. OTRO BENEFICIO DEL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO CON PROTECCIÓN DE GAS, ES QUE SE TRATA DE UN PROCESO RELATIVAMENTE LIMPIO, DEBIDO A QUE NO HAY FÚNDENTE, LOS TALLERES CON PROBLEMAS DE VENTILACIÓN PUEDEN ENCONTRAR ALGÚN ALIVIO UTILIZANDO ESTE PROCESO DEBIDO A QUE GENERA MENOS HUMO, CON LA PRESENCIA DE NUMEROSOS TIPOS DE ELECTRODOS Y EQUIPOS, QUE LO HACEN MAS PORTÁTIL LA VERSATILIDAD DEL PROCESO CONTINUA MEJORANDO, UN BENEFICIO ADICIONAL SE RELACIONA CON LA VISIBILIDAD DEL PROCESO; DADO QUE NO SE PRESENTA ESCORIA, EL SOLDADOR PUEDE OBSERVAR MAS FÁCILMENTE LA ACCIÓN DEL ARCO Y EL METAL FUNDIDO PARA MEJORAR SU CONTROL.

MIENTRAS QUE EL USO DE GAS DE PROTECCIÓN EN LUGAR DE FÚNDENTE PROPORCIONA ALGUNOS BENEFICIOS TAMBIÉN PUEDE SER UNA LIMITACIÓN. SI EL METAL BASE ESTA EXCESIVAMENTE CONTAMINADO, EL GAS DE PROTECCIÓN PUEDE NO SER SUFICIENTE PARA PREVENIR LA OCURRENCIA DE POROSIDAD. ES IMPORTANTE DARSE CUENTA QUE AUMENTAR EL FLUJO DE GAS ARRIBA DE LOS LIMITE RECOMENDADOS, NO NECESARIAMENTE GARANTIZA UNA MAYOR PROTECCIÓN. DE HECHO, LOS FLUJOS ELEVADOS TIENDEN A INCREMENTAR LA POSIBILIDAD DE POROSIDAD; ESTO SE DEBE A QUE TIENDEN A ARRASTRAR GASES DE LA ATMÓSFERA HACIA LA ZONA DE SOLDADURA.

SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO DE TUNGSTENO.

EL SIGUIENTE PROCESO A SER DISCUTIDO ES EL DE SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO DE TUNGSTENO, EL CUAL TIENE DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS CUANDO SE COMPARA CON LOS OTROS PROCESOS POR ARCO ELÉCTRICO.
LA FIGURA 13 MUESTRA LOS ELEMENTOS BÁSICOS DEL PROCESO.

LA CARACTERÍSTICA MAS SIGNIFICATIVA AQUÍ, ES QUE EL ELECTRODO UTILIZADO NO SE CONSUME DURANTE LA OPERACIÓN DE SOLDADURA. ESTA FABRICADO DE TUNGSTENO PURO O ALEADO, EL CUAL TIENE LA HABILIDAD DE RESISTIR LAS ALTAS TEMPERATURAS, SIMILARES A LAS QUE SE PRODUCEN EN EL ARCO, POR TANTO, CUANDO LA CORRIENTE ESTA FLUYENDO, SE CREA UN ARCO ENTRE EL ELECTRODO DE TUNGSTENO Y LA PIEZA DE TRABAJO. SI SE REQUIERE METAL DE APORTE, ESTE DEBE SER AÑADIDO EXTERNAMENTE, YA SEA MANUALMENTE O CON EL USO DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN AUTOMÁTICO. TODA LA PROTECCIÓN DEL ARCO Y DEL METAL ES PROPORCIONADA A TRAVÉS DEL USO DE UN GAS INERTE QUE FLUYE DE LAS BOQUILLA ALREDEDOR DEL ELECTRODO DE TUNGSTENO. EL DEPOSITO DE SOLDADURA NO TIENE ESCORIA YA QUE NO UTILIZA FÚNDENTE.



SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO NO CONSUMIBLE

FIGURA 13

AL IGUAL QUE CON OTROS PROCESOS, HAY UN SISTEMA DE CLASIFICACIÓN QUE COMPRENDE VARIOS TIPOS DE ELECTRODOS DE TUNGSTENO , LO CUAL HACE QUE SEAN FÁCILMENTE IDENTIFICABLES. LA DESIGNACIÓN CONSISTE DE UNA SERIE DE LETRAS QUE INICIAN CON UNA "E" QUE SIGNIFICA ELECTRODO. EN SEGUIDA EXISTE UNA "W", QUE ES EL SÍMBOLO QUÍMICO DEL TUNGSTENO. ESTAS LETRAS SON SEGUIDAS POR LETRAS Y NÚMEROS QUE DESCRIBEN EL TIPO DE ALEACIÓN. DADO. QUE SOLAMENTE HAY CINCO CLASIFICACIONES DIFERENTES, ESTOS SE DIFERENCIAN MAS COMÚNMENTE UTILIZANDO UN SISTEMA DENOMINADO CÓDIGO DE COLORES. LA TABLA SIGUIENTE MUESTRA LAS CLASIFICACIONES Y EL CÓDIGO DE COLOR APROPIADO.

CLASIFICACIÓN AWS	COMPOSICIÓN	COLOR
EWP	TUNGSTENO	VERDE
EWTH-1	0.8-1.2% THORIO	AMARILLO
EWTH-2	1.7-2.2% THORIO	ROJO
EWTH-3	0.35-02-55% THORIO	AZUL
EWZr	0.15-0 ZIRCONIO	CAFÉ

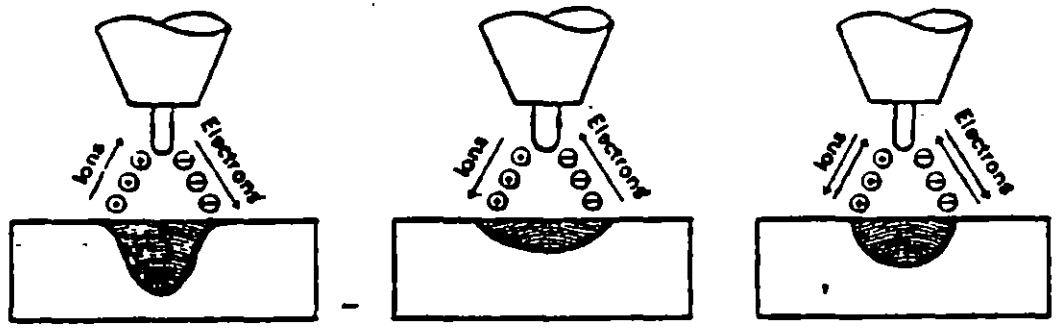
LA PRESENCIA DEL THORIO O ZIRCONIO AYUDA A MEJORAR LAS CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS, HACIENDO QUE EL TUNGSTENO SEA LIGERAMENTE MAS EMISIVO. ESTO SIGNIFICA SIMPLEMENTE QUE ES MAS FÁCIL INICIAR UN ARCO CON LOS ELECTRODO DE TUNGSTENO PURO.

EL ELECTRODO TIPO EWTH-2 ES EL MAS EMPLEADO PARA LA UNIÓN DE MATERIALES FERROSOS.

EL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO DE TUNGSTENO PUEDE SER UTILIZADO CON CORRIENTE DIRECTA (EN AMBAS POLARIDADES) O CON CORRIENTE ALTERNA. EL USO DE CORRIENTE DIRECTA POLARIDAD INVERTIDA, DARÁ COMO RESULTADO UN MAYOR CALENTAMIENTO DEL ELECTRODO, MIENTRAS QUE CON CORRIENTE DIRECTA POLARIDAD DIRECTA HABRÁ UN MAYOR CALENTAMIENTO DEL METAL BASE. LA CORRIENTE ALTERNA SE USA TÍPICAMENTE PARA LA SOLDADURA DE ALUMINIO DEBIDO A QUE ESTE TIPO DE CORRIENTE INCREMENTARA LA ACCIÓN DE LIMPIEZA PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LA SOLDADURA. LA CORRIENTE DIRECTA POLARIDAD DIRECTA ES LA MAS EMPLEADA PARA LA SOLDADURA DE ACEROS. LA FIGURA 14 ILUSTRA CON MAYOR DETALLE LOS EFECTOS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE CORRIENTE EN TÉRMINOS DE CAPACIDAD DE PENETRACIÓN, ACCIÓN DE LIMPIEZA DE ÓXIDOS, BALANCE TÉRMICO DEL ARCO Y CAPACIDAD DE TRANSPORTE DE CORRIENTE POR EL ELECTRODO.

COMO SE MENCIONO, ESTE PROCESO DE SOLDADURA UTILIZA GASES INERTES PARA LA PROTECCIÓN DEL ARCO Y DEL METAL LIQUIDO. POR INERTE ENTENDEMOS QUE LOS GASES NO SE COMBINAN CON EL METAL, PERO LO PROTEGEN DE CONTAMINANTES. EL ARGÓN Y EL HELIO SON LOS GASES INERTES MAS COMÚNMENTE UTILIZADOS, BASADOS EN SU COSTO RELATIVAMENTE BAJO Y SU DISPONIBILIDAD, COMPARADO CON OTROS TIPOS DE GASES INERTES.

Tipo de Corriente Polaridad	DC Negativa	DC Positiva	AC (Balanceada)



Características de penetración

Acción de limpieza de óxidos.	No	Si	Si – Una vez cada medio ciclo.
Balance de calor en el arco (aprox).	70% al trabajo 30% al electrodo	30% al trabajo 70% al electrodo	50% al trabajo 50% al electrodo
Penetración	Profundo, estrecho	Poco profundo; ancho	Media
Capacidad del electrodo	Excelente P.ej. 3.18mm (1/8 pulg)–400 A	Mala P.ej. 6.35mm (1/4 pulg)–120 A	Buena P.ej. 3.18mm (1/8 pulg)–225 A

FIGURA 14

EL EQUIPO REQUERIDO PARA EL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO DE TUNGSTENO TIENEN COMO ELEMENTO PRIMARIO UNA FUENTE DE SUMINISTRO SIMILAR A LA EMPLEADA EN EL PROCESO POR ARCO CON ELECTRODO REVESTIDO, ESTO ES, UNA MAQUINA DE CORRIENTE CONSTANTE. ADEMÁS, DADO QUE HAY UN GAS PRESENTE, ES NECESARIO TENER UN APARATO PARA SU CONTROL Y TRANSMISIÓN. LA FIGURA 15 MUESTRA UN ARREGLO TÍPICO PARA EL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO DE TUNGSTENO.

EXISTEN NUMEROSAS APLICACIONES PARA ESTE PROCESO EN MUCHAS INDUSTRIAS. ESTE PROCESO ES CAPAZ DE SOLDAR VIRTUALMENTE TODOS LOS MATERIALES, DEBIDO A QUE EL ELECTRODO NO SE FUNDE DURANTE LA OPERACIÓN DE SOLDADURA. LA HABILIDAD PARA SOLDAR CON CORRIENTES EXTREMADAMENTE BAJAS HACE QUE ESTE PROCESO DE SOLDADURA SEA ADECUADO PARA UTILIZARSE EN SECCIONES DELGADAS (HASTA 0.005").

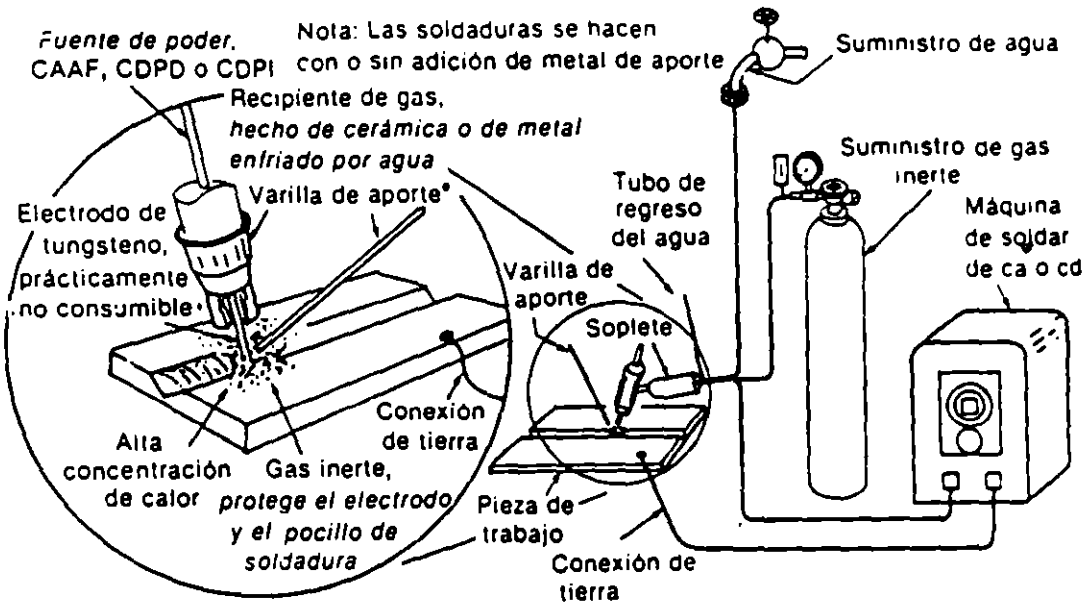
TÍPICAMENTE ES UN PROCESO LIMPIO Y DE OPERACIÓN CONTROLABLE LO CUAL INDICA QUE SEA EL ELEGIBLE PARA APLICACIONES EXTREMADAMENTE CRITICAS, TALES COMO EN LAS INDUSTRIAS AEROSPACIALES, PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS Y MEDICINAS Y QUÍMICA.

CONTRASTANDO CON ESTAS VENTAJAS, TAMBIÉN HAY DIVERSAS DESVENTAJAS. EN PRIMER LUGAR, ESTE PROCESO ES EL MAS LENTO DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA LIMPIO, TAMBIÉN SE CARACTERIZA POR TENER UNA BAJA TOLERANCIA A LA CONTAMINACIÓN. POR TANTO, EL METAL DE APORTE Y EL METAL BASE DEBEN ESTAR EXTREMADAMENTE LIMPIOS ANTES DE LA OPERACIÓN DE SOLDADURA. CUANDO SE UTILIZA COMO PROCESO MANUAL, EL PROCESO CON ELECTRODO DE TUNGSTENO REQUIERE UN ALTO NIVEL DE HABILIDAD. ESTO SE DEBE PARCIALMENTE A LA NECESIDAD DE UTILIZAR AMBAS MANOS UNA MANIPULA LA ANTORCHA Y LA OTRA EL METAL DE APORTE.

COMO SE MENCIONO, UNO DE LOS PROBLEMAS INHERENTES ASOCIADOS CON ESTE MÉTODO, ES LA INTOLERANCIA A LA CONTAMINACIÓN. SI SE ENCUENTRA HUMEDAD, YA SEA EN EL METAL DE APORTE, METAL BASE O GASES DE PROTECCIÓN, EL RESULTADO PUEDE SER POROSIDAD EN EL DEPOSITO DE SOLDADURA.

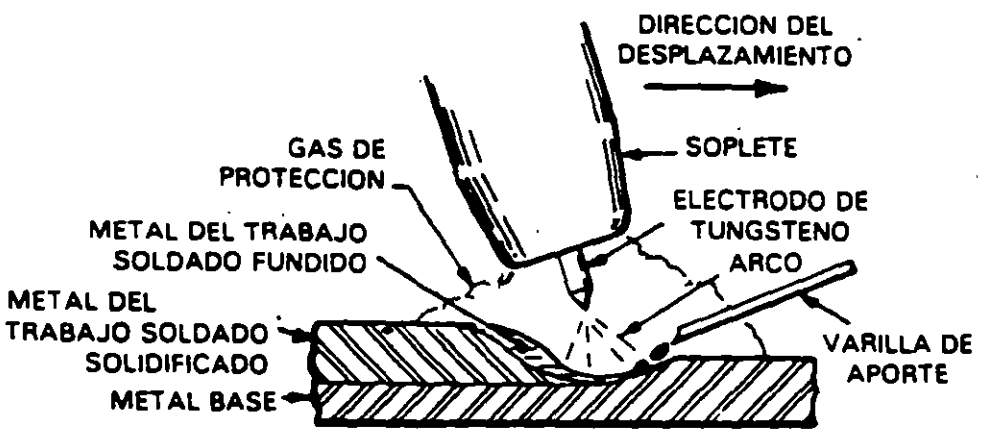
CUANDO OCURRE ESTO, ES UNA SEÑAL DE QUE EL PROCESO ESTA FUERA DE CONTROL Y SON NECESARIAS ALGUNAS MEDIDAS CORRECTIVAS. PARA ESTO DEBE REALIZARSE UN CHEQUEO PARA DETERMINAR LA FUENTE DE CONTAMINACIÓN Y CON ESTO ELIMINARLA.

OTRO PROBLEMA INHERENTE ÚNICAMENTE A ESTE PROCESO, ES LA INCLUSIÓN DE TUNGSTENO. COMO SU NOMBRE LO INDICA, ESTA DISCONTINUIDAD OCURRE CUANDO PARTES DEL ELECTRODO DE TUNGSTENO SE INCLUYEN EN EL DEPOSITO DE SOLDADURA. LAS INCLUSIONES DE TUNGSTENO PUEDE OCURRIR DEBIDO A ALGUNA DE LAS SIGUIENTES RAZONES.



Unidad para soldadura dotada de suministro de agua, para soldar por el proceso TIG.

Diagrama del proceso (GTAW).



SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO NO CONSUMIBLE

FIGURA 15

1.- CONTACTO DE LA PUNTA DEL ELECTRODO CON EL METAL LIQUIDO
2.- CONTACTO DEL METAL DE APORTE CON LA PUNTA CALIENTE DEL ELECTRODO
3.- CONTAMINACIÓN DE LA PUNTA DEL ELECTRODO POR SALPICADURAS.
4.- EXCESO DE CORRIENTE, MAYOR AL LIMITE PARA UN DIÁMETRO O TIPO DE ELECTRODOS DETERMINADO.
5.- EXTENSIÓN DE ELECTRODOS MAS ALLA DE SU DISTANCIA NORMAL DEL COLECTOR, RESULTANDO EN SOBRECALENTAMIENTO DEL ELECTRODO.
6.- CIERRE INADECUADO DEL COLECTOR.
7.- INADECUADO FLUJO DEL GAS DE PROTECCIÓN O EXCESIVAS CORRIENTES DE AIRE, QUE PROMUEVEN OXIDACIÓN DE LA PUNTA DEL ELECTRODO.
8.- DEFECTOS TALES COMO GRIETAS O RAYONES EN EL ELECTRODO
9.- USO DE GASES DE PROTECCIÓN INADECUADOS, Y
10.- AFILADO INADECUADO DE LA PUNTA DEL ELECTRODO

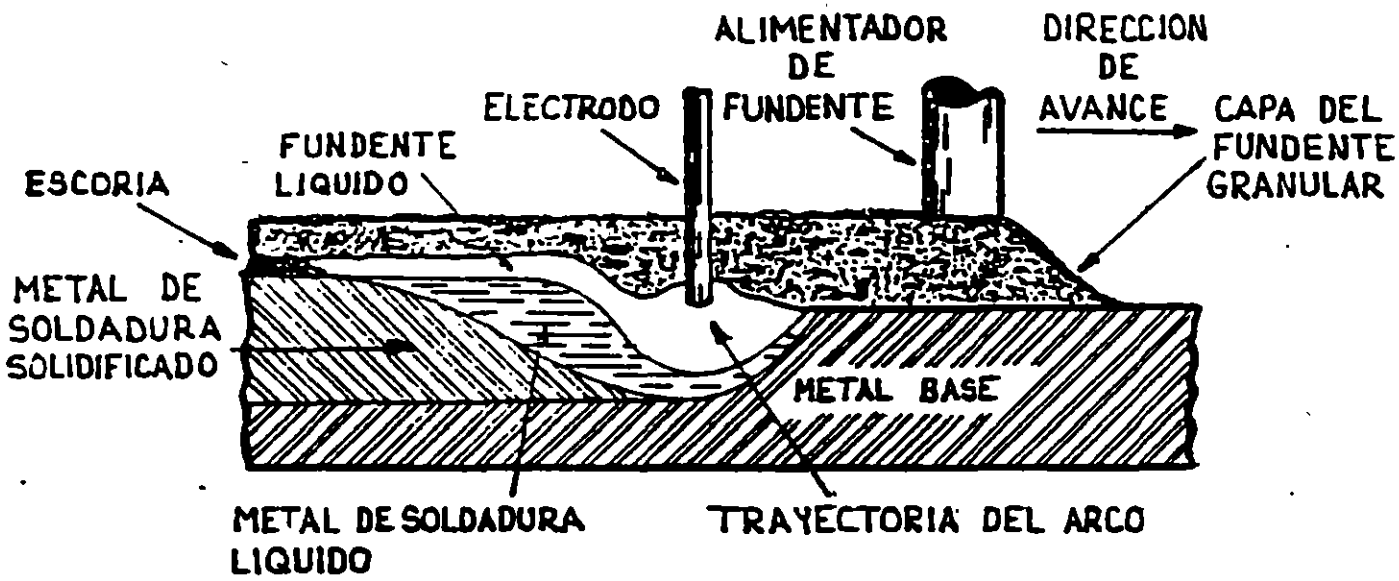
SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO

ESTE PROCESO DE SOLDADURA ES TÍPICAMENTE EL MAS EFICIENTE, EN TÉRMINOS DE LA VELOCIDAD DE APLICACIÓN DE SOLDADURA. EL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO SE CARACTERIZA POR EL USO DE UN ALAMBRE SOLIDÓ (ELECTRODO) ALIMENTADO CONTINUAMENTE , EL CUAL FORMA UN ARCO CON UNA PIEZA DE TRABAJO; ESE ARCO ES PROTEGIDO TOTALMENTE POR UNA CAPA DE FÚNDENTE GRANULAR DE AQUÍ SU NOMBRE DE ARCO SUMERGIDO". LA FIGURA 16 MUESTRA COMO SE PRODUCE UNA SOLDADURA UTILIZANDO ESTE PROCESO.

COMO SE MENCIONO, EL ALAMBRE ES ALIMENTADO EN UNA ZONA DE SOLDADURA DE LA MISMA FORMA QUE EN LOS PROCESOS POR ARCO, PROTEGIDOS CON GAS Y CON FÚNDENTE EN EL NÚCLEO. LA MAYOR DIFERENCIA, SIN EMBARGO, ESTE EN EL MÉTODO DE PROTECCIÓN. CON LA SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO, UN FÚNDENTE GRANULAR ES VACIADO SOBRE O ALREDEDOR DE ESTE ELECTRODO PARA FACILITAR LA PROTECCIÓN DEL METAL FUNDIDO. A MEDIDA QUE PROGRESA LA SOLDADURA, ADEMÁS DEL CORDÓN DE SOLDADURA HAY UNA CAPA DE ESCORIA Y FÚNDENTE AUN GRANULAR, QUE CUBRE EL METAL DE SOLDADURA SOLIDIFICADO.

LA ESCORIA DEBE SER REMOVIDA Y ELIMINADA. SIN EMBARGO, EL FÚNDENTE GRANULAR PUEDE SER RECUPERADO Y REUTILIZADO, SI SE TOMAN CUIDADOS PARA EVITAR SU CONTAMINACIÓN. EN ALGUNOS CASOS CUANDO EL FÚNDENTE PROPORCIONA ELEMENTOS ALEANTES A LA SOLDADURA, LA REUTILIZACION DEL FÚNDENTE NO ES PERMITIDA.

DADO QUE EL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO UTILIZA ELECTRODOS Y FUNDENTES, HAY NUMEROSAS COMBINACIONES DISPONIBLES PARA APLICACIONES ESPECIFICAS. HAY DOS TIPOS GENERALES DE COMBINACIONES QUE PUEDEN SER UTILIZADAS PARA OBTENER UN DEPOSITO DE SOLDADURA ALEADO;UN ELECTRODO ALEADO CON UN FÚNDENTE NEUTRO O UN ELECTRODO DE ACERO AL CARBONO CON FÚNDENTE ALEADO. POR TANTO PARA DESCRIBIR APROPIADAMENTE EL MATERIAL DE APORTE EN LA SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO, LA SOCIEDAD AMERICANA DE SOLDADURA AWS, DISEÑO UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN QUE COMBINA LAS CARACTERÍSTICAS DEL ELECTRODO Y EL FÚNDENTE, LA FIGURA 17 MUESTRA LOS SIGNIFICADOS DE LA CLASIFICACIÓN ELECTRODO/FÚNDENTE. TAMBIÉN MUESTRA UN EJEMPLO TÍPICO.



SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO

FIGURA 16

EL EQUIPO UTILIZADO PARA SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO CONSISTE DE DIVERSO COMPONENTES, COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA 18.

YA QUE ESTE PROCESO PUEDE SER UTILIZADO COMO UN MÉTODO TOTALMENTE AUTOMÁTICO O COMO MÉTODO SEMIAUTOMÁTICO, EL EQUIPO UTILIZADO, EN CADA CASO, ES LIGERAMENTE DIFERENTE. EN AMBOS MÉTODOS, SIN EMBARGO, SE REQUIERE UNA FUENTE DE SUMINISTRO. AUN QUE ESTE PROCESO SE REALIZA CON UNA FUENTE DE SUMINISTRO A VOLTAJE CONSTANTE, HAY CIERTAS APLICACIONES DONDE SE PREFIERE UNA MAQUINA A CORRIENTE CONSTANTE. AL IGUAL QUE EN EL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO CON PROTECCIÓN DE GAS, UN ALIMENTADOR DE ALAMBRE FORJA EL ALAMBRE A TRAVÉS DE UN TUBO HUECO, HASTA EL MANERAL DE SOLDADURA. EL FÚNDENTE DEBE SER ALIMENTADO A LA ZONA DE SOLDADURA DE ALGUNA FORMA. EN EL CASO DEL SISTEMA MECANIZADO, EL FÚNDENTE ES VACIADO EN UNA TOLVA, ARRIBA DEL CABEZAL DE SOLDADURA, Y ALIMENTADO POR GRAVEDAD, DE TAL FORMA QUE SE VACÍA LIGERAMENTE ADELANTE DEL ARCO O ALREDEDOR DEL ARCO, DESDE UNA BOQUILLA QUE RODEA EL TUBO DE CONTACTO.

INDICA FÚNDENTE

INDICA LA MÍNIMA RESISTENCIA A LA TENSIÓN (EN INCREMENTOS DE 10.000 PSI (69 Mpa) DEL METAL DE SOLDADURA CON EL FÚNDENTE Y EL ELECTRODO ESPECÍFICOS.

INDICA LAS CONDICIONES DE TRATAMIENTO TÉRMICO EN LAS CUALES SE CONDUJO LA PRUEBA "A" SIN TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA; "p" CON TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA.

INDICA LA TEMPERATURA A LA CUAL SE REALIZO LA PRUEBA DE IMPACTO DEL METAL DE SOLDADURA EN DECENAS DE °F BAJO CERO

INDICA UN ELECTRODO

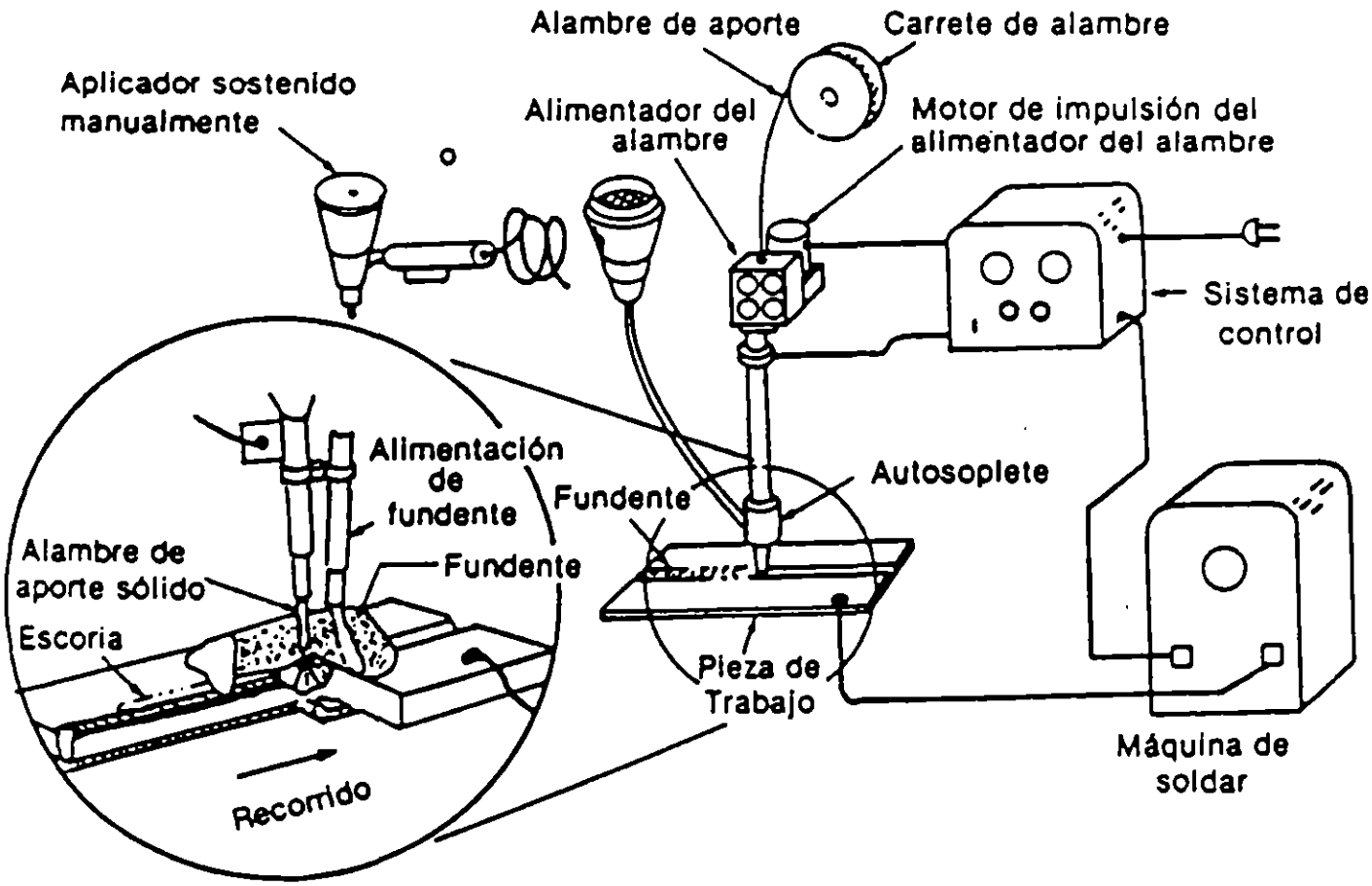
CLASIFICACIÓN DEL ALAMBRE

FXXX-EXXX

EJEMPLO : F7A5-EM 13K.

F- FÚNDENTE
7- MÍNIMO 70.000 PSI DE RESISTENCIA A LA TENSIÓN
A- SIN TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA
5- TEMPERATURA PARA PRUEBA DE IMPACTO- 50°F.

EM13K- CLASIFICACIÓN ESPECIFICA DEL ALAMBRE CON EL QUE SE EFECTUÓ EL DEPOSITO DE SOLDADURA.



Partes de un sistema para soldadura de arco sumergido.

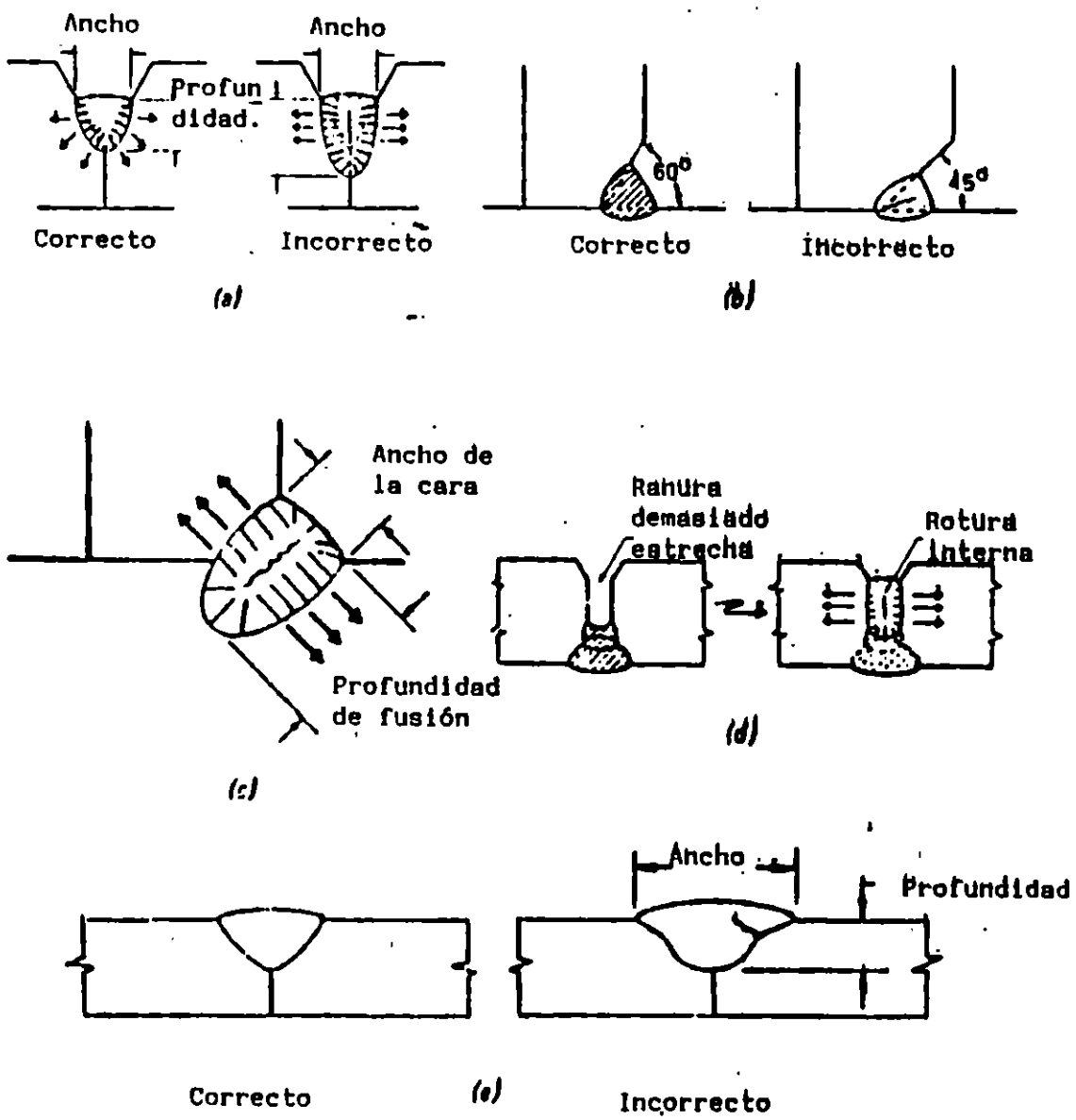
FIGURA 18

LA SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO HA ENCONTRADO GRAN ACEPTACIÓN EN MUCHAS INDUSTRIAS, Y PUEDE SER APLICADO EN NUMEROSOS METALES. DEBIDO A LA ALTA VELOCIDAD DE DEPOSITO DE SOLDADURA, HA DEMOSTRADO SER MUY EFECTIVO PARA REVESTIMIENTOS Y RECONSTRUCCIÓN DE SUPERFICIES. EN SITUACIONES EN LAS QUE UNA SUPERFICIE NECESITA MEJORAR SU RESISTENCIA A LA CORROSIÓN Y AL DESGASTE, FRECUENTEMENTE ES MAS ECONÓMICO APLICAR UN RECUBRIMIENTO DE SOLDADURA CON DICHAS CARACTERÍSTICAS, SOBRE EL MATERIAL BASE. SI ESTA APLICACIÓN PUEDE SER MECANIZADA, LA SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO ES UNA OPCIÓN EXCELENTE.

PROBABLEMENTE LA MAYOR VENTAJA DE LA SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO ES SU ALTA VELOCIDAD DE DEPOSITO. TÍPICAMENTE, PUEDE DEPOSITAR MAS EFICIENTEMENTE QUE CUALESQUIER DE LOS PROCESOS COMUNES. ESTE PROCESO TAMBIÉN TIENE MAYOR ATRACCIÓN PARA EL OPERADOR; EN PRINCIPIO, DEBIDO A LA AUSENCIA DE UN ARCO VISIBLE, LO CUAL PERMITE AL OPERADOR CONTROLAR LA SOLDADURA SIN NECESIDAD DE UTILIZAR LENTES DE PROTECCIÓN Y OTROS MATERIALES, DE SEGURIDAD. LA OTRA CARACTERÍSTICA BENÉFICA ES QUE SE GENERA MENOS HUMO, EN COMPARACIÓN CON OTROS PROCESOS. UNA CARACTERÍSTICA ADICIONAL DEL PROCESO QUE LO HACE DESEABLE PARA MUCHAS APLICACIONES, ES SU HABILIDAD DE PENETRACIÓN .

LA MAYOR LIMITACIÓN DE LA SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO ES QUE SOLAMENTE SE PUEDE EFECTUAR EN UNA POSICIÓN DONDE EL FÚNDENTE PUEDA SER MANTENIDO EN LA JUNTA DE SOLDADURA. CUANDO SE SUELDA EN UNA POSICIÓN DIFERENTE DE LAS POSICIONES PLANA U HORIZONTAL DE FILETE, SE REQUIERE ALGÚN DISEÑO PARA MANTENER EL FÚNDENTE EN EL SITIO DE APLICACIÓN. OTRA LIMITACIÓN ES QUE PARA UN SISTEMA TOTALMENTE AUTOMÁTICO, HAY NECESIDAD DE UN EQUIPO DE POSICIONAMIENTO Y GUÍA. AL IGUAL QUE OTROS PROCESOS QUE UTILIZAN FUNDENTES, LAS SOLDADURAS TERMINADAS TIENEN UNA CAPA DE ESCORIA QUE DEBE SER REMOVIDA.

SI LOS PARÁMETROS DE SOLDADURA SON INADECUADOS, LOS CONTORNOS DE LA SOLDADURA SERÁN TALES QUE EL TRABAJO DE REMOCIÓN DE ESCORIA SERÁN MAS DIFÍCILES. LA DESVENTAJA FINAL DE ESTE PROCESO SE RELACIONA CON EL FÚNDENTE QUE CUBRE EL ARCO DURANTE LA APLICACIÓN. ADEMÁS DE QUE REALIZA UN BUEN TRABAJO DE PROTECCIÓN PARA EL SOLDADOR, TAMBIÉN EVITA QUE ESTE VEA EXACTAMENTE DONDE SE POSICIÓN EL ARCO, CON RESPECTO A LA JUNTA. CON UN ARREGLO MECANIZADO, ES ACONSEJABLE RECORRER LA LONGITUD ENTERA DE LA JUNTA SIN ENCENDER EL ARCO Y SIN FÚNDENTE, PARA VERIFICAR EL ALINEAMIENTO. SI EL ARCO NO SE DIRIGE APROPIADAMENTE PUEDE RESULTAR EN FUSIÓN INCOMPLETA.



Agrietamiento durante la solidificación debido al perfil de la soldadura.

FIGURA 19

HAY ALGUNOS PROBLEMAS INHERENTES RELACIONADOS CON EL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO. EL PRIMERO SE RELACIONA CON EL FÚNDENTE GRANULAR. AL IGUAL QUE CON LOS ELECTRODOS BAJO HIDROGENO, EN EL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO REVESTIDOS, SMAW, ES NECESARIO PROTEGER EL FÚNDENTE DE LA HUMEDAD. PUEDE SER NECESARIO ALMACENAR EL FÚNDENTE EN CONTENEDORES CALIENTES ANTES DE SU UTILIZACIÓN. SI EL FÚNDENTE ESTE HÚMEDO, PUEDE RESULTAR EN POROSIDAD Y AGRIETAMIENTOS BAJO CORDÓN.

OTRO PROBLEMA CARACTERÍSTICO DE ESTE PROCESO ES EL AGRIETAMIENTO DURANTE LA SOLIDIFICACIÓN.

ESTE PROBLEMA RESULTA CUANDO LAS CONDICIONES DE SOLDADURA PROPORCIONAN UN CORDÓN DE SOLDADURA QUE TIENE UNA RELACIÓN EXTREMA ANCHO/ PROFUNDIDAD. ESTO ES, CUANDO EL ANCHO DEL CORDÓN ES MUCHO MAYOR QUE SU PROFUNDIDAD, O VICEVERSA, PUEDE OCURRIR EL AGRIETAMIENTO EN EL CENTRO, DURANTE LA SOLIDIFICACIÓN. LA FIGURA 19 MUESTRA ALGUNAS CONDICIONES QUE PUEDE CAUSAR DICHOS PROBLEMAS.

PROCESOS DE SOLDADURA (BRAZING)

LA SOLDADURA FUERTE (BRAZING) DIFERENTE DE LA SOLDADURA CONVENCIONAL EN QUE NO SE REQUIERE LA FUSION DEL METAL BASE PARA REALIZAR LA UNIÓN. EL CALOR ES SUFICIENTE ÚNICAMENTE PARA LA FUSIÓN DEL METAL DE APORTE. OTRO PROCESO DE UNIÓN , EL ESTAÑADO, ES SIMILAR EN QUE TAMBIÉN REQUIERE ÚNICAMENTE LA FUSIÓN DEL METAL DE APORTE PARA CREAR EL ENLACE. LA SOLDADURA FUERTE Y EL ESTAÑO SE DIFERENCIAN POR LA TEMPERATURA A LA CUAL FUNDE EL METAL DE APORTE. AQUELLOS METALES DE APORTE FUNDEN ARRIBA DE 840°F (450°C) SE CONSIDERAN MATERIALES DE SOLDADURA FUERTE, MIENTRAS QUE AQUELLOS QUE FUNDEN ABAJO DE ESTA TEMPERATURA SE UTILIZAN PARA "ESTAÑADO CON PLACA" ES REALMENTE INCORRECTO, DEBIDO A QUE LA SOLDADURA DE PLATA FUNDE ARRIBA DE 840°F .

AUN CUANDO EL METAL BASE NO SE FUNDE Y NO HAY FUSIÓN ENTRE EL METAL BASE Y EL METAL DE APORTE, EL ENLACE CREADO TIENE UNA GRAN RESISTENCIA. CUANDO SE APLICA APROPIADAMENTE , LA UNIÓN PUEDE DESARROLLAR UNA RESISTENCIA IGUAL O MAYOR QUE EL METAL BASE, AUNQUE EL MATERIAL DE APORTE DE LA SOLDADURA FUERTE SEA MAS DÉBIL QUE EL METAL BASE. ESTO ES POSIBLE DEBIDO A DOS FACTORES.

PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD

PARA CIERTAS CLASES DE TRABAJO ESTÁN BIEN ESTABLECIDOS LOS REQUISITOS DE CONTROL DE CALIDAD. ESTOS REQUISITOS HACEN NECESARIOS REDACTAR UN PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD. LOS ESTRICTOS REQUISITOS QUE SE ENCUENTRAN EN LOS CÓDIGOS NUCLEARES NECESITAN DE UN PROGRAMA PARA ASEGURAR UNA CALIDAD ADECUADA DESDE EL DISEÑO, ADQUISICIÓN, FABRICACIÓN Y EL EMBARQUE FINAL. EL PROGRAMA DEBE DEFINIR AUTORIDAD Y RESPONSABILIDAD PARA CADA PARTE DEL TRABAJO. EL PROGRAMA PARA ASEGURAR LA CALIDAD DEBE COMPRENDER LO SIGUIENTE:

1.- *ORGANIZACIÓN.* SE DEBE ESTABLECER CLARAMENTE LA ORGANIZACIÓN PARA LA CALIDAD. DEBE DEFINIR Y MOSTRAR DIAGRAMAS DE RESPONSABILIDAD Y DE AUTORIDAD, Y LA LIBERTAD ORGANIZACIONAL PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR PROBLEMAS DE CALIDAD. EL PERSONAL DE CONTROL DE CALIDAD NO DEBE " REPORTAR" AL PERSONAL DE PRODUCCIÓN.

2.- *PROGRAMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD.* EL FABRICANTE DEBE LLEVAR A CABO UNA REVISIÓN DE LOS REQUISITOS NECESARIOS DE CALIDAD EN EL PRODUCTO. SE DEBEN IDENTIFICAR LOS DISTINTOS FACTORES, COMO CONTROLES ESPECIALIZADOS, PROCESOS, EQUIPO DE PRUEBA Y CONOCIMIENTOS PARA ASEGURAR LA CALIDAD DEL PRODUCTO. ESTE PROGRAMA SE DEBE DOCUMENTAR MEDIANTE PLANES DE ACCIÓN POR ESCRITO, PROCEDIMIENTO E INSTRUCCIONES.

3.- *CONTROL EN EL DISEÑO.* EL CONTROL EN EL DISEÑO DEBE PERMITIR VERIFICAR LA ADECUACIÓN DEL DISEÑO MEDIANTE PRUEBA DE OPERACIÓN Y REVISIÓN INDEPENDIENTE. DEBE INCLUIR LA CALIFICACIÓN Y PRUEBA DE PROTOTIPOS, Y DEBE APEGARSE A LAS ESPECIFICACIONES. HAY QUE ESTABLECER MEDIDAS QUE ASEGUREN QUE LAS ESPECIFICACIONES DE DISEÑO Y REQUISITOS REGLAMENTARIOS SE TRASLADEN CORRECTAMENTE A LOS DIBUJOS, PROCEDIMIENTOS E INSTRUCCIONES.

4.-*CONTROL DE DOCUMENTOS DE ADQUISICIÓN.* EL PROGRAMA NECESITA QUE LAS ESPECIFICACIONES SE HAGAN POR ESCRITO PARA CADA PARTE COMPRADA Y QUE LA ESPECIFICACIÓN ASEGURE LA CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL. ESTAS ESPECIFICACIONES TAMBIÉN NECESITAN DE PROGRAMAS PARA ASEGURAR LA CALIDAD DE PARTE DE LOS PROVEEDORES.

5.- *INSTRUCCIONES, PROCEDIMIENTO Y DIBUJOS.* EL PROGRAMA DE CALIDAD DEBE ASEGURAR QUE TODO TRABAJO QUE AFECTE LA CALIDAD SEA PRESCRITO EN INSTRUCCIONES CLARAS Y COMPLETAS, DOCUMENTADAS, DE UN TIPO ADECUANDO PARA EL TRABAJO. SE DEBE VIGILAR QUE SE CUMPLAN BIEN LAS INSTRUCCIONES.

6.- *CONTROL DE DOCUMENTOS.* EL PROGRAMA DE CALIDAD DEBE COMPRENDER UN PROCEDIMIENTO PARA MANTENER LA TOTALIDAD Y LA CORRECCIÓN DE DIBUJOS E INSTRUCCIONES, Y QUE MUESTRE DATOS, CONTROL, PUNTO EFECTIVO, ETC. ESTOS DIBUJOS, PROCEDIMIENTOS E INSTRUCCIONES DEBEN MANTENERSE Y SU CONTINUIDAD SE DEBE EXPLICAR MEDIANTE AVISOS DE CAMBIO.

7.- *CONTROL DEL EQUIPO, MATERIAL Y SERVICIO COMPRADOS*. EL PROGRAMA DEBE INCLUIR UN SISTEMA DE CONTROL PARA COMPRA A VENDEDORES CALIFICADOS. ESTO SIGNIFICA QUE LOS PROVEEDORES DEBEN TENER PROGRAMAS SEMEJANTES DE CALIDAD PARA PRODUCIR SUS ARTÍCULOS . HAY QUE HACER UNA LISTA DE LOS PRODUCTOS APROBADOS Y SOLO INCLUIR EN ELLA A PROVEEDORES QUE CUMPLAN CON LOS PROGRAMAS DE CALIDAD ADECUADOS Y QUE FABRIQUEN PARTES DE ALTA CALIDAD . EL PROGRAMA NECESITA DE SISTEMA DE INSPECCIÓN A LA RECEPCIÓN, DE MODO QUE LAS PARTES COMPRADAS PUEDAN REVISARSE COMPARÁNDOLAS CON LAS ESPECIFICACIONES. LA MATERIA PRIMA, LA REFACCIONES COMPRADAS, ETC. SE DEBEN REVISAR MEDIANTE INSTRUMENTOS, PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO, ETC. PARA ASEGURAR QUE LOS PRODUCTOS SATISFAGAN LAS ESPECIFICACIONES.

8.- *IDENTIFICACIÓN Y CONTROL DE MATERIALES*. EL PROGRAMA DEBE PERMITIR LA IDENTIFICACIÓN DE TODAS LAS PARTES, MATERIALES, COMPONENTES, ETC., DESDE LA RECEPCIÓN, Y A TRAVÉS DE TODOS LOS PROCESOS HASTA EL ARTICULO FINAL. LOS REGISTROS DEBEN PERMITIR LA LOCALIZACIÓN DE TODOS LOS MATERIALES, COMPONENTES, ETC. SE DEBE ESTABLECER UNA LISTA DE VERIFICACIÓN PARA QUE SE PUEDAN REVISAR TODAS LAS CARACTERÍSTICAS Y PARA ANOTAR QUE SE HAN RECIBIDO LOS INFORMES DE LAS PRUEBAS, SE HAN REVISADO Y SE HAN APROBADO.

9.- *CONTROL DE PROCESOS ESPECIALES*. EL PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD DEBE ASEGURAR QUE TODAS LAS OPERACIONES DE MANUFACTURA, INCLUYENDO LA SOLDADURA, SE LLEVEN A CABO BAJO CONDICIONE CONTROLADAS, ESTAS CONDICIONES CONTROLADAS IMPLICAN EL SEGUIR INSTRUCCIONES DE TRABAJO POR ESCRITO, DIBUJOS, EQUIPO ESPECIAL, ETC. ADEMÁS, IMPLICA QUE SE DEN INSTRUCCIONES, CON ESPACIOS PARA INFORMAR LOS RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN POR PARTE DEL FABRICANTE Y DEL INSPECTOR, INCLUYENDO LA FECHA Y SUS INICIALES.

10.- *INSPECCIÓN*. EL PROGRAMA PARA SEGURAR LA CALIDAD DEBE INCLUIR UN SISTEMA DE INSPECCION Y PRUEBAS PARA TODOS LOS PRODUCTOS. DICHAS PRUEBAS DEBEN SIMULAR EL SERVICIO DEL PRODUCTO Y HAY QUE REGISTRAR SI EL PRODUCTO ES ADECUADO Y CUMPLE CON ESAS ESPECIFICACIONES.

11.- *CONTROL DE PRUEBA*. EL PROGRAMA DEBE ASEGURAR QUE TODAS LAS PRUEBAS SE LLEVEN A CABO DE ACUERDO CON LAS INSTRUCCIONES ESCRITAS. LAS INSTRUCCIONES DEBEN INCLUIR LOS REQUISITOS Y LOS LIMITES DE ACEPTACIÓN. LOS RESULTADOS DE PRUEBA SE DEBEN DOCUMENTAR Y EVALUAR PARA ASEGURAR QUE SE SATISFAGAN LOS REQUISITOS DE PRUEBA.

12.- *CONTROL DE EQUIPO DE MEDICIÓN Y PRUEBA*. EL PROGRAMA DEBE INCLUIR MÉTODOS PARA MANTENER LA EXACTITUD DE LOS CALIBRES, DISPOSITIVOS DE PRUEBA, MEDIDORES Y DEMÁS DISPOSITIVOS DE PRECISIÓN, QUE MUESTRE QUE ESTÉN CALIBRADOS CONTRA PATRONES CERTIFICADOS DE MEDIDA, EN UNA BASE PERIÓDICA.

13.- *MANEJO, ALMACENAMIENTO Y ENTREGA*. EL PROGRAMA DEBE INCLUIR INSTRUCCIONES ADECUADAS PARA EL MANEJO, ALMACENAMIENTO, CONSERVACIÓN, EMPAQUE, EMBARQUE, ECT., PARA QUE EL PRODUCTO ESTE PROTEGIDO DESDE QUE SE FABRICA HASTA QUE SE USA.

14.- *PRUEBA DE INSPECCIÓN Y ESTADO OPERACIONAL.* EL PROGRAMA DEBE ABARCAR MÉTODOS DE IDENTIFICACIÓN DE PARTES PARA DETERMINAR SU ESTADO EN LO CONCERNIENTE A INSPECCIÓN Y APROBACIÓN.

15.- *MATERIALES, PARTES O COMPONENTES QUE NO SE AJUSTEN A LAS ESPECIFICACIONES.* DEBE HABER UN PROCEDIMIENTO ESTABLECIDO PARA MANTENER UN SISTEMA EFECTIVO Y POSITIVO DE CONTROL DEL MATERIAL QUE NO PASE LAS PRUEBAS. PUEDE COMPRENDER Y ESPECIFICAR UN REPROCESAMIENTO; SIN EMBARGO, SE DEBEN MANTENER REGISTROS DE ESE TRABAJO. LA RESOLUCIÓN DE INCONFORMIDADES SE DEBE HACER DE ACUERDO CON EL PÁRRAFO 7 DE ESTE PROGRAMA.

16.- *ACCIONES CORRECTIVAS.* EL PROGRAMA DE CALIDAD DEBE ESTABLECER MÉTODOS DE MODIFICACIONES RÁPIDAS DE CUALQUIER CONDICIÓN QUE SEA ADVERSA PARA LA CALIDAD, INCLUYENDO EL DISEÑO, LA ADQUISICIÓN, LA FABRICACIÓN, LA PRUEBA, ETC. EL PROGRAMA TAMBIÉN DEBE COMPRENDER MÉTODOS PARA SUPERAR DEFECTOS, TOMAR ACCIONES CORRECTIVAS PARA PRODUCIR UNA PARTE QUE SATISFAGA LA CALIDAD DESEADA.

17.- *REGISTROS PARA ASEGURAR LA CALIDAD.* EL PROGRAMA NECESITA QUE SE CUENTE CON REGISTROS, INCLUYENDO TODOS LOS DATOS ESENCIALES PARA LA OPERACIÓN ECONÓMICA Y EFECTIVA DEL PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD . LOS REGISTROS DEBEN SER COMPLETOS Y CONFIABLES, E INCLUIR MEDICIONES, INSPECCIONES, OBSERVACIONES, ETC., Y DICHOS REGISTROS DEBEN ESTAR DISPONIBLES PARA SU REVISIÓN.

18.-*COSTO EN RELACIÓN CON LA CALIDAD.* EL PROGRAMA DEBE PERMITIR EL MANTENIMIENTO Y USO DE DATOS DE COSTO PARA IDENTIFICAR EL COSTO DEL PROGRAMA Y PARA LA PREVENCIÓN Y CORRECCIÓN DE LOS DEFECTOS ENCONTRADOS.

19.- *HERRAMIENTAS DE PRODUCCIÓN Y EQUIPO DE PRUEBA.* SE PUEDE USAR VARIOS ARTÍCULOS DE HERRAMIENTAS, INCLUYENDO SISTEMAS DE FIJACIÓN, PLANTILLAS, PATRONES, ETC., PARA FINES DE INSPECCIÓN, SIEMPRE QUE A INTERVALOS PERIÓDICOS SE COMPRUEBE SU EXACTITUD.

20.- *AUDITORIAS.* EL PROGRAMA DEBE INCLUIR UN SISTEMA DE AUDITORIAS PLANEADAS Y PERIÓDICAS PARA VERIFICAR QUE SE CUMPLAN CON TODOS LOS ASPECTOS DEL PROGRAMA PARA ASEGURAR LA CALIDAD. LA AUDITORIA LA DEBE LLEVAR A CABO PERSONAL EXTRAÑO A LAS ÁREAS QUE SE VAYAN A INSPECCIONAR. LAS AUDITORIAS SE DEBEN LLEVAR POR ESCRITO Y REVISARLAS, ASÍ COMO CORREGIR CUALQUIER DEFICIENCIA QUE SE ENCUENTRE.

LA LISTA ANTERIOR ES UN ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LOS REQUISITOS DE UN PROGRAMA PARA ASEGURAR LA CALIDAD NECESARIO PARA PRODUCTOS CRÍTICOS. A MEDIDA QUE PASA EL TIEMPO, Y QUE CONTINÚAN LOS REQUISITOS DE UNA MAYOR CALIDAD, SE PUEDEN NECESITAR PROGRAMAS SEMEJANTES PARA OTROS PRODUCTOS.

RECIPIENTES A PRESIÓN

EN ESTADOS UNIDOS EL FABRICANTE DE RECIPIENTES A PRESIÓN Y DE TODO TIPO DE ARTICULO QUE SE DEFINA COMO RECIPIENTE A PRESIÓN QUEDA BAJO LAS ESPECIFICACIONES DEL CÓDIGO ASME (AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS) PARA CALDERAS Y RECIPIENTE A PRESIÓN ESTE CÓDIGO CONSISTE EN 11 SECCIONES:

SECCIÓN I		CALDERAS DE POTENCIA
SECCIÓN II		MATERIALES
	PARTE A	ESPECIFICACIONES DE MATERIALES FERROSOS
	PARTE B	ESPECIFICACIONES DE MATERIALES NO FERROSOS
	PARTE C	ESPECIFICACIONES DE VARILLAS DE SOLDADURA, ELECTRODOS Y MATERIALES DE APORTE.
	PARTE D	PROPIEDADES
SECCIÓN III		COMPONENTES DE PLANTAS DE ENERGÍA NUCLEAR
SECCIÓN IV		CALDERAS DE CALEFACCIÓN
SECCIÓN V		PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS
SECCIÓN VI		REGLAS RECOMENDADAS PARA EL CUIDADO Y EL FUNCIONAMIENTO DE CALDERAS DE CALEFACCIÓN.
SECCIÓN VII		REGLAS RECOMENDADAS PARA EL CUIDADO DE CALDERAS DE POTENCIA.
SECCIÓN VIII		RECIPIENTES A PRESIÓN, DIVISIONES I, II
SECCIÓN IX		CALIFICACIÓN DE SOLDADURA
SECCIÓN X		RECIPIENTES A PRESIÓN DE PLÁSTICOS REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO
SECCIÓN XI		REGLAS PARA INSPECCIÓN DE SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO DE REACTORES NUCLEARES DENTRO DEL SERVICIO.

TODOS LOS PRODUCTOS FABRICADOS BAJO LAS DIRECTRICES DE ESOS CÓDIGOS TAMBIÉN SE PUEDEN FABRICAR BAJO LOS REGLAMENTOS DE DIFERENTES PAÍSES, ESTADOS Y PROVINCIAS QUE REFIERAN O REIMPRIMAN DISTINTAS SECCIONES DEL CÓDIGO DE CALDERAS Y RECIPIENTES A PRESIÓN. EN GENERAL, LA SECCIÓN IX SE USA UNIVERSALMENTE A TRAVÉS DE ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA Y EN OTRAS PARTES DEL MUNDO COMO EL MÉTODO PARA CALIFICAR PROCEDIMIENTOS Y SOLDADORES PARA TRABAJO EN RECIPIENTES A PRESIÓN.

PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA Y SU CALIFICACIÓN

EL TEMA DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA HA LLEGADO A SER EN EXTREMO COMPLICADO DEBIDO A LAS DISTINTAS TERMINILOGIAS Y DEFINICIONES DE CADA CÓDIGO DE SOLDADURA. EN VISTA DE LO ANTERIOR ES NECESARIO CONSULTAR LA ULTIMA EDICIÓN O LA EDICIÓN ESPECIFICA DEL CÓDIGO Y SEGUIR AL DETALLE.

EN GENERAL " UN PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA ES EL CONJUNTO DE MÉTODO Y PRACTICAS DETALLADOS IMPLICADOS EN LA PRODUCCIÓN DE UNA CONSTRUCCIÓN SOLDADA". ESTA ES UNA DEFINICIÓN MUY AMPLIA QUE AMPARA DOS TIPOS DE PROCEDIMIENTOS. EL PRIMERO ES EL REQUISITO LEGAL DE UN CÓDIGO O ESPECIFICACIÓN. EL SEGUNDO ES MAS AMPLIO U PUEDE SER EL INSTRUCTIVO PASO A PASO PARA EJECUTAR UNA CONSTRUCCIÓN SOLDADA ESPECIFICA, ESTE TIPO DE PROCEDIMIENTO AYUDAN A MANTENER LA CONSISTENCIA, Y A REDUCIR LA DISTORSIÓN DE LA SOLDADURA, O INDICAN COMO SE PUEDE EJECUTAR UNA CONSTRUCCIÓN SOLDADA.

EL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA, NECESARIO SEGÚN LOS CÓDIGOS, COMPRENDE LAS INSTRUCCIONES PASO A PASO PARA EJECUTAR UNA SOLDADURA ESPECIFICA Y LA PRUEBA DE QUE LA SOLDADURA SE PUEDE ACEPTAR. ESTE TIPO DE PROCEDIMIENTO CONSISTE DE TRES PARTES:

1.- UNA EXPLICACIÓN ESCRITA QUE DESCRUBE LAS CONDICIONES IMPLICADAS.

2.- UN DIBUJO DE LA UNIÓN SOLDADA Y UNA TABLA QUE DA LOS PARÁMETROS DE LA SOLDADURA.

3.- UNA HOJA DE INFORMACIÓN QUE MUESTRA LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LAS SOLDADURAS, Y QUE AFIRMA QUE CUMPLEN CON LOS REQUISITOS.

TODOS LOS CÓDIGOS Y LAS ESPECIFICACIONES DE SOLDADURA SON SEMEJANTES EN LO QUE SE REFIERE A LOS PROCEDIMIENTOS. EN CADA CASO ES NECESARIO DEJAR POR ESCRITO EL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA Y DESPUÉS PROBARLO O CALIFICARLO. EL PROBLEMA ESTA EN LA TERMINOLOGÍA, QUE ES DIFERENTE EN MUCHOS CÓDIGOS.

LA MAYORÍA DE REGLAMENTOS TAMBIÉN ESPECIFICAN PRUEBAS PARA QUE LOS SOLDADORES Y OTROS TRABAJADORES TENGAN LA HABILIDAD NECESARIA PARA SEGUIR CON ÉXITO EL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA. PARA ESTO ES NECESARIO QUE LOS SOLDADORES HAGAN SOLDADURAS ESPECIFICAS, QUE SE PRUEBAN PARA DEMOSTRAR QUE EL SOLDADOR PUEDE LLEVAR A CABO LA SOLDADURA CON LA CALIDAD NECESARIA. ESTA RUTINA ES DIFERENTE EN CADA CÓDIGO, SEGÚN SE EXPLICO BREVEMENTE EN LA SECCIÓN " CALIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE LOS SOLDADORES".

LAS SUBDIVISIONES POLÍTICAS, COMO MUNICIPIOS , ESTADOS Y PROVINCIAS ADOPTAN MUCHAS NORMAS, CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES. CUANDO SE HACE ESTO EL CONTENIDO DEL CÓDIGO O ESPECIFICACIONES A QUE SE HACE REFERENCIA SE CONVIERTE EN DOCUMENTOS LEGALES. TAMBIÉN SUCEDE LO MISMO CON DOCUMENTOS LEGALES CUANDO SE ESPECIFICAN EN UN CONTRATO U ORDEN DE COMPRA.

LAS COMPAÑÍAS DESARROLLAN Y CALIFICAN LOS PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA NECESARIOS PARA FABRICAR SUS PRODUCTOS QUE SE CONSTRUYEN BAJO CÓDIGO. LOS CONTRATISTAS CUENTAN CON PROCEDIMIENTOS CALIFICADOS DE SOLDADURA, QUE LES PERMITE INSTALAR PRODUCTOS BAJO CÓDIGO. LAS COMPAÑÍAS DE SERVICIOS, CON PLANTAS DE FUERZA, TAMBIÉN TIENEN PROCEDIMIENTOS Y PERSONAL CALIFICADO. ESTO SE HACE EN ÁREAS METROPOLITANAS O DONDE SE LLEVE A CABO TRABAJO SEMEJANTE. POR EJEMPLO, LOS CONTRATISTAS DE TUBERÍAS EN UNA GRAN CIUDAD PUEDEN FORMAN UNA ASOCIACIÓN PARA CALIFICAR PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA Y SOLDADORES. LOS SOLDADORES SE CONTRATAN EN UN BOLSA DE TRABAJO Y PUEDEN TRABAJAR PARA DISTINTOS CONTRATISTA EN CADA NUEVO TRABAJO. CON ESTA ORGANIZACION QUEDAN CUBIERTOS POR LOS PROCEDIMIENTOS CALIFICADOS DE LA ASOCIACIÓN Y NO NECESITAN VOLVER HACER LA PRUEBA PARA CADA TRABAJO. A UN CON LA ASOCIACIÓN, EL CONTRATISTA ES RESPONSABLE DE LOS PROCEDIMIENTOS DE LOS SOLDADORES, Y DE LLEVAR A CABO PRACTICAS DE CONTROL DE CALIDAD.

LOS TRES COGIDOS MAS UTILIZADOS AMPARAN CALDERAS Y RECIPIENTES DE PRESIÓN PUENTES Y EDIFICIOS Y LA SOLDADURA DE TUBERÍAS DE TRANSMISIÓN A CAMPO TRAVIESA CADA UNO DE ESTOS CÓDIGOS SE EXPLICARA EN LOS SIGUIENTES EJEMPLOS SOBRE DOCUMENTOS NECESARIOS.

CALDERAS Y RECIPIENTES A PRESIÓN

LA SECCIÓN X DEL CÓDIGO ASME DE CALDERAS Y RECIPIENTES A PRESIÓN DE LAS CALIFICACIONES DE SOLDADURA Y LATONADO. SE TITULA "QUALIFICATION STANDAR FOR WELDING AND BRAZING , PROCEDURES, WELDERS, BRAZERS, AND WELDING AND BRAZING OPERATORS"

ESTE CÓDIGO AFIRMA LO SIGUIENTE A LA RESPONSABILIDAD: " CADA FABRICANTE O CONTRATISTA ES RESPONSABLE DE LAS SOLDADURAS EJECUTADAS POR SU ORGANIZACION Y DEBE LLEVAR A CABO PARA CALIFICAR LOS PROCEDIMIENTOS DE LA SOLDADURA QUE USE EN LA CONSTRUCCIÓN DE LAS PARTES SOLDADAS FABRICADAS SEGÚN ESTE CÓDIGO, Y EL DESEMPEÑO DE LOS SOLDADORES Y OPERADORES QUIENES APLIQUEN ESTOS PROCEDIMIENTOS ". " CADA FABRICANTE O CONTRATISTA DEBE MANTENER UN REGISTRO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA Y CALIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO DE SOLDADORES Y DE OTROS TRABAJADORES. DICHOS REGISTROS DEBEN SER CERTIFICADOS POR EL FABRICANTE O CONTRATISTA Y ESTAR A LA DISPOSICIÓN DEL INSPECTOR AUTORIZADO".

EL CÓDIGO ASME DENOMINADO WELDING PROCEDURE SPECIFICACION (WPS) AL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA. ESTE DOCUMENTO DETALLA LAS CONDICIONES NECESARIAS PARA QUE LAS APLICACIONES RESPECTIVAS ASEGUREN A SOLDADORES Y A OTROS TRABAJADORES ENTRENADOS LA REPETICIÓN CUANDO SE NECESARIO. UN WPS ES UN PROCEDIMIENTO ESCRITO PREPARADO PARA DIRIGIR LA FABRICACIÓN DE SOLDADURAS DE PRODUCCIÓN DE ACUERDO A LOS REQUISITOS DEL CÓDIGO LA ASME EMITE UN MACHO DE MUESTRA, QUE SE PUEDE USAR TAL CUAL, O MODIFICARLO SIEMPRE QUE INCLUYA TODA LA INFORMACIÓN. EL WPS DA LAS DIRECTRICES AL TRABAJADOR O SOLDADOR PARA ASEGURAR QUE SE CUMPLAN LOS REQUISITOS DEL CÓDIGO. TODO EL WPS ESCRIBE LAS VARIABLES ESENCIALES, NO ESENCIALES Y ESENCIALES SUPLEMENTARIAS(CUANDO SE NECESITAN) PARA CADA PROCESO DE SOLDADURA. EL WPS DEBE REFERIR EL REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PROCEDURE QUALIFICATION RECORD, PQR) QUE ES UN REGISTRO DE LOS DATOS DE SOLDADURA QUE SE USAN PARA SOLDAR LOS CUPONES DE PRUEBA.

MUESTRA TODAS LAS CONDICIONES QUE IMPERARON AL SOLDAR LOS CUPONES DE PRUEBA Y LOS RESULTADOS REALES DE LOS ESPECÍMENES DE PRUEBA. EL REGISTRO COMPLETO PQR DEBE MOSTRAR LAS VARIABLES ESENCIALES Y SUPLEMENTARIAS ESENCIALES (CUANDO SE NECESITEN) PARA CADA PROCESO DE SOLDADURA, QUE EMPLEARON PARA SOLDAR EL CUPÓN DE PRUEBA. LAS VARIANTES NO ESENCIALES Y ADICIONALES QUE SE OCUPARON AL SOLDAR LOS CUPONES DE PRUEBA NO NECESITAN REGISTRARSE. EL PQR SE DEBE CERTIFICAR COMO EXACTO POR EL CONTRATISTA O EL FABRICANTE. ESTA CERTIFICACIÓN ES LA VERIFICACIÓN DEL CONTRATISTA O DEL FABRICANTE DE QUE LA INFORMACIÓN ES UN REGISTRO VERDADERO DE LA VARIANTES QUE SE USARON DURANTE LA SOLDADURA DEL CUPON DE PRUEBA Y DE LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA CUMPLEN CON LA SECCIÓN IX DEL CÓDIGO. EL FABRICANTE O EL CONTRATISTA NO PUEDEN SUBCONTRATAR ESTA FUNCIÓN DE CERTIFICACIÓN.

HAY TRES TIPOS DE VARIABLES PARA LAS ESPECIFICACIONES WPS. LAS "VARIANTES ESENCIALES" SON AQUELLAS EN LAS QUE UN CAMBIO SE CONSIDERA QUE AFECTA LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA UNIÓN SOLDADA O DE LA CONSTRUCCIÓN SOLDADA.
LAS "VARIANTES ESENCIALES SUPLEMENTARIAS" SON NECESARIAS PARA METALES EN LAS QUE HAY QUE HACER PRUEBAS DE MUESTRA. LAS "VARIANTES NO ESENCIALES" SON AQUELLAS EN LAS CUALES UN CAMBIO PUEDE EFECTUARSE EN EL WPS SIN RECALIFICACION. LA SECCIÓN IX CONTIENE UNA LISTA DETALLADA DE LAS VARIABLES PARA CADA PROCESO DE SOLDADURA. POR ESTA RAZÓN ES NECESARIO CONSULTAR EL CÓDIGO CUANDO SE ANOTEN, PRUEBEN O CERTIFIQUEN LOS PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA.

ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA.

(WPS) PARA AYUDAR A EXPLICAR LA ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS), EN LAS FIGURAS 21-2 A 21.4 SE MUESTRA UN EJEMPLO QUE ES SEMEJANTE AL ASME QW-482. EN ESTE EJEMPLO, LA ABC PRESSURE VESSEL COMPANY USA L PROCESO DE ARCO METÁLICO EN GAS, APLICADO SEMIAUTOMÁTICAMENTE PARA SOLDADOR TUBO DE ACERO GRADO P-1 EN LAS POSICIONES HORIZONTALES FIJA Y VERTICAL. BREVEMENTE SE EXPLICARA EL TRABAJO DE CADA DEPARTAMENTO.

UNIONES. EL DISEÑO DE LA UNIÓN ES UN BISEL SENCILLO EN V, QUE INCLUYE UN ÁNGULO DE 60 A 70 °. SE RECOMIENDA QUE SE DIBUJE UN ESQUEMA DE LOS DETALLES DE LA FORMA Y DEL ÁREA. SI SE NECESITA MAS ESPACIO HAY QUE AGREGAR UNA TERCERA HOJA TRES DE TRES (FIGURA 21.4) EN EL EJEMPLO. LOS PARÁMETROS DE SOLDADURA ESTÁN COLOCADOS EN LA TABLA. NO SE USA RESPALDO NO ES NECESARIO DESCRIBIR EL MATERIAL PARA RESPALDO, SIN EMBARGO, SI SE USA RESPALDO HAY QUE DESCRIBIRLO.

METALES BASE. PARA REDUCIR EL NUMERO NECESARIO DE WPS SE ASIGNARAN NÚMEROS P A LOS METALES BASE, DEPENDIENDO DE CARACTERÍSTICAS TALES COMO COMPOSICIÓN, FACILIDAD PARA SOLDAR Y PROPIEDADES MECÁNICAS. LOS GRUPOS DENTRO DE LOS NÚMEROS P SE ASIGNAN PARA METALES FERROSOS CON FINES DE CALIFICACIONES DE PROCEDIMIENTO CUANDO SE ESPECIFIQUEN REQUISITOS DE RESISTENCIA DE MUESCAS. LOS MISMOS NÚMEROS P AGRUPAN A METALES BASE DISTINTOS QUE TIENEN CARACTERÍSTICAS COMPARABLES. LOS NÚMEROS P Y LOS AGRUPAMIENTOS DE LA MAYORÍA DE LOS DISTINTOS ACEROS SE AGRUPAN EN LA SECCIÓN IX. LAS CALIFICACIONES DE METALES BASE Y LOS AGRUPAMIENTOS EN EL AWS B-2.1 VARÍAN LIGERAMENTE. SI UN NUMERO P NO ESTA DISPONIBLE PARA EL MATERIAL ESPECIFICADO SE PUEDE USAR SU ESPECIFICACIÓN ASTM. SI EL NUMERO DE LA ESPECIFICACIÓN ASTM NO SE CONOCE, SE PUEDEN USAR EL ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS. BAJO LOS METALES DE BASE SE INICIA EL GRADO DE ESPESOR, Y SI SE TRATA DE TUBO HAY QUE MOSTRAR EL GRADO DE DIÁMETRO DEL TUBO.

METALES DE APORTE. LOS ELECTRODOS Y LAS VARILLAS DE SOLDADURA SE AGRUPAN DE ACUERDO CON SUS CARACTERÍSTICAS DE USO LO CUAL DETERMINA LA CAPACIDAD DE LOS SOLDADORES PARA EJECUTAR SOLDADURAS SATISFACTORIAS CON DETERMINADO METAL DE APORTE. ESTE AGRUPAMIENTO SE HACE PARA REDUCIR EL NUMERO NECESARIO DE WPS. A LOS GRUPOS SE LES DA NUMERO F, QUE SE RELACIONAN CON LA COMPOSICIÓN Y EL USO. ESTO SE LLENA EN EL MACHOTE . ESTE GRUPO TAMBIÉN NECESITA EL NUMERO DE ESPECIFICACIÓN ASME, Y EL NUMERO DE CLASIFICACIÓN AWS, AGREGANDO LAS LETRAS SF. DICHOS DATOS SE PROPORCIONAN EN LA SECCIÓN IX DE LA ASME , Y EN EL DOCUMENTO AWS B-2.1. EL NUMERO DE CLASIFICACIÓN AWS PARA EL METAL DE APORTE TAMBIÉN SE ENCUENTRA EN LA ETIQUETA DE LA CAJA DEL METAL DE APORTE. EL NUMERO A ES LA CLASIFICACIÓN DEL ANÁLISIS DEL METAL DE SOLDADURA. POR EJEMPLO, A-1 TIENE UN DEPOSITO DE METAL ACERO SUAVE COMO METAL DE SOLDADURA.

ESTE SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SE DA EN AMBAS ESPECIFICACIONES. EL TAMAÑO DEL METAL DE APORTE, QUE ES SU DIÁMETRO, SE DEBE MOSTRAR ASÍ COMO EL GRADO DE ESPESORES DEL METAL DEPOSITADO PARA LA SOLDADURAS DEL BISEL O DE CHAFLÁN. EL CASO DE SOLDADURA CON ARCO SUMERGIDO HAY QUE SEÑALAR LA CLASE DE FÚNDENTE DE ELECTRODO Y TAMBIÉN LA MARCA DEL FÚNDENTE PARA EL ACERO DE TUNGSTENO EN GAS SE INDICA EL ANÁLISIS DEL INSERTO CONSUMIBLE. SE DARÁ INFORMACIÓN ADICIONAL CUANDO SE DISPONGA DE ELLA, SOBRE LOS METALES DE APORTE.

POSICIÓN. LA POSICIÓN PARA SOLDAR BISEL O CHAFLÁN SE DEBE DESCRIBIR DE ACUERDO CON LA TECNOLOGÍA DE AWS. SI SE USA LA POSICIÓN VERTICAL HAY QUE MENCIONAR SI EL AVANCE ES HACIA ARRIBA O HACIA ABAJO.

PRECALENTAMIENTO. SE DEBE DAR LA TEMPERATURA MÍNIMA ASI COMO LA TEMPERATURA MÁXIMA ENTRE PASOS .
CUANDO SEA NECESARIO SE DEBE REGISTRAR LOS CALENTAMIENTOS ESPECIALES.

TRATAMIENTO TÉRMICO DESPUÉS DE SOLDAR. SI SE EMPLEA TRATAMIENTO TÉRMICO POSTSOLDADURA HAY QUE DESCRIBIRLO ESTO COMPRENDE EL GRADO DE TEMPERATURA Y EL TIEMPO DE TEMPERATURA. SI NO SE HACE TRATAMIENTO TÉRMICO DESPUÉS DE SOLDAR ANOTE "NINGUNO".

GAS. SE DEBE IDENTIFICAR EL GAS DE PROTECCIÓN, Y SI ES UN MEZCLA SE DESCRIBE. HAY QUE REGISTRAR EL FLUJO DE GAS DE PANTALLA. SI USA GAS DE RESPALDO SE INDICA SU POSICIÓN Y SE REGISTRA SU VELOCIDAD DE FLUJO.

CARACTERÍSTICAS DE LA ELECTRICIDAD. SE ANOTA LA CORRIENTE DE SOLDADURA Y SI ES ALTERNA (ca) O DIRECTA (cd). SI SE USA CORRIENTE DIRECTA SE DEBE INFORMAR LA POLARIDAD DEL ELECTRODO. SE ANOTAN LOS GRADOS AMPERES Y DE VOLTAJE PARA CADA TAMAÑO DE ELECTRODO, POSICIÓN ESPESOR. ESTO TAMBIÉN SE PRESENTA EN FORMA TABULAR, COMO SE MUESTRA EN LA HOJA 3 DE 3. EN EL CASO DE LA SOLDADURA DE ARCO DE TUNGSTENO Y SU TIPO. PARA SOLDAR POR ARCO METÁLICO CON GAS SE DESCRIBE LA FORMA DE TRANSFERENCIA DEL GAS. SE ANOTARA EL GRADO DE VELOCIDADES DE ALIMENTACIÓN DEL ELECTRODO DE ALAMBRE .

TÉCNICA. SE DESCRIBE LA SOLDADURA HECHA CON CORDONES RECTOS O SINUOSOS, SEGÚN LA TÉCNICA EMPLEAR LA OSCILACIÓN PARA TIRAR CORDONES SINUOSOS. ESTO TAMBIÉN SE INCLUYEN EN EL ESQUEMA. FRECUENTEMENTE SE UTILIZAN AMBAS TÉCNICA EN LA MISMA SOLDADURA. PARA EL PROCESOS DE GASES DE PANTALLA SE DEBE ANOTAR EL DIÁMETRO INTERIOR DE LA BOQUILLA. TAMBIÉN SE ANOTARA EL MÉTODO DE LIMPIEZA DESPUÉS DE SOLDAR Y ENTRE PASOS. SI SE EMPLEA VACIADO SE DESCRIBE, ASÍ COMO LA DISTANCIA QUE HAY EN LA PUNTA A LA PIEZA, COMO DIMENSIÓN DE MÍNIMA Y MÁXIMA. SE ANOTARA SI SE USA LA TÉCNICA DE UN SOLO PASO O EN PASOS MÚLTIPLES. TAMBIÉN ES NECESARIO INDICAR SI DE EMPLEA UN SOLO ELECTRODO O ELECTRODOS MÚLTIPLES. SE DESCRIBE EL RITMO DE VELOCIDAD DEL RECORRIDO. SI SE USA MARTILLADO SE ANOTARA, ASÍ COMO CUALQUIER OTRA INFORMACIÓN PERTINENTE RELACIONADA CON LA EJECUCIÓN DE LA SOLDADURA. POR EJEMPLO SI SE EMPLEA PULSACIÓN SE LE DESCRIBIRÁ.

REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO. PARA RESPALDAR AL WPS ES NECESARIO PROBAR Y CERTIFICAR LOS RESULTADOS DE LA SOLDADURA. ESTO SE LLEVA A CABO EJECUTANDO LAS SOLDADURAS DESCRITAS EN EL WPS, MAQUINÁNDOLAS Y EXAMINANDO EL ESPÉCIMEN DE ACUERDO CON EL CÓDIGO.
PARA ELLO, SE USA EL REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR), QUE SE DEFINE COMO UN DOCUMENTO QUE PROPORCIONA LAS VARIABLES REALES DE SOLDADURA, QUE SE USARON PARA PRODUCIR UNA SOLDADURA ACEPTABLE DE PRUEBA, Y LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS EFECTUADAS EN LA SOLDADURA CON EL FIN DE CALIFICAR UNA ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS). DEBE REFERIRSE A UN WPS ESPECIFICO. LAS FIGURAS 21-5 Y 21-6 ILUSTRAN EL EJEMPLO DE UN REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PRUEBA, QUE ES SEMEJANTE AL ASME QW-483. ESTE PQR DE MUESTRA ES UN REGISTRO DE LAS CONDICIONES REALES QUE SE USARON PARA SOLDAR LOS CUPONES HECHOS DE ACUERDO CON EL WPS-1. EL EJEMPLO QUE SE MENCIONO ANTES. MUCHO DE LOS DATOS NECESARIOS PARA EL PQR SON LOS MISMOS QUE LA INFORMACIÓN PARA EL WPS.

DE HECHO LOS DATOS DE LAS PRIMERAS HOJAS SON CASI IDÉNTICOS. LA PARTE POSTERIOR (HOJA 2 DE 2) DEL PQR ES DIRECTA Y ES UN REGISTRO DE LAS PRUEBAS MECÁNICAS, LA PRUEBA DE TENSIÓN, LA PRUEBA DE DOBLEZ GUIADO, LA PRUEBA DE TENACIDAD (CUANDO SE NECESITA), Y LA PRUEBA DE SOLDADURA DE CHAFLÁN CUANDO SE USA. UNA PRUEBA DE TENACIDAD, YA SEA DE IMPACTO O DE CAÍDA DE CONTRAPESO, NO ES NECESARIO SEGÚN LA SECCIÓN IX DEL CÓDIGO. ESTAS PRUEBAS SE PUEDEN NECESITAR, SEGÚN OTRAS SECCIONES DEL CÓDIGO, Y SE EFECTUARAN DE ACUERDO CON OTRAS PARTES DEL CÓDIGO O DE UNA ESPECIFICACIÓN ASTM. EL EJEMPLO MUESTRA LOS DATOS TÍPICOS QUE SE ANOTAN. SI LOS DATOS DE LA PRUEBA CUMPLEN CON LOS REQUISITOS DEL CÓDIGO, EL REPRESENTANTE DEL FABRICANTE FIRMA A CONTINUACIÓN LA HOJA, CERTIFICANDO QUE LO QUE SE AFIRMA EN EL REGISTRO ES CORRECTO Y QUE SE PREPARARON LAS SOLDADURAS DE PRUEBA, SE SOLDARON Y SE PROBARON DE ACUERDO CON LOS REGISTROS DE LA SECCIÓN IX DEL CÓDIGO ASME. LA HOJA DE PRUEBA DEL PQR CALIFICA AL WPS Y CUMPLE CON LOS REQUISITOS DEL CÓDIGO. TODO CAMBIO A UN PQR NECESITA DE UNA RECERTIFICACION DE PARTE DEL FABRICANTE O DEL CONTRATISTA.

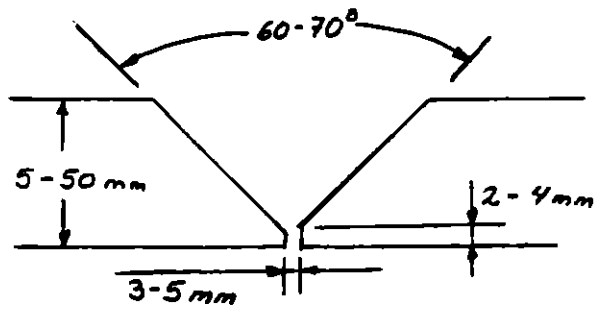
ES NECESARIO TENER WPS Y PQR ESPECÍFICOS PARA CUBRIR TODOS LOS PROCESOS DE SOLDADURA, COMBINACIONES DE PROCESOS DE SOLDADURA, AGRUPAMIENTOS DE MATERIALES BASE CON DISTINTA P, ETC. PARA CUMPLIR CON LAS VARIABLES IMPLICADAS. CADA PROCESO Y METAL QUE SE USEN EN PRODUCCIÓN DEBEN ESTAR CUBIERTOS CON UN WPS, AL CUAL SE DEBE CALIFICAR CON UN PQR.

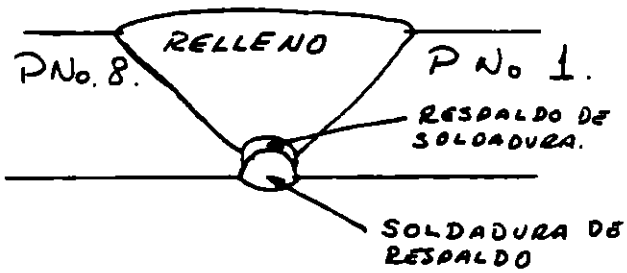
xxxNOMBRE DE LA COMPAÑIAxxxxxxxx xxxxxxDEPARTAMENTOxxxxxxxxxxxxxxxxx ESPEC. DE PROC. DE SOLDADURA (WPS)	WPS No. XXXXXXX REV. XX FECHA: XXXXXXXX SIMBOLO @= REVISION.
ELABORADO POR: Persona que elabora	FIRMA:

SOPORTADO POR PQR No.(S): REV.: FECHA:

PROCESO(S) DE SOLDADURA: Arco con Electrodo Recubierto (SMAW).
TIPO(S): Manual

JUNTAS (QW-402)





DISEÑO DE LA UNION: En "V"
RESPALDO: SI (X) NO ( )
MATERIAL DE RESPALDO (TIPO):
Metal base o metal de sold.

NOTA: SON ACEPTABLES OTROS DISEÑOS DE JUNTA INDICADOS EN MAPAS DE SOLDADURA, DIAGRAMAS O DIBUJOS DE FABRICACION.

METALES BASE (QW-403)

No. P 1 GRUPO No. todos A No. P 8 GRUPO No. todos
O
ESPECIFICACION TIPO Y GRADO: -------
A ESPECIFICACION TIPO Y GRADO: -------
O
ANALISIS QUIMICO Y PROPS. MEC.: -------
A ANALISIS QUIMICO Y PROPS. MEC.: -------

RANGO DE ESPESOR: METAL BASE: RANURA: 4.8 a 50.4 mm FILETE: Todos.
RANGO DE DIAM. DE TUBERIA: FILETE: Todos.
OTROS -------

METALES DE APORTE (QW-404):

PROCESO DE SOLDADURA:	SMAW		
ESPECIFICACION SFA:	5.4		
CLASE AWS:	E309		
No. F:	5		
No. A:	8		
DIAM DEL METAL DE APORTE	3.2mm, 4mm		
ESPESOR DE METAL DE SOLD DEPOSITADO: RANURA:	50.8mm máximo		
FILETE:	Todos		
CLASIF. ALAMBRE-FUNDENTE	-----		
NOMBRE COMERCIAL	-----		
INSERTO CONSUMIBLE.	-----		
OTROS:	-----		

Formato No.

WPS No.: XXXXXXXX REV.: XX | PAG. 2 DE 2 .

POSICIONES (QW-405):

POSICION(ES) DE LA RANURA: Todas FILETE: Todas .
PROGRESION DE SOLDADURA: ASDTE. (XXX) DESDTE. ( )

PRECALENTAMIENTO (QW-406)

PRECALENTAMIENTO MIN.: 93°C
MAX. INTERPASOS: 200 °C
MANTENIMIENTO DEL PRECALENTAMIENTO:
Calor generado durante la soldadura o flama de gas natural.

TRAT. TERMICO POSTSOLD. (QW-407)

RANGO DE TEMPERATURA: ----- .
RANGO DE TIEMPO: .
OTROS: .

GAS (QW-408):

GAS(ES) DE PROTECCION: ----- .
COMPOSICION DE LA MEZCLA: ----- .
RANGO DE FLUJO: .
GAS DE RESPALDO: .
COMP. DEL GAS DE RESPALDO Y ARRASTRE: .

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409):

CURRIENTE: Directa PLARIDAD: Invertida .
AMPERAJE (RANGO): 100-190 Amps. VOLTAJE (RANGO): 20-26 Volts .
DIAM. DEL ELECTRODO DE TUNGSTENO: ----- TIPO: ----- .
MODO DE TRANSFERENCIA DE METAL PARA GMAW : ------ .
RANGO DE ALIMENTACION DE ALAMBRE: ------ .
CALOR SUMINISTRADO O METAL DE SOLD. DEPOSITADO: ------ .

TECNICA (QW-410):

CORDON RECTO U OSCILADO: Recto (raiz), Oscilado (relleno) .
TAMAÑO DEL ORIFICIO O COPA DE GAS: ----- .
LIMPIEZA INICIAL O INTERPASOS: Esmeril, Cepillo de alambre S.S. .
METODO DE ELIMINACION DE RESPALDO: Esmeril .
OSCILACION: ------ .
DISTANCIA TUBO DE CONTACTO-TRABAJO: ------ .
PASO MULTIPLE O SENCILLO POR LADO: Múltiple .
ELECTRODO MULTIPLE O SENCILLO: Sencillo .
MARTILLADO: No se permite .
OTROS: Las superficies a soldar deben estar libres de óxidos, aceite, escamas y grasa, en una distancia de al menos 12.7mm de la preparación para soldar.

CAPA DE SOLD.	PROCESO	METAL DE APORTE		CORRIENTE		VOLTS (RANGO)	VEL. DE AVANCE mmPM
		CLASE	DIA.	TIPO Y POL.	AMP. (RANGO)		
Raiz	SMAW	E309	3.2mm	DC (+)	100-120	20-26	------
Relleno	SMAW	E309	4 mm	DC (+)	100-190	20-26	-----

Formato No.

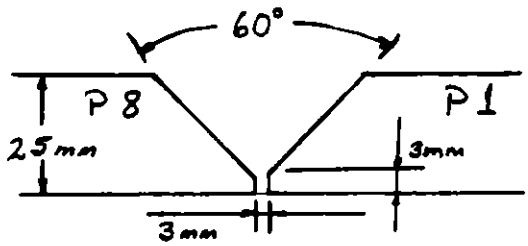
XX NOMBRE DE LA COMPAÑIAXXXXXXXXX
XXXXXX DEPARTAMENTO XXXXXXXXXXXXXXX
REGISTRO DE CALIF. DE PROC. (PQR)

PQR No. XXXXXX
REV. XX FECHA: XXXXXX X
SIMBOLO @= REVISION.
WPS No. XXXXX
REV: XXX

ELABORADO POR: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

PROCESO(S) DE SOLDADURA : Arco con Electrodo Recubierto (SMAW)
TIPO: Manual

JUNTAS (QW-402)



METALES BASE (QW-403)

ESPEC. DE MATERIAL SA-516, SA-240
TIPO O GRADO Gr.70, Tp. 316L
P No. 1 A P No. 8
ESPESOR DEL CUPON 25.4mm
DIAMETRO DEL CUPON -----
OTRO(S) -----

METALES DE APORTE (QW-404)

ESPEC. SFA	5.4	
CLASE AWS	E309	
No. F	5	
No. A	8	
TAMAÑO	3.2mm, 4mm	
METAL DEPOSITADO	25.4mm	
OTRO(S)	----- -----	

POSICION (QW-405)

POSICION DE LA RANURA Plana
AVANCE DE LA SOLDADURA
ASCENDENTE (-) DESCENDENTE (-)
OTRO(S) ------

PRECALENTAMIENTO (QW-406)

TEMPERATURAS:
PRECALENTAMIENTO 93 °C
INTERPASOS: 200 °C
OTRO(S) Mantenimiento por calor de la soldadura y flama de gas natural.

TRATAMIENTO TERMICO POSTSOLDADURA (QW-407)

TEMPERATURA -----
TIEMPO
OTRO(S)

GAS(ES) (QW-408)

	COMPOSICION	FLUJO
PROTECCION	-----	----
ARRASTRE	------	-----
RESPALDO	------	----

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)

CORRIENTE Directa
POLARIDAD Invertida
AMPERS. 180 VOLTS. 23
TAMAÑO ELECT. TUNGSTENO
OTRO(S) ----

TECNICA (QW-410)

VELOCIDAD DE AVANCE 200-300 mm/min.
CORDON RECTO U OSCILADO ambos
OSCILACION -------
PASO MULTIPLE O SENCILLO (POR LADO)
Múltiple
ELECTRODO MULTIPLE O SENCILLO
Sencillo
OTRO(S) Después de soldar el primer lado de la unión, fue ranurado desde el lado opuesto con arco-aire-carbón seguido de esmeril y vuelto a soldar.

Formato No.

PRUEBA DE TENSION (QW-150)

No. ESPECIMEN	ANCHO mm	ESPESOR mm	AREA mm²	CARGA MAX. Kg.	RESIST. A LA TENSION. MPa	TIPO DE FALLA Y LOCALIZ.
T-1	19.3	9.4	359.04	10286.2	556	Dúctil/M.B.
T-2	19.05	10.16	361.00	11235.3	570	Dúctil/M.B.
T-3	19.05	8.81	361.00	9297.8	544	Dúctil/M.B.
T-4	19.43	8.94	359.48	9647	543.8	Dúctil/M.B.

PRUEBAS DE DOBLEZ GUIADO (QW-160)

TIPO Y NUMERO DE FIGURA	RESULTADO
1. Doblez Lateral QW-462.2	Satisfactorio
2. Doblez Lateral QW-462.2	Satisfactorio
3. Doblez Lateral QW-462.2	Satisfactorio
4. Doblez Lateral QW-462.2	Satisfactorio

PRUEBAS DE TENACIDAD (QW-170)

No. ESPECIMEN	LOCALIZACION DE MUESCA	TIPO DE MUESCA	TEMP. PRUEBA	VALORES Joules	EXP. LATERAL % CORTE	mm
-----	------	-----	----	-----	-----	----

PRUEBA DE SOLDADURA DE FILETE (QW-170)

RESULTADO: ___ SATISFACTORIO: SI (--) NO (--)
PENETRACION EN METAL BASE : SI (--) NO (--)
RESULTADOS DE MACROATAQUE : -------

OTRAS PRUEBAS

TIPO DE PRUEBA: -------
ANALISIS DEL DEPOSITO: -------
OTRO(S) -------

NOMBRE DEL SOLDADOR: XXXXXXXXXXXXXXXXXo FICHA 17 MARCA G.
PRUEBAS CONDUCIDAS POR: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
PRUEBA DE LABORATORIO No. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

CERTIFICAMOS QUE LAS AFIRMACIONES ESTABLECIDAS EN ESTE REGISTRO SON CORRECTAS Y QUE LOS CUPONES DE PRUEBA FUERON PREPARADOS, SOLDADOS Y PROBADOS DE ACUERDO CON LOS REQUERIMIENTOS DE LA SECCION IX DEL CODIGO ASME. ESTE FORMATO PUEDE SER MODIFICADO CONFORME LOS REQUERIMIENTOS DEL CODIGO.

FECHA XXXXXXXXXXXXX. POR

Formato No.

REGISTRO DE LAS PRUEBAS DE CALIFICACIÓN DE SOLDADOR. CON LOS DOCUMENTOS WPS Y PQR ORDEN, A CONTINUACIÓN SE EXAMINARA A LOS SOLDADORES Y TRABAJOS, DE ACUERDO CON LO QUE SE TENGA QUE HACER. HAY QUE CALIFICAR A CADA SOLDADOR Y OPERADOR QUE TOME PARTE EN LA FABRICACIÓN O INSTALACIÓN DE LOS PRODUCTOS AMPARADOS POR EL CÓDIGO ASME DE CALDERAS Y RECIPIENTES A PRESIÓN.

EL SOLDADOR QUE PREPARA LOS ESPECÍMENES DEL REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS (PQR) QUE PASAN LOS REQUERIMIENTOS DEL CÓDIGO ESTA CALIFICADO PERSONALMENTE DENTRO DE SUS VARIABLES DE CALIFICACIÓN DE DESEMPEÑO. TODOS LOS DEMÁS SOLDADORES Y TRABAJADORES ESTÁN CALIFICADOS MEDIANTE PRUEBAS ESPECIFICAS DE SOLDADURA, QUE ESTÁN DISEÑADAS PARA DETERMINAR SU CAPACIDAD PARA EJECUTAR LAS SOLDADURAS PEDIDAS EN EL WPS Y QUE SE EMPLEAN EN EL TRABAJO. EN LA FIG.21-7 SE ILUSTRA UN EJEMPLO DEL "REGISTRO DE LAS PRUEBAS DE CALIFICACIÓN DE SOLDADORES O TRABAJADORES", EL CUAL ES SEMEJANTE AL ASME QW-484.

EL REGISTRO DE LAS PRUEBAS DE DESEMPEÑO DEL TRABAJADOR O SOLDADOR DEBE INCLUIR LAS VARIABLES ESENCIALES, EL TIPO DE PRUEBA Y LOS RESULTADOS DE ELLA, ASÍ COMO LA CALIFICACIÓN PARA CADA TRABAJADOR Y SOLDADOR. A CADA SOLDADOR Y TRABAJADOR SE LE ASIGNA UN NUMERO, LETRA O SÍMBOLO, CON EL FIN DE IDENTIFICAR EL TRABAJO DE CADA PERSONA. LAS PRUEBAS MECÁNICAS DEBEN CUMPLIR CON LOS REQUISITOS APLICABLES SEGÚN EL CÓDIGO. EL EXAMEN RADIOGRAFICO SE PUEDE SUSTITUIR POR PRUEBAS MECÁNICAS, EXCEPTO EN LA SOLDADURA DE ARCO METÁLICO EN GAS QUE USE TRANSFERENCIA DE METAL POR CORTOCIRCUITO. DEBEN ESTAR DE ACUERDO CON EL CÓDIGO LA TÉCNICA RADIOGRAFICA Y LOS CRITERIOS DE ACEPTACIÓN. EN GENERAL, LOS SOLDADORES QUE CUMPLEN CON LOS REQUISITOS DEL CÓDIGO PARA SOLDADURAS DE CHAFLÁN, PERO NO A LA INVERSA. UN SOLDADOR CALIFICADO PARA SOLDAR DE ACUERDO CON UN WPS CALIFICADO, TAMBIÉN ESTA CALIFICADO PARA SOLDAR DE ACUERDO CON OTROS WPS CALIFICADOS QUE USEN EL MISMO PROCESO DE SOLDADURA, DENTRO DE LOS LIMITES QUE ESTABLECEN EL CÓDIGO PARA LAS VARIABLES ESENCIALES.

SI UN SOLDADOR LLEVA TRES MESES O MAS SIN SOLDAR, SUS CALIFICACIONES YA NO ESTARÁN VIGENTES. SI HAY RAZÓN PARA DUDAR DE LA CAPACIDAD DEL SOLDADOR PARA EJECUTAR SOLDADURAS QUE CUMPLAN CON LA ESPECIFICACIÓN, SE CONSIDERARA QUE HA EXPIRADO SU CALIFICACIÓN. EL CÓDIGO CONTIENE MUCHAS OTRAS CONDICIONES A PROPÓSITO DE LA CALIFICACIÓN DE LOS SOLDADORES. PARA ESTA INFORMACIÓN HAY QUE CONSULTAR EL CÓDIGO.

SELLOS DE SÍMBOLO .- LOS FABRICANTES O CONTRATISTAS QUE CON REGULARIDAD CONSTRUYEN O INSTALAN RECIPIENTES O TUBERÍAS A PRESIÓN, GENERALMENTE TIENE UN SELLO CON EL SÍMBOLO DE LA ASME. ESTO SIGNIFICA QUE EL CONTRATISTA O FABRICANTE HA SIDO APROBADO POR LA AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, Y QUE ES UN FABRICANTE O INSTALADOR AUTORIZADO DEL TIPO DE EQUIPO ESPECIFICADO. SE USAN VARIOS SELLOS PARA MARCAR LA INSTALACIÓN O EL PRODUCTO FABRICADO. ALGUNOS DE ESOS SELLO DE SÍMBOLO SON :

N	RECIPIENTE NUCLEAR
PP	TUBERÍA A PRESIÓN
U	RECIPIENTE A PRESIÓN
S	CALDERAS A PRESIÓN
H	CALDERAS DE CALEFACCIÓN

SUBDIRECCION DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR/ OPERADOR DE SOLDADURA (WPQ)

NOMBRE DEL SOLDADOR RAMIREZ CASAS CARLOS .
FICHA XXXX MARCA G FECHA DE PRUEBA: XX-XX-XX .
PROCESO(S) DE SOLDADURA SMAW TIPO MANUAL .

No. WPS UTILIZADO PARA LA CALIFICACION XXXXX MATERIAL BASE SA-516-70.

VARIABLES PARA CADA PROCESO MANUAL O SEMIAUTOMATICO (QW-350)

	VALORES REALES	RANGO CALIFICADO
RESPALDO (QW-402)	CON	CON
ASME No.P. 1 A ASME No.P. 1		P1 A P11 Y P4X.
PLACA (XX) O TUBERIA ( ) 12.7 mm		N/A
ESPEC. METAL DE APORTE (SFA) 5.1	CLASIFICACION: E7018	
No. F METAL DE APORTE:	4	4,3,2,1
INSERTO CONSUMIBLE (PARA GTAW O PAW)	N/A	N/A
ESPESOR DE DEPOSITO POR PROCESO	12.7 mm	25.4 mm MAX.
POSICION DE SOLDADURA 3G .		
RANURA: PLACA Y TUBO) 609.6 mm ø		F,VU
TUBERIA 73.0 mm ø - 609.6 mm ø		F
FILETE: PLACA Y TUBERIA		F,H,VU
AVANCE (ASCENDENTE O DESCENDENTE)	ASCENDENTE	ASCENDENTE
GAS DE RESPALDO (GTAW, GMAW O PAW)	N/A	N/A
MODO DE TRANSFERENCIA (GMAW)	N/A	N/A
TIPO DE CORRIENTE Y POLARIDAD (GTAW)	N/A	N/A

VARIABLES PARA CADA PROCESO MAQUINA O AUTOMATICO (QW-360)

	VALORES REALES	RANGO CALIFICADO
CONTROL VISUAL REMOTO/DIRECTO	N/A	N/A
CONTROL DE VOLTAJE AUTOMATICO (GTAW)	N/A	N/A
POSICIONADO AUTOMATICO DE LA JUNTA	N/A	N/A
POSICION DE SOLDADURA	N/A	N/A
INSERTO CONSUMIBLE	N/A	N/A
RESPALDO	N/A	N/A

RESULTADOS DE PRUEBA DE DOBLEZ GUIADO

DOBLEZ GUIADO (X) QW-462.2 (-) QW-462.3(a) (-) QW-462.3(b)
TIPO DE PRUEBA DOBLEZ LATERAL TRANSV. R & C LONG. R & C

1.	SATISFACTORIO	N/A	N/A
2.	SATISFACTORIO	N/A	N/A

RESULTADOS DE INSPECCION VISUAL (QW-302.4): SATISFACTORIO .
RESULTADOS DE RADIOGRAFIA (QW-304 Y QW-305): N/A .
(ALTERNATIVA DE CALIFICACION PARA SOLDADURAS A TOPE)

RESULTADOS DE LIQUIDOS PENETRANTES: N/A .
FILETE: FRACTURA: N/A LONG. Y % DE DEFECTOS N/A mm.
MACROATAQUE: FUSION N/A TAMAÑO DE PIERNA N/A mm .L N/A mm. ,CONCAVIDAD/CONVEXIDAD N/A mm .

PRUEBA DE SOLDADURA CONDUCIDA POR XXXXXXXXXXXXXXXX .
PRUEBAS MECANICAS CONDUCIDAS POR XXXXXXXXXXXXXXXX .
REPORTE DE LABORATORIO No. XXXXXXXXXXX .

CERTIFICAMOS QUE LAS AFIRMACIONES ESTABLECIDAS EN ESTE REGISTRO SON CORRECTAS Y QUE LOS CUPONES DE PRUEBA FUERON PREPARADOS, SOLDADOS Y PROBADOS DE ACUERDO CON LOS REQUERIMIENTOS DE LA SECCION II DEL CODIGO ASME.

ORGANIZACION: CONSORCIO INDUSTRIAL S.A. DE C.V. .

FECHA: 03 DIC., 1994 POR: .

Formato No.

Cuidado de Calderas (ASME Sec. VII)

Expositor: **Ing. Gil Zarate Aguilar**

CUIDADO DE CALDERAS (ASME SECCION VII)

ING. GIL ZARATE AGUILAR

REGLAS SUGERIDAS PARA EL CUIDADO DE CALDERAS DE POTENCIA

El propósito de estas reglas es el de promover la seguridad en el uso de las calderas de potencia.

Con respecto a la aplicación de estas reglas, una caldera de potencia es un recipiente a presión construído de acuerdo con la Sección No. I del Código y en el cual el vapor se genera, para uso externo a la caldera a una presión superior a 1.05 Kg/cm^2. (15 lb/plg^2), mediante aplicación de calor. Este calor puede ser obtenido de la combustión de un combustible (sólido, líquido ó gaseoso), de los gases residuales calientes desechados de otras reacciones químicas, ó de la aplicación de energía eléctrica.

El término " caldera de potencia " incluye los tipos estacionarios portátiles y de tracción, pero no incluye las calderas locomotoras, calderas de baja presión para calefacción, calderas miniatura y recipientes a presión no expuestos a fuego ó calderas marinas.

Estas reglas se aplican a la caldera propiamente dicha y a conexiones de tubería, hasta e incluyendo la válvula o válvulas requeridas por el Código ASME. Los elementos tales como sobrecalentadores, recalentadores, economizadores u otras partes a presión conectadas directamente a la caldera, sin intervenir válvulas, deberán considerarse como parte de la caldera.

Ya que estas reglas han sido recopiladas para auxiliar a los operadores de las calderas de potencia en el mantenimiento de sus plantas en condiciones de operación seguras en la medida que fuere posible al aspecto económico, se le ha dado consideración incidental solamente. Se reconoce la dificultad de formular un conjunto de reglas aplicables a todos los tipos y capacidades de plantas, por lo que en estas reglas, puede ser permitido o aconsejable apartarse de ellas en casos especiales.

REGLAS PARA OPERACION DE RUTINA

MANEJO DE EQUIPO PARA QUEMAR COMBUSTIBLE

Puede decirse que cada fase de operación de una caldera requiere el manejo de los aparatos para quemar combustible.

Existen tantos diferentes tipos de combustible y en consecuencia tantos diferentes sistemas para quemar cada tipo de combustible, que las instrucciones detalladas correspondientes, deben en la mayoría de los casos, ser originadas por el fabricante del equipo. En todas las instalaciones el operador debe estudiar con detenimiento las instrucciones de mantenimiento y operación suministradas por el fabricante del equipo. Sin embargo deben observarse siempre las siguientes reglas y precauciones.

Antes de encender inicialmente cualquier tipo de flama y antes de reencenderla en el caso de que ésta se haya apagado accidentalmente, ventílese siempre el espacio total del lado del fuego de la caldera mediante una corriente de aire equivalente a cuando menos el 50 % del flujo normal de aire a carga máxima y por periódo de tiempo suficiente para asegurar que todos los gases combustibles han sido expulsados del sistema. Este periódo no debe ser menor de 5 minutos.

Manejo de distintos combustibles :

I.- Combustibles sólidos, alimentados manualmente ó mecánicamente en emparrillados ó en hornos tipo holandés. En estos combustibles están incluídos carbón, lignito, madera y desperdicios de madera y una gran variedad de materiales de desperdicio. Póngase una capa ligera de combustible encendido adyacente o úsese un combustible ligero tal como madera. Durante el encendido los ventiladores deben estar fuera y todas las compuertas cerradas con excepción de las de tiro inducido, éstas deben estar parcialmente abiertas. Lo anterior es para prevenir tiro excesivo mientras el operador se encuentra dentro del horno y proteger sus ojos del polvo e impurezas del carbón. No se usen substancias excesivamente volátiles ya que éstas pueden producir mezclas explosivas.

Carbón pulverizado ó lignito. Límpiese el quemador del coke adherido ó incrustaciones de combustible que puedan obstruir el flujo de aire y combustible al horno. En donde el carbón se alimenta sobre tubos de la caldera, revísese la caja de quemadores para asegurar que todos los bloques protectores de tubos estén en su lugar y prevenir cualquier acción erosiva sobre estos últimos. Debe de asegurarse que se establezca el flujo de aire apropiado a través del horno mediante el equipo mecánico para tiro. Los registros de quemadores deben estrangularse para prevenir fallas en la flama y mejorar la estabilidad del encendido.

Abrase la alimentación de combustible y establézcase flujo mínimo, enciéndase el combustible y redúzcase el flujo a un régimen de operación seguro. Donde se usen precalentadores rotativos, éstos deberán arrancarse para prevenir calentamientos desiguales y deterioro en los sellos de este equipo. Arránquense los ventiladores para cenizas, si estos se usan. Invariablemente encienda cada quemador manualmente con antorcha o con el equipo especial de ignición cuando éste se tenga disponible. Si el régimen de fuego mínimo estable es demasiado alto para dar las condiciones que requiere la caldera no trate de reducirlo; sino que, debe recurrirse a la operación de fuego intermitente o a un régimen mínimo o bien cercano a éste.

II.- Petróleo. Examínense y límpiense los filtros y las boquillas de los quemadores. Ajústense los quemadores y verifíquense los registros de aire y válvulas de combustible. Ciérrense las válvulas de estrangulamiento individuales para cada quemador y compruébese que no tienen fugas. En los casos en que se tenga presión negativa en la succión de las bombas de petróleo, en todas las conexiones, filtros y otras partes en las líneas de succión de las bombas deberá comprobarse su hermeticidad, para ayudar a cebar la bomba y prevenir infiltraciones de aire a la misma en operación. Pruébense los serpentines de vapor en el calentador y compruebese que no tiene fugas de petróleo, manteniendo para ésto la presión máxima permisible del petróleo en el calentador y relevando toda presión en el lado del vapor. Manténgase la condición anterior por un periódo mayor de 15 min., a continuación ábrase el venteo en el lado del vapor manténgase abierta hasta que el vapor escape, ábrase completamente la válvula de vapor en el serpentín con la válvula de purga completamente abierta. Coléctese del drenaje y examínese si no presenta trazas de petróleo.

Retírese el aceite derramado de los quemadores en el frente de la caldera y en el piso del horno. Abra la válvula de petróleo y encienda un quemador con una antorcha ó cualquier otro elemento apropiado para encendido, colocando la antorcha cerca y abajo de la boquilla del quemador. Si el rocío de petróleo no enciende inmediatamente, es decir, 5 segundos después de que se ha abierto la válvula o si la antorcha se apagó antes de encender el petróleo cierre la válvula de petróleo, ventílese el horno y vuélvase a encender la antorcha y repítase nuevamente la operación de encendido. Usese siempre una antorcha o cualquier otro elemento propio para encendido de quemadores. No intente encender un quemador por medio de otro que esté operando cerca ó intente encenderlo por medio del refractario caliente del horno. Asegúrese de que aumento el tiro antes de encender algún quemador adicional. No deben permitirse salpicaduras excesivas del petróleo, sobre las paredes ú otras partes de la caldera. Después de que el petróleo encienda, deberá abrirse inmediatamente el registro de aire para evitar combustión incompleta.

III.- GAS. Examínense los quemadores, válvulas de control y disparo de seguridad para asegurar condiciones adecuadas de trabajo antes del encendido. Púrguese el aire de las líneas de gas por medio de venteos externos antes de intentar el encendido del quemador. Comprúebense los dispositivos de tiro del horno y asegúrese que existe ventilación adecuada en el mismo como se indicó anteriormente.

Encienda los quemadores estableciendo un regimén mínimo y usando siempre una antorcha o cualquier otro elemento apropiado para el encendido. No intente encender un quemador por medio de otro que esté operando cerca ó intente encenderlo por medio del refractario caliente del horno. Mantengánse relación combustible- aire de tal manera que siempre se obtenga una combustión completa. Téngase presente que con la mayoría de combustibles gaseosos el contenido de CO_2 en los gases de combustión no es una indicación del exceso de aire, compruébese siempre que el quemador está operando con suficienrte aire para asegurar una combustión completa.

Para el caso de quemadores que trabajen con petróleo y gas, nunca debe estrangularse ningúna válvula después del último manómetro para un grupo de quemadores o cualquier quemador individual, Hacer lo anterior equivale a perder el conocimiento de las condiciones en el quemador. Asegúrese que cualquier manómetro o guía de operación del quemador esté indicando realmente las condiciones del mismo.

Si se tienen instalados dispositivos para falla de flama del tipo fotoeléctrico o de conductividad, pruébense éstos manualmente con una antorcha antes de confiar a ellos la protección de un quemador en operación.

Usense dispositivos de ignición positiva para cada quemador, tales como mecheros de gas ó petróleo diseñados para operar bajo las condiciones de presión del hogar. Es importante disponer de protección o aviso contra pérdida de ignición dado que con la interrupción del suministro de carbón, el reencendido del quemador por medio de las flamas de los quemadores adyacentes es insegura. Para operación segura es importante el uso de vibradores y alarmas de bajo nivel en varios puntos del sistema de alimentación de combustible así como de celdas fotoeléctricas afocadas a la flama en cada quemador. La experiencia indica que aún cuando el conjunto de estos dispositivos aparentemente prevén la protección adecuada, son únicamente un suplemento a la atención cuidadosa que el operador debe dar al equipo de combustión. Evítese la operación a capacidades superiores a las del equipo ya que ésto hace aumentar los depósitos en las superficies externas de la caldera y sobrecalentador.

PREPARACION DE CALDERAS PARA OPERACION

Si la caldera es nueva o ha estado fuera de servicio un periódo largo, o bien ha sido abierta para reparaciones o limpieza, antes de cerrar las partes en contacto con el agua, examínense éstas, así como las que están en contacto con los gases para asegurarse de que cada una de ellas esté libre de herramientas y otros objetos extraños. Deben eliminarse ya sea por lavado u otros medios mecánicos todas las substancias que en forma de suciedad, basura, rebabas ó depósitos superficiales se encuentren en las partes internas de la caldera. Las partes internas del domo deben inspeccionarse para verificar que estén sujetas convenientemente y que se encuentran en condiciones satisfactorias. Entonces ciérrense todos los registros del acceso.

Efectúese una prueba hidrostática a 1 1/2 veces la presión normal de trabajo para caldera nueva o para calderas existentes a las que se les haya efectuado reparaciones mayores. En cualquier otro caso la presión normal de agua de alimentación es suficiente y no deben efectuarse pruebas hidrostáticas a presiones superiores a menos que específicamente sean solicitadas por un inspector autorizado. Los empaques de los registros de mano deberán ser nuevos o estar en buenas condiciones y deberán apretarse perfectamente durante la prueba hidrostática. Para evitar que estos empaques se peguen, deberá usarse un pasta a base de grafito o alguna otra pasta adecuada.

Compruébese que la cámara de combustión y los pasos de gases se encuentren limpios, herméticos y bien reparados y que todos los registros para limpieza o inspección estén bien ensamblados y apretados. Asegúrese de que toda materia combustible se ha retirado de la caldera.

Opérese e inspecciónense todas las partes que componen el sistema de combustión hasta donde sea posible, sin admitir combustible al horno. Opérense todos los componentes del sistema de tiro y los elementos del sistema de control automático en su caso para determinar que están en buenas condiciones de operación. Asegúrese de que las compuertas de entrada y salida, y compuertas para algún otro propósito especial, operen libremente y se encuentren en buenas condiciones. Donde se tengan sistemas de interbloqueos de protección entre compuertas, ventiladores alimentación de combustible y otras partes del sistema de combustión, deberá comprobarse su operación antes de encender la caldera. Déjense las compuertas de admisión y salida abiertas. En unidades en que se tenga control de temperatura de vapor por distribución de gases, síganse las instrucciones del fabricante para determinar la posición de las compuertas del sobrecalentador durante el arranque.

Comprúebese que todas las válvulas de purga, columnas de agua y válvulas de drenaje de los cristales de nivel, grifos de prueba y válvulas y controles de agua de alimentación estén en buenas condiciones y que se encuentren cerradas. Asegúrense de que las válvulas entre la caldera y columnas de agua así como las válvulas de cierre de los cristales de nivel se encuentren totalmente abiertas y con sus candados puestos.

Conviene comprobar que las válvulas de drenaje del cristal efectivamente lo drenan; esto puede hacerse vaciando totalmente el cristal por medio de dichas válvulas. Antes de llenar una caldera con agua, es imperativo abrir las válvulas de venteo en los domos de la caldera, sobrecalentador, economizador, así como las válvulas en alguna línea especial de recirculación, cuando exista.

Llénese la caldera con agua tratada adecuadamente, hasta el nivel de operación mínimo recomendable, ó a un nivel más alto en el caso de domos de gran espesor hasta el indicado por el fabricante; evítese llenar las calderas con agua arriba del punto de ebullición ya que ésto producirá evaporaciones instantáneas. Evítese también llenar las calderas con agua excesivamente fría. Siempre que sea posible la caldera deberá llenarse con agua temperatura no mayor ni menor en 28oC (82oF) que la temperatura del metal en la caldera para evitar esfuerzos severos por temperatura, luego cierre las conexiones de alimentación. Cuando se tienen conexiones auxiliares de alimentación, estas deben usarse en conjunto con las válvulas principales de alimentación, cuando se llenen las calderas, a fin de que al mismo tiempo se prueben sus condiciones de trabajo. Abranse y cierrénse los grifos de los cristales y válvulas de purga en las columnas de agua y cristales de nivel, de la capacidad y el tipo de caldera puede ser necesario purgarla o agregarle agua para mantener el nivel dentro de límites de seguridad durante el proceso de elevación de presión. No debe suponerse que el nível de agua es seguro solamente porque la caldera no está produciendo vapor.

El manómetro de presión de vapor debe tenerse comprobado y montado. Compruébese que todas las válvulas del manómetro o manómetros de presión de vapor estén abiertas. Examínense las válvulas de seguridad hasta donde sea posible para comprobar que están en condiciones de trabajo, es decir, listas para operar y determínese que las tuberías de descarga están positivamente abiertas a la atmósfera.

Aflójese ligeramente el vástago de la válvula principal de vapor para prevenir esfuerzos por expansión considerables cuando se levante presión desde la condición en frío. Si no hay vapor en ninguno de los lados de la válvula principal, ábrase ligeramente la válvula volviéndola suavemente otra vez a su asiento para asegurarse de que la válvula no está pegada.

Después del encendido, manténgase fuego bajo hasta que el refractario esté completamente seco. El fuego debe ser suficiente para mantener el agua de la caldera a una temperatura tal, que se tenga un ligero escape de vapor en el venteo del domo. El agua en la caldera debe mantenerse al nivel normal y los drenajes a la salida del sobrecalentador deben estar completamente abiertos. Si todo el revestimiento refractario y aislante es nuevo el secado puede requerir varios días de (tres días a una semana). Si únicamente el revestimiento del hogar ha sido renovado, 48 horas será tiempo suficiente para el secado de revestimiento pequeños. Para revestimientos mayores el tiempo será mayor. En general no es aconsejable efectuar el secado de revestimientos grandes con quemadores de petróleo combustible, puesto que los regímenes de combustión excesivamente bajos, como se requiere en estos casos, pueden dar como resultados combustión incompleta y como consecuencia condensación de combustible en las regiones más frías de la caldera creando peligros de incendio. Deben tomarse precauciones especiales de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes para protección del piso de hornos con pozo de escorias durante el periódo de secado y durante periódos largos de operación con otros combustibles que no sean carbón pulverizado.

Después de un paro prolongado, debe mantenerse un fuego bajo por una hora aproximadamente. Excepto en casos de emergencia extrema, la caldera no debe se operada antes de una hora partiendo de la condición en frío. El periódo más crítico se tiene cuando se calienta el agua hasta el punto de ebullición. La circulación es entonces lenta e irregular, ésta aumenta considerablemente después de que la formación de vapor se inicia. La duración del periódo en que se levante la presión de una caldera depende de su tipo. Generalmente se debe consultar al fabricante. El factor principal a considerar es que las temperaturas en todas las partes a presión se mantengan uniformes, los sobrecalentadores deben protegerse de calentamientos excesivos y deben evitarse el que se tengan grandes diferencias de temperatura a través de las secciones metálicas de gran espesor. Aún cuando para calderas de tubos de agua pequeñas 1/2 hora puede ser aceptable, pueden requerirse de 4 a 8 horas para calderas mayores con grandes masas de refractarios o secciones metálicas gruesas o de lenta circulación. Obsérvense las instrucciones especialmente preparadas por el fabricante para unidades grandes con secciones metálicas muy gruesas. Cuando se tienen sobrecalentadores no drenables puede ser necesario reducir la temperatura del hogar y aumentar el tiempo total de encendido para evaporar el agua acumulada en los elementos del sobrecalentador. En calderas grandes con quemadores multiples frecuentemente es recomendable alternar los quemadores durante el período de calentamiento a fín de que ésto sea uniforme. Cualquier variación de ésta práctica debe estar de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes de la caldera y el horno.

Después de que el agua comienza a calentarse, compruébese el nivel de agua en el cristal indicador y revise si las válvulas de purga no tienen fugas. Una vez que el vapor esté escapando a través de las válvulas de venteo por un periódo suficiente para asegurar la expulsión de todo el aire, ciérrense las válvulas de venteo del domo y reajustense las válvulas de drenaje y venteo del sobrecalentador de acuerdo con las instrucciones del fabricante, en general los venteos y drenajes del cabezal de entrada del sobrecalentador y del cabezal intermedio deben mantenerse abiertos muy ligeramente, mientras que los drenajes del cabezal de salida deben mantenerse totalmente abiertos, ó caso totalmente para así mantener un flujo de vapor a través del sobrecalentador hasta que la caldera tome carga.

Una vez que el refractario está seco y la caldera ha sido calentada uniformemente, auméntese la presión de vapor lentamente. Manténgase el nivel de agua visible en el cristal. Cuando la instalación incluye paredes de agua y pantalla de tubos, se considera un buen procedimiento de operación en hornos de carbón pulverizado, petróleo o gas, el levantar la presión a aproximadamente el 25% de la presión de trabajo, apagar quemadores, purgar las paredes de agua y domos, reponer el nivel de agua y después de ventilar el horno, encender otra vez los quemadores de combustible. Cuando la presión de vapor se aproxima a la presión de trabajo y antes de poner la unidad en servicio, púrguese la caldera hasta que el nivel del agua sea el apropiado. Durante y después del periódo inicial de calentamiento, los empaques deben ser apretados nuevamente donde sea necesario. En todos los casos con calderas nuevas y usadas, examínese la caldera para evitar fugas y pruébese la válvula ó válvulas de seguridad a mano, manteniendo la válvula ó válvulas completamente abiertas por un periódo suficiente para expulsar las posibles acumulaciones de suciedad o rebabas. La presión del vapor debe ser por lo menos un 75% de la de ajuste de las válvulas de seguridad cuando estas se abran manualmente. El regimén al cual se aumenta la presión debe mantenerse dentro de límites que permitan evitar sobrecalentamientos en el sobrecalentador o prevenir esfuerzos térmicos en los domos con paredes gruesas, cualesquiera que sea lo que requiera el regimén más lento. Se sugiere que las temperaturas del agua en la caldera se eleven a razón de 56 °C (100 °F) por hora. En calderas nuevas los movimientos por expansión deben observarse para comprobar que no existen interferencias ó amarres indebidos.

MANEJO DE CALDERAS EN SERVICIO

Encendidos. Aparte del punto de vista económico manténganse los fuegos tan uniformemente como sea posible a fín de evitar regímenes excesivos de combustión, variaciones no deseables de temperatura y posibles explosiones. Cuando se queman combustibles en suspensión, tales como carbón pulverizado, gas o petróleo deberá ejercerse una vigilancia constante para ver que se mantenga la ignición.

En caso de flamazo ó pérdida de ignición, córtese el suministro de combustible y ventílese completamente la caldera antes de intentar reencender el fuego. Si la caldera está caliente por la operación contínua, ventílese el sobrecalentador inmediatamente, si se ha interrumpido el suministro de vapor.

Nunca deberá ponerse en servicio un soplador de hollín cuando el horno este caliente y los fuegos apagados. Téngase cuidado de manrtener al mínimo la formación de condensado en el sobrecalentador y asegúrese de drenarlo antes de que la caldera entre nuevamente en operación.

Nivel de agua. La regla más importante para una operación segura es mantener agua en la caldera y constantemente al nivel correcto siempre que las condiciones lo permitan. Nunca confíe completamente en alarmas automáticas ó reguladores de agua de alimentación, independientemente de su efectividad ó de lo confiable que éstos parezcan. A intervalos frecuentes, compárense las lecturas por los diferentes métodos disponibles para determinar el nivel de agua. Si alguna lectura llegará a ser diferente de las otras, éstas deberán considerarse dudosas hasta que la causa de esta diferencia sea localizada y corregida.

Téngase la columna de agua bien iluminada y manténgase limpio el cristal. Una marca de suciedad en el cristal, puede ser confundida facilmente con el nivel de agua. No deben permitirse fugas de vapor ó de agua en la columna de agua ó sus conexiones ya que esto causaría que la columna muestre un nivel falso. Manténganse abiertos y libres de obstrucciones los extremos de las salidas de las tuberías de drenaje de la columna de agua, cristal, indicador y válvula de purga y completamente a la vista del operador de la caldera.

Para comprobar la influencia de un agua que produzca incrustaciones en la reducción de la alimentación, instale un indicador de presión de agua en el lado de descarga de la bomba de alimentación. Cualquier incremento progresivo en presión entre el manómetro en la descarga de la bomba y el manómetro de presión de vapor en la caldera normalmente es el resultado de depósitos solidos en las líneas de alimentación y debe ser investigado. Cualquier disminución progresiva en la presión indicada entre un manómetro localizado en forma similar en la succión de la bomba de alimentación debe inmediatamente investigarse y corregirse.

En el caso de alto nivel en una caldera, reduzca el flujo de agua de alimentación ligeramente abajo del flujo de vapor. Púrguese para bajar a un nivel de operación seguro. Si la caldera ha estado operando automáticamente con un regulador de agua de alimentación revísese el regulador para asegurar su correcto funcionamiento antes de volver a operación automática.

Si la temperatura en el sobrecalentador muestra un descenso súbito, ésto es indicación de que ha habido arrastre de agua al sobrecalentador, y en este caso el suministro de combustible debe cortarse así como el vapor; cerrada la válvula principal, a fín de evitar daños a los tubos del sobrecalentador y a la turbina. Púrguese para restablecer el nivel y procédanse entonces a poner la caldera nuevamente en servicio.

Vapor húmedo debido a espuma y acarreo de agua. Cuando se presenten fluctuaciones anormales en el nivel de agua debe investigarse inmediatamente la posible causa. Si se tiene formación considerable ó anormal de espuma, lo cual es indicado por estabilidad del nivel de agua ó una inexplicable caída de temperatura en el sobrecalentador, redúzcase el régimen de evaporación hasta que el nivel se estabilice de manera que el nivel real del agua en el cristal pueda determinarse. Si el nivel de agua en el cristal es suficientemente alto, púrguese parte del agua, de la caldera y alimentese con agua fresca. Usese la purga superficial ó contínua si se tiene instalada. Repita alternativamente purga y alimentación varias veces y si la espuma no se elimina cubranse los fuegos y continúese la operación alternativamente de purga y alimentación. Después de corregir la condición del agua, pruebe la válvula ó válvulas de seguridad, conexiones al manómetro, columna de agua y cristal indicador. Determínese positivamente la causa de formación de espuma y adoptense las medidas correspondientes para evitar que esto vuelva a ocurrir. El espumeo tal como se discute aquí, debe diferenciarse del arrastre causado por sobrecarga ó por defectos mecánicos de las partes internas del domo de vapor.

Purga. Debe determinarse la concentración de sólidos en la caldera y efectuar purgas de acuerdo con los límites establecidos.

Puede mantenerse la concentración requerida más satisfactoriamente mediante purga contínua usando las conexiones para este propósito. Cuando la cantidad y frecuencia de las purgas no se determinan por análisis químico ó sus equivalentes y cuando la caldera no incluye tubos de agua en el horno, púrguese la caldera abriendo completamente y cerrando la válvula de purga, cuando menos 1 vez cada 24 horas. Cuando se tienen sólidos en suspensión en las calderas puede ser necesario recurrir a purgas perfodicas e intermitentes, adicionalmente a las purgas de sólidos disueltos.

Púrguense las calderas en el período en que la producción de vapor sea más baja durante el día.

Si se tiene una combinación de válvula de apertura rápida y globo, la primera de ellas deberá normalmente abrirse primero y cerrarse al final; la purga deberá efectuarse con la válvula de globo.

Para el caso de una válvula de asiento duro seguida de una válvula sin asiento, la primera deberá abrirse al último y cerrarse primero.

En el caso de dos válvulas sin asiento en las que el émbolo continúa su movimiento después de que el puerto ha cerrado la válvula más próxima a la caldera se abrirá al último y se cerrará primero. Si no se hace lo anterior el agua atrapada entre las dos válvulas quedará bajo compresión por el desplazamiento del émbolo después de que la válvula ha cerrado.

En cualquier otra combinación de dos válvulas idénticas, el orden de operación será tal que la misma válvula se abra siempre al final y se cierre primero a fin de evitar que la otra válvula tenga servicio de estrangulamiento, asegurando en esta forma el cierre hermético del sistema.

Cuando sea necesario purgar grandes cantidades, abra el grifo ó válvula de apertura rápida primero hasta sus posiciones medias de abertura y déjese en está posición hasta que el nivel de agua descienda a 1.27 cm. 1/2" en el cristal de nivel. Abranse entonces totalmente las 2 válvulas hasta completar la purga. Compruébese que el grifo o válvula cierre hermeticamente y permanezca apretado. Repárense todas las válvulas de purga y grifos con fugas, tan pronto como sea posible. Si se tiene purga de superficie, úsese ésta hasta que las condiciones no deseables sean corregidas.

Cuando el cristal de nivel no está a la vista del operador que está efectuando la purga en una caldera, otro operador deberá situarse en un punto en que pueda ver dicho cristal y hacer las indicaciones correspondientes al operador que purgue la caldera. Nunca se permita que un operador abandone la válvula de purga hasta que la operación de purga se complete y la válvula se haya cerrado.

Fugas. Cuando aparezca fugas pequeñas, localícese la fuente y repárense tan pronto la caldera sea puesta fuera de servicio. Si se tiene una fuga considerable, párese la caldera inmediatamente reduciendo gradualmente la presión de vapor. Hágase examinar la caldera por un inspector autorizado y efectúense las reparaciones que él recomiende antes de volver a operación.

En el caso de falla de tubos córtese el suministro de aire manténgase el ventilador de tiro inducido y la compuerta de salida abuerta, apáguense los fuegos, regúlese la caída de presión reduciendo el flujo de vapor de la caldera y ventése el sobrecalentador. Manténgase el suministro de agua de alimentación, si es posible hacerlo sin afectar considerablemente el suministro a otras calderas. Córtese el suministro de agua de alimentación cuando el refractario se haya enfriado suficientemente para evitar daños a la caldera por sobrecalentamiento.

Reparaciones. Muchos accidentes al personal y desgracias, resultan de efectuar reparaciones en calderas, tuberías y otros aditamentos con presión. Estas prácticas no deben permitirse.

Retiro de hollín y cenizas. Manténganse los tubos razonablemente libres de hollín. Cuando se use una lanza de vapor ó soplador de hollín drenense las conexiones de vapor ó suministro de aire a la unidad de soplado de manera que el vapor ó aire estén prácticamente secos. Cualquier depósito u hollín endurecido en los tubos puede repararse o quitarse con cepillo después de que la caldera esté fuera de servicio y fría.

El retiro de la escoria excesiva que se forma alrededor de los quemadores de carbón pulverizado y en los tubos, debe hacerse tan frecuentemente como sea necesario ó cuando menos una vez por turno. Debe comprobarse el alineamiento y la condición de los elementos de los sopladores de hollin periódicamente a intervalos regulares. Cualquier ruido ó vibración anormal en los elementos debe investigarse inmediatamente. La efectividad de la operación del soplado debe comprobarse por observaciones en las temperaturas de los gases de salida.

Retírense frecuentemente las cenizas y no se permita la acumulación considerable de resíduos en el foso de cenizas, ductos de la caldera, conexiones a la chimenea, conexiones al través del economizador ó base de la chimenea. No deben aplicarse las cenizas contra el frente de la caldera y cuando se humedezcan éstas, asegúrese de que no se derramó agua en las partes de función caliente. A fín de evitar escaldaduras, manténgase retirado de las cenizas calientes ó residuos mientras se rocía agua a las mismas. No se dejen las cenizas acumuladas cerca de las tuberías de purga como una medida de protección.

OPERACION Y MANTENIMIENTO DE ACCESORIOS DE CALDERAS

NIVELES DE AGUA

Manténgase limpias las conexiones y válvulas entre la caldera y columna de agua y cristales, pruébense soplando la columna y cristal, observando la rapidez con que se repone el nivel de agua en la columna y cristal y opérense los grifos hasta estar seguros del nivel de agua.

Todas las columnas de agua y cristales deberán ser probadas por el operador directamente responsable del nivel de agua en la caldera al principio de cada turno y de preferencia antes de terminar el turno.

Para presiones superiores a 28 kg/cm^2. (400 lb/pulg^2) la frecuencia con la que las columnas de agua y cristales deben probarse puede variar con el tipo de columnas y cristales usados, tamaño de la tubería de conexión y de las condiciones del agua de las calderas. Consulte al fabricante ya que pruebas excesivas pueden acortar la vida y aumentar el mantenimiento de la válvula de purga, el cristal de nivel de agua, etc.

Pruébense los cristales de agua después de reemplazados. Pruébense todos los cristales cuando la caldera se ponga en servicio y cuando se tengan problemas de tratamiento químico, espumeo, arrastres y otros problemas de agua de alimentación que puedan causar obstrucciones en las conexiones. Cuando se ponga en servicio la caldera, púrguense las columnas de agua a diversos intervalos de presión, para asegurarse que se sustituye el agua a baja temperatura en las tuberías y columnas, con agua caliente de la caldera y obtener una indicación precisa del nivel. Un orificio de restricción puede instalarse después de las válvulas, para disminuír su desgaste.

Los extremos de salida de los tubos de descarga de las columnas de agua, cristales de agua, llaves de prueba, deberán mantenerse abiertos y conectados a un punto seguro, tal que el operador encargado, pueda ver u oír el purgar. Para presiones arriba de 21 kg/cm^2 (300 lb/pulg^2) las tuberías pueden descargar en las líneas de purga y los operadores dependerán de sus oídos al efectuar una operación de purga. En el caso anterior deben tomarse precauciones para evitar que se presente contraflujo de líneas de purga a otros equipos que estén conectados a estas líneas.

Cuando se rompa un cristal de agua. quítense las piezas rotas y astillas y lentamente abranse las válvulas para expulsar cualquier vestigio remanente. Antes de colocar el nuevo cristal, véase que el drenaje esté abierto y que el cristal sea de la longitud exacta requerida y que las conexiones estén alineadas. Colóquese el cristal con el empaque y atornillense las tuercas del prensaestopas teniendo cuidado de no apretarlas demasiado, caliéntese el cristal abriendo ligeramente la válvula superior y dejando que fluya por él una pequeña corriente de vapor. Ciérrese el grifo de purga una vez que el cristal ha tomado su temperatura, ábrase ligeramente la válvula inferior hasta que el nivel en el cristal se estabilice, ábrase completamente ésta válvula y entonces procédase a efectuar la misma operación con la válvula superior. Cuando no se usen cristales cilíndricos, deberán seguirse las instrucciones del fabricante al reemplazarse.

Un accesorio valioso en calderas de gran capacidad y alta presión es un registrador de nivel de agua, si usa éste, se recomienda que sea del tipo mecánico y que el registrador tenga solamente registro de esta variable, con el objeto de evitar confusión. En algunos tipos es deseable tener alarmas de alto y bajo nivel, sin embargo el uso de éstas no releva de su responsabilidad al operador.

Los cristales de agua pueden bloquearse, las columnas de agua ó cerrarse y los flotadores de las columnas quitarse, si se desea durante la prueba hidrostática. Deben tomarse las precauciones convenientes para que la caldera no entre nuevamente en servicio hasta que los cristales y columnas hayan sido revisados y se compruebe que esten en condiciones normales de operación.

TAPONES FUSIBLES

Si se usan tapobes fusibles, compruébese que se mantengan en buenas condiciones y que no se usen por más de un año como se preve en el Par. A-19 de Secc. I del código ASME. Cuando la caldera esté abierta, límpiense las superficies expuestas del metal fusible así como las superficies de la caldera cercanas a los tapones. Si el metal del fusible no presenta apariencia segura, renuévese el tapón. Nunca rellene un tapón con ningún metal de calidad no especificada en Par. A-19.

VALVULAS DE SEGURIDAD

Manténganse toda las válvulas libres y en condiciones de trabajo. Cuando una válvula de seguridad está expuesta a agentes externos que puedan afectar su operación, es permitido protegerla con una cubierta apropiada. La cubierta o blindaje estará adecuadamente ventilada y arreglada de tal manera que permita darle servicio y operar normalmente.

Pruébense las válvulas de seguridad siempre que la caldera entre en servicio, a presión normal, llevando la válvula a la posición de completamente abierta y soltando entonces la palanca elavadora para permitir que la válvula regrese bruscamente a la posición de cierre, como si su abertura hubiera sido automática. Si la caldera se mantiene en operación contínua por varios meses, puede ser deseable, dependiendo de las condiciones de la caldera, repetir la operación anterior periódicamente. Por lo menos una vez al año las válvulas deben ser probadas, elevando la presión de vapor a un punto que corresponda a la de escape de cada válvula. Las válvulas de seguridad no deben ser abiertas manualmente cuando la presión de vapor sea menor del 75% de la presión normal de escape.

Pueden usarse pequeñas cadenas ó alambres, colocados en las palancas de escape de las válvulas con extensión sobre poleas a otras partes del cuarto de caldera, pero el arreglo debe ser en tal forma que la cadena ó alambre no ejerzan ningúna fuerza en la palanca que dispara la válvula. Usese un resorte si fuera necesario, para balancear el efecto de la cadena.

Cuando una válvula de seguridad se pega o falla al operar a la presión estipulada, no debe intentarse hacerla escapar golpeando el cuerpo ó alguna otra parte de la válvula, ésta puede ser abierta accionando la palanca elevadora, después de lo cual la presión de vapor se llevará al valor al que la válvula deba escapar. Si la válvula no opera, la caldera en la cual está colocada la válvula debe sacarse de servicio, para limpiar o reparar la válvula. Cuando se tenga instalada en una caldera una válvula adicional de seguridad en exceso de la capacidad requerida por la Secc. I del Código ASME, y la capacidad de ésta sea igual a la de la válvula que falla la caldera puede seguir operando hasta que pueda salir de servicio en condiciones normales.

Siempre que una válvula de seguridad opere, obsérvese la presión en el manómetro de la caldera y si varía en más del valor permitido mostrado a continuación, pruébese el manómetro. Si el manómetro está correcto, ajústese la válvula de seguridad.

PRESION ESTIPULADA	VARIACION PERMITIDA
1.0 a 5 kg/cm^2 (15 a 70 lb/pulg^2	0.14 kg/cm^2 (2 lb/pulg^2)
5.1 a 21 kg/cm^2 (71 a 300 lb/pulg^2)	3 %
Mayor de 21 kg/cm^2 (300 lb/pulg^2)	0.70 kg/cm^2 (10 lb/pulg^2)

No se permita que la calibración ó ajuste de una válvula de seguridad la efectúe sino una persona competente y autorizada, y familizarizada con la operación y construcción de válvulas de seguridad. Pruébese una válvula de seguridad después de efectuados cualquier calibración de cierre. Cuando se efectúa un ajuste a las válvulas de seguridad, no debe tenerse el nivel de agua arriba del grifo superior del indicador de nivel.

Las válvulas de seguridad no deben abrirse para reducir las presiones de vapor en el caso de bajo nivel.

Deben tomarse precauciones para prevenir la acumulación de incrustaciones, suciedad ó alguna otra substancia extraña entre las espiras del resorte de la válvula de seguridad. Debe hacerse un estudio para cada válvula y establecer un programa de limpieza.

Manténganse los drenajes del cuerpo de la válvula y las tuberías de descarga abiertos. Si la válvula escapa cuando el operador esté en una posición conveniente, éste deberá observar estos drenajes a fín de determinar que se encuentran libres. Cuando se use un alambre para cerciorarse que los drenajes están limpios, asegúrense de que el alambre no desprenda incrustaciones, que puedan caer sobre la abertura cuando el alambre se quite.

Manténgase la tensión adecuada en todos los soportes y anclajes, partícularmente aquellos de donde esté sujeta la tubería de escape y examínense cuando menos cada seis meses.

Cuando se efectúe una prueba hidrostática arriba de la presión de ajuste en las válvulas de seguridad, quítense las válvulas y ciérrense sus salidas ó fije el disco de la válvula al asiento. Existen dispositivos adecuado para bloqueo de válvulas de seguridad que puedan ser empleados mientras se efectúa la prueba hidrostática. Además, si es necesario, quítense los flotadores de la columna de agua. Esté seguro que la válvula de seguridad quede en condiciones de trabajo, después de efectuada la prueba hidrostática y pruébela antes de que la caldera vuelva a entrar en servicio.

SOPLADORES DE HOLLIN

La limpieza externa de las superficies de calefacción de la caldera, sobrecalentador, economizador y calentador de aire afectan la eficiencia, capacidad y pérdida de tiro de la unidad. La frecuencia de la limpieza depende del combustible que se usa, carga, tipo de carga, arreglo del equipo, temperatura del vapor, etc. Normalmente se usa vapor (saturado o sobrecalentado) ó bien aire comprimido para la remoción del hollín mediante los sopladores. No se pueden establecer reglas generales para la selección y localización del equipo que se emplee, por lo que se deberá consultar a los fabricantes de la caldera y del equipo de sopladores de hollín. El número de operaciones de soplado en la caldera sólo se puede establecer después de un período de operación de la unidad. Si se usa un limpiador de lanza manual, es preferible usar aire comprimido. Cuando se haga limpieza con lanza manual con la caldera en operación deberá mantenerse suficiente presión negativa en el hogar para proteger a aquellos que estén haciendo el soplado. Si se emplea lanza con agua en esta operación, evítese el contacto directo del chorro de agua sobre los tubos de pared gruesa , cabezales ó domos, para evitar falla por esfuerzos debidos a enfriamiento súbito.

Puede ser necesario ó deseable aumentar el tiro del horno arriba del valor normal cuando se haga soplado de hollín y poner en operación manual el sistema automático de control. Antes de operar los sopladores drénense completamente las líneas de vapor a los sopladores.

Cuando se tienen instalados sopladores de hollín permanentes del tipo rotatorio es importante mantener las toberas de descarga en posición correcta con respecto a los tubos. Si estas toberas están en posición incorrecta pueden producirse serios efectos de erosión en el metal del tubo y falla consecuente del mismo. En los sopladores del tipo retráctil la operación debe observarse cuidadosamente, para evitar que los elementos del soplador resulten dañados si el mecanismo retráctil llega a fallar. Cuando se usen lanzas de vapor manuales éstas no deben mantenerse sobre un área

por períodos largos ya que pueden causar erosión. Los sopladores de hollín deben ser examinados cuidadosamente durante cada inspección interna.

EQUIPOS DE REMOCION DE HOLLIN

Existen varios tipos de equipos ó combinaciones de los mismos, operados mecánica, neumática ó hidraúlicamente ó con vacío para retirar el hollín ó cenizas de las tolvas dentro de la caldera. Su operación puede ser contínua ó intermitente. Si el material es reinyectado al interior del hogar asegúrese que no cause erosión y que se tenga un margen en el suministro de aire para evitar una mezcla explosiva ó formación de humo.

INSTRUMENTOS Y CONTROLES

Los instrumentos indicadores y registradores, tales como los medidores de flujo de vapor y agua de alimentación, termómetro, indicadores de tiro ó manómetros y medidores de combustión, cuando se usen, deberán siempre que se pueda, ser verificados antes de arrancar la unidad por primera vez y antes de cada arranque subsecuente.

Los controles de protección, tales como bloqueos del suministro de combustible por bajo nivel, y controles de falla de flama cuando se usen, deberán probarse frecuentemente, se les dará mantenimiento regularmente de manera que siempre se encuentren en buenas condiciones de operación, no deberá darse demasiada confianza en la operación contínua del equipo de control automático y este deberá estar bajo la vigilancia constante de personal competente.

REGLAS PARA OPERACION Y MANTENIMIENTO DE AUXILIARES PARA CALDERAS

REGLAS PARA OPERACION Y MANTENIMIENTO DE AUXILIARES DE CALDERAS DE POTENCIA, Cubre los reglamentos que se sugiere sean observados en la operación y mantenimiento de auxiliares de calderas de fuerza para servicio estacionario, a fín de proveer condiciones de operación segura para las calderas en que se encuentran instaladas. Se incluyen también reglas para operación segura de los auxiliares propiamente dichos. No se pretende aquí cubrir aquellos auxiliares que se consideran necesarios o deseables para propósitos de mejorar la eficiencia de operación solamente, o para el control de la emisión de humo y polvo.

El término " Auxiliares " tal como se usa en esta sección, incluye todo el equipo utilizado en conjunto con un generador de vapor que puede afectar la operación segura de la caldera.

INSTRUCCIONES GENERALES

Calificación de personal de operación. Antes de tomar a su cargo cualquier unidad, los operadores deberán reconocer la responsabilidad definida que inherentemente asumen en las maniobras necesarias durante cualquier emergencia de operación que pueda ocurrir.

Esta responsabilidad requiere un conocimiento completo de los propósitos de los aparatos, sus características de operación, y el efecto que cualquier o todas las tuberías y ductos de interconexión tienen sobre el comportamiento funcional de las diferentes piezas de equipo. Es esencial el conocimiento de las presiones normales de operación, temperaturas y flujos así como de las variaciones preliminares, ya que cualquier desviación de una emergencia de operación ó indice de la gravedad de la condición que se presente.

Preparación de auxiliares para servicio. Todos los aparatos auxiliares que corresponden al sistema de alimentación o combustión de calderas existentes o nuevas deberán probarse tan completamente como sea posible para comprobar que se encuentran en buenas condiciones de operación. Este procedimiento debe incluír el ajuste y prueba de todos los interbloqueos que se hayan previsto. Si se emplean sistemas de control automáticos debe ser posible su operación manual a control remotor y deberá comprobarse que todos estén funcionando como se proyectó.

INSTRUMENTOS

Requerimientos básicos. En general una caldera debe incluír un tablero de control y medición localizado de tal manera en el piso de operación que el operador sin retirarse de él, pueda observar una mirilla del horno o las de observación de los quemadores y la columna de agua de la caldera. Bajo condiciones especiales donde no es posible la inspección visual directa deberán instalarse equipos indicadores remotos, confiables para este propósito o asignar personal de operación para el servicio de efectuar comprobación visual contínua.

La operación de una caldera requiere regulación correcta del tiro y del suministro de aire. Por lo anterior debe instalarse un grupo de indicadores de tiro para guiar a los operadores e indicar las pérdidas de tiro a través de las varias partes de la unidad, de manera que las acumulaciones de depósitos de ceniza en los tubos puedan detectarse desde sus principios y eliminarse antes de que constituyan un problema serio.

Para operar se requieren como mínimo los siguientes instrumentos básicos :

(1) Manómetro de presión de vapor en el domo.
(2) Manómetro de presión de agua de alimentación.
(3) Indicador de tiro del horno.
(4) Indicador de Tiro en la entrada de la chimenea.

(5) En las calderas donde se tenga tiro mecánico es necesario tener indicadores de tiro para las presiones de descarga del ventilador de tiro forzado y entrada al ventilador de tiro inducido.

(6) Es aconsejable equipar una caldera con instrumentos para registro de flujo de vapor y de flujo de aire relativo, o algún otro medio que dé una indicación de la cantidad de aire disponible, tales como registradores de Co_2 y O_2.

(7) Las calderas equipadas con sobrecalentador requieren instrumentos registradores de temperatura cuando el vapor se genera a una temperatura cercana a la límite del material de los tubos del sobrecalentador, es recomendable contar con ellos en cualquier instalación.

(8) Las calderas equipadas con calentadores de aire requieren instrumentos para la indicación de las temperaturas de entrada y salida de gases, a fín de que pueda determinarse el estado de limpieza y el comportamiento de estos equipos, detectar las posibles combustiones secundarias o impedir la acción corrosiva debida à que la temperatura de los gases descienda abajo del punto de rocío para combustibles que contienen azufre.

(9) En las calderas con recalentador se requieren instrumentos para indicación de temperatura del vapor a la entrada y salida de la sección de recalentamiento y es asímismo deseable contar con manómetros para indicación de presiones en la entrada y salida de este equipo.

(10) La temperatura de agua de alimentación sirve como una medida del grado de deaereación cuando se usan calentadores para agua de alimentación abiertos y es útil por la influencia que la temperatura de agua de alimentación tiene en la temperatura del vapor sobrecalentado en algunos tipos de sobrecalentadores. Es muy importante tener un control exacto de la temperatura de agua de alimentación.

(11) En las calderas que queman combustibles pulverizados se requieren indicadores de presión diferencial a través del pulverizador, condición de las mezclas combustible-aire a los quemadores y la carga en el motor del pulverizador. Es esencial tener una medición de la temperatura de aire a la salida del pulverizador con una alarma por alta temperatura ajustada de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

(12) En las calderas que queman petróleo se requiere indicación de la presión de petróleo a quemadores, presión de vapor en el equipo de atomización, y temperaturas de petróleo en las instalaciones en que se requiere precalentamiento de este combustible.

(13) En las calderas que queman gas se requiere indicación de presión en la línea principal y en las individuales a quemadores y una válvula automática de cierre hermético que corte el suministro de gas cuando la presión de éste se salga del rango de operación predeterminado.

(14) Puede requerirse instrumentación adicional en instalaciones con equipos especiales. En estos casos debe consultarse al fabricante.

Preparación y puesta en servicio. Todos los instrumentos que son esenciales deben estar instalados y listos para operación antes de que las calderas o algún otro equipo principal sea puesto en servicio. Este procedimiento no solamente ayudará a los operadores de la caldera y del equipo de combustión a tener todo su equipo correctamente ajustado, si no que también será útil para mantener un registro de su comportamiento durante ese período inicial de incertidumbre, en que el equipo está siendo puesto en servicio.

El registro de las lecturas de los instrumentos frecuentemente tienen un valor incalculable en la determinación de las causas de falla o condiciones de emergencia después de que éstas han ocurrido.

Revisión y prueba. Se recomienda que cuando menos una vez al año todos los instrumentos se sometan a revisión y se prueben perfectamente.

CONTROLES E INTERBLOQUEOS

Requisitos básicos. La consideración determinante para la selección del tipo así como lo elaborado de un sistema de control, esta basada en las características de los auxiliares de la caldera y en la capacidad de la unidad generadora de vapor. Algunos elementos pueden omitirse en unidades pequeñas a fín de tener un control simplificado.

a) Control de combustión. El sistema de control de combustión más simple deberá tener cuando menos dos componentes :

1.- Un controlador de presión de vapor.
2.- Un controlador de tiro en el horno.

Los sistemas más elaborados pueden tener controladores adicionales, relevadores de varias clases, estaciones selectoras manuales, válvulas de control manuales, etc.

Existen muchos arreglos diferentes en los cuales los elementos de un sistema de control de combustión pueden disponerse cumpliendo en todos ellos con el control requerido, sin embargo su funcionamiento deberá siempre revisarse cuidadosamente para asegurarse de que se obtiene la protección requerida en la instalación que se esté considerando en partícular.

b) Control del nivel de agua de alimentación. En los generadores de vapor modernos donde la capacidad de almacenamiento de agua es comparativamente pequeña, debe proveerse un control automático para el suministro de agua de alimentación a la unidad y control del nivel. Se recomienda su instalación en todas las unidades, independientemente de su capacidad.

La presión, clase de combustible, método que se emplee para quemarlo, características de la carga, factores de diseño y otras condiciones bajo las cuales la unidad va a operar normarán el criterio para la selección del tipo de regulador de agua de alimentación requerido.

El arreglo de los reguladores automáticos será tal, que falle del lado seguro en el caso en que se presente una falla en su mecanismo de operación. Se recomienda que al ocurrir una falla la válvula de control de agua de alimentación permanezca en la misma posición de abertura que tenía antes de ocurrir dicha falla. Debe existir un medio de control manual del agua de alimentación en todas las instalaciones con reguladores automáticos para permitir al operador controlar el nivel durante emergencias o durante períodos de mantenimiento. Este control manual debe poder efectuarse desde la posición normal de operación.

EQUIPO DE COMBUSTION

Preparación para puesta en servicio. El equipo para quemar combustible debe ser puesto en servicio de acuerdo con las instrucciones para el tipo de sistema instalado, y con apego a todas las reglas reconocidas de seguridad aplicables al combustible que se usa. Es de especial importancia cuando se queman combustibles gaseosos líquidos o pulverizados la necesidad de purgar el horno antes de encender quemadores individuales a medida que se van poniendo en servicio.

Cuando se emplea gas para propósitos de encendido, la tubería de gas debe estar provista con una válvula de tres vías de manera que siempre que el gas se corte, la línea al encender esté ventilada a la atmósfera para eliminar la posibilidad de fugas de gas hacia el horno. Esta válvula de gas deberá cerrarse para cortar el suministro de gas al encender siempre que se desee interrumpir la flama del piloto, y también

siempre que ocurra una parada.

(a) Equipo de combustión para combustibles pulverizados. Antes de arrancar o encender una caldera para combustible pulverizado, todo el equipo accionado por motores debe probarse para verificar el sentido de rotación y evitar cualquier problema que pudiera ocurrir debido a desalineamiento.

Todas las compuertas y válvulas y sus controles deben inspeccionarse cuidadosamente y probarse en toda su carrera. Esta inspección debe incluír la compuerta del ventilador de tiro inducido, las compuertas en el sistema de tiro forzado y las válvulas que se usen en el sistema de pulverizadores, quemadores y líneas de quemadores.

(b) Equipo para combustión de petróleo. Asegúrese que el sistema de almacenamiento, calentamiento y bombeo de petróleo tienen un arreglo correcto para una operación segura.

Sóplense con vapor o aire comprimido todas las tuberías recientemente instaladas para servicio de quemadores, a fín de librar el sistema hasta donde sea posible de escamas de laminación y otros materiales extraños. Aún con esta precaución, pueden tenerse considerables dificultades con los residuos durante los primeros días de operación, requiriendo por lo tanto limpieza frecuente de los atomizadores, placas dispersoras y filtros.

En instalaciones donde se usen tanto combustible ligero como pesado, se deberá tratar hasta donde sea posible de mantener los combustibles esperados. Cuando ambos sistemas de combustible estén conectados a los quemadores, deberán usarse válvulas de 3 vías para asegurar su separación y evitar derivaciones incorrectas en los flujos.

(c) Equipo para combustión de gas. Todos los machos, válvulas y juntas a presión, deben revisarse periódicamente con jabonadura y mantenerse herméticos. Son peligrosos las válvulas que fuguen, particularmente machos y válvulas para gas en los cuales estas fugas no pueden detectarse fácilmente. Ningún esfuerzo será superfluo al considerar la importancia de la limpieza y el mantenimiento correcto.

En las líneas de gas, particularmente, cualquier junta en estas líneas dentro de la cámara en que van los quemadores, deberá comprobarse su hermeticidad, eliminarse materias extrañas y purgarse el aire para asegurar ignición rápida cuando se enciendan por primera vez los quemadores. Se recomienda aislar las válvulas automáticas durante las operaciones de limpieza para evitar taponamiento en las mismas con materias extrañas.

Nunca deberá entrarse a un horno de una caldera que quema gas sin antes asegurarse de que todos las válvulas y machos de cierre de gas están cerrados y que las líneas están ventiladas para evitar fugas de gas hacia el horno. Algunos operadores prefieren taponar las líneas de gas cuando se tienen paros prolongados.

OPERACION DE EMERGENCIA

Explosiones en hornos. Las explosiones en los hornos pueden evitarse si se toman algunas precauciones para evitar que se origine una condición favorable para la explosión. Esta condición involucra:

La admisión al horno de combustible sin quemar en una forma tal que rápidamente se vaporice.

La mezcla de este combustible con aire en proposiciones explosivas.

La aplicación de calor suficiente para elevar la temperatura de una parte de esta mezcla hasta el punto de ignición.

El combustible sin quemar puede entrar al horno en alguna de las siguientes formas:

Por fugas en válvulas de entrada a quemadores fuera de servicio.

Si se ha apagado el fuego debido a alguna irregularidad y el combustible no se corta rápidamente.

Al arrancar, si se experimentan dificultades para establecer la ignición. Obviamente, el operador tiene muy poco control sobre la mezcla de aire con combustible en el horno en estos casos si transcurre un período considerable de tiempo. Lo esencial es eliminar la mezcla explosiva antes de que tenga lugar la ignición, ya sea por el refractario caliente o por la introducción de una antorcha para ignición.

Por lo tanto, asegúrese de que :

Las válvulas de entrada de combustible en quemadores fuera de servicio están cerradas herméticamente y que no se tengan fugas. Es aconsejable retirar los cañones de atomización de quemadores de petróleo fuera de servicio, si lo anterior es posible, para evitar goteos. Observe las flamas, de tal manera que el combustible pueda cortarse de inmediato en el caso en que repentinamente se apaguen. Púrguese inmediatamente el horno. Al arrancar, si la ignición no se establece en poco segundos, purgue el horno.

Como una doble precaución, purgue el horno antes de introducir una antorcha de ignición cuando la caldera ha estado fuera de servicio.

Asegúrese de que la antorcha es suficientemente grande para producir una flama que no se extinga fácilmente. Cuando se quema petróleo, asegúrese de que el vapor de atomización esté seco y que el petróleo esté caliente y circulando, para conseguir la viscosidad deseada en el quemador. Eliminense periódicamente el agua y los sedimentos de los tanques de petróleo.

Fallas de tubos de caldera en unidades que queman combustible pulverizado, petróleo o gas. En el caso de una falla de tubo de suficiente magnitud que requiera el sacar de servicio inmediatamente una caldera, procédase como sigue para unidades que queman combustible pulverizado, petróleo o gas.

Apáguense los fuegos.

Póngase fuera de servicio los ventiladores de tiro forzado y aire primario si se usan o están en operación, ciérrense completamente cualquier salida de vapor de la caldera.

Es de primordial importancia que se actúe tan pronto como sea posible a fín de evitar una caída súbita en la presión con la correspondiente caída en temperatura del agua dentro de la caldera.

Manténgase el suministro de agua de alimentación hasta que el refractario se haya enfriado suficientemente para evitar daños a la caldera por sobrecalentamientos.

Ajustese el flujo de aire a través de la unidad al mínimo permisible para evitar el paso del agua o vapor al interior de la sala de calderas.

Lo anterior evitará enfriamientos innecesarios e irregulares de las partes a presión.

CALENTADORES DE AIRE

Preparación para puesta en servicio. Revísese cualquier compuerta de derivación o recirculación para asegurarse de que están operando correctamente. Si las compuertas están operadas por unidades motrices, asegúrese de que las unidades que lo accionan estén en buenas condiciones y sean capaces de mover las compuertas sin sobrecargarse.

Antes de ponerse en servicio, revísense los pasos de gases y compruébese que estén limpios. Examínense las superficies de calefacción para determinar la presencia de corrosión particularmente en el extremo frío.

Si el calentador de aire es del tipo regenerativo continuo, compruébese que los niveles de aceite lubricante en los cojinetes de la flecha y en la unidad que acciona el calentador están correctos. Compruébese que los claros en los sellos del rotor son los correctos.

Puesta en servicio. Los precalentadores de tipo regenerativo contínuo deben ponerse en operación antes de encender la caldera para evitar daños debidos a calentamiento localizado en algún área y las distorsiones subsecuentes.

El horno debe purgarse antes de iniciar la operación del equipo de combustión. Lo anterior se aplica también a unidades equipadas con quemadores, después de una pérdida accidental de ignición durante la operación. Cuando se pierde la ignición en algún momento, ciérrense los suministros de combustible a todos los quemadores, antorchas y encendedores pilotos.

Inmediatamente después de encender una caldera y durante períodos de operación a bajas cargas, la temperatura de los gases saliendo del calentador debe observarse cuidadosamente. Cualquier incremento súbito en esta temperatura puede ser una indicación de incendio en el calentador.

Operación normal. Un número considerable de calentadores de aire, de todos los tipos y marcas, han resultado dañados por incendios, los cuales ocasionalmente son referidos como efecto de antorcha (Torohing) en los pasos de gases. Hablando en general las dos condiciones que proceden a esta acción son :

1o.- Superficies sucias en el lado de gases del calentador de aire, equipo que lo procede o ductos de conexión, con acumulaciones de hollín u otros depósitos combustibles, tales como vapores condensados de petróleo, en el caso de unidades que lo queman.

2o.- Alguna condición o cambio de condición para encender las acumulaciones de combustible.

Las precauciones que deben observarse para evitar incendios en los calentadores de aire son :

Debe evitarse que se deposito material combustible no quemado en las superficies externas de calentamiento mediante la operación adecuada del equipo de combustión para asegurarse que ésta sea correcta. Se tienen más probabilidades de que salgan del horno materias combustibles y se depositen en las superficies de calentamiento si la unidad está fría y si se opera a bajas cargas que cuando la unidad trabaja a capacidades relativamente altas.

Si se pierde momentaneamente el control sobre las condiciones de combustión los reajustes correspondientes deben efectuarse cuidadosamente y lentamente. Lo anterior reducirá la posibilidad de disturbios en el horno que puedan causar la ignición de depósitos combustibles. Los sopladores de hollín deben operarse como sea necesario, para mantener las superficies de calefacción limpias. Durante el soplado de hollín, la velocidad de los gases debe ser suficientemente alta para arrastrar los depósitos a través de los pasos de la unidad. Las tolvas de hollín deben vaciarse frecuentemente para evitar que se llenen más de lo normal.

Las temperaturas de gases a través de la unidad deben comprobarse frecuentemente y si se detecta cualquier cambio inesperado, debe investigarse su causa inmediatamente.

Operación de emergencia debida a incendios. En el caso de que ocurra un incendio en los pasos de gases :

Párese el alimentador o córtese el suministro de combustible a todos los quemadores, antorchas y pilotos encendedores.

Póngase fuera de servicio los ventiladores de tiro forzado e inducido, y ciérrense todas las compuertas de entrada de aire.

Localícese el incendio e inunde el área con bióxido de carbono u otro medio extinguidor apropiado.

No deben usarse los sopladores de hollín cuando se sospeche que existe un incendio en los pasos de gases, ya que al hacerlo puede provocarse una explosión seria.

Después de que el fuego se ha extinguido y que la unidad se ha enfriado, límpiese completamente la unidad y efectúense aquellas reparaciones que puedan ser necesarias para poner el equipo nuevamente en condiciones de operación.

Inspecciones. Como una parte del procedimiento que debe seguirse durante las revisiones periódicas de la unidad, debe hacerse una inspección de los pasos de gases en el calentador de aire. Esta inspección revelará si los sopladores de hollín operan correctamente, o la falla de estos para eliminar completamente los depósitos de hollín.

ECONOMIZADORES

Preparación para puesta en servicio. Los espaciamientos de las superficies de calefacción en los economizadores son pequeños, y deben mantenerse limpios a fín de tener una buena transferencia de calor.

El ajuste del soplador de hollín, debe comprobarse cuidadosamente para mantener la posición correcta de las toberas con relación a los tubos. Esto es especialmente importante en unidades que queman carbón, para evitar cortes en los tubos por incidencia de los chorros del soplador de hollín.

Puesta en servicio. El agua producto de fugas en las juntas de un economizador se combinará con el azufre de los productos de combustión y esto resultará en una corrosión externa muy activa. Estas fugas en juntas roladas ó bridadas frecuentemente se deben a choques térmicos (de temperatura) durante el periódo en que la caldera se calienta para llevarla hasta su presión de operación, ya que el agua se alimenta intermitentemente y puede formarse vapor en los elementos del economizador durante el tiempo en que la válvula de alimentación está cerrada. Cuando la válvula de alimentación se abre nuevamente, tiene lugar una reducción súbita de temperatura. La misma condición puede presentarse si el control de agua de alimentación, es errático durante la operación, o si las válvulas de agua de alimentación se cierran completamente cuando el nivel de agua en la caldera es demasiado alto. Algunas veces se instalan líneas de recirculación para circular el agua de la caldera a través del economizador cuando se está elevando a presión a fín de reducir el choque térmico. Cuando no se han previsto medios para recirculación del agua durante el periódo de arranque, puede ser necesario alimentar más agua de la que normalmente se requiera, y efectuar purgas para mantener el nivel correcto de agua en la caldera a fín de que se establezca un flujo de agua suficiente a través de economizador, evitando en esta forma la generación de vapor en el economizador y golpes de ariete severos en el mismo.

Operación normal. Muchos economizadores se construyen sin tomar en cuenta la facilidad de la limpieza interna, excepto por lavado ácido. Los elementos están unidos a los cabezales por medio de juntas soldadas, y en muchos casos los cabezales no tienen agujeros de registro. La caída de presión a través del economizador es el medio más confiable para determinar la condición interna de los elementos.

Todas las juntas en la cubierta del economizador deben examinarse ocasionalmente para asegurarse de su hermeticidad, a fín de que cualquier infiltración de aire se mantenga al mínimo.

La temperatura del agua de alimentación entrando a cualquier tipo de economizador debe mantenerse suficientemente alta para evitar condensación en el extremo frío. En los lugares en que la condensación existe, se tendrá como resultado corrosión externa por ataque ácido causado por contacto de los gases de combustión con superficies metálicas húmedas.

La corrosión interna de las superficies de un economizador es la más frecuente debido a oxígeno disuelto en el agua de alimentación y deben tomarse precauciones para tener un tratamiento correcto, si se quieren evitar dificultades. El agua que se

suministre a un economizador de tubos de acero, debe haberse deaereado correctamente.

BOMBAS DE AGUA ALIMENTACION

Preparación para puesta en servicio. Antes de que la unidad se arranque por primera vez, debe quitarse el recubrimiento para evitar la oxidación, con el cual vienen recubiertas de fábrica todas las superficies maquinadas y expuestas del equipo. Si la unidad estuvo almacenada por algún período largo antes de su instalación, deberá limpiarse completamente antes de arrancarse. El mismo procedimiento debe seguirse después de un periódo largo fuera de servicio. Antes de que la unidad se arranque por primera vez o después de periódos largos fuera de servicio, el depósito principal de aceite y cada uno de los varios depósitos de aceite de los cojinetes deben lavarse perfectamente con aceite ligero y después llenarse con el lubricante recomendado.

De la misma manera del arranque inicial y siempre que la unidad vaya a ponerse en marcha después de haber estado fuera de servicio por un período largo, debe cebarse con aceite el cojinete de empuje de la bomba.

Puesta en servicio. Asegúrese de tener la presión adecuada en la succión de la bomba.

Nunca opere una bomba con agua a la temperatura especificada con una presión en la succión menor de la correspondiente a dicha temperatura.

Operación normal. Debe ponerse una conexión entre la línea de descarga de la bomba y un punto en el sistema de succión, como un medio para evitar sobrecalentamiento de la bomba cuando se requiera operar ésta a descarga cerrada o con regímenes de flujo extremadamente bajos. Esta línea la cual comunmente se conoce como "conexión de recirculación ", debe conectarse a la línea de descarga en un punto entre la bomba y la válvula de no retorno. La línea de recirculación debe conectarse al sistema de succión en algún punto en que el calor cedido por la bomba se disipe antes de que el agua pueda entrar nuevamente a la succión de la bomba. Debe haber en la línea una válvula de cierre y un orificio, el cual debe ser de una medida tal, que permita el paso de aproximadamente 10% de la capacidad de diseño de la bomba a la presión en la descarga.

Debe verificarse que no haya fugas en los coples lubricados y debe agregarse lubricante regularmente para asegurar una lubricación correcta en cualquier momento. Cuando menos una vez al año el cople debe abrirse, limpiarse y recargarase con lubricante nuevo. La acumulación de residuos en el cople destruirá su flexibilidad y éste puede tener serias consecuencias.

Debe comprobarse periódicamente el alineamiento de la unidad a la temperatura de operación.

CALDERAS FUERA DE SERVICIO

Cuando una caldera es puesta fuera de servicio, deberá ser enfriada. La caldera deberá ser vaciada y lavada sólo hasta que la temperatura del agua se encuentre abajo del punto de ebullición. Deberá llevarse a cabo una inspección para determinar los trabajos de reparación necesarios y la limpieza química o mecánica que tenga que hacerse. Se tomará entonces una decisión sobre la forma de almacenamiento ya sea en estado seco ó en húmedo.

Almacenamiento en estado seco. Este procedimiento es preferible para calderas que están fuera de servicio por períodos largos, ó en lugares donde puedan presentarse temperaturas de congelación; este método es preferible generalmente para recalentadores.

(a) La caldera ya limpia deberá secarse perfectamente ya que cualquier humedad presente en la superficie metálica causaría en un período largo de almacenamiento. Deberán tomarse precauciones para evitar ka entrada de humedad en cualquier forma, a través de las líneas de vapor, línea de alimentación ó aire.

(b) Para este propósito, se colocan en el interior de los domos, charolas con materiales absorbentes de la humedad, tales como cal viva en proporción de 1 kg., o gel de sílice, en una proporción de 5 kgs., por cada 4 mts. cúbicos de capacidad. Después se cierran los registros de hombre y se sellan perfectamente las conexiones de la caldera.

La efectividad de los materiales para estos propósitos y la necesidad de renovarlos, se podrá determinar por medio de inspecciones regulares del interior de la caldera. Otra alternativa, es circular aire seco a través de la misma.

Almacenamiento en estado húmedo. Se prefiere este procedimiento cuando las calderas van a estar fuera de servicio por un período corto o cuando sea probable que vayan a necesitarse en servicio repentinamente. Este procedimiento no debe ser usado para recalentadores ni tampoco para calderas instaladas en lugares donde puedan ocurrir temperaturas de congelación.

a) La caldera ya límpia y vacía, deberá cerrarse y llenarse hasta el tope, dejando fluír el agua a través del sobrecalentador, usando condensado o agua de alimentación, los cuales deben ser tratados químicamente para disminuír a un mínimo la corrosión durante el almacenamiento; por ejemplo : Pueden emplearse concentraciones

preescritas de sosa caústica y de un absorbente de oxígeno tal como el sulfito de sodio. Pueden usarse para este propósito concentraciones aproximadas de 450 PPM de soda caústica y 200 ppm de sulfito de sodio. Después de cerrar el derrame del sobrecalentador, el agua dentro de la caldera se mantendrá a una presión mayor que la atmósferica durante el período de almacenamiento.

Recomendaciones para el cuidado de las calderas

I.- Llevar un control diario (bitacora) de los parámetros de operación :

- Presión de vapor
- Presión de alimentación de combustible
- Presión de retorno de combustible
- Temperatura de combustible
- Presión de atomización
- Temperatura del agua de alimentación
- Temperatura de los gases producto de la combustión
- Lecturas del análisis de gases producto de la combustión (dependiendo de la norma por parte de Sedesol)

Así como las actividades de mantenimiento rutinario como son :

- Purgas
- Dosificaciones de productos químicos
- Regeneración de la resina en el suavizador y las observaciones necesarias.

II.- Tener un programa de mantenimiento preventivo de acuerdo al tipo de caldera, combustible y regimen de trabajo de la misma.

Un programa de mantenimiento típico sería :

I. DIARIO

1.- Limpiar las boquillas del quemador.
2.- Comprobar el nivel de lubricantes para el compresor (cuando se atomiza con aire) en el tanque aire-aceite. Debe de estar a 1/2 de nivel, esto es, dentro del tercio medio.
3.- Purgar la caldera por lo menos cada ocho horas de trabajo (la frecuencia con que se debe de purgar una caldera la dará el personal o cía. encargado del

tratamiento del agua de alimentación a la caldera)., tanto de la purga como de sus columnas de control de nivel. Esto se hace subiendo el nivel de agua a 1/2 cristal y purgando hasta que arranque la bomba de alimentación. Recomendamos consultar a su experto en tratamiento de aguas al respecto. Y es muy importante se sigan sus instrucciones así como también colocar las instrucciones que sobre purgas de fondo y control de nivel, envia la fabrica con el manual de operación.

4.- Comprobar así mismo que la presión indicada por los manómetros de entrada al combustible, la presión en la válvula medidora y la presión de salida de combustible, son las fijadas por el fabricante.

5.- Comprobar si la presión de aire de atomización es la correcta.

6.- Comprobar la temperatura de los gases de la chimenea.

II.- CADA OCHO DIAS

1.- Comprobar que no hay fugas de gases ni de aire en las juntas de ambas tapas y mirilla trasera.
2.- Comprobar la tensión de la banda al compresor.
3.- Limpiar el filtro de lubricante, que está pegado al compresor.
4.- Lavar los filtros, tanto el de entrada a la bomba como el de entrada de agua al tanque de condensados.
5.- Limpiar el electrodo del piloto de gas.
6.- Comprobar que los interruptores termostáticos del calentador de combustible operen a la temperatura a que fueron calibrados al hacer la puesta en marcha. Consulte su manual de operación.
7.- Inspeccione los prensa estopas de la bomba de alimentación de agua.
8.- Comprobar que la trampa del calentador de vapor opera correctamente.
9.- Limpiar los filtros de combustible que están en la succión de la bomba.
10.- Asegúrese que la fotocelda esté limpia, así como el conductor en donde se encuentra colocada.

III.- CADA MES

1.- Comprobar que los niveles del agua son los indicados :

63 mm. (2 1/2") de nivel máximo.
45 mm. (1 3/4") arranque de la bomba.
38 mm. (1 1/2") corte por bajo nivel.

Bajando el interruptor de la bomba de alimentación, el agua al evaporarse ira disminuyendo el nivel y si al llegar a 38 mm. (1 1/2") no se para por bajo nivel, hay que parar inmediatamente la caldera e inspeccionar el bulbo de mercurio de tres hilos (del lado de la caldera) asi como tambien asegurarse de un correcto funcionamiento del flotador estando la columna excenta de lodos o acumulaciones.

2.- Probar la operación por falla de flama.

3.- Revisión a las condiciones del quemador, presión, temperatura, etc.,

4.- Comprobar el voltaje y cargas que toman los motores.

IV.- CADA TRES MESES

1.- Tirar ligeramente de las palancas de las válvulas de seguridad para que escapen y evitar que peguen en su asiento.

2.- Observar la temperatura del termómetro de salida de gases de la chimenea de la caldera, cuando tenga 80 °C por arriba de la temperatura del agua en el interior y de ahí en adelante indica que la caldera está deshollinada y hay que proceder a limpiarla (si la temperatura de gases esta por los 300 °C es urgente el deshollinado).

3.- Es conveniente también que se destapen varias tortugas ó registros de las de en medio y de la parte de abajo, para ver el estado de limpieza interior por el lado del agua. Llame al técnico en tratamiento de agua.

4.- Revise los mecanismos de carburación, no deben haber desajustes ni movimientos bruscos anormales.

5.- Las válvulas solenoide deben ser examinadas. Observe la flama cuando el quemador deba apagar. Si la flama no se apaga súbitamente en el momento preciso, puede significar falla o desgaste de la válvula solenoide. Repare o reemplace la válvula para evitar serio problemas.

6.- Limpiar los controles eléctricos y motores.

IV.- CADA SEIS MESES

Realizar un servicio de limpieza general, el cual conciste en :

- Destapar la caldera por ambos lados (se considera que el equipo se enfrio previamente).

- Inspecciones los fluses por el lado del hollín y límpiese con un escobillón.

- Retirar los registros pasa-mano y el registro pasa-hombre.

- Inspeccionar los fluses por el lado del agua y lavense aprovechando la propia bomba de agua de la caldera.

- Retirar los controles de presión, manómetro principal de vapor y el flotador del control de nivel, inspeccionar y lavar la tubería del tren de controles de la columna de nivel, también se realizan las cruces y se limpian.

- Inspeccione el material refractario del horno y la puerta trasera, así como del aislante.

- Limpia las grietas y saque el material refractario que se haya desprendido. Recubra el mismo con un cemento refractario de fraguado al aire; el período de este recubrimiento varía con el tipo de carga y operación de la caldera y debe ser determinado por el operador al abrir las puertas.

- Cambiar el empaque del flotador de la columna de nivel a los tornillos se les pone una mezcla de grafito con aceite para que no se peguen.

- Cambio de empaques a los registros pasa-mano y al registro pasa-hombre y colocarlos así como el cristal de nivel.

- Llenar la caldera con agua y realizar prueba hidrostática para verificar que no haya fuga en los registros ni en los tubos flux.

- Tapar la caldera por ambos lados cambiando sus empaquetaduras.

- Limpiaza del quemador, filtro de combustible.

- Revisión y limpieza del sistema eléctrico.

- Puesta en marcha realizando pruebas de pago por : alta presión de vapor, bajo nivel de agua y falla de flama.

- Revisar y ajustar la carburación para dejar el equipo dentro de norma por parte de SEDESOL.

VI.- CADA AÑO

1.- Limpiar el calentador eléctrico y el del vapor para combustible, así como asentar la válvula de alivio y las reguladoras de presión.

2.- Revisar el estado en que se encuentran todas las válvulas de la caldera, asentarlas si es necesario y si no se pueden asentar, cambiarlas por otras nuevas.

3.- Reengrasar los baleros de la bomba de agua de combustible.

4.- Relubricar los baleros sellados de las transmisiones ó motores que tengan este tipo de baleros. Repónganse los sellos cuidadosamente, reemplácense los baleros defectuosos ó los que se tenga duda.

5.- Vacíe y lave con algún solvente apropiado el tanque aire-aceite, así como todas las tuberías de aire y aceite que de él salgan, procurando que al reponerlas, queden debidamente apretadas.

6.- Cambiése el lubricante por aceite nuevo SAE 10.

PRINCIPALES MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LA OPERACION DE UNA CALDERA

Las calderas moderna se construyen según normas de fabricación de prestigio internacional y van provistas de equipos automáticos de operación y seguridad, haciendo pensar a algunos usuarios que ellas no requieren la atención de expertos. Ponen sus unidades en manos de gente con poca experiencia que no sigue las buenas reglas de operación en forma debida. Muchos de ellos se figuran que su caldera al ser completamente automática, está protegida contra accidentes, sin comprender que todo recipiente a presión bajo fuego es potencialmente peligroso y que los controles automáticos no sustituyen a las reglas de seguridad.

1.- Bajo nivel de agua

Las estadísticas de accidentes nos indican que la mayor parte de ellos se debe al bajo nivel de agua que provoca sobrecalentamiento y debilitamiento de los tubos, hundimiento del hogar y en algunas ocasiones, la destrucción total de la caldera por una explosión desastrosa que produce graves pérdidas.

La mayoría de las calderas entre uno de tantos accesorios, se equipan de sistemas automáticos y de controles contra-combustible por bajo nivel para que puedan operar

correctamente y protegerlas contra sobrecalentamiento en fallas comunes. Esto a algunos les da una falsa sensación de seguridad y parecen o preocuparse más al ver su funcionamiento ordinario y normal. Los sistemas automáticos de alimentación de agua, igual que cualquier otro aparato automático, funcionará bien tal vez mil veces, tal vez cientos de veces más, pero algún día, tarde o temprano, fallarán con resultados desastrozos.

Gran número de operadores suponen erróneamente que pueden probar el sistema de corta combustible en forma adecuada, vaciando exclusivamente la cámara del flotador, pero la válvula de purga correspondiente solamente drena los sedimentos acumulados en la propia cámara. En la mayor parte de los casos, el flotador será súbitamente al abrirse la purga, debido a la súbita salida del agua en la cámara del flotador. Cualquier perito en calderas puede citar numerosas experiencias en las cuales el sistema corta-combustible ha funcionado satisfactoriamente al vaciarse la cámara del flotador, pero al probarlo correctamente, drenando la caldera, ha dejado de funcionar.

2.- Combustible en el hogar

El estudio de explosiones, nos indica que un renglón muy importante lo cubren las explosiones en los hogares de las calderas.

Las explosiones de lago del fuego se producen básicamente por la falta de un pre-purgas y post-purga adecuada en el barrido de gases o bien por la anormal dosificación de combustible al inciarse un ciclo de operación.

La función de la pre-purga es la eliminación de vestigios indeseables de combustible y comburente antes de eliminar los pilotos de combustión.

Operadores con poca experiencia o exceso de confianza han reducido o eliminado intencionalmente el tiempo de pre-purga en una caldera, teniendo la desgracia de pagar con su vida su ignorancia o imprudencia.

Esta clase de accidentes es más común en las unidades que queman gas natural y gas L.P.

En este punto se puede advertir que es necesario tener la absoluta seguridad de que antes de iniciar un ciclo de operación por cualquier medio, debe existir una intensa pre-purga que elimine el riesgo de explosión en el hogar y que puede ser tanto ó más desastrosa que la explosión del propio recipiente a presión.

3.- Válvulas de seguridad

Buena proporción de explosiones son originadas por falta de protección contra un exceso de presión.

Ciertos tipos de válvulas de seguridad presentan defectos de diseño que después de un corto período de funcionamiento de disco tiende a pegarse llegando a inutilizarla.

La falta de observación y acción preventiva en el " lagrimeo " de una válvula de seguridad, así como la ausencia de revisiones y pruebas periódicas, favorecen la acumulación excesiva de materias extrañas que pegan el asiento de las válvulas.

Un usuario de calderas estará confiado en que ha tomado las medidas de seguridad posibles para evitar fallas desastrosas cuando :

a) Ha obtenido el mejor equipo en el mercado para un servicio específico.

b) Ha instalado adecuadamente su caldera cumpliendo con los reglamentos y normas.

c) Ha exigido el examen de su instalación por parte de un especialista de reconocida competencia, un inspector oficial y una compañia de seguros.

d) Ha empleado su mejor juicio al contratar los operadores de su caldera.

e) Lleva correctamente el libro diario, anotando las pruebas de caracter preventivo:

Se pueden aceptar tranquilamente las responsabilidades de una caldera con operación digna de confianza, pero la SEGURIDAD, CONFIABILIDAD Y EFICACIA DE OPERACION solamente pueden conservarse con un programa básico de mantenimiento.

Es indiscutible que las calderas y recipientes sujetos a presión presentan riesgos, tanto en vidfas como en las fincas. Tan es así, que existen normas para su construcción y reglamentos para su instalación, operación y mantenimiento. Todas ellas con intervención de autoridades, agrupaciones de ingenieros y compañias de seguros.

La confiabilidad de una caldera no depende exclusivamente de su fabricante.

El fabricante de calderas al cumplir fielmente con las normas de construcción universalmente reconocidas, salva totalmente su responsabilidad.

El montador que observa los reglamentosy normas de instalación también puede olvidarse de los riesgos que presenta una caldera, pero el que la opera tiene una responsabilidad permanente y nunca puede dejar de pensar en los cuidados a seguir para mantener condiciones óptimas de seguridad.

Si la caldera es totalmente automática, esto no quiere decir que el operador no debe tomar cuidado en la operación de la misma.

Las calderas poseen INSTRUMENTOS neumáticos, eléctricos y electrónicos que pueden ser gráficos o indicadores, tales como : termómetros, manómetros, medidores de bióxido de carbono, medidores de oxígeno, medidores de vapor, agua, combustible, etc. Un sin número de CONTROLES DE OPERACION para el manejo de combustible, de agua de alimentación y de vapor o agua caliente, y otros grupos de CONTROLES DE SEGURIDAD tales como :

Interruptor límite de presión o interruptor límite de temperatura.
Interruptor de corte por bajo nivel.
Sistema de corte por falla de flama.
Control de ignición automático.
Válvulas controladores de combustible.
Controles interruptores de presión de aire y de combustible.
Controles reguladores del agua de alimentación.

Actulamente ya no se fabrican unidades de operación manual, todas son automáticas. Sus instrumentos y controles han contribuido enormemente en auxilio y seguridad del hombre en fuertes incrementos de eficiencia, pero tovacía no han eliminado el criterio y buen juicio del hombre.

Una consecuencia de mala operación de una caldera, es la explosión.

Tal vez usted conozca muchas razones por las que explotan las calderas y también sepa prevenirlas y controlarlas, pero el exceso de confianza nos puede traicionar. Vale la pena hacer un examen concienzudo de nuestra situación y ver otras experiencias.

LAS EXPLOSIONES TIENEN DOS ORIGENES :

1) Cámara de fuego
2) Cámara de vapor o agua caliente

La magnitud de las explosiones de la cámara de fuego, podemos agruparla en :

Sin daños (Toritos)
Con daños interiores en la caldera solamente.
Con daños interiores a la caldera y al propiedad en general con desastrosas consecuencias.

Exactamente la misma causa nos puede hacer pasar de una situación a otro de mucho mayores consecuencias.

Los elementos necesarios para que suceda una explosión en la cámara de fuego u horno son :

Combustible derramado o acumulado en el horno. También exceso de escoria.

Aire en proporción inadecuada.

Fuentes de ignición, tales como : pared de horno caliente, tiempo reducido de purga o falla del mismo sistema de ignición.

Empíricamente se ha observado que cargas de aire-combustible en proporciones que varían de 5 a 15 partes de aire por una de combustible y en cantidades superiores a 30% del que se puede quemar en régimen normal, son cargas consideradas como factibles de explotar fácilmente.

Día a día el número de explosiones en los hornos van en aumento. Esto obedece a que actualmente se construyan calderas más grandes con queMADORES MUCHO MAYORES. Los hogares tienen condiciones más críticas, la caldera es más grande y eñ hogar más pequeño. Calderas con paredes de agua que tienen hornos relativamente más " fríos ".

Entre las causas que provocan las explosiones en los hogares podemos citar las siguientes: Falla de flama ocasionada por la entrada de líquidos o gases inertes al sistema de combustible.

Pre-purga insuficiente antes del encendido.
Errores humanos
Falla de los controles de flujo de combustible.
Fugas o goteos en las válvulas de corte de combustible.
Relación desproporcionada aire-combustible.
Falla del sistema de abastecimiento del combustible.
Problemas o pérdidas de tiro.
Falla de pilotos de ignición.

Fomentamos o creamos un peligro potencial cuando tenemos fallas o insuficiencias en la alimentación de combustible. Válvulas solenoide defectuosas. Programación de

tiempo insuficiente para ignición.

Exceso de hollín (mal combustión). Contactos de los controles rotos o sucios. Para evitar explosiones en el horno tome las siguientes precauciones:

1.- Revise la operación de la caldera periódicamente.
2.- Si su quemador se apaga sin razón aparente, desconecte el interruptor de encendido. Después con el ventilador de tiro forzado haga un verdadero, efectivo y juicioso barrido de gases en la cámara de combustión. SIEMPRE determine las causas y el remedio de paro del quemador.
3.- Mantenga el quemador y accesorios realmente limpios.
4.- Calderas con ventilador de tiro forzado y tiro inducido, pruebe su programación de arranque y parado de motores periódicamente.
5.- No trate de lograr el máximo de bióxido de carbono partiendo de una mezcla
6.- Mantenga la temperatura del combustible a nivel correcto.
7.- Nunca permita condiciones de flama inestables sin correción oportuna.

Los quemadores de gas merecen una atención mucho muy especial y voy a citar algunas causas de explosiones particulares para este tipo de quemadores y fórmas de prevenirlas :

CUANDO tenga algunas fallas de los controles de dosificación automática de combustible, tales como : fugas de válvulas, proporción desbalanceada aire-combustible, falla de ventiladores y compuertas :

COMPRUEBE el control automático por : Baja presión de combustible, alta presión de combustible, pérdida de presión de aire de los instrumentos, pérdida de presión en los ventiladores, falla de energía eléctrica y corte por bajo nivel de agua.

CUANDO tenga purga insuficiente o falta de ella, ASEGURE una purga adecuada haciendo lo siguiente : cierre todas las válvulas de piloto de gas, cierre todas las válvulas del quemador de aire, un tiempo programado.

SI TIENE falla de flama o falla del piloto de gas, ESTE SEGURO que la flama ha fallado haciendo lo siguiente :

Revise la posición de las válvulas de combustible, para ver si no hay alguna cerrada; revise el detector de la flama sacándolo y acondiciónandolo con otra fuente de radiación; revise la proporción, aire-combustible, revise el transformador de ignición y piloto.

Explosiones en la cámara de vapor o agua caliente.

Veamos lo que significa una explosión de este tipo mediante un simple cálculo.

Las explosiones en la cámara de vapor o agua caliente suceden porque nos pueda ocurrir cualquier cosa de estas :

Falla de válvula de seguridad.
Corrosión de partes metálicas sujetas a presión.
Sobrecalentamiento de partes incrustadas. Sobrecalentamiento en los dobleces de los tubos.
Adelgazamiento de partes vitales a presión ocasionadas por contracciones y expansiones.
Fragilización caústica.
Bajo nivel de agua.

Cuando ha ocurrido una falla en la válvula de seguridad o válvula de alivio, que son nuestros últimos y principales dispositivos de seguridad que antes han ocurrido otras fallas tales como :

Contactos fundidos en controles límite de presión de vapor, el quemador continua en operación.

Cables a tierra o en corto-circuito, también ocurre que alguna terminal esté suelta.
Circuito eléctrico húmedo, ocurre después del lavado de la caldera.
Escape continuo de las válvulas de alimentación de combustible.
Tubería de control de presión obstruída.
Termostato incrustado.

Bajo nivel de agua.

El tipo de siniestro más frecuente hoy en día, es la falsa indicación de nivel interior de agua en la caldera y su correspondiente control.

Esto obedece a que no se purgan correctamente las columnas de nivel, obstruyéndose su conexión a la caldera con sarro y lodo. Al lavarse interiormente la unidad, no se hace con esmero el lavado interior de la columna, ni se inspeccionan cuidadosamente las condiciones reales de funcionamiento de sus controles. Ocurre que hay lodo y sarro en la conexión y dentro de la cámara del flotador. Los diafragmas se endurecen por ensarramiento acelerado al existir alguna picadura. Los conductores eléctricos a las cápsulas de mercurio con aislamiento de plástico por el calor se endurecen, pierden flexibilidad e impiden el libre movimiento de las cápsulas de mercurio.

Tratando de impedir esta clase de siniestro se instalan columnas auxiliares o electrodos en el interior de la caldera. La práctica ha demostrado que estos intentos de doble protección no son la solución. Si no se tiene cuidado con una columna, tampoco se tiene con dos y aunque algunas veces la señal de corte de la segunda columna ha sido una voz de alarma, en la generalidad de los casos, únicamente se ha diferido la fecha del siniestro.

Conocimientos débiles.

A los operadores de calderas que tienen someros conocimientos de su caldera se les recomienda que a pesar de las presiones del Depto. de Producción, nunca bloqueen los relevadores con palos u otras cosas; Si el instructivo de operación no lo indica, nunca opere manualmente los programadores y relevadores; nunca reduzca el tiempo de barrido inicial del horno; nunca instale " puentes " en interruptores límite de los controles de seguridad, no intente encender su caldera si antes no ha observado el horno en el fin de la jornada, no deje abiertas las válvulas principales de combustible ni deje energhizado el circuito automático al parar su caldera. Nunca se pare frente al quemador al hacer el primer intento de encendido. Estas han sido causas de explosiones.

Para operar su caldera con seguridad siga estas recomendaciones :

Medite sobre cada caso señalado anteriormente a grandes rasgos y compárelo con su caso particular. No se confíe. Los controles dan falsa sensación de seguridad.

Conozca su caldera.

No trate de accionar un control mientras no la conozca.
Use su buen juicio para operar la caldera y/o seleccionar su fogonero.
Siga su programa de mantenimiento bien definido.

Pruebas No Destructivas (ASME Sec.V)

Expositor: LCG SA DE CV · ALTA TECNOLOGIA EN ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

REPRESENTANTES EN MEXICO

CALZ. MISTERIOS Nº 536 COL. INDUSTRIAL
MEXICO, D.F.
C.P. 07800 TELS. 739 19 74, 739.03 16 FAX. 739 19 14

INTRODUCCION

A LOS

ENSAYOS NO - DESTRUCTIVOS

SELECCION DE UN

END

ES NECESARIO UN

ANALISIS CUIDADOSO DEL

PROBLEMA A RESOLVER

ANTES DE SELECCIONAR

UN END O COMBINACION

RAZONES PARA EL USO

DE LA INSPECCION POR UN

METODO NO - DESTRUCTIVO

- UNIFORMIDAD EN LA PRODUCCION

- AHORRO EN LOS COSTOS DE PRODUCCION

AL ELIMINAR MATERIA PRIMA DEFECTUOSO

QUE SERA RECHAZADA EN INSPECCION FINAL.

- MEJORAS EN ALGUNOS DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCION

- CONTRIBUIR A ASEGURAR LA CALIDAD
FUNCIONAL DE LOS SISTEMAS DE

MANTENIMIENTO Y SERVICIOS DE PLANTAS U

OTRO TIPO DE INSTALACIONES.

PODER OBSERVAR O

MEDIR ALGUNAS

CARACTERISTICAS DE

UN OBJETO BAJO

PRUEBA SIN AFECTAR

SUS PROPIEDADES O

USO POSTERIOR

FACTORES BASICOS

EN LA SELECCION DE

E N D

- TIPOS DE DEFECTO A DETECTAR
- TAMAÑO Y ORIENTACION DEL DEFECTO A DETECTAR.
- LOCALIZACION DE LA FALLA DETECTAR
- TAMAÑO Y FORMA DEL OBJETO A INSPECCIONAR
- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL A SER INSPECCIONADO

CUANDO UTILIZAR LA

INSPECCION POR UN

METODO NO - DESTRUCTIVO

EL EXITO DE LA APLICACION DE UN METODO DE PRUEBA NO - DESTRUCTIVO ESTA SUPEDITADO FUNDAMENTALMENTE AL CUMPLIMIENTO DE LOS SIGUIENTES REQUISITOS.

- QUE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LA APLICACION SON SEAN AFECTADOS POR EL JUICIO SUBJETIVO Y CANSANCIO DEL OPERADOR.

- QUE LA PRUEBA SEA REALIZADA BAJO EL CRITERIO DE RENDIMIENTO Y BENEFICIO ECONOMICO MAXIMO.

CAPITULO I

INTRODUCCION

EN LOS ULTIMOS AÑOS LOS METODOS DE PRUEBA NO - DESTRUCTIVA HAN PASADO A SER UNA SIMPLE CURIOSIDAD DE LABORATORIO, UNA HERRAMIENTA INDISPENSABLE EN LA INDUSTRIA. DADO QUE ESTOS METODOS PERMITEN LA INSPECCION DEL 100% DE LA PRODUCCION Y CONTRIBUYEN A MANTENER UN NIVEL DE CALIDAD UNIFORME DEL PRODUCTO.

LA UNIFORMIDAD EN LA PRODUCCION OTORGA PRESTIGIO EN LA INDUSTRIA Y CONFIANZA AL USUARIO.

PERO ADEMAS LOS METODOS DE ENSAYO NO - DESTRUCTIVO APLICADOS EN LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO Y DE VIGILANCIA DELOS SISTEMAS A LO LARGO DEL SERVICIO, CONTRIBUYEN A ASEGURAR SU CALIDAD FUNCIONAL. POR OTRA PARTE PROPORCIONAN BENEFICIOS DIRECTOS E INDIRECTOS.

BENEFICIOS DIRECTOS PORQUE GENERAN AHORRO EN LOS COSTOS DE PRODUCCION AL ELIMINAR MATERIA PRIMA DEFECTUOSA QUE SERIA RECHAZADA EN INSPECCION FINAL; Y AHORROS INDIRECTOS, POR EJEMPLO ALGUNOS METODOS NO - DESTRUCTIVOS DEMUESTRAN.

B. OBTENCION DE UNA INDICACION APROPIADA

UNA CARACTERISTICA COMUN EN LOS ENSAYOS NO - DESTRUCTIVOS ES QUE SIGUEN PROCEDIMIENTOS INDIRECTOS, ESTO SIGNIFICA QUE DETERMINAN LA CARACTERISTICA BUSCADA EN EL PRODUCTOR A TRAVES DE CUALQUIER OTRA PROPIEDAD RELACIONADA CON ELLA.

PARA PRODUCIR PUES, UNA INDICACION PROPIA DE UN MATERIAL, ES PRECISO TENER CONOCIMIENTO SOBRE LAS CARACTERISTICAS DE LOS PRODUCTOS Y DE LAS PROBABLES HETEROGENEIDADES QUE PUEDEN PRESENTARSE.

C. INTERPRETACION DE LAS INDICACIONES

PRODUCIDA LA INDICACION, ES PRECISO INTERPRETARLA. LA INTERPRETACION CONSISTE EN EL DICTAMEN SOBRE QUE ES LO QUE DA MOTIVO A UNA INDICACION. LA INTERPRETACION ES UNA FUNCION PRIMORDIAL Y SU RESPONSABILIDAD RECAE DE LLENO EN LOS METODOS DE ENSAYOS NO - DESTRUCTIVOS.

D. EVALUACION DE LAS INDICACIONES

FINALMENTE DESPUES DE OBTENIDA E INTERPRETADA UNA INDICACION DEBE EVALUARSE, ES DECIR, LA DECISION SOBRE CUANDO UNA HETEROGENEIDAD O CARACTERISTICA DEL MATERIAL QUE AFECTA SU EMPLEO ES ACEPTABLE.

AHORA LA EVALUACION ES RESPONDABILIDAD DE UN EQUIPO HUMANO CONSTITUIDO POR DISEÑADORES, PERSONAL RESPONSABLE DE LOS ENSAYOS DE ESPERIMENTACION Y PRUEBAS DE DURACION.

DESGRACIADAMENTE EXISTE LA PRACTICA O COSTUMBRE DEMACIADO FRECUENTE DE ASIGNAR A LOS TECNICOS EN PRUEBAS NO - DESTRUCTIVAS O DE HACER RECAER EN LA PERSONA DE UN INSPECTOR TODAS ESAS FUNCIONES.

COMO CONSECUENCIA, MUCHOS PROGRAMAS DE PRUEBAS NO - DESTRUCTIVAS EN ALGUNAS COMPAÑIAS HAN FRACASADO AL NO ESTAR ESTABLECIDAS, LAS ESPECIFICACIONES ADECUADAS RELATIVAS A LA EVALUACION.

SI ESTA ETAPA BASICA DE LA EVALUCACION QUE CIERRA EL CICLO DE LA INSPECCION, NO QUEDA ADECUADAMENTE ESTABLECIDA, ES DECIR, SE RELACIONAN LAS PROPIEDADES MEDIDAS CON EL COMPORTAMIENTO EN SERVICIO EL ENSAYO NO - DESTRUCTIVO ES INEFICAZ Y NO TIENE OBJETO.

CADA METODO POSEE UNA SENSIBILIDAD LIMITADA, LA CUAL PODRA SER ADECUADA PARA EL EXAMEN DE UN TIPO DE MATERIAL Y TAMBIEN TENIENDO EN CUENTA QUE EL AUMENTO DE SENSIBILIDAD TRAE CONSIGO, ENTRE OTROS INCONVENIENTES EL AUMENTO EL COSTO DE LA PRUEBA Y QUE PREVIAMENTE ESTE DEFINIDO EL NIVEL DE CALIDAD O NIVEL DE ACEPTABILIDAD REQUERIDO, SIN ESTE REQUESITO NO ES POSIBLE ELEGIR RACIONALMENTE UNA PRUEBA.

MUCHAS VECES LA NECESIDAD DE REALIZAR CAMBIOS EN EL DISEÑO DE UN MOLDE DE UNA PIEZA FUNDIDA.

EL EXITO DE LA APLICACION DE UN ENSAYO NO - DESTRUCTIVO ESTA SUPEDITADO FUNDAMENTALMENTE AL CUMPLIMIENTO DE LOS SIGUIENTES REQUISITOS:

A) *QUE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LA APLICACION NO SEA AFECTADOS POR EL JUICIO SUBJETIVO Y CANSANCIO DEL OPERADOR.*

B) *LA PRUEBA SEA REALIZADA BAJO EL CRITERIO DE RENDIMIENTO Y DE BENEFICIO ECONOMICO MAXIMO.*

ETAPAS BASICAS DE LA INSPECCION

A) ELECCION DEL METODO Y TECNICAS DE OPERACION

B) OBTENCION DE UNA INDICACION APROPIADA

C) INTERPRETACION DE LA INDICACION

D) EVALUACION DE LAS INDICACIONES

A. ELECCION DEL METODO Y TECNICAS OPERATORIAS IDONEAS:

EN LA SELECCION DEL METODO SE DEBE TENER PRESENTE TAMAÑO, FORMA, CANTIDAD, MATERIAL Y ETAPA DEL PROCESO A INSPECCIONAR, TIPO DE DEFECTO QUE SE PRETENDE DETECTAR. POR OTRA PARTE.

CALIFICACION

DE PERSONAL

EL EXITO DE CUALQUIER INSPECCION NO - DESTRUCTIVA ES AFECTADO PRIMORDIALMENTE POR EL PERSONAL QUE REALIZA INTERPRETA O EVALUA LA INSPECCION.

UNA INSPECCION NO DESTRUCTIVA REQUIERE

A. **CALIFICACION DEL METODO DE INSPECCION UTILIZADO**

B. **CALIFICACION DEL PERSONAL QUE REALIZA LA PRUEBA**

C. **ADMINISTRACION DEL PROCESO Y PERSONAL PARA ASEGURAR RESULTADOS CONSISTENTES.**

- LA PRACTICA RECOMENDADA SNT - TC - 1A EDITADA POR LA SOCIEDAD AMERICANA DE PRUEBAS NO - DESTRUCTIVAS.

- LA DP ISO 9712 - 3, NORMA PARA CALIFICACION, CAPACITACION Y CERITIFICACION DE PERSONAL QUE REALIZA ENSAYOS NO - DESTRUCTIVOS EDITADA POR LA " INTERNATIONAL ESTANDARIZATION ORGANIZATION "

ISO

NORMA MEXICANA PARA LA CAPITACION, CALIFICACION Y CERTIFICIACION DE PERSONAL QUE REALIZA PRUEBAS NO - DESTRUCTIVAS.

NOM - B - 482 - 1990.

ACTUALMENTE EXISTEN DOS PROGRAMAS ACEPTADOS PARA LA CAPACITACION CALIFICACION Y CERTIFICACION DEL PERSONAL QUE REALIZA LAS P N D ADEMAS DE UNO

NACIONAL.

SNT - TC - 1A - 1984

1 ALCANCE

1.1 ESTA RECONOCIDO QUE LA EFECTIVIDAD DE LA APLICACION DE LOS E.N.D. DEPENDE DE LA CAPACIDAD DE LA PERSONA RESPONSABLE DE EJECUTARLOS. ESTA PRACTICA RECOMENDADA HA SIDO PREPARADA PARA ESTABLECER LOS LINEAMIENTOS PARA LA CALIFICACION DE PERSONAL EN EXAMENES NO - DESTRUCTIVOS, QUIENES REQUIEREN EN SUS TRABAJOS ESPECIFICOS UN CONOCIMIENTO APROPIADO EN LOS PRINCIPIOS TECNICOS QUE EL LOS EJECUTAN ATESTIGUAN O EVALUAN.

1.2 ESTE DOCUMENTO PROPORCIONA LOS LINEAMIENTOS PARA ESTABLECER EL PROGRAMA DE CALIFICACION Y CERTIFICACION

1.3 ESTOS LINEAMIENTOS HAN SIDO DESARROLLADOS POR LA **AMERICAN SOCIETY FOR NONDESTRUCTIVE TESTING** PARA AUXILIAR A LOS EMPRESARIOS A RECONOCER LOS FACTORES ESENCIALES A SER CONCIDERADOS EN LA CALIFICACION DE LOS EMPLEADOS INVOLUCRADOS EN CUALQUIERA DE LOS METODOS LISTADOS EN EL PARRAFO 3.

1.4 ESTA RECONOCIDO QUE ESTOS LINEAMIENTOS PUEDEN NO SER APROPIADOS PARA CIERTAS EMPRESAS, CIRCUNSTANCIAS Y APLICACIONES EN EL DESARROLLO DEL PROGRAMA COMO LO REQUIERE EL PARRAFO 5. " **EL EMPRESARIO DEBE REVISAR ESTAN RECOMENDACIONES Y MODIFICARLAS COMO SEA NECESARIO PARA CUMPLIR CON SUS PROPIAS NECESIDADES"**

5.0 PROGRAMA ESCRITO

5.1 LA EMPRESA DEBE ESTABLECER UN PROGRAMA POR ESCRITO PARA EL CONTROL Y ADMINISTRACION DEL ENTRENAMIENTO, EXAMEN Y CERITIFICACION DEL PERSONAL EN EXAMENES NO - DESTRUCTIVOS.

LA NORMA MEXICANA DE CALIFICACION Y CERFICACION DEL PERSONAL

" NORMA NACIONAL B - 482 PARA LA CAPACITACION, CALIFICACION Y CERIFICACION DE PERSONAL DE ENSAYOS NO - DESTRUCTIVOS "

ADAPTANDO LAS RECOMENDACIONES

DE ISO A LAS NECESIDADES DEL PAIS

Y SELECCIONANDO AQUELLOS CRITERIOS

QUE SON LOS MAS ACTUALIZADOS, FUERAN

DE ISO O DE ASNT.

NORMA OFICIAL MEXICANA

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICAICON

1.1 ESTA NORMA OFICIAL MEXICANA SE EMPLEA PARA EVALUAR Y DOCUMENTAR LA CAPACIDAD TECNICA DEL PERSONAL QUE REALIZA, TESTIFICA, SIPERVISA Y EVALUA LOS ENSAYOS NO - DESTRUCTIVOS. EL ANEXO " A " FORMA PARTE DE ESTA NORMA, QUE POR CONVENIENCIA SE PRESENTA POR SEPARADO.

1.2 ESTA NORMA ESTABLECE UN SUSTEMA PARA LA CAPACITACION, CALIFICACION Y CERTIFICACION DE PERSONAL QUE EFECTUA ENSAYOS NO - DESTRUCTIVOS EN LA INDUSTRIA, UTILIZANDO CUALQUIERA DE LOS SIGUIENTES METODOS:

A. INSPECCION POR ELECTROMAGNETISMO (CORRIENTES DE EDDY)

B. INSPECCION POR LIQUIDOS PENETRANTES

C. INSPECCION POR PARTICULAS MAGNETICAS

D. INSPECCION POR RADIOGRAFIA INDUSTRIAL

E. INSPECCION CON ULTRASONIDO INDUSTRIAL

F. INSPECCION VISUAL

G. INSPECCION DE HERMETICIDAD

H. INSPECCION POR EMISION ACUSTICA

I. NEUTROGRAFIA

5.2 EL PROGRAMA DE LA EMPRESA DEBE DESCRIBIR LA RESPONSABILIDAD DE CADA NIVEL DE CERTIFICAICON PARA DETERMINAR LA ACEPTABILIDAD DE MATERIALES O COMPONENTES DE ACUERDO CON CODIGOS APLICABLES, ESTANDARES, ESPECIFICACIONES Y PROCEDIMIENTOS.

CALIFICACION

ES LA DEMOSTRACION POR MEDIO DE EXAMENES DEBIDAMENTE PREPARADOS, DE QUE UN INDIVIDUO POSEE LOS CONOCIMIENTOS TEORICOS Y LAS HABILIDADES NECESARIAS PARA DESARROLLAR CORRECTAMENTE UNA INSPECCION NO DESTRUCTIVA, APLICAR CORRECTAMENTE LOS CRITERIOS DE ACEPTACION Y EN SU CASO ELABORAR UN REPORTE DE INSPECCION Y/O LA INTERPRETACION DE LOS CRITERIOS DE ACEPTACION ESTABLECIDOS POR UN DOCUMENTO ESCRITO, QUE PUEDE SER UN CODIGO, UNA NORMA O UNA ESPECIFICACION.

CERTIFICACION

ES UN TESTIMONIO ESCRITO EXTENDIDO POR UNA AGENCIA CENTRAL CERTIFICADORA (**ISO 9712**) O POR UNA EMPRESA CONTRATANTE (**SNT - TC - 1A**), QUE DEMUESTRA QUE UN INDIVIDUO HA SIDO CAPACITADO; QUE ESTA DEBIDAMENTE CALIFICADO Y TIENE LA EXPERIENCIA SUFICIENTE PARA EMPLEAR CORRECTAMENTE UN METODO DE INSPECCION NO - DESTRUCTIVA.

ENTRENAMIENTO

ES EL PROGRAMA DEBIDAMENTE ESTRUCTURADO PARA PROPORCIONAR LOS CONOCIMIENTOS TEORICOS Y DESARROLLAR LAS HABILIDADES PRACTICAS DE UN INDIVIDUO; A FIN DE QUE REALICE UNA ACTIVIDAD DEFINIDA DE INSPECCION. EN ESTE PUNTO SE ESTABLE DE FORMA CLARA Y BREVE EL PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO PARA CADA TECNICA Y NIVEL, SIENDO EL MAS ACTUALIZADO Y PROPUESTO POR EL **ASNT.**

NIVELES DE CERTIFICACION

LOS NIVELES SE DAN PARA CADA METODO DE INSPECCION NO - DESTRUCTIVA Y SON ESTABLECIDOS EN FUNCION DE LOS CONOCIMIENTOS, LA EXPERIENCIA PRACTICA Y RESPONSABILIDADES QUE TIENE EL INDIVIDUO AL REALIZAR UNA INSPECCION. EN CUANTO A ESTE CONCEPTO, AMBOS DOCUMENTOS TIENEN LAS MISMAS DEFINICIONES Y NIVELES DE CERITIFICACION.

SEA ESTABLECIDO UNA ETAPA DE APRENDIZAJE Y SEAN DEFINIDO TRES NIVELES BASICOS DE CERTIFICACION. ESTOS NIVELES PUEDEN SER SUBDIVIDIDOS POR LA EMPRESA CONTRATANTE O POR CADA COMITE NACIONAL PARA CUBRIR SITUACIONES ESPECIFICAS EN LAS QUE SE REQUIERA DE HABILIDADES ADICIONALES MAS ESPECIFICAS. LOS NIVELES BASICOS DE CERTIFICACION SON:

NIVEL I ES AQUEL INDIVIDUO QUE HA SIDO CAPACITADO Y HA DEMOSTRADO ESTAR DEBIDAMENTE CALIFICADO PARA EFECTUAR CORRECTAMENTE LA CALIBRACION DE UN EQUIPO DE INSPECCION; REALIZAR UNA INSPECCION ESPECIFICA, APLICAR LOS CRITERIOS DE ACEPTACION O RECHAZO DEFINIDO EN UN PROCEDIMIENTO O INSTRUCCION DE INSPECCION Y REPORTAR O REALIZAR LOS REGISTROS DE ESTAS ACTIVIDADES. EL INPECTOR NIVEL I PUEDE O NO EMITIR UN VEREDICTO DE RESULTADOS, LA RESPUESTA DEPENDERA DEL CONTENIDO Y LAS RESPONSABILIDADES QUE ESTEN ESTABLECIDAS EN SU PROCEDIMIENTO INTERNO **(CASO SNT - TC - 1A)** O DE LO QUE ESTABLESCA LA NORMA NACIONAL **(CASO ISO 9712)**

NIVEL II ES AQUEL INC DUO QUE HA SIDO CAPACITADO Y HA DEMOSTRADO ESTAR DEBIDAMENTE CALIFICADO PARA EFECTUAR CORRECTAMENTE LAS ACTIVIDADES ANTES MENCIONADAS.
PARA NIVEL I

ADEMAS PUEDE SER CAPACITADO PARA ESTABLECER, REALIZAR O VERIFICAR LA CALIBRACION DE UN EQUIPO DE PRUEBA, INTERPRETAR LOS RESULTADO OBTENIDOS DURANTE UNA PRUEBA, INTERPRETAR LOS RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE UNA PRUEBA EVALUANDOLOS CONFORME AL CODIGO, NORMA O ESPECIFICACION APLICABLE. DEBEN ESTAR FAMILIARIZADOS CON LOS ALCANCES Y LIMITACIONES DE SU TECNICA Y PUEDE SER RESPONSABLE DE LA CAPACITACION PRACTICA Y SUPERVICION DE LOS INDIVIDUOS DE NIVEL I Y DE LOS APENDICES. TIENE LA CAPACIDAD PARA RESPONSABILIZARSE DE PREPARAR INSTRUCCIONES DE INSPECCION Y DE ORGANIZAR Y EMITIR LOS REPORTES DE RESULTADOS EN LAS PRUEBAS EFECTUADAS POR EL O BAJO SU SUPERVICION.

NIVEL III ES AQUEL INDIVIDUO QUE HA SIDO CAPACITADO Y HA DEMOSTRADO ESTAR DEBIDAMENTE CALIFICADO PARA EFECTUAR CORRECTAMENTE LAS ACTIVIDADES DEFINIDAS PARA LOS NIVELES I Y II, ESTABLECER TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS GENERALES DE INSPECCION, INTERPRETAR LOS CODIGOS, NORMAS Y ESPECIFICACIONES PARA ESTABLECER LOS METODOS, TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS ESPECIFICOS HACER EMPLEADOS. PUEDE SER RESPONSABLE DE LAS PRUEBAS POR **ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS** PARA LOS CUALES ESTE CERTIFICADO DEBER SER CAPAZ DE INTERPRETAR Y EVALUAR LOS RESULTADOS CON LOS CRITERIOS ESTABLECIDOS POR CODIGOS, NORMAS Y ESPECIFICACIONE.

EL NIVEL III DEBE TENER UN CONOCIMIENTO GENERAL SOBRE LOS MATERIALES, METODOS Y TECNOLOGIAS DE FABRICACION QUE LES PERMITA ESTABLECER LA TECNICA A EMPLEAR DURANTE LA INSPECCION NO DESTRUCTIVA Y PARA ASESORAR EN LA SELECCION DE LOS CRITERIOS DE ACEPTACION CUANDO ESTOS NO ESTEN DEFINIDOS DEBE ESTAR FAMILIARIZADO CON LOS DEMAS METODOS DE INSPECCION NO - DESTRUCTIVA. PUEDE SER RESPONSABLE Y ESTAR CAPACITADO PARA IMPARTIR EL ENTRENAMIENTO Y APLICAR LOS EXAMENES PARA LA CERTIFICACION DE NIVELES I Y II.

EXAMENES DE CALIFICACION

LOS DOS DOCUMENTOS MENCIONADOS ANTERIORMENTE TAMBIEN COINCIDEN AL DEFINIR LOS EXAMANES DE CALIFICACION QUE DEBEN PRESENTAR LOS INDIVIDUOS HACER CALIFICADOS A LOS DIFERENTE NIVELES DE HABILIDAD.

EN EL CASO DEL PERSONAL A CALIFICAR COMO **NIVEL I** O **NIVEL II,** SON LOS SIGUIENTES:

- **DE APTITUD FISICA**
- **DE CONOCIMIENTOS**
- **DE HABILIDAD PRACTICA**

1. EXAMEN DE APTITUD FISICA

LOS EXAMANES DE APTITUD FISICA SON
LOS MISMOS PARA LOS NIVELES I Y II

1. EXAMENES FISICOS

TIENEN LA FINALIDAD DE DEMOSTRAR QUE EL PERSONAL QUE REALIZA LA INSPECCION ES APTO PARA PODER OBSERVAR Y EVALUAR CORRECTAMENTE LAS CONDICIONES. LOS EXAMENES FISICOS QUE SE REQUIEREN SON:

- **DE AGUDEZA VISUAL LEJANA**
- **DE AGUDEZA VISUAL CERCANA**
- **DE DISCRIMINACION CROMATICA**

EL EXAMEN DE AGUDEZA VISUAL SE APLICA EMPLEANDO LA CARTA DE **SNELLEN** Y EL RESULTADO DEBE SER UNA VISION DE 20/40 O MEJOR. PARA EL EXAMEN DE AGUDEZA VISUAL CERCANA SE EMPLEA LA CARTA DE **JAEGER** Y EL RESULTADO DEBE SER UNA VISION DE J2 O MEJOR. ESTOS RESULTADOS PUEDEN SER EMPLEANDO PROTESIS (LENTES). PERO EN TAL CASO, EL INDIVIDUO SIEMPRE DEBERA EMPLEAR DICHO INSTRUMENTO AL REALIZAR UNA INSPECCION.

2. EXAMENES DE CONOCIMIENTOS

TIENEN LA FINALIDAD DE EVALUAR LA CAPACIDAD DEL INDIVIDUO PARA REALIZAR CIERTAS ACTIVIDADES PROPIAS DE LA INSPECCION, ASI COMO LA INFORMACION TEORICA MINIMA QUE DEBE POSEER PARA REALIZAR UNA INSPECCION, INTERPRETACION O EVALUACION CONFIABLES. ESTOS EXAMENES SON:

EL EXAMEN GENERAL DEL METODO.- ES SOBRE LOS PRINCIPIOS BASICOS DE LA TECNICA Y SUS POSIBLES MODALIDADES O VARIANTES. NORMALMENTE LAS PREGUNTAS SE REDACTAN EN CONSIDERACION DE LAS NECESIDADES DE CADA EMPRESA O AREA DE ACTIVIDAD.

EL EXAMEN ESPECIFICO.- SE PREPARA TOMANDO COMO BASE UN PROCEDIMIENTO CALIFICADO DE INSPECCION. EL CUESTIONARIO DEBE CUBRIR ASPECTOS TECNICOS Y PRACTICOS DE LOS INSPTRUMENTOS O APARATOS DE INSPECCION PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACION Y OPERACION; TECNICAS DE PRUEBA Y ESPECIFICACIONES QUE NORMALMENTE SE EMPLEAN EN EL TRABAJO COTIDIANO DE INSPECCION. ESTE EXAMEN PUEDE INCLUIR LA INTERPRETAICON Y APLICACION DE LOS CRITERIOS DE ACEPTACION ESTABLECIDOS POR LOS CODIGOS Y NORMAS CORRESPONDIENTES.

2. EXAMANES DE CONOCIMIENTOS

ESTA ES LA PARTE MAS IMPORTANTE DE LOS EXAMANES QUE DEBE REALIZAR UN INDIVIDUO QUE DESEA CERTIFICARSE COMO **NIVEL III** Y SI BIEN SON SIMILARES A LOS DE **NIVELES I Y II,** EL NIVEL DE DIFICULTAD DE LOS CUESTIONARIOS ES MAYOR. ESTOS EXAMENES SON:

EL EXAMEN DE CONOCIMIENTOS BASICOS.- DEBE SER PRESENTADO UNA SOLA VEZ Y EL CUESTIONARIO SE FORMA POR PREGUNTAS REFERENTES A LOS DIFERENTES MEDIOS DE FABRICACION (FUNDICION, FORJA, LAMINACION, EXTRUSION, SOLDADURA, ETC.); LOS DEFECTOS MAS COMUNES QUE SE PRESENTAN EN CADA UNO DE ESTOS PROCESOS; LAS TECNICAS MAS COMUNES DE **ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS,** CON UN NIVEL DE DIFICULTAD SIMILAR A LAS PREGUNTAS PREPARADAS PARA UN NIVEL II;PRINCIPIOS DE CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD Y SOBRE TEMAS RELACIONADOS CON LOS MECANISMOS DE CERTIFICACION QUE SE EMPLEEN EN LA EMPRESA QUE CONTRATA SUS SERVICIOS O DEL AREA INDUSTRIAL EN LA QUE REALIZARA LAS INSPECCIONES.

3. EXAMENES DE HABILIDAD PRACTICA

ESTOS EXAMENES CONSISTEN EN LA DEMOSTRACION DE LA HABILIDAD DEL ASPIRANTE PARA LA CALIBRACION Y OPERACION CORRECTA DEL EQUIPO DE INSPECCION; LA REALIZACION DE UNA INSPECCION DETERMINADA; EL ANALISIS E INTERPRETACION DE LAS INDICACIONES OBTENIDAS; LA APLICACION DE LOS CRITERIOS DE ACEPTACION ESTABLECIDOS POR LOS CODIGOS O NORMAS Y LA ELABORACION DE LOS REPORTES DE RESUTADOS.

4. EL EXAMEN DEL METODO

CONSISTE EN UNA EVALUCION A PROFUNDIDAD DE LOS CONOCIMIENTOS SOBRE UN METODO ESPECIFICO; POR EJEMPLO, **ULTRASONIDO,** EL CUESTIONARIO DE ESTE EXAMEN DEBE BASARSE EN EL MANEJO DE LOS EQUIPOS Y TECNICAS EMPLEADAS EN CADA EMPRESA **(SNT - TC - 1A)** O UN AREA INDUSTRIAL ESPECIFICA, POR EJEMPLO LA METAL - MECANICA **(ISO 9712);** LAS NORMAS Y ESPECIFICACIONES APLICABLES A UN PRODUCTO O SERVICIO.

DEBE INCLUIR LOS CRITERIOS EMPLEADOS PARA LA ELABORACION DE PROCEDIMIENTOS, CRITERIOS DE ACEPTACION E INTERPRETACION DE CODIGOS Y NORMAS, ASI COMO EL MANEJO, APLICACION E INTERPRETACION DE PROCEDIMIENTOS YA CALIFICADOS DE INSPECCION NO DESTRUCTIVA.

EXPERIENCIA PRACTICA

NO SE PUEDE CERTIFICAR PERSONAL QUE NO TENGA EXPERIENCIA PRACTICA EN LA REALIZACION DE INSPECCIONES. EN LE CASO DEL **NIVEL I,** ESTE PRIMERO DEBIO ADQUIRIR CIERTA EXPERIENCIA ACTUANDO COMO APRENDIZ. PARA LOS **NIVELES II,** EL INDIVIDUO DEBIO TRABAJAR DURANTE UN TIEMPO COMO NIVEL I Y FINALMENTE UN **NIVEL III,** DEBIO SER PREVIAMENTE APRENDIZ, NIVEL I Y TRABAJAR AL MENOS UNO O DOS AÑOS COMO NIVEL II, ANTES DE PODER ASPIRAR A SE CERTIFICADO COMO NIVEL III. TODA ESTA EXPERIENCIA DEBE SER DEMOSTRADA DOCUMENTALMENTE Y MANTENIDA EN ARCHIVOS PARA SU VERIFICACION EN CASO DE SER NECESARIA.

EXAMENES DE CALIFICACION PARA NIVEL III

EN LO QUE RESPECTA A LOS EXAMENES QUE DEBE PRESENTAR UN INDIVIDUO A SER CALIFICADO Y CERTIFICADO COMO NIVEL III, LAS NORMAS ESTABLECEN QUE DEBEN SER LOS SIGUIENTES:

- DE APTITUD FISICA.

- DE CONOCIMIENTOS.

- DE HABILIDAD PRACTICA

3. EXAMENES DE HABILIDAD PRACTICA

PARA LOS **NIVELES II,** ESTOS EXAMENES PUEDEN SER SIMILARES A LOS QUE SE APLICAN A LOS NIVELES I Y II O PUEDE SER LA ELABORACION Y CALIFICACION DE UN PROCEDIMIENTO PARA UNA INSPECCION DETERMIDA.

PARA QUE SE CONSIDERE QUE EL ASPIRANTE HA APROBADO CUALQUIERA DE LOS EXAMENES ANTES MENCIONADOS PARA LOS DIFERENTES NIVELES, LA CALIFICACION NO DEBE SER MENOS A 70 / 100.

POSTERIORMENTE, LOS RESULTADOS DE LOS EXAMENES DE CONOCIMIENTOS SE PROMEDIAN CON LOS EXAMENES PRACTICOS PARA TODOS LOS NIVELES Y GENERALMENTE ESTE PROMEDIO NO DEBE SER INFERIOR A 80 / 100.

C E R T I F I C A C I O N

LA CERTIFICACION EXPIRA CUANDO EL INDIVIDUO DEJA DE LABORAR CON LA EMPRESA QUE LO HA EXAMINADO Y CERTIFICADO **(SNT - TC - 1A),** O CUANDO SE CAMBIA DE UNA AREA INDUSTRIAL A OTRA; POR EJEMPLO, DE AERONAUTICA A METAL - MECANICA O VICEVERSA **(ISO 9712),** EN ESTE ULTIMO CASO, SOLO ES NECESARIO PRESENTAR EL EXAMEN ESPECIFICO DE LA NUEVA AREA DE TRABAJO.

EMISION DE LOS CERTIFICADOS

LOS LINEAMIENTOS PARA QUE SE REALICE LA CERTIFICACION DE PERSONAL A CUALQUIERA DE LOS NIVELES ANTES CITADOS DEBE ESTAR CONTENIDA EN UNA **"ESPECIFICACION PARA LA CAPACITACION, CALIFICACION Y CERTIFICACION DEL PERSONAL QUE REALIZA ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS " (" PRACTICA ESCRITA PARA SNT - TC - 1A " Y " NORMA NACIONAL PARA ISO 9712 ").** EL CERTIFICADO, PARA QUE SEA VALIDO, ES UN DOCUMENTO QUE DEBE CONTENER COMO MINIMO LOS SIGUIENTES PUNTOS:

1.- NIVEL DE ESCOLARIDAD DE LOS INDIVIDUOS.

2.- PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO.

3.- EXPERIENCIA INICIAL DE LOS INDIVIDUOS ANTES DE CERTIFICARSE EN CUALQUIER NIVEL.

4.- FORMA EN QUE SE REALIZARAN LOS EXAMENES DE CERTIFICACION.

5.- VIGENCIA DE LAS CERTIFICACIONES.

DURACION DE LA CERTIFICACION

LA **ISO** Y **ASNT** ESTABLECEN UN PERIODO DE VIGENCIA DE LA CERTIFICACION QUE NORMALMENTE TIENE UNA VALIDEZ DE TRES AÑOS PARA LOS NIVELES I Y II; Y DE CINCO AÑOS PARA EL NIVEL III.

LA PRINCIPAL DIFERENCIA ENTRE LA " PRACTICA RECOMENDADA " POR **ASNT** Y LA " NORMA " **ISO.**

ANTES MENCIONADA ES QUE **ISO** EXIGE QUE EL PERSONAL A CUALQUIER NIVEL DE CALIFICACION QUE REALICE INSPECCIONES POR END, SEA CERTIFICADO MEDIANTE UN EXAMEN ADMINISTRADO POR UNA AGENCIA CENTRAL RECONOCIDA INTERNACIONALMENTE; Y LA PRACTICA SNT - TC - 1A ESTABLECE QUE LA CERTIFICACION ES UNA RESPONSABILIDAD DE LA EMPRESA CONTRATANTE DEL INDIVIDUO.

Dispositivos de Seguridad

Expositores: **Ing. Jorge Izaguirre Montiel**
Ing. José Alberto Sánchez Rivera

DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

ING. JORGE IZAGUIRRE MONTIEL
ING. JOSÉ ALBERTO SÁNCHEZ RIVERA

¿Por qué explotan las calderas?
Las calderas modernas se construyen según normas de fabricación de prestigio internacional y van provistas de equipos automáticos de operación y seguridad, haciendo pensar a algunos usuarios que ellas no requieren la atención de expertos. Ponen sus unidades en manos de gente con poca experiencia que no sigue las buenas reglas de operación en forma debida. Muchos de ellos se figuran que su caldera al ser completamente automática, esta protegida contra accidentes, sin comprender que todo recipiente a presión bajo fuego es potencialmente peligroso y que los controles automáticos NO sustituyen a las reglas de seguridad.

A) Bajo nivel de agua.
Las estadísticas de accidentes nos indican que la mayor parte de ellos se debe al bajo nivel de agua que provoca sobrecalentamiento y debilitamiento de los tubos, hundimiento del hogar y en algunas ocasiones, la destrucción de la caldera por una explosión desastrosa que produce graves pérdidas.

La mayoría de las calderas, entre uno de tantos accesorios, se equipan de sistemas automáticos y de controles corta-combustible por bajo nivel para que puedan operar correctamente y protegerlas contra sobrecalentamientos en fallas comunes. Esto a algunos usuarios les da una falsa sensación de seguridad y parecen no preocuparse más al ver su funcionamiento ordinario y normal. Los sistemas automáticos de alimentación de agua, igual que cualquier otro aparato automático, funcionara bien tal vez mil veces, tal vez cientos de veces más, pero algún día, tarde ó temprano, fallaran con resultados desastrosos.

Gran número de operadores suponen erróneamente que pueden probar el sistema de corta-combustible en forma adecuada, vaciando exclusivamente la cámara del flotador, pero la válvula de purga correspondiente solamente drena los sedimentos acumulados en la propia cámara. En la mayor parte de los casos, el flotador cae súbitamente al abrirse la purga, debido a la súbita salida del agua en la cámara del flotador. Cualquier operador experto en calderas puede citar numerosos casos en los cuales el sistema corta-combustible ha funcionado satisfactoriamente al vaciarse la cámara del flotador, pero al probar correctamente el drenado la caldera del fondo, ha dejado de funcionar.

B) Combustible en el hogar
El estudio de explosiones, nos indica que un renglón muy importante lo cubre las explosiones en los hogares de las calderas.

Las explosiones del lado del fuego se producen básicamente por la falta de una prepurga y pospurga adecuada en el barrido de gases ó bien por la anormal dosificación de combustible al iniciarse un ciclo de operación.

La función de la prepurga es la eliminación de vestigios indeseables de combustible y comburente antes de alimentar los pilotos de combustión.

Operadores con poca experiencia ó exceso de confianza han reducido ó eliminado intencionalmente el tiempo de prepurga en una caldera, teniendo la desgracia de pagar con su vida su ignorancia ó imprudencia. Esta clase de accidentes es más común en las unidades que queman gas.

En este punto se puede advertir que es necesario tener la absoluta seguridad de que antes de iniciar un ciclo de operación por cualquier medio, debe existir una intensa prepurga que elimine el riesgo de explosión en el hogar y que puede ser tanto ó más desastrosa que la explosión del propio recipiente a presión.

C) Válvulas de seguridad.
Buena proporción de explosiones son originadas por falta de protección contra un exceso de presión.

Ciertos tipos de válvulas de seguridad presentan defectos de diseño que después de un corto período de funcionamiento, el disco tiende a pegarse llegando a inutilizarla.

La falta de observación y acción preventiva en el "lagrimeo" de una válvula de seguridad, así como la ausencia de revisiones y pruebas periódicas, favorecen la acumulación excesiva de materias extrañas que pegan el asiento de las válvulas.

Un usuario de calderas estará confiado en que ha tomado las medidas de seguridad posibles para evitar fallas desastrosas cuando:

a) Ha obtenido del mejor equipo en el mercado para un servicio específico.
b) Ha instalado adecuadamente su caldera cumpliendo con los Reglamentos y Normas.
c) Ha exigido el examen de su instalación por parte de un especialista de reconocida competencia, un Inspector oficial ó una compañía de seguros.
d) Ha empleado su mejor juicio al contratar a los operadores de su caldera.
e) Lleva correctamente el libro diario, anotando las pruebas de mantenimiento de carácter preventivo.

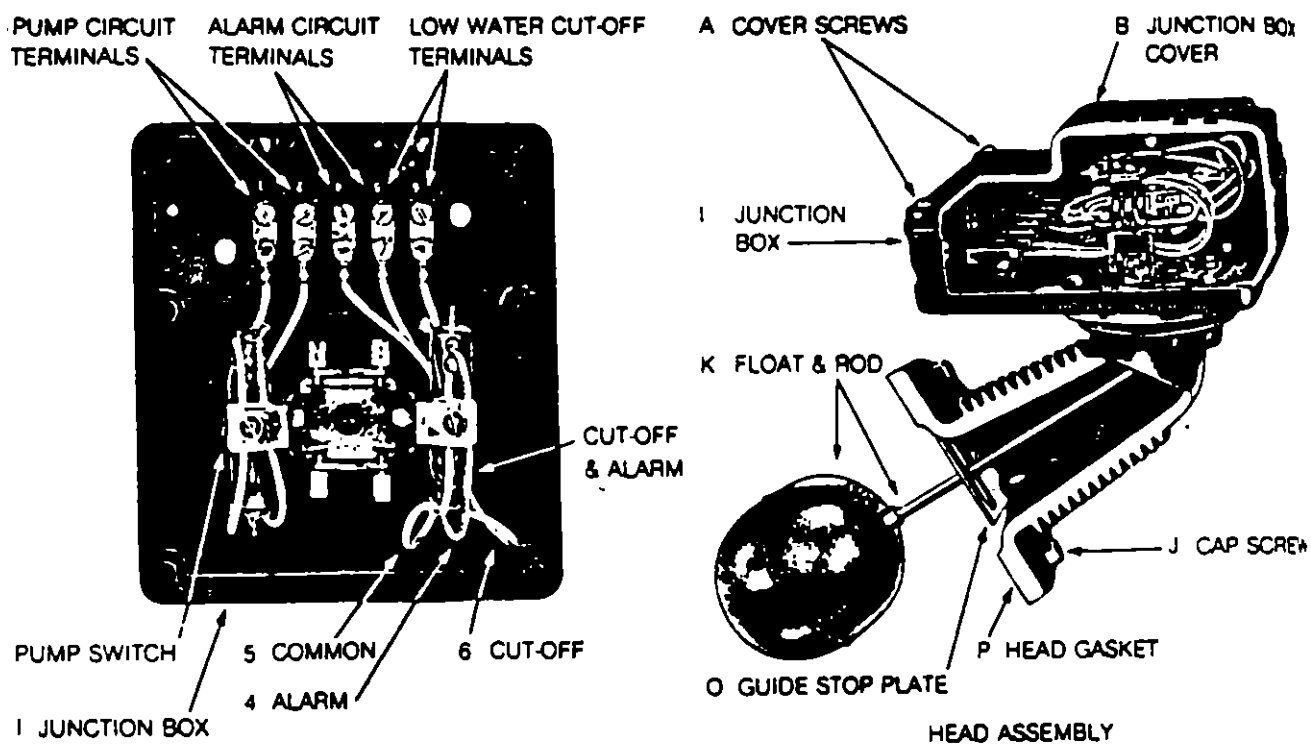
Se pueden aceptar tranquilamente las responsabilidades de una caldera con operación digna de confianza, pero la seguridad y eficacia de operación solamente puede conservarse con un programa básico de mantenimiento.

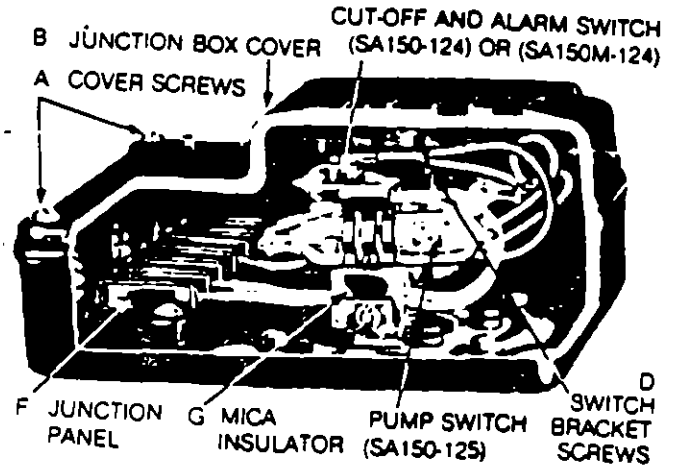
CONTROL ELECTRICO DE ALIMENTACION DE AGUA Y CORTE DEL QUEMADOR

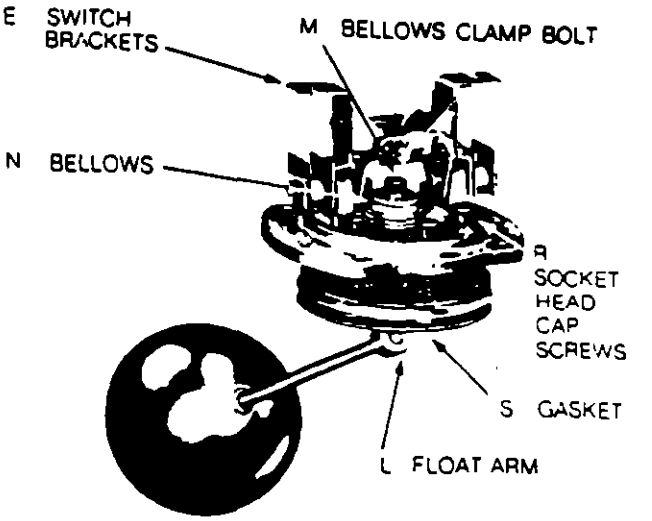
Las calderas tienen control de alimentación de agua y seguridad. Algunos le llaman control de nivel. Es una "calabaza" hueca de fierro fundido, la cual tiene exteriormente dos interruptores a base de ampolletas de mercurio líquido. La primera ampolleta con dos hilos actuando como interruptor para arrancar y parar la bomba de alimentación de agua y la segunda con tres hilos actuando como doble interruptor para apagar el quemador y también cerrar el circuito de alarma anunciadora sobre excesivo bajo nivel de agua.

Este dispositivo de control tiene un flotador de acero inoxidable dentro de la calabaza, el cual según sea el nivel de agua en su interior y a través de un fuelle, gira las ampolletas, abriendo o cerrando los circuitos eléctricos. También tiene integrado un cristal indicador de nivel que permite la observación óptica del nivel real interior de la caldera mediante el principio de vasos comunicantes.

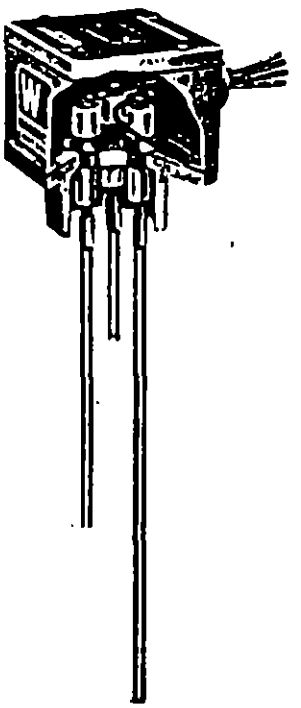
El cristal de nivel está soportado tanto en el extremo superior como inferior con válvulas de cierre manual y automático por si llega a estallar el cristal de nivel. También tiene grifos de prueba para operar en caso de ausencia de cristal.

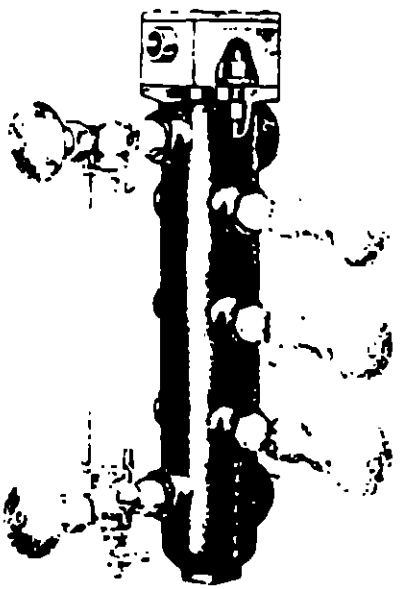






BELLOWS ASSEMBLY

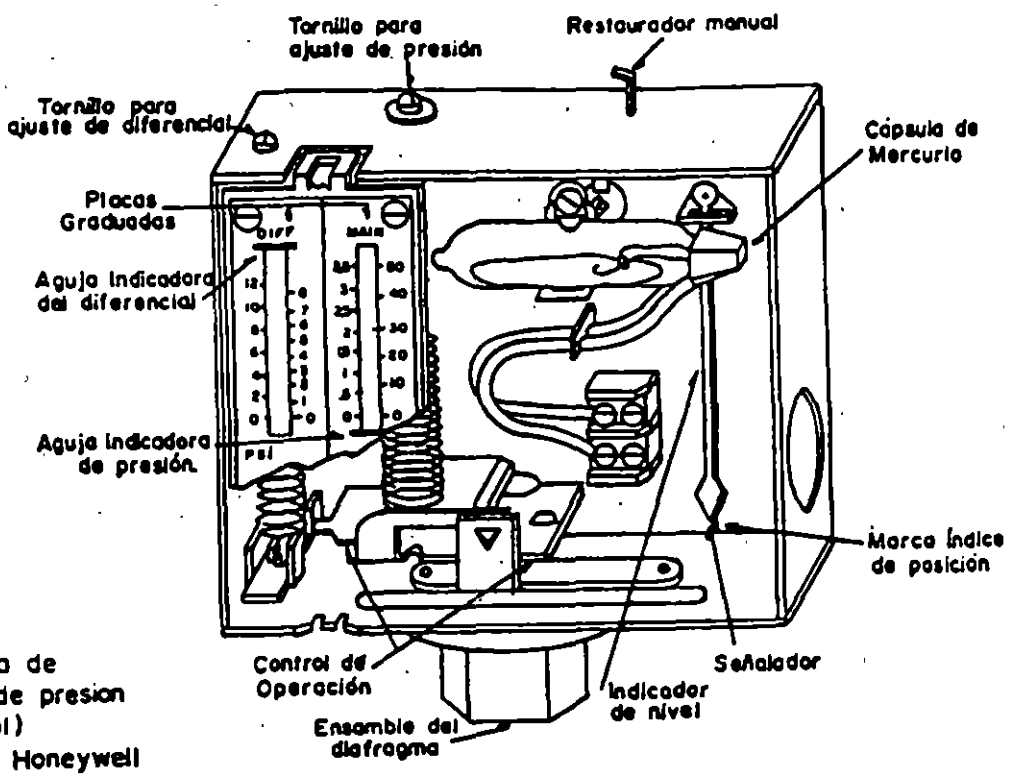




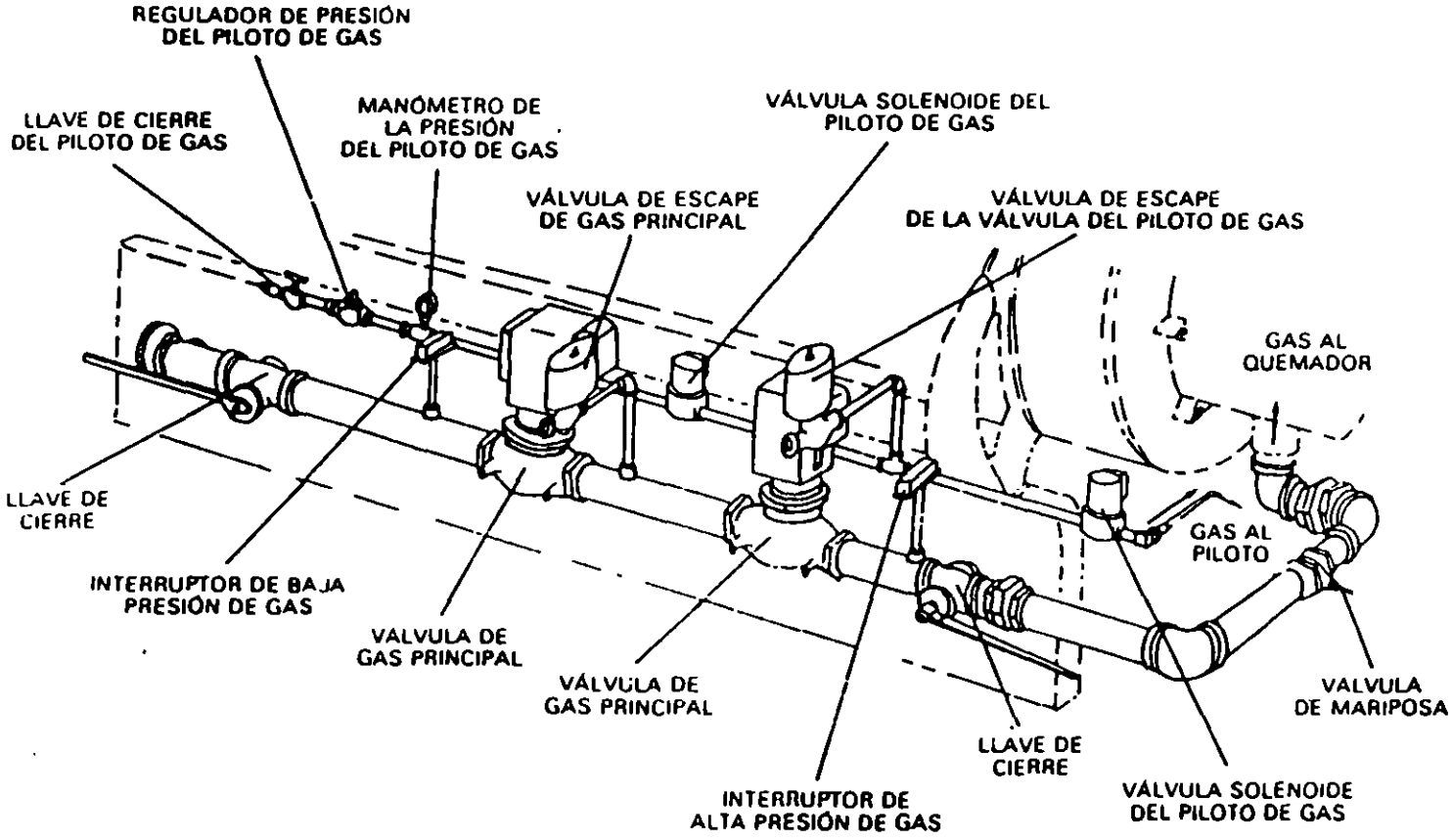
CONTROLES ELECTRICOS DE PRESION DE VAPOR

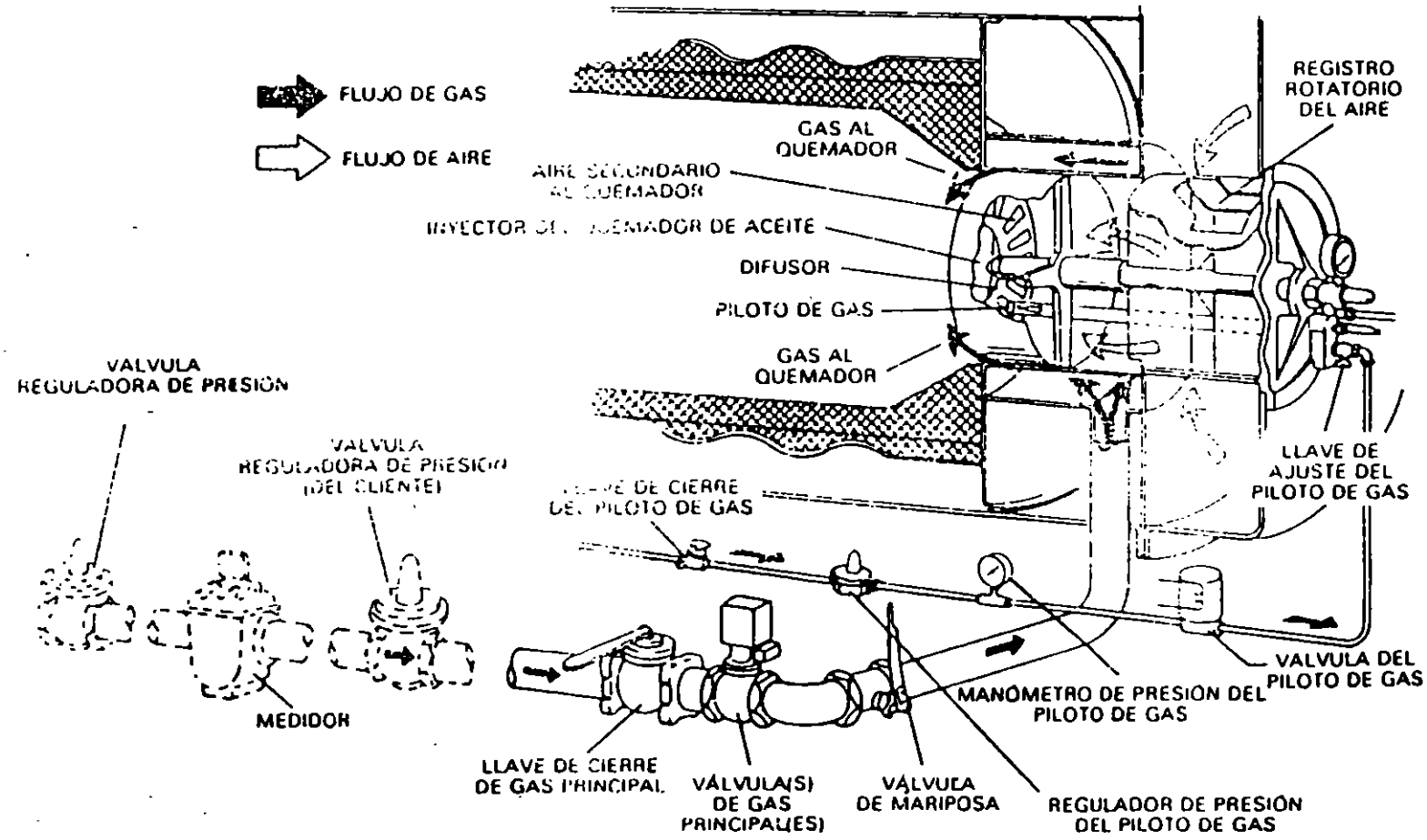
Los controles de presión del vapor son dispositivos eléctricos de seguridad, los cuales detectan la presión interior de la caldera. Son de posición normalmente cerrada. Al detectar la presión de ajuste, abren el circuito eléctrico y consecuentemente apagan el quemador. Estos aparatos tienen resortes calibrados o diafragmás que activan las cápsulas de mercurio. También tienen integrada una escala diferencial, la cual limita dentro de un diferencial de presión la elegida por el usuario. Su tapa de plástico permite observar su mecanismo interno de operación.

Generalmente se usa la marca HONEYWELL modelo L 404, tiene una ampolleta de mercurio y dos tornillos de ajuste. El del lado derecho se ajusta para que desconecte el quemador a la presión deseada y el del lado izquierdo se ajusta para que vuelva encender el quemador a diferencial sustractivo de presión elegida.



Vista interna de un control de presion (Presuretrol) L 404 de Honeywell


REGULADOR DE PRESIÓN DEL PILOTO DE GAS
LLAVE DE CIERRE DEL PILOTO DE GAS
MANÓMETRO DE LA PRESIÓN DEL PILOTO DE GAS
VÁLVULA SOLENOIDE DEL PILOTO DE GAS
VÁLVULA DE ESCAPE DE GAS PRINCIPAL
VÁLVULA DE ESCAPE DE LA VÁLVULA DEL PILOTO DE GAS
GAS AL QUEMADOR
LLAVE DE CIERRE
INTERRUPTOR DE BAJA PRESIÓN DE GAS
VALVULA DE GAS PRINCIPAL
VÁLVULA DE GAS PRINCIPAL
GAS AL PILOTO
VALVULA DE MARIPOSA
LLAVE DE CIERRE
INTERRUPTOR DE ALTA PRESIÓN DE GAS
VÁLVULA SOLENOIDE DEL PILOTO DE GAS


FLUJO DE GAS
FLUJO DE AIRE
REGISTRO ROTATORIO DEL AIRE
GAS AL QUEMADOR
AIRE SECUNDARIO AL QUEMADOR
INYECTOR DEL QUEMADOR DE ACEITE
DIFUSOR
PILOTO DE GAS
GAS AL QUEMADOR
VALVULA REGULADORA DE PRESION
VALVULA REGULADORA DE PRESION (DEL CLIENTE)
LLAVE DE CIERRE DEL PILOTO DE GAS
LLAVE DE AJUSTE DEL PILOTO DE GAS
VALVULA DEL PILOTO DE GAS
MANOMETRO DE PRESION DEL PILOTO DE GAS
MEDIDOR
LLAVE DE CIERRE DE GAS PRINCIPAL
VÁLVULA(S) DE GAS PRINCIPAL(ES)
VÁLVULA DE MARIPOSA
REGULADOR DE PRESION DEL PILOTO DE GAS

¿Quien dicta los Códigos de Control y Protección de Flama para los Quemadores en Calderas?
Resumen de Códigos que cubren aspectos de seguridad en quemadores. Los más conocidos son los siguientes:

INSTITUTO NACIONAL AMERICANO PARA NORMAS
AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE
(Requerimientos para Calderas para Combustión con Gas, de Vapor de Baja Presión y de Agua Caliente)

INSTITUTO NACIONAL AMERICANO PARA NORMAS
AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI)
(Requerimientos para Quemadores de Gas en Calderas Grandes y en Calentadores de Aire de Repuesto)

SOCIEDAD AMERICANA DE INGENIEROS MECANICOS
AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS (ASME)

ASOCIACION CANADIENSE PARA NORMAS
CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION

FACTORY MUTUAL

I.H.E.A./ASEGURADORES CONTRA RIESGOS INDUSTRIALES
I.H.E.A/INDUSTRIAL RISK INSURERS (FIA)

MUTUALISTAS PARA MEJORA CONTRA RIESGOS INDUSTRIALES
IMPROVED RISK MUTUALS

ASEGURADORES CONTRA RIESGOS INDUSTRIALES
INDUSTRIAL RISK INSURERS

SEGUROS DE KEMPER
KEMPER INSURANCE

ASOCIACION NACIONAL PARA PROTECCION CONTRA INCENDIOS-85
NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA-85)

ASOCIACION NACIONAL PARA PROTECCION CONTRA INCENDIOS-86
NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA-86)

UNDERWRITERS LABORATORIES, INC.

NORMAS MILITARES Y DEL GOBIERNO
MILITARY AND GOVERNMENT STANDARDS

RESUMEN COMPUESTO DE CODIGOS

El propósito de esta tabla es mostrar normas actuales principales y las recomendaciones de compañías de seguros. Para los pormenores, vea el número de forma a que se hace referencia en las columna de "Norma o Requerimiento".

NORMA O REQUERIMIENTO	TODOS LOS QUEMADORES DE PETROLEO (Gastos en Galones por hora)						QUEMADORES DE GAS - MECANICOS, ATMOSFERICOS O DE PREMEZCLA (Gastos en Millares de BTU por hora)				
	MENOS QUE 3	3-7	7-20	MAS DE 20	MAS DE 33 (Aprox. 100 CC)	MAS DE 83 (Aprox. 250 CC)	MENOS QUE 400	400-2,500	2,500-5,000	5,000-12,500	ARRIBA DE 12,500
UL 296 (70-8214) Quemador de Petróleo	→	→	→	→	→	→					
UL 795 (70-8214) Equipo para Calefacción con Gas								→	→	→	→
Factory Mutual (Hornos de Calderas) (70-8215)	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
Factory Mutual (Calentadores Locales) (70-8215)	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
Aseguradores Contra Riesgos Industriales (antiguamente F.I.A.) (70-8216)		→	→	→	→	→		→	→	→	→
Asociación Canadiense para Normas (70-8217)		→	→	→	→	→			3500[b]	10,000[b]	→
NFPA-85 (70-8220)						→					→
ANSI-Z83.3 (70-8220)								→	→	→	→
ANSI Z83.4 (70-8220)							→	→	→	→	→
Seguros de Kemper (70-8222)			→	→	→	→		1000	→	→	→
Mutualistas para Mejores contra Riesgo (70-8223)		→	→	→	→	→		→	→	→	→
ASME CSD-1 (70-8229)	→	→	→	→	→	[a]		→	→	→	[a]
ANSI Z21.13 (70-8257)							→	→	→	→	→
ANSI Z21.52 (70-8257)								400	→	6000	
ANSI Z21.69 (70-8257)							→				

[a] CSD-1 de ASME recomienda el uso de NFPA 85 arriba de 12,500,000 Btuh (aprox. 100 gph).

[b] Los requerimientos cambian a 3,500 y 10,000

REQUERIMIENTOS PARA CALDERAS CON COMBUSTION DE GAS Y DE PETROLEO

la SOCIEDAD AMERICANA DE INGENIEROS MECANICOS (ASME) se fundó en 1880. Es una sociedad profesional con un conjunto de miembros de como 65,000 ingenieros mecánicos, en que se incluyen como 7,000 estudiantes.

La ASME conduce investigación; desarrolla códigos de prueba para calderas y recipientes a presión, y para aplicaciones de energía; y sirve como patrocinador para el Instituto Nacional Americano para Normas (ANSI) en el desarrollo de códigos y normas para equipo. Mantiene, con otras sociedades de ingeniería una biblioteca de 180,000 volúmenes. Además del conjunto de miembros en el Comité Nacional de EE.UU. de la Comisión Electrotécnica Internacional, la ASME mantiene 15 comités para investigación.

Las Divisiones dentro de la ASME incluyen: El Grupo para Control de Contaminación del Aire; Control Automático en Mecánica Aplicada;Aviación y Espacio; Factores Biomecánicos y Humanos; Ingeniería en Diseño; Energía en Motores de Diesel y de Gas; Energética; Ingeniería en Fluidos; Turbina de gas; Transferencia de Calor; Incineradores; Lubricación; Dirección; Ingeniería en Manejo de Materiales; Ingeniería en Metales; Ingeniería Nuclear; Petróleo; Ingeniería y Mantenimiento en Instalaciones Febriles; recipientes y Tuberías de Presión; Industrias para Procesos; Ingeniería en Producción; Transportación por Rieles; Materiales de Hule y Plásticos; Seguridad; Aplicación de Energía Solar; y Tecnología Subacuática.

Esta hoja pone en resumen los requerimientos de la Norma de Seguridad de ASME No. CSD-1. *"Dispositivos de Control y Dispositivos de Seguridad para Calderas con Combustión Automática"*, con fecha de abril de 1976. El énfasis está en el material siguiente:

Parte CW- Aparatos de control del Lado del Vapor y del Lado del Agua, Unidad de más de 400,000 Btuh por Cámara de Individual de Combustión. Incluye Dispositivos automáticos para corte de bajo nivel de agua, aparatos de control sensibles al flujo, dispositivos de control de presión, e instrumentos de control de temperatura.

Parte CF- Aparatos de Control de Lado de la Combustión, Unidades de más de 400,000 Btuh por Cámara Individual de Combustión. Incluye aparatos de control de equipo, de purga, y de seguridad, y de arranque de bajo fuego para conjuntos de quemador con combustión de gas y de petróleo y las unidades que consumos en exceso de 400,000 Btuh ó 3 gal por hora (9.5 Caballos Caldera, 320 libras de vapor por hora, ó producción de 94 kW a la eficiencia de 80 por ciento).

Parte CR- Unidades para petróleo de 3 gph y más pequeñas. incluye aparatos de control del Lado de Vapor y del Lado del Agua y dispositivos de Seguridad, y aparatos de control del Lado de la Combustión.

La Norma de Seguridad ASME CSD-1 y el Resumen de Requerimientos de las páginas 2 y 3 no se aplican para-

- calderas con razones de consumo de combustible de 12,500,000 Btuh ó superiores las cuales caen dentro del alcance de NFPA No. 85, 85B, 85D, u 85E (vea Referencias en la cubierta posterior).
- calderas para abastecimiento de agua caliente con consumo directo de petróleo, gas, o electricidad si ellas no exceden de
  (1) consumo térmico de 200,000 Btuh.
  (2) temperatura de agua de 200 F (93 C), ó
  (3) capacidad nominal de contenido de agua de 120 galones.
- calentadores para agua los cuales son puestos en lista por una agencia para pruebas con reconocimiento nacional, tal como Underwriters Laboratories Inc., American Gas Association, etc.,

PROCEDIMIENTO PARA APROBACION

La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos no hace prueba de productos ni aprueba productos por su propio medio y, por eso, ningún procedimiento tiene para hacerlo así. En las ocasiones en que es necesario cumplir con norma de ASME, la autoridad que tiene la jurisdicción habrá establecido un procedimiento para el estudio y aprobación de los sistemas. Verifique con la autoridad apropiada durante la etapa de planeación de un proyecto para asegurar que todos los programas para presentaciones e inspección se puedan satisfacer.

Se deberá señalar que cualquier jurisdicción gubernamental tiene la autoridad sobre cualquier instalación particular. Las preguntas que traten de problemas de carácter local deberán dirigirse a la autoridad apropiada de cada jurisdicción.

RESUMEN DE REQUERIMIENTOS

Esta publicación se destina sólo a servir como una referencia conveniente para requerimientos de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos. Refiérase a la Norma de Seguridad de ASME No. CSD-1 para información adicional.

TIPO DE QUEMADOR Y CONSUMO	QUEMADOR DE PETROLEO				EQUIPO COMERCIAL/INDUSTRIAL PARA CALEFACCION CON GAS					
	CONSUMO MAXIMO DE QUEMADOR PRINCIPAL POR HORA				QUEMADOR CON TIRO MECANICO					
ESPECIFICACIONES PARA CONTROL Y SISTEMA	3 gph ó menos	MAS DE 3 gph HASTA 7 gph	MAS DE 7 gph HASTA 20 gph	MAS DE 20 gph	MAS DE 400,000 HASTA 2,500,000 Btuh	MAS DE 2,500,000 HASTA 5,000,000 Btuh	MAS DE 5,000,000 HASTA 12,500,000 Btuh	MAS DE 12,500,000 Btuh	QUEMADOR ATMOSFERICO	APARATOS DE CONTROL RECOMENDADOS
LAVAMIENTO/LIMITES										
Controlador (Temperatura ó Presión)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	L404A, L4006A L4008A, L411A, L408A, L604A, L6006A, PA404A, P455
Límite(s) Alto(s) 1 (Temperatura ó Presión)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	L404A,C; L4006A,E L4079
Presión Alta de Petróleo										L404T,W
Presión Baja de Petróleo										L404V,Y
Temperatura Alta de Petróleo		Sí-Debe Proveer Apagado de Seguridad								
Temperatura Baja de Petróleo		Sí-Debe Proveer Apagado de Seguridad								
Medio de Atomización (Vapor de agua o Aire)		Sí-Debe proveer Apagado de Seguridad Si el Envolvente se Abre								L404B
Acción con Tasa Rotatoria										Integral con el quemador
Grifo Manual Supervisor										
Presión Alta de Gas						Sí 20	Sí 20	Sí 20	13	C645B; C437D,G; C637B; C437H,J
Presión Baja de Gas						Sí 20	Sí 20	Sí 20	13	C645A; C437E,H; C637B; C437F,K

RESUMEN (continuación)

TIPO DE QUEMADOR Y CONSUMO	QUEMADOR DE PETROLEO				EQUIPO COMERCIAL/INDUSTRIAL PARA CALEFACCION CON GAS					
	CONSUMO MAXIMO DE QUEMADOR PRINCIPAL POR HORA				QUEMADOR CON TIRO MECANICO					
ESPECIFICACIONES PARA CONTROL Y SISTEMA	3 gph ó menos	MAS DE 3 gph HASTA 7 gph	MAS DE 7 gph HASTA 20 gph	MAS DE 20 gph	MAS DE 400,000 HASTA 2,500,000 Btuh	MAS DE 2,500,000 HASTA 5,000,000 Btuh	MAS DE 5,000,000 HASTA 12,500,000 Btuh	MAS DE 12,500,000 Btuh	QUEMADOR ATMOSFERICO	APARATOS DE CONTROL RECOMENDADOS
Exceso en carrera de sello de Válvula 4						Opcional 14	Sí	Sí	13	Integral con V4055D,E
Interruptor de Fuego Alto										Integral con M941C,D
Interruptor de Fuego Bajo										
Presión Alta de Horno										
Corte(s) por Bajo Nivel de Agua 1	Caldera 21	Cladera 21	Caldera 21	Caldera 21	Caldera 21	Caldera 21	Caldera 21	Caldera 21	13	RW7000
Cabezal de Combustión de Bisagra										Integral con el quemador
Supervisión de Aire de Purga					Sí se aplica	Sí	Sí	Sí		C645A,C,D: S437A; S637A; C437
Aire de Combustión con Prueba	12	12	12	Sí 8	Sí 17	Sí 17	Sí 17	Sí 21		
ventilador de Tiro inducido Arranca Antes que Ventilador de Tiro Forzado										Contacto arrancador auxiliar y/o C645, C437
Compuertas de Salida (cuando se usen)										Integral con el equipo
TREN DE VALVULAS PILOTO										
Válvula(s) Aprobada(s) de Cierre de Seguridad		18	18	18	Una	Una	Una	Una	Una	V4046C; V4036A,B V8046C; V8036A
Válvula Manual de Cierre		18	18	18	Una	Una	Una	Una	Una	
Válvula de Ventilación N.O.										
Reguladora de Presión de Gas		18	18	18	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
TREN DE VALVULAS PRINCIPALES										
Válvula(s) Aprobada(s) de Cierre de Seguridad		Dos 26	Dos 26	Dos 26	Sí 14	Sí 14	Sí 14	Sí 14	Sí 13 14	Gas: Vea Tabla 1

RESUMEN (continuación)

TIPO DE QUEMADOR Y CONSUMO	QUEMADOR DE PETROLEO				EQUIPO COMERCIAL/INDUSTRIAL PARA CALEFACCION CON GAS					
	CONSUMO MAXIMO DE QUEMADOR PRINCIPAL POR HORA				QUEMADOR CON TIRO MECANICO					
ESPECIFICACIONES PARA CONTROL Y SISTEMA	3 gph ó menos	MAS DE 3 gph HASTA 7 gph	MAS DE 7 gph HASTA 20 gph	MAS DE 20 gph	MAS DE 400,000 HASTA 2,500,000 Btuh	MAS DE 2,500,000 HASTA 5,000,000 Btuh	MAS DE 5,000,000 HASTA 12,500,000 Btuh	MAS DE 12,500,000 Btuh	QUEMADOR ATMOSFERICO	APARATOS DE CONTROL RECOMENDADOS
Válvula de Razón de Combustión						Sí	Sí	Sí	13	Solo Gas: V51E con M941; V9055 ó V4062 con V5055
Válvula(s) de Prueba de Fuga con Operación Manual					Sí 19	Sí 19	Sí 19	Sí 19	Sí 19	
Válvula Manual de Cierre					Dos	Dos	Dos	Dos	Dos	
Válvula de Ventilación N.A.								Sí 25	13	
Reguladora de Presión de Gas					Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
EQUIPO AUXILIAR										
Apagado Alarma en Quemador										
Analizador Combustibles/Oxígeno										
Controlador Razón de Combustión						Sí	Sí	Sí		L91, P455, L604, L6006, L6008, T675, T915, T991
Sistema de Adelanto-Retraso										
Sistema Control de Tiro										
ESPECIFICACIONES APROBADAS DE CONTROL Y DE SEGURIDAD										
Tiempo de Prepurga			90 seg 4	90 seg 4	90 seg 4				90 seg 3	S427B,C o integral
Cambios Aire de Prepurga		Cuatro 27	Cuatro 27	Cuatro4	Cuatro	Cuatro 4	Cuatro 4	Cuatro 4		Control Protección Contra Falla de Flama
Circuito para Probar Purga de Alto Fuego										

RESUMEN (continuación)

TIPO DE QUEMADOR Y CONSUMO / ESPECIFICACIONES PARA CONTROL Y SISTEMA	QUEMADOR DE PETROLEO				EQUIPO COMERCIAL/INDUSTRIAL PARA CALEFACCION CON GAS					APARATOS DE CONTROL RECOMENDADOS
	CONSUMO MAXIMO DE QUEMADOR PRINCIPAL POR HORA				QUEMADOR CON TIRO MECANICO				QUEMADOR ATMOSFERICO	
	3 gph ó menos	MAS DE 3 gph HASTA 7 gph	MAS DE 7 gph HASTA 20 gph	MAS DE 20 gph	MAS DE 400,000 HASTA 2,500,000 Btuh	MAS DE 2,500,000 HASTA 5,000,000 Btuh	MAS DE 5,000,000 HASTA 12,500,000 Btuh	MAS DE 12,500,000 Btuh		
Circuito de Arranque de Bajo Fuego				Sí 11		Sí 11	Sí 11	Sí 11	13	
Piloto Continuo					Opcional				Opcional	
Piloto Intermitente	Opcional				Opcional				Opcional	
Piloto Interrumpido		Sí	Sí	Sí ó 5	Opcional	Sí	Sí	Sí	16	
Piloto Probado	Opcional	Sí, si se usa	Sí, si se usa	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
Período Establecimiento de Flama Piloto		10 seg	10 seg	10 seg	15 seg	10 seg	10 seg	10 seg	13	
Ignición Directa de Chispa		Opcional	Opcional	Opcional						
Período Establecido Flama Principal	90 seg	15 seg	15 seg	10 ó 15 seg 5 7	15 seg	10 seg	10 seg	10 seg	22	
Supervisión Flama Principal		Sí	Sí	Sí		Sí	Sí	Sí	16	
Tiempo Respuesta Falla de Flama	90 seg	4 seg máx 15	4 seg máx	4 seg máx	4 seg máx	4 seg máx	4 seg máx	4 seg máx	4 seg máx	
Acción en Falla de Flama		Enclavamiento o Reciclo Una Vez 15	Enclavamiento o Reciclo Una Vez	Enclavamiento	Enclavamiento o Reciclo Una Vez	Enclavamiento	Enclavamiento	Enclavamiento	23	
Acción en Apertura Límite	Enmiento*	Enclavamiento	Enclavamiento	Enclavamiento	Enclavamiento	Enclavamiento	Enclavamiento	Enclavamiento	Enclavamiento	
Tiempo de Posterior a Purga				15 sec						
APARATO DE CONTROL Y SEGURIDAD APROBADO-RECOMENDACION	RA890 R8184 R8185 R8404 R4796 R7796	RA890 R7796 R8184 R8185 R8404	RA890 R7796 R8184 R8185 R8404	R4140L BC7000/ PM720L	R4796 R7796 R4140 BC7000/ PM720	R7796C,D R4140 BC7000/ PM720	R4140L BC7000/ PM720L	R4140L BC7000/ PM720L	RA890 R4796 R7796 R4140 BC7000/ PM720	

*Nota: Enmento = Enclavamiento

SSOV = Válvula de Cierre de Seguridad

1 En Calderas, se requiere reposición manual en acción límite; donde la reposición manual no está integral con el límite, se requiere indicación.
2 Requerido para todo los tipos de quemador con modulación o con combustión alta-baja que tienen consumos en exceso de 2,500,000 Btuh; y para todos los tipos con piloto Interrumpido.
3 Requerido si se usan compuertas automáticas de quemador; nada de prepurga requerida si los pasajes de aire son sin restricción.
4 Ó a 60 por ciento de apertura de compuerta con demostración tanto de apertura de compuerta como de flujo de aire.
5 Arranque de bajo fuego demostrado, limitado a 20 gph máx., se puede usar en lugar de Piloto Interrumpido.
6 requerido si la bomba de petróleo no es integral con eje de motor del quemador; apagado de seguridad si la presión está afuera de los límites. Se debe proveer apagado de seguridad.
7 10 seg para petróleo No.2 y no.4; 15 seg para petróleo No. 5 y No. 6.
8 Apagado de seguridad y enclavamiento se establecerá en el caso de pérdida de aire de combustión.
9 El interruptor de carrera en exceso de sello de válvula puede conectarse ya sea dentro del circuito de arranque o del circuito de enclavamiento de preignición (si existe provisto).
10 Para sistemas con precalentamiento.
11 Las unidades se equiparán con una compuerta de enclavamiento para encargarse con bajo fuego. sin embargo; los quemadores que son puestos en lista por una agencia para pruebas de reconocimiento nacional serán aceptables sin tal enclavamiento.
12 Requerido si los ventiladores no son integrales con el eje del motor del quemador, enclavamiento o reciclo una vez, en el caso de pérdida de aire de combustión.
13 Igual que quemadores de tiro mecánico.
14 Vea Tabla I para válvulas de gas principales.
15 Si se usa ignición intermitente, 15 seg. máx.; nada de reciclo permitido si se usa tiempo de respuesta de falla de flama de 15 seg.
16 Requerido para quemadores de modulación o de alto-bajo de más de 2,500,000 Btuh de consumo total, requerido para todos los quemadores de más de 5,000,000 Btuh de consumo total.
17 Se establecerá apagado de seguridad en el caso de pérdida de aire de combustión. Reciclo permitido una vez para quemadores con consumos de 2,500,000 Btuh ó menos).
18 El tamaño interno del tubo de /8 pulg ó más grande entre la SSOV de donde viene la corriente y la Válvula de Cierre para donde va la corriente. Cuando se provee dos SSOVes, se instalará una Válvula de Prueba de Fuga adicional después de la SSOV de donde vienen la corriente, o se harán otras provisiones de modo que cada SSOV se pueda probar independientemente de las otras.
20 El pago de seguridad mediante este límite puede ser efectuado ya sea por reposición manual o en el circuito límite programador.

REQUERIMIENTOS DE CORTE POR BAJO NIVEL DE AGUA (LWCO)

CALDERA PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA CALIENTE	CALDERA DE VAPOR DE BAJA PRESION (menos de 15 lb/pul²)	CALDERA DE VAPOR DE ALTA PRESION (más de 15 lb/pul²)	CALDERAS MINIATURA*	CALDERAS ELECTRICAS	CALDERAS DE RETORNO DE CONDESADO BOMBEADO
1- LWCO de Reposición Manual	1- LWCO de Reciclo Automático	1- LWCO Automático 1- LWCO de Reposición Manual	1- LWCO de Reciclo Automático	Igual que para calderas que consumen combustible	1- LWCO Automático 1- LWCO de Reposición Manual

*Una caldera miniatura está definida como una caldera que no excede de cualquiera de los límites siguiente: envolvente de diámetro interior de 16 pulg., superficie de calefacción de 20 pies², volumen total de 5 pies² y 100 lb/pulg² de presión de trabajo máxima permisible.

22 Igual que quemadores de tiro mecánico, excepto 30 seg. si la(s) SSOV(es) tiene(n) tiempo de apertura plena no menos de 25 seg.
23 Enclavamiento, o reciclo después de retraso de tiempo de 5 min. si los pasajes de aire están sin restricción (después de retraso de 90 seg. si se está usando una compuerta automática).
24 Las SSOVes deben ser capases de soportar sobrepresión de 10 por ciento más altas que la presión de alivio del dispositivo de alivio más cercano de donde viene la corriente.
25 Cuando con múltiple, la línea de ventilación común tendrá una área de sección recta no menor que el área de la línea de ventilación más grande más 50 pro ciento de las áreas de las líneas de ventilación adicionales. Para tamaños de líneas de ventilación de agua, vea la Nota a de la Tabla I.
26 Se requiere dos SSOVes o una y una válvula de corte de boquilla.
27 No se requiere prepurga si el motor del quemador y la bomba de petróleo están acopladas directamente.

TABLA I VALVULAS DE CIERRE DE SEGURIDAD PARA GAS PRINCIPAL AUTOMATICAS (SSOVes) PARA QUEMADORES DE TIRO MECANICO O ATMOSFERICOS

CONSUMO DE QUEMADOR / VALVULA	MAS DE 400,000 HASTA 2,500,000 Btuh	MAS DE 2,500,000 HASTA 5,000,000 Btuh	MAS DE 5,000,000 HASTA 12,500,000 Btuh	MAS 12,500,000 Btuh
Requerimiento de Válvula Principal	Una válvula clasificada para servicio de cierre de seguridad (SSOV). Tiempo de cerrar de 5 seg. máx.	Dos SSOVes en serie. Tiempo de cerrar 1 seg máx. Ó Una SSOV del tipo que incorpora un enclavamiento con exceso de carrera de sello de válvula. Tiempo de cierre 1 seg. máx.	Dos SSOVes en serie, una de las cuales incorpora un enclavamiento con exceso de carrera de sello de válvula. Tiempo de cierre 1 seg. máx.	Dos SSOVes en serie, una de las cuales incorpora un enclavamiento con exceso de carrera de sello de válvula. tiempo de cierre 1 seg. máx. Cuando el gas combustible tiene una gravedad específica de menos de 1.0 incluye una válvula de ventilación con operación eléctrica, normalmente abierta, de 3/4 pulg. o mayor, en una línea de ventilación entre las dos SSOVes.*
Válvula Recomendadas	V48/V88, ó V4055/V4062/ Actuador V9055 con Válvula V5055	Actuador(es) V4055/V4062/V9055 con Válvula(s) V5055- las combinaciones sean disponibles con el Enclavamiento con Exceso de Carrera de Sello de Válvula (demostración de cerradura de Válvula)		
Válvula de Ventilación	No requerida	No requerida	No requerida	No disponible con Honeywell

Tamaño interno de tubo para DIAMETRO en Pulg DE LA LINEA DE COMBUSTIBLE	Tamaño interno de tubo para DIAMETRO en Pulg DE LA LINEA DE VENTILACION
HASTA 1 1/2	3/4
2	1
2-1/2	1-1/2
3	1-1/4
4	2
5	2
6	2-1/2
8	3

TABLA II CONVERSION A UNIDADES SI (SISTEMA INTERNACIONAL)

Btuh	GAL POR HORA APROXIMADOS (petróleo)	KILOWATTS (kW)
400 millares	3	117.2
1.0 millones	7	293.1
2.5 millones	18	732.8
3.0 millones	20	879.3
5.0 millones	35	1465.5
12.5 millones	90	3663.8

NOTA: Consumo de 12.5 millones de Btuh a 80 por ciento de eficiencia es igual aproximadamente a 300 caballos caldera; 10,000 lb de vapor por hora; o producción de 3 megawatts

SOCIEDAD AMERICANA DE INGENIEROS MECANICOS (ASME)
OFICINAS EN

United Engineering center
345 East 47th Street
New York, New York 10017

Customer Service
22 Law Dr.
Box 2300
Fairfield, NJ 07007-2300

REFERENCIAS

Norma de seguridad de ASME CSD-1a, *"Aparatos de Control y Dispositivos de seguridad para Calderas con Combustión Automática"*, de fecha 17 de agosto de 1984.

Normas de la Asociación Nacional para la Protección contra Incendios (NFPA):

NFPA No. 85-1973, Hornos con quemadores para Combustión de Combustóleo y Gas Natural para Calderas de Tubos de Agua.

NFPA No. 85B-1974, Hornos de Calderas de Múltiple Quemador para Combustión de Gas Natural.

NFPA No. 85D-1974, Hornos de Calderas de Múltiple Quemador para Combustión de Combustóleo..

NFPA No. 85E-1974, Hornos de Calderas de Múltiple Quemador para Combustión de Carbón Pulverizado.

Norma Nacionales Americanas:

ANS B136.1, Norma de Seguridad de Aparatos de Control de Límite

ANS Z21.13, Calderas de Vapor de Baja Presión y Calderas de Calefacción de Agua caliente con Combustión de Gas.

ANS Z21.22, Válvulas de Alivio y Dispositivos Automáticos de Cierre de Gas para Sistemas de Abastecimiento de Agua Caliente.

ANS Z21.52, Calderas de Fogón Simple con Combustión de Gas.

ANS Z21.56, Calentadores de Piscinas con Combustión de Gas.

ANS Z21.59, Calderas de Vapor de Alta Presión y Calderas para Agua caliente con Combustión de Gas (consumo de No más de 400,000 BTU por hora).

ANS Z95.1, (NFPA 31), Equipo para Combustión de Petróleo.

ANS Z223.1 (NFPA 54), Código Nacional para Gas Combustible.

Norma para Seguridad de Underwriters Laboratories Inc.:

UL 296- Quemadores de Petróleo

UL 726- Conjuntos de Calderas para Combustión de Petróleo

UL 732- Calentadores de Agua de Tanque de Almacenamiento con Combustión de Petróleo.

UL 795- Equipo de Calefacción - Gas Industrial - Comercial.

Requerimientos para Tensión de Abastecimiento:

CSD-1 ASME, página 10, Parte CE, Artículo 1, Requerimientos Eléctricos, CE-100, parr. (c)- El abastecimiento de energía para el sistema de control eléctrico será a partir de un circuito ramal de dos alambres que tiene un conductor puesto a tierra; de otro modo, se proveerá un transformador de aislamiento con un secundario de dos alambres. Cuando se provee un transformador de aislamiento, un lado del devanado secundario será puesto a tierra. El voltaje de control no excederá de 150 volts nominales, de línea a línea.

1. Un lado de todas las bobinas se ubicará electricamente en el lado puesto a tierra del circuito. Todas los interruptores, conectados, y dispositivos de corriente anormalmente alta se ubicarán electricamente en el lado no puesto a tierra o lado "conectado electricamente a una fuente de voltaje" del circuito.

RECOMENDACIONES PARA HORNOS DE CALDERAS CON COMBUSTION DE GAS Y PETROLEO

ASEGURADORES CONTRA RIESGOS INDUSTRIALES (antiguamente F.I.A.) está compuesto de compañías de seguros que proveen indemnización por daño causado por peligros tales como fuego, explosión, y tempestad. Para auxiliar a sus tenedores de pólizas, Aseguradores Contra Riesgos Industriales provee un servicio de ingeniería de consulta. Parte de este servicio es el desarrollo de recomendaciones las cuales sirven como normas para los mismos Aseguradores Contra Riesgos Industriales y como guías para sus tenedores de pólizas.

Aseguradores Contra Riesgos Industriales aceptan sistemas e instalaciones. No aprueban o prueban componentes de sistemas, sino cuentan con las listas de Unterwriters Laboratories Inc.

El interés de Aseguradores Contra Riesgos Industriales con las calderas que consumen combustibles se limita comúnmente a la prevención de explosiones en hogares. Aseguradores Contra Riesgos Industriales recomiendan a sus tenedores de pólizas que se provean protecciones para la combustión en calderas nuevas según se delínea en "Dirección de Quemadores para Hornos de Calderas de Quemador Sencillo para

Consumo de Gas y para consumo de Petróleo".

Los requerimientos que se resumen aquí se aplican generalmente a quemadores con consumos de 400,000 Btuh ó 3 gal de petróleo por hora, ó 12 Caballos y menos de 300 Caballos (aproximadamente 12,500,000 Btuh ó 10,000 lb de vapor de hora). Para unidades más grandes, refiérase a NFPA 85.

Cuando una compañía aseguradora está planeado una instalación, se deberá consultar a Aseguradores Contra Riesgos Industriales tan pronto en el procedimiento como sea posible. Las especificaciones del sistema, al ser terminadas, deberán ser estudiadas por Aseguradores Contra Riesgos Industriales. El ingeniero puede obtener del cliente el nombre y ubicación del representante de Aseguradores Contra Riesgos Industriales que presta servicios a las instalaciones fabriles.

Antes de que se comience la construcción o que el equipo existente es remodelado, los dibujos de trabajo terminados, con inclusión de las partidas siguientes para la instalación sujeta a consideración, se deberán enviar a Aseguradores Contra Riesgos Industriales (F.I.A.):

- Ubicación de la instalación dentro del edificio

- Construcción de la caldera

- Disposición de tuberías de combustible

- Arreglo de quemadores, encendedores, válvulas de cierre, y de otros aparatos de control de seguridad.

- Diagramas de alambrado de tipo escalera o de línea sencilla de los aparatos de control de seguridad, que incluyen descripción de los enclavamientos y la serie consecutiva de operación.

- Información completa de modelos del fabricante junto con los límites específicos de operación.

- Información completa sobre sistemas de aire primario y secundarios, que incluyan arreglo de ductos, capacidades de ventiladores, compuertas , y otro equipo de regulación.

- Instrucciones de operación completas, con inclusión de procedimientos para serie consecutiva de operación, arranque, y apagado normal, y procedimientos para apagado de emergencia.

Una forma especial de Aseguradores Contra Riesgos Industriales, "Datos de Diseño

de Caldera Industrial", se debe llenar bien y enviar incluida con los dibujos de trabajo para las instalaciones de trabajo para todas las instalaciones de calderas.

Si un fabricante ha desarrollado un sistema de control de norma, éste se deberá presentar a Aseguradores Contra Riesgos Industriales para su estudio. Si está en conformidad general con las normas actuales, la aceptación es obtenible, sujeta a las condiciones de la instalación. La aceptación de este sistema en instalaciones subsecuentes requerirá todavía el examen de las condiciones locales. Un fabricante que requiera tales aceptaciones se deberá poner en contacto con una de las oficinas regionales de Aseguradores Contra Riesgos Industriales.

CONTRATISTA PARA INSTALACION

El contratista hará que Aseguradores Contra Riesgos Industriales estudien los planes de trabajo antes de que se inicie la instalación. Esto es particularmente importante si no están pormenorizados las especificaciones de proposición y los planes. El contratista deberá obtener, del cliente o ingeniero, el nombre y dirección del representante de Aseguradores Contra Riesgos Industriales con quién hará contacto.

RESUMEN DE RECOMENDACIONES

Esta publicación se destina sólo a servir como una referencia conveniente respecto a las recomendaciones de Aseguradores Contra Riesgos Industriales. refiérase a las publicaciones oficiales citadas para información adicional.

TIPO DE HORNO DE CALDERA / ESPECIFICACIONES PARA CONTROL Y SISTEMA	HORNOS DE CALDERAS CON QUEMADOR SENCILLO						CALDERAS SECCIONALES DE HIERRO COLODA CON COMBUSTION DE GAS	CALENTADORES DE AIRE DE REPOSICION CON COMBUSTIBLE DIRECTA DE GAS	APARATOS RECOMENDADOS
	CALDERAS MANUALES		CALDERAS SEMIAUTOMATICAS		CALDERAS AUTOMATICAS				
	GAS	PETROLEO	GAS	PETROLEO	GAS	PETROLEO			
ENCLAVAMIENTOS/LIMITES									
Controlador (Temperatura ó Presión)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	L404A, L4006A L4008A, L411A L408A, L604A, L6006A, PA404A, P455
Límite(s) Alto(s) (Temperatura ó Presión)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	L404A,C;L4006A,E L4079
Presión Alta de Petróleo									L404T,W
Presión Baja de Petróleo		Sí		Sí		Sí			L404V,Y
Temperatura Alta de Petróleo		Sí 14		Sí 14		Sí 14			
Temperatura Baja de Petróleo		Sí 14		Sí 14		Sí 14			
Medio de Atomización (Vapor de Agua o Aire)		Sí		Sí		Sí			L404B
Acción con Tasa Rotatoria		Sí		Sí		Sí			Integral con el Quemador
Grifo Manual Supervisor 6									
Presión Alta de Gas	Sí		Sí		Sí		Sí	Sí	C645B;C437D,G; C637B,C437H,J
Presión Baja de Gas	Sí		Sí		Sí		Sí	Sí	C645A;C437E,H; C637B;C437F,K
Exceso en Carrera de Sello de Válvula 6									Integral con V4055D, E
Interruptor de Fuego Alto	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí			Integral con M941C, D
Interruptor de Fuego Bajo	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí			
Presión Alta de Horno									
Corte(s) por Bajo Nivel de Agua	Una	Una	Una	Una	Una	Una	Una		RW700
Cabezal de Combustión de Bisagra									Integral con el Quemador
Supervisión de Aire de Purga	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	7	Sí	C645A, C, D; S437A; S637A; C437
Aire de Combustión con Prueba	Sí 2	Sí 2	Sí 2	Sí 2	Sí 2	Sí 2	Sí 2 7	Sí	
Ventilador tipo Inducido Arranca Antes que Ventilador de Tiro Forzado									Contacto arrancador auxiliar y/ó C645, C437
Compuertas de Salida (cuando se usan)									Integral cr[illegible] Equipo

RESUMEN (continuación)

TIPO DE HORNO DE CALDERA / ESPECIFICACIONES PARA CONTROL Y SISTEMA	HORNOS DE CALDERAS CON QUEMADOR SENCILLO						CALDERAS SECCIONALES DE HIERRO COLODA CON COMBUSTION DE GAS	CALENTADORES DE AIRE DE REPOSICION CON COMBUSTIBLE DIRECTA DE GAS	APARATOS RECOMENDADOS
	CALDERAS MANUALES		CALDERAS SEMIAUTOMATICAS		CALDERAS AUTOMATICAS				
	GAS	PETROLEO	GAS	PETROLEO	GAS	PETROLEO			
TREN DE VALVULAS PILOTO									
Válvula(s) Aprobada(s) de Cierre de Seguridad	Sí 3 13	3	Sí 3	3	Sí 3	3	3	3	V4046C; V8046C
Válvula Manual de Cierre	Sí		Sí		Sí				
TREN DE VALVULAS PILOTO									
Válvula(s) Aprobada(s) de Cierre de Seguridad	Dos 9	16	Dos 9	16	Dos 9	16	Dos	Dos	Gas: Vea Tabla I
Válvula de Presión de Gas	Opcional	Sí	Opcional	Sí	Opcional	Sí	Opcional	Sí	Sólo gas: V51E con M941; V9055 ó V4062 con V5055
Válvula(s) de Prueba de Fuga con Operación Manual	Sí 12		Sí 12		Sí 12		Sí 12	Sí 12	
Válvula Manual de Cierre	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
Válvula de Ventilación N.A.	Sí		Sí		Sí		Sí	Sí	
Reguladora de presión de Gas	Sí 12		Sí 12		Sí 12		Sí	Sí	
Equipo Auxiliar									
Apagado de Alarma en Quemador	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
Analizador Combustibles/Oxígeno 8									
Controlador Razón de Combustión				Sí		Sí			L91, P455, L604, L6008, L6008, T675, T915, T991
Sistemas de Adelanto Retraso									
Sistemas de Control de Tiro									
ESPECIFICACIONES APROBADAS DE CONTROL Y SEGURIDAD									
Tiempo de Prepurga							5		S427B,C ó integral con Aparato de Control Protección Contra Falla de Flama
Cambios Aire de Prepurga	Cuatro 8	Cuatro 8	Cuatro 8	Cuatro 8	Cuatro 8	Cuatro 8	Cuatro	Cuatro	
Circuito para Probar Purga de Alto Fuego					Sí	Sí			
Circuito de Arranque de Bajo Fuego	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí 1	Sí 1	
Piloto Continuo							Sí		
Piloto Intermitente			17	17					
Piloto Interrumpido			Sí	Sí	Sí	Sí		Preferido	

RESUMEN (continuación)

TIPO DE HORNO DE CALDERA / ESPECIFICACIONES PARA CONTROL Y SISTEMA	HORNOS DE CALDERAS CON QUEMADOR SENCILLO						CALDERAS SECCIONALES DE HIERRO COLODA CON COMBUSTION DE GAS	CALENTADORES DE AIRE DE REPOSICION CON COMBUSTIBLE DIRECTA DE GAS	APARATOS RECOMENDADOS
	CALDERAS MANUALES		CALDERAS SEMIAUTOMATICAS		CALDERAS AUTOMATICAS				
	GAS	PETROLEO	GAS	PETROLEO	GAS	PETROLEO			
Piloto Probado 4	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
Período Establecimiento Flama Piloto	10 seg	10 seg	10 seg	10 seg	10 seg	10 seg	10 seg	10 seg	
Ignición Directa de Chispa									
Período Establecimiento de Flama Principal	15 seg	15 seg	15 seg	15 seg	15 seg	15 seg	15 seg	15 seg	
Supervisión Flama Principal 10	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Preferido	Preferido	
Tiempo Respuesta Falla de Flama	2 a 4 seg	2 a 4 seg	2 a 4 seg	2 a 4 seg	2 a 4 seg	2 a 4 seg	2 a 4 seg	2 a 4 seg	
Acción en Falla de Flama	Enmiento.	Enmiento.	Enmiento.	Enmiento.	Enmiento.	Enmiento.	Enmiento.	Enmiento.	
Acción en Abertura Límite	Enmiento.	Enmiento.	Enmiento.	Enmiento.	Enmiento.	Enmiento.	Enmiento.	Enmiento.	
Tiempos Posteriores a Purga									
APARATO DE CONTROL Y SEGURIDAD RECOMENDADO Y APROBADO	RA890H R4138C,D 15	RA890H R4138C,D 15	RA890H,J R4138C,D 15	RA890H,J R4138C,D 15	R4140L BC7000L/ PM720L	R4140L BC7000L/ PM720L	R7795C,D RA890H,J R4138C,D 15	R7795C,D R4140L BC7000L/ PM720L	

Nota: Enmiento. = Enclavamiento

SSOV = Válvula de Cierre de Seguridad

1 Cuando no se usa aparato de combustión con modulación, el arranque de bajo fuego se logra con guía de válvula caracterizada.
2 También satisfacen enclavamientos de arrancador de motor de quemador.
3 SSOVes dobles y válvula de ventilación en encendedores de gas de más de 120,000 Btuh.
4 Los encendedores requieren para encendido seguro deben ser de supervisión electrónica.
5 Cinco minutos para quemador de gas natural con compuertas.
6 Para instalaciones de quemador múltiple, se aplican requerimientos de NFPA. Consulte a la oficina de Aseguradores Contra todo Riesgos Industriales de su localidad.
7 Requerido si se provee asistencia mecánica.
8 A 60 por ciento.
9 Vea Tabla I para Válvulas de gas principales.
10 Se requieren protecciones de la combustión que provean autoverificación continua para calderas importantes o calderas que tengan períodos prolongados de operación con flama encendida.
11 Con ventilación.
12 Incluyen válvulas apropiadas de sangrado ubicadas en el lado para donde va la corriente de cada SSOV y un grifo macho lubricado y operación manual y ubicado para el lado va la corriente de ambas SSOVes. También se requiere conexión de prueba de presión del quemador en el extremo del tren de válvulas más cercano al quemador.
13 Si se usa soplete de gas demostrado, sólo se requiere una SSOV (y nada de válvula de ventilación).
14 Petróleo No. 4 a No. 6.
15 Se pueden requerir circuitos de control de tiempo externos.
16 Se deberán proveer dos SSOVes cuando quiera que se use combustóleo No. 2; también para otros grados de combustóleo cuando:
   (a) La Presión de petróleo que actua sobre el asiento de la válvula de cierre de seguridad excede de 125 lb/pulg^2, ó
   (b) La bomba de petróleo opera sin encendido de quemador de petróleo principal independientemente de la presión, ó
   (c) La presión de la bomba de un quemador de combinación de gas y petróleo opera durante operación de quemador de gas.
17 En ciertas circunstancias, se puede permitir encendedores intermitentes. Consulte a la Oficina de Aseguradores Contra Riesgos Industriales de su localidad.

TABLA I VALVULAS AUTOMATICAS PRINCIPALES DE GAS PARA CIERRE DE SEGURIDAD (SSOVes) PARA HORNOS DE CALDERAS SEMIAUTOMATICA O AUTOMATICA

TIPO DE CALDERA	CONSUMO DE QUEMADOR DE 400,000 Btuh Y DE MAS	SSOV-1 (Válvulas Recomendadas)	VALVULA DE VENTILACION (Normalmente Abierta)		SSOV-2 (Válvulas Recomendadas)
			NO DISPONIBLE CON HONEYWELL		
			Tamaño del tubo de Línea de combustible (pulg.)	Tamaño del tubo de Línea de Ventilación mínimo Requerido (pulg.)	
Caldera Manual ó Semiautomática	Dos SSOVes en serie con una válvula de ventilación normalmente abierta, con operación eléctrica, plenamente con pasaje de salida, entre las dos SSOVes. La SSOV del lado de donde viene la corriente debe ser del tipo de reposición manual. Tiempo de cierre 1 seg. máximo.	V4055F,G con válvula V5055	Hasta 1 1/2 2 2 1/2 a 3 3 1/2 4 a 5 5 1/2 a 6 6 1/2 a 7 1/2 8	3/4 1 1 1/4 1 1/2 2 2 1/2 3 3 1/2	Actuador V4055 con válvula V5055
Calderas Automáticas	Dos SSOVes en serie, con una válvula de ventilación normalmente abierta, con operación eléctrica, plenamente con pasaje de salida, entre las dos SSOVes. tiempo de cierre 1 seg. máximo.	Actuador V4055 con válvula V5055			

ASEGURADORES CONTRA RIESGOS INDUSTRIALES (ANTIGUAMENTE F.I.A.), OFICINAS EN REGIONALES

Eastern Regional Office
85 Woodland Street
Hartford, CT 06102

Western Regional Office
175 West Jackson Blvd.
Chicago, IL 60604

Pacific Regional Office
One Embarcadero Center
Suite 1809
San Francisco, CA 94111

DE CAMPO

Atlanta, GA
Baltimore, MD
Buffalo, NY
Boston, MA
Charlotte, NC
Cincinnati, OH
Cleveland, OH
Columbus, OH
Cranford, NJ
Detroit, MI
Grand Rapids, MI
Houston, TX
Indianapolis, IN
Kansas City, MO
Los Angeles, CA
Milwaukee, WI
Minneapolis, MN
Nashville, Tn
New York, NY
Philadelphia, PA
Pittsburgh, PA
Seattle, WA
St. Louis, MO
Syracuse, NY
EN ULTRAMAR
Brussels, Belgium
Sydney, Australia

REFERENCIAS

Dirección de Quemadores para Hornos de Calderas de Quemador Sencillo para Consumo de Gas y Consumo de Petróleo, Aseguradores Contra Riesgos Industriales, 1979.

Vea también NFPA-85 para Calderas más grandes de quemador sencillo; 85B, 85D y 85E para instalaciones de quemador múltiple; 86A para estufas, y 86B para hornos.

REQUERIMIENTOS DE VOLTAJE DE ABASTECIMIENTO
Recomienda requerimientos de NFPA: NFPA-85, Párr. 4661.- Cada circuito CA de control de seguridad tendrá dos alambres, un lado puesto a tierra, preferiblemente que no exceda de 120 volts nominales, y se protegerá con un fusible o interruptor automático conveniente solo en el lado conectado eléctricamente a una fuente de volante.

1. Aceptable .- La palabra "Aceptable" se usa en esta publicación para querer decir aceptable para Aseguradora Contra Riesgos Industriales.
2. Aprobado .- Al referirse a dispositivos, "aprobado" significará dispositivos que se han probado en forma segura y puesto en lista por un laboratorio de pruebas de fuego reconocido, tal como Underwriters Laboratories Inc., y encontrado conveniente para instalación y uso.

Procedimientos de Inspección y Reparaciones Mayores (National Board)

Expositores: **Ing. Manuel Cabrera Moreno**
Dr. Pedro Quinto Diez

PROCEDIMIENTO DE INSPECCION Y REPARACIONES MAYORES

P. QUINTO-DIEZ
SEPI/ESIME-IPN/COFAA
Unidad Profesional A. López Mateos.
Edif. 5,3er piso, Col. Lindavista
CP 07738; México, D.F.

M. CABRERA-MORENO
CMS INTERNATIONAL, S.A. de C.V.
Calz. de las Armas 122, Fracc. Industrial las Armas.
CP 54080; Tlalnepantla, Edo, Mex.

INTRODUCCION.

El establecimiento de los Procedimientos de Inspección y Reparaciones en Calderas y Recipientes a Presión es indispensable para asegurar la buena operación de éstos equipos.

Los criterios más completos en Inspección y Reparación en Calderas y Recipientes a Presión son los establecidos por el Consejo Nacional de Inspectores de Calderas y Recipientes a Presión (National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors). Esta es una organización que está compuesta por Jefes de Inspectores en estados y ciudades de los Estados Unidos y de Canadá, y tiene el propósito de promover una mayor seguridad a la vida y propiedades mediante acciones concertadas en la construcción, instalación, inspección y reparación de calderas y de otros recipientes a presión, así como de sus accesorios, asegurando con ello el cumplimiento del Código de Calderas y Recipientes a Presión de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME).

Los criterios que aqui se proporcionan, son extraidos del Manual de Inspección de Calderas y Recipientes a Presión, que es la adaptación de National Board Inspection Code, por parte del Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas.

1.PROPOSITO Y ALCANCE DEL CODIGO DE INSPECCION DEL CONSEJO NACIONAL.

El Código de Calderas y Recipientes a Presión de la ASME establece las reglas de seguridad que gobiernan el diseño, la fabricación y la inspección durante la construcción de calderas y recipientes a presión.

El propósito del Código de Inspección del Consejo Nacional es mantener la integridad de tales calderas y recipientes a presión después de que han sido puestos en servicio, proporcionando reglas y, principios para inspección después de la instalación, reparación, modificación y reasignación, ayudando a asegurar que estos equipos continúen utilizándose en forma segura.

Se reconoce que existe un Código de Inspección del Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute Inspection Code) API-510, que cubre inspección de mantenimiento, modificación, así como de procedimientos de reasignación para recipientes a presión, utilizado por las industrias de procesos químicos y del petróleo, el cual es aplicable en estas circunstancias especiales. La intención de este código de inspección es cubrir las instalaciones diferentes a las cubiertas por el API-510, a menos que las reglas jurisdiccionales indiquen otra cosa.

2. GLOSARIO DE TERMINOS

Con el propósito de aplicar las reglas del Código de Inspección del Consejo Nacional se hacen las definiciones de los siguientes términos:

2.1 <u>Modificación</u>

Es cualquier cambio en la parte descrita en el informe de Datos del Fabricante original, que afecte la capacidad de soportar presión en la caldera o recipiente a presión. Los cambios no físicos, tales como un incremento en la presión de trabajo máxima permisible (interna o externa) o de la temperatura de diseño de una caldera o recipiente a presión, serán considerados como una modificación. Una reducción de la temperatura mínima, tal que se requieran pruebas mecánicas adicionales, también será considerada una modificación.

2.2 **Codigo ASME.**

Es el código de Calderas y Recipientes a Presión de la ASME (The American Society of Mechanical Engineers Boiler and Pressure Vessel Code) publicado por esa Sociedad, incluyendo suplementos y casos de Código, aprobados por su consejo.

2.3 **Código de Inspección.**

Es el Código de Inspección del Consejo Nacional (National Board Inspection Code), publicado por el Consejo Nacional de Inspectores de Calderas y Recipientes a Presión (The National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors)

2.4 **Reparación.**

Es el trabajo necesario para restaurar una caldera ó recipiente a presión a una condición de operación segura y satisfactoria, siempre y cuando no haya ninguna desviación del diseño original

2.5 **Reasignación.**

Es el incremento de la presión de trabajo máxima permisible ó de la temperatura de una caldera o recipiente a presión, sin tomar en cuenta si se efectúa o no un trabajo físico en la caldera o recipiente a presión. La reasignación se considera como una modificación.

3. INSPECCION DE CALDERAS Y RECIPIENTES A PRESION.

La inspección de calderas y recipientes a presión según lo estipulado por regulaciones jurisdiccionales, se hará durante el tiempo de la instalación y en períodos regulares de ahí en adelante. Es esencial que las inspecciones sean correctas y completas.

El inspector deberá estar bien informado de las causas de accidentes, defectos y deterioro de calderas y recipientes a presión. Deberá ser consciente y extremadamente cuidadoso en sus observaciones, tomando el tiempo suficiente para hacer el examen completo en cualquier forma, sin tomar ninguna declaración como definitiva respecto a condiciones no observadas por él y, en caso de que la inspección no pueda realizarse en forma completa, deberá registrar esto en su informe y no aceptar como buena las declaraciones de otras personas.

3.1 Condiciones generales en la instalación.

El Inspector deberá hacer una observación cuidadosa de las condiciones de la instalación completa, como una guía para formar una opinión de la atención que equipo recibe el.

3.2 Precauciones antes de entrar a una Caldera ó Recipiente a Presión.

Antes de entrar a una caldera o recipiente a presión para inspección, el propietario ó usuario deberá asegurarse de que se pueda entrar al equipo en forma segura, que existe una ventilación adecuada en el interior y que está libre de vapores dañinos. En todos los casos, deberán seguirse las reglas de seguridad, así como las disposiciones locales aplicables. El Inspector deberá estudiar con el representante del propietario ó usuario, las precauciones de seguridad apropiadas que se van a tomar antes de entrar en el recipiente. Una persona responsable no deberá retirarse de la caldera o recipiente a presión, durante todo el tiempo que el Inspector esté en el interior.

3.3 Inspección externa de calderas.

3.3.1 Introducción.

La inspección externa de una caldera se llevará a cabo para determinar si está en una condición segura para operar.

3.3.2 Evidencia de Fuga.

Cualquier fuga de vapor de agua ó de agua, deberá investigarse. Las fugas que provengan de atrás del aislamiento de cubiertas, de soportes ó mamposterías, ó la evidencia de tales fugas, se deberá investigar perfectamente y se iniciará la acción correctiva necesaria.

3.3.3 Manómetros.

El inspector deberá observar la presión indicada en el manómetro y compararla con otro manómetro en el mismo sistema ó con un manómetro patrón, de ser necesario. El Inspector deberá observar la lectura durante otras pruebas; por ejemplo, la reducción de presión al probar el control de corte de combustible por bajo nivel de agua. Los manómetros defectuosos deberán reemplazarse de inmediato.

3.3.4 Indicador de nivel de Agua.

a. El Inspector deberá observar la purga en el indicador de nivel de agua en su forma normal, y deberá observar la rapidez del retorno del agua al indicador. Una respuesta lenta puede significar que exista obstrucción en las conexiones de la tubería a la caldera y se deberá tomar acción correctiva inmediata.

b. Durante la prueba del indicador de nivel de agua, las conexiones de agua o de vapor de agua se deberán purgar separadamente, para asegurar que ambas se encuentran libres. Se deberá hacer una comprobación para determinar que el operador tiene en cuenta la indicación exacta del nivel de agua en la caldera.

3.3.5 Válvulas de Seguridad y de Alivio y Seguridad.

a. A presiones no mayores de 400 psi (27.6 bar), las válvulas de seguridad deberán probarse permitiendo que la presión en la caldera se eleve hasta la presión de disparo, y luego dejarla bajar para comprobar la presión de disparo real, así como la purga. Si esto no es práctico, la válvula deberá probarse por parte del operario de la caldera para operación libre, mediante el uso de la palanca manual, siempre y cuando la presión de la caldera sea del 75% o más de la presión de operación. En el caso de varias válvulas de seguridad, la última es la única prueba práctica.

b. A presiones mayores de 400 psi (27.6 bar), se deben tener evidencias de que las válvulas fueron probadas a presión o desarmadas, rehabilitadas, probadas y de que la presión de disparo y la purga se verificaron cuando fue necesario, dentro de un período de tiempo aceptable para el Inspector. En forma alterna, el propietario ó usurario puede elegir hacer la prueba como se estipula en (a).

c. En donde la válvula tiene un tubo de descarga, el Inspector deberá determinar si el tubo de descarga está libre, de acuerdo a los requisitos del Código ASME.

d. Cuando la Inspección revela que alguna válvula de seguridad tiene fugas o que no está operando en forma apropiada, lo que se hace evidente por la falla al abrir y cerrar respectivamente, o que muestra signos de pegarse, la caldera se sacará de servicio y la válvula deberá ser reemplazada o reparada.

e. El Inspector deberá revisar la placa de identificación de la válvula de seguridad o de alivio y seguridad, para verificar que la presión de ajuste es correcta y que la capacidad es adecuada. El Inspector deberá también comprobar que sellan apropiadamente a las presiones de ajuste y de purga.

3.3.6 Controles de corte de Combustible por bajo nivel de Agua ó Controles de alimentación.

a. El Inspector deberá observar la prueba de estos controles después de que se haya abierto el drenaje y de que se haya observado la respuesta. Después de cerrar el drenaje, deberá verificar la rapidez de retorno a la situación normal, tal como el paro de la alarma, ó el paro de una bomba de alimentación. Una respuesta lenta puede significar que existe obstrucción en las conexiones de tubería a la caldera.

b. En el caso de que los controles, cuando se tengan, no operen o que el nivel de agua no sea indicado correctamente, la caldera deberá sacarse de servicio, hasta que se haya corregido esta condición insegura.

3.3.7 Tuberia, Conexiones y Accesorios.

a. El Inspector deberá realizar un examen cuidadoso de la tubería, a fin de asegurarse de que puede expedirse y que está soportada adecuadamente.

b. La tubería y accesorios de vapor y de agua, se examinarán en cuanto a evidencia de fuga. Se deberán corregir fugas u otros defectos. Para evitar golpe de ariete, la ubicación de las diferentes válvulas de cierre y drenaje, será tal, que el agua no se acumule cuando las válvulas sean cerradas.

c. Se deberá observar la evidencia de vibración excesiva y tomar acción correctiva.

d. La disposición de las conexiones entre las calderas individuales y el cabezal principal de vapor deberá ser observada especialmente, a fin de determinar si los cambios de posición en la caldera, por causa de asentamiento ó por otras causas, han introducido tensión excesiva en la tubería ó en las conexiones de la caldera.

3.3.8 Tuberia de Purga.

El Inspector deberá observar que el purgado de la caldera se realice en forma normal y deberá verificar la libertad de la tubería de expandirse o contraerse, y también asegurarse que no exista vibración excesiva.

3.3.9 Revisión de Bitacoras.

a. El Inspector deberá efectuar un estudio de los libros y de los registros de mantenimiento y de tratamiento de agua de alimentación de la caldera, para asegurarse de que se hayan llevado a cabo las pruebas adecuadas en la caldera y en los controles.

b. El usuario ó propietario deberá ser consultado con respecto a las reparaciones, y de haberlas, de que se hayan hecho desde la última inspección. Tales reparaciones deberán analizarse en cuanto a cumplimiento con los requisitos aplicables.

3.4 <u>Inspecciones Internas de Calderas de Potencia y de Calefacción.</u>

3.4.1 Introducción.

Normalmente las condiciones que debe observar por el Inspector son comunes tanto para calderas de potencia como de calefacción.

3.4.2 Preparativos y Precauciones de Seguridad para Inspección Interna.

"Cuando se va a preparar una caldera para inspección interna, no deberá extraerse el agua, sino hasta que la mampostería se haya enfriada suficientemente, para evitar algún daño a la caldera".

a. El usuario ó propietario deberá preparar la caldera para inspección interna de la manera siguiente:

1.- El sistema de ignición y de suministro de combustible deberán cerrarse bien.

2.- Toda el agua debe desalojarse y el lado de agua deberá lavarse perfectamente.

3.- Todas las placas de registros de hombre y de registros de mano, las de los tapones de limpieza, así como los tapones de inspección de las conexiones de agua deberán quitarse como lo solicite el Inspector. La caldera se enfriará y se limpiará adecuadamente.

4.- Cuando sea requerido por el Inspector, el aislamiento y el enladrillado se quitarán para determinar la condición de la caldera, de los cabezales, del horno, de los soportes y de otras partes.

5.- El manómetro de presión deberá desmontarse para su prueba a solicitud del Inspector.

6.- Toda fuga de vapor ó de agua caliente dentro de la caldera se evitará desconectando la tubería o válvula en el punto más conveniente.

7.- Antes de abrir el(los) registro(s) de hombre y de ingresar a cualquier parte de una caldera conectada a un cabezal común con otras calderas, se deben cerrar, identificar, y asegurar con candados, las válvulas requeridas de cierre del sistema de agua y vapor y abrir las válvulas de drenaje entre las dos válvulas cerrado. Después del drenado de la caldera, las válvulas de purga se deberán cerrar, identificar y asegurarse con candados. Opcionalmente, las líneas pueden taparse ó quitarse secciones de tubería.

b. El inspector no deberá ingresar a la caldera antes de que se asegure de que todas las precauciones de seguridad antes citadas se han llevado a cabo.

c. Si una caldera no se ha preparado adecuadamente para una inspección interna, el Inspector se negará a hacer la inpección.

3.4.3 Aislamiento y Enladrillado.

Normalmente no es necesario quitar el material de aislamiento, la mampostería ó partes fijas de una caldera para inspección, a menos que se sospechen defectos ó deterioro ó que se encuentren comúnmente en el tipo particular de caldera que se está inspeccionando.

3.4.4 Iluminación.

El Inspector se colocará tan cerca de las partes de la caldera como sea práctico, con el propósito de hacer el mejor examen posible. Para iluminación se usará de preferencia una lámpara de mano. Cuando se use una luz de extensión portátil en un espacio confinado, no deberá operarse a más de 12 volts.

3.4.5 Costras, Aceite, etc.

a. Todas las superficies de metal expuestas del lado del agua de la caldera, con depósitos causados por mal tratamiento de agua, por costras, aceite u otras sustancias, serán examinadas por el Inspector. El aceite o costra en los tubos de calderas acua-tubulares o en las placas que están expuestas al fuego de cualquier caldera, es particularmente dañino, ya que esto puede causar un efecto de aislamiento que trae como resultado el sobrecalentamiento, debilitamiento, causando posible falla del metal por abombamiento ó ruptura.

3.4.6 Superficies Expuestas al Fuego-Abombamiento y Ampollado.

a. Un abombamiento puede ser causado por sobrecalentamiento del metal, reduciendo así su resistencia y produciendo deformación por la presión dentro de la caldera.

b. Un ampollado puede ser causado por un defecto en el metal, tal como una mala laminación, donde el lado expuesto al calor se sobrecalienta, pero el lado opuesto mantiene su resistencia por el efecto de enfriamiento del agua de la caldera.

c. El sobrecalentamiento es una de las causas más serias del deterioro de una caldera. El efecto puede ser la oxidación de partes metálicas y causar posibles rupturas de partes sometidas a presión. Los tubos pueden llegar a dañarse por mala circulación, taponamiento de vapor o por depósitos de costras.

3.4.7 Grietas.

a. Las grietas pueden resultar por defectos que existan en el material durante el tiempo de construcción de la caldera. El diseño y las condiciones de operación también pueden causar grietas. Las grietas pueden ser causadas por fatiga del metal, por causa de una flexión contínua y pueden ser aceleradas por corrosión. Las grietas por fuego son causadas por diferencial térmico, cuando el efecto de enfriamiento del agua no es el adecuado para trasferir el calor que proviene de las superficies metálicas expuestas al fuego.

b. El Inspector deberá examinar las áreas donde es más probable que aparezcan grietas, tales como en las uniones que están entre los agujeros para tubos en los domos de calderas de tubos de agua, entre los agujeros para tubos, en el espejo de tubos de calderas de tubos de humo,o en cualquier brida donde puede haber flexión repetida de la placa durante la operación y alrededor de tubos soldados y de conexiones de tubos.

c. Cuando se sospeche de las existencia de grietas, puede ser necesario someter la caldera a prueba hidrostática, para determinar su localización. Como opción, puede ser posible localizar grietas mediante el uso de un método conveniente de examen no destructivo (NDE)

3.4.8 Corrosión.

a. La corrosión causa deterioro de las superficies metálicas. Puede afectar áreas grandes o puede localizarse en forma de picado. Un picado superficial y aislado no se considera serio si no está activo.

b. Las causas más comunes de corrosión en calderas, son la presencia de oxígeno libre y sales disueltas. Si se encuentra corrosión activa, el Inspector debe aconsejar al usuario ó propietario que obtenga asesoría competente con respecto a la acción a tomar.

c. Con el propósito de estimar el efecto de una corrosión grave sobre grandes áreas se deberá determinar el espesor del metal sano restante por el uso de equipo de ultrasónido o mediante barrenado.

3.4.9 Tubos de Humo.

a. Las superficies del lado del fuego en calderas horizontales de tubos de humo, normalmente se deterioran más rápidamente en los extremos más cercanos al fuego. El Inspector examinará los extremos de tubos para determinar si hay reducción sería de espesor. Las superficies de los tubos de calderas tubulares verticales son más fácilmente afectadas con el deterioro en los extremos superiores cuando están expuestas al fuego. El Inspector deberá examinar cuidadosamente estos extremos de tubos expuesto en el espacio de combustión, para determinar si existe una reducción seria del espesor.

b. El Inspector debe efectúar un examen completo en lo relativo al picado y a la corrosión en las superficies del lado del agua de los tubos. En calderas de tubos de fuego verticales la corrosión y el picado excesivo se advierten con frecuencia en y arriba del nivel de agua.

c. Toda la escama excesiva sobre la superficie del agua deberá ser removida antes de que la caldera vuelva a ponerse en servicio.

3.4.10 Tubos de Agua.

a. Las superficies deberán examinarse cuidadosamente para descubrir corrosión, erosión, abombamientos, grietas o cualquier evidencia de soldaduras defectuosas. Los tubos pueden adelgazarse por erosión producida por el golpeteo de partículas de combustible y cenizas en donde exista alta velocidad, o por la instalación o el uso inapropiado de sopladores de hollín. Una fuga en un tubo, con frecuencia causa corrosión o erosión en los tubos adyacentes.

b. En espacios restringidos del lado de fuego, tales como donde se usan tubos cortos o niples para unir domos o cabezales, hay una tendencia del combustible y la ceniza a alojarse en puntos de unión. Tales depósitos probablemente causen corrosión si se tiene humedad en esa zona. El área deberá limpiarse correctamente para ser examinada por el inspector.

3.4.11 Prueba Hidrostatica.

a. Si el Inspector requiere información adicional debido a fugas de una caldera o a la magnitud de un posible defecto, puede exigir que se efectúe una prueba hidrostática.

b. Para determinar la hermeticidad, la presión de la prueba hidrostática no necesita ser mayor que la presión de ajuste de la válvula de seguridad que tiene la calibración más baja.

c. La presión de prueba hidrostática no excederá de 1-1/2 veces la presión de trabajo máxima permisible (MAWP, siglas en inglés). Para la prueba, el resorte de la válvula de seguridad no debe comprimirse para evitar que la válvula se abra. La válvula o válvulas de seguridad deberá(n) ser removida(s) o cada disco se sostendrá cerrado mediante una mordaza de prueba. Puede utilizarse un dispositivo de tapón, proyectado para este propósito. La temperatura del agua usada para aplicar una prueba hidrostática no deberá ser menor que 70 F (21 C), y la temperatura máxima durante la inspección no deberá exceder de 120 F (49 C). Si una prueba es realizada a 1-1/2 veces la MAWP y el propietario especifica una temperatura mayor que 120 F (49 C) para esta prueba, la presión deberá reducirse hasta la MAWP y la temperatura hasta 120 F (49 C), para un examen preciso.

4. INSPECCIONES DE RECIPIENTES A PRESION

4.1 Introducción.

Hay numerosos tipos de recipientes a presión en uso, muchos de los cuales tienen múltiples funciones, presiones variables de operación, diseños y construcciones complejas. Estos pueden utilizarse para contener o procesar gases o líquidos que pueden tener diferentes grados de cualidades corrosivas o erosivas.

4.2 Inspección General.

El Inspector debe examinar cuidadosamente las superficies de envolventes y de las tapas, observando grietas, ampollas, abombamientos y otras evidencias de deterioro, prestando particular atención al faldón y a la fijación de soportes, así como a las regiones de rodillas de las tapas. Si se encuentra evidencia de deformación, puede ser necesario hacer una revisión detallada de los contornos reales o de las dimensiones principales y comparar estos contornos y dimensiones con los detalles del diseño original.

El Inspector debe revisar las juntas soldadas y las zonas adyacentes afectadas por el calor, en busca de grietas u otros defectos. El examen por partículas magnéticas o líquidos penetrantes, es un medio útil para hacer este exámen.

4.3 Técnicas de Inspección.

Las partes de un recipiente que deben de inspeccionarse con mayor cuidado, dependen del tipo de recipiente y de sus condiciones de operación. El Inspector se deberá familiarizar con las condiciones de operación y con las causas y características de defectos y deterioros potenciales.

El examen visual cuidadoso es el método de inspección más aceptado universalmente. Otros medios que pueden usarse para complementar la inspección visual incluyen: el examen con partículas magnéticas para grietas y otras discontinuidades alargadas en materiales magnéticos; examen con líquidos penetrantes fluorescentes o con tinturas para descubrir grietas, porosidades o agujeros pasantes que se extienden a la superficie del material y para delinear otras imperfecciones superficiales, en especial en materiales

no magnéticos; examen radiográfico, medición ultrasónica de espesores y detección de defectos; examen de corrientes parásitas; examen metalográfico; examen de emisión acústica; y por último, la prueba de presión.

La preparación superficial adecuada es importante para el examen visual apropiado y para la aplicación en forma satisfactoria de cualquier procedimiento auxiliar, como los antes mencionados. El tipo de preparación superficial depende de las circunstancias particulares, pero puede necesitarse el cepillado con alambre, cincelado, soplado con arena, esmerilado, o una combinación de todas estas operaciones.

4.4 Inspección Externa de Recipientes a Presión.

4.4.1 Introducción.

a. La inspección externa de los recipientes a presión se lleva a cabo para determinar si su condición es segura para operación continua.

b. En recipientes para procesos, en donde la corrosión es una consideración principal y en donde se efectúan exámenes periódicos para determinar el espesor de pared del recipiente, el Inspector deberá estudiar los registros de tales exámenes.

c. El inspector debe cerciorarse de que el recipiente esté estampado o marcado apropiadamente para cumplir con la sección aplicable del Código ASME.

d. El Inspector deberá revisar si existe tolerancia adecuada para expansión y contracción del recipiente sobre sus soportes, tal como la proporcionada por agujeros de pernos con ranura o soportes de silletas sin obstrucciones.

4.4.2 Manómetros.

El inspector deberá observar la presión indicada por el manómetro y compararla con otros manómetros del mismo sistema. Si el manómetro no está soportado sobre el mismo recipiente, deberá cerciorarse que el manómetro esté instalado de tal manera que indique correctamente la presión real del recipiente.

4.4.3 Válvulas de Alivio de Presión.

a. Cuando sea práctico, deberá(n) probarse la(s) válvula(s) de alivio de presión aumentando la presión de trabajo, hasta la calibración de la válvula, a fin de verificar la operación a la presión de ajuste. Si esto no es práctico, y la válvula está equipada con una palanca para probar el libre movimiento del vástago y del disco de la válvula, puede revisarse mediante el uso de la palanca de prueba. Esta prueba no se deberá realizar a menos que la presión en el recipiente sea al menos del 75% de la presión de ajuste de la válvula y que el contenido pueda descargarse con seguridad a la atmósfera, o que la descarga de la válvula se transporte por una tubería a un lugar seguro.

b. Muchos recipientes a presión contienen líquidos o gases que son peligrosos o costosos, con lo que se hacen imprácticas las pruebas de la(s) válvula(s) de alivio de presión en servicio. En estas condiciones, la válvula debe removerse del servicio en la ocasión de la inspección interna con la frecuencia que será acordada por el propietario y el Inspector.

c. Cuando la inspección revele la existencia de una válvula de alivio de presión defectuosa, el recipiente o recipientes que dependan de la válvula deberán ser puestos fuera de servicio, hasta que la válvula sea reparada o reemplazada, a menos que se hagan arreglos especiales aceptables para el Inspector, a fin de permitir la continuación de la operación del recipiente sobre una base temporal.

d. El Inspector deberá quedar convencido de que la capacidad de alivio de la(s) válvula(s) de alivio de presión del recipiente sea la adecuada y que la presión de trabajo y la capacidad de alivio requeridas estén estampadas en el cuerpo o placa de la válvula, como sea requerido en la sección aplicable del Código ASME.

4.4.4 Discos de Ruptura.

a. El Inspector deberá revisar los estampados en los discos de ruptura, con el objeto de asegurarse de que la presión y la temperatura de ruptura estampadas sean las correctas para las condiciones de servicio destinadas.

b. Cuando se instala un disco de ruptura entre el recipiente y una válvula de seguridad el espacio entre el disco de ruptura y la válvula deberá estar provisto de un manómetro de prueba, a fin de que se pueda descubrir fuga o ruptura.

c. Cuando se instala un disco de ruptura en el lado de salida de una válvula de seguridad, la válvula será de un diseño tal, que no falle en abrir a su presión de ajuste, independientemente de cualquier contrapresión que pueda acumularse

entre la válvula y el disco de ruptura. Además, el espacio entre la válvula y el disco de ruptura, deberá estar ventilado o drenado para evitar acumulaciones de presión por causa de una pequeña fuga de la válvula.

4.4.5 Controles de Seguridad.

Cualquier dispositivo o control instalado para seguridad del recipiente, deberá demostrarse al Inspector mediante operación o estudio de procedimientos y registros para verificación de operación correcta y apropiada.

4.4.6 Análisis de Bitacoras.

El Inspector deberá hacer un análisis de cualquier bitácora del recipiente a presión, registro de mantenimiento, registro de corrosión o cualquier otra prueba. El usuario o propietario deberá ser consultado con respecto a las reparaciones que se hayan hecho desde la última inspección. El Inspector deberá analizar tales reparaciones, para dictaminar si cumplieron con los requisitos aplicables.

4.5 <u>Inspecciones Internas de los Recipientes a Presión.</u>

4.5.1 Introducción.

Los recipientes a presión que contienen sustancias no corrosivas pueden requerir sólo de una inspección externa. Tales recipientes pueden no estar provistos con registros de hombre u otras aberturas de inspección. En estos casos, el Inspector puede aceptar examenes por métodos no destructivos, para determinar la condición del recipiente.

4.5.2 Modos de Deterioro y Fallas.

Los contaminantes en fluidos que se manejan dentro de los recipientes a presión, pueden reaccionar con los metales de tal forma que puedan causar corrosión.

Las variaciones de esfuerzos (tal como cargas cíclicas) en partes del equipo son comunes. Si el esfuerzo es alto y las variaciones son frecuentes, la falla de las partes pueden ocurrir por fatiga. Las fallas por fatiga en los recipientes a presión pueden también resultar por cambios cíclicos de temperatura y presión.

Los lugares en donde metales que tienen diferentes coeficientes térmicos de expansión son unidos por soldadura, pueden fácilmente ser afectadas por fatiga térmica.

El deterioro o deformación, puede ocurrir si el equipo está sujeto a temperaturas por encima de aquellas para las cuales se proyectó. Ya que el metal se vuelve más débil a altas temperaturas, tal deformación puede traer como resultado la falla, especialmente en los puntos de concentración de esfuerzos. Si se encuentran altas temperaturas, pueden ocurrir cambios en las propiedades estructurales y cambios químicos en los metales, los cuales pueden también debilitar permanentemente el equipo. Ya que la deformación depende del tiempo, de la temperatura y del esfuerzo, los niveles reales o estimados de estas cantidades, serán usados en todas las evaluaciones.

A temperaturas inferiores a las de congelación, el agua y las sustancias químicas manejadas en los recipientes a presión se pueden escarchar y causar fallas. Los aceros al carbono y de baja aleación fácilmente pueden ser afectados por falla frágil a temperaturas ambiente. Varias fallas se han atribuido a fractura frágil de aceros que fueron expuestos a temperaturas por debajo de su temperatura de transición y que también se expusieron a presiones mayores que el 20 por ciento de la presión de prueba hidrostática. Sin embargo, la mayoría de las fracturas frágiles han ocurrido durante la primera aplicación de un nivel partícular de esfuerzo (es decir, la primera hidro-prueba a sobrecarga). Por lo tanto, además de las condiciones excesivas de operación por debajo de la temperatura de transición, también se evaluará el potencial para una falla de una fractura frágil, cuando se hagan pruebas hidráulicas o neumáticas o al agregar otras cargas adicionales. Debe presentarse atención especial a los aceros de baja aleación (particularmente a los de 2-1/4 por ciento Cr,1 por ciento-Mo) puesto que están propensos a fragilización por revenido [La fragilización de revenido se define como una pérdida de ductibilidad a causa de tratamiento térmico posterior a soldadura o servicio de alta temperatura, arriba de 700 F (371 C)].

Otras formas de deterioro incluyen pero no se limitan a grafitización, ataque de hidrógeno a alta temperatura, precipitación de carburo, ataque irregular y fragilización. El deterioro puede ser también causado por fuerzas mecánicas, tales como choque térmico, cambios cíclicos de temperatura, vibración, ondas de presión, temperatura excesiva, cargas externas y material y fabricación defectuosos.

4.5.3 Corrosión.

La corrosión es una de las condiciones más comunes encontradas en los recipientes de presión. Cuando se perciba corrosión activa o excesiva, se deberán tomar acciones correctivas.

4.5.4 Erosión.

El inspector deberá observar cualquier acción causada por abrasivos y corrientes de alta velocidad, las cuales puedan causar erosión en las superficies del metal.

4.5.5 Abolladuras.

Las abolladuras en un recipiente son deformaciones causadas cuando llegan a estar en contacto con algún objeto obtuso, de tal manera que el espesor del metal es disminuido materialmente. En algunos casos, una abolladura puede repararse mediante la acción mecánica de empujar para afuera la deformación.

4.5.6 Deformación.

Los recipientes serán examinados respecto a indicaciones visuales de deformación. Si se sospecha la deformación, se revisarán las dimensiones de extremo a extremo de los recipientes para determinar extensión y seriedad de la deformación.

4.6 Preparación y Precauciones de Seguridad para Inspección Interna.

Cuando se va a efectuar una inspección interna, el propietario o usuario, preparará el recipiente como sea considerado necesario por el inspector. Normalmente esto incluye lo siguiente:

a. Cuando el recipiente opera a alta temperatura, el recipiente se deberá dejar enfriar a una velocidad tal que evite algún daño al recipiente.

b. El recipiente deberá ser drenado de todo líquido y deberá ser purgado de cualquier gas tóxico inflamable o de otros contaminantes que estén contenidos dentro del

recipiente. La ventilación mecánica, como un soplador o ventilador para aire nuevo, será puesta en marcha después de la operación de purga y se mantendrá hasta que todas las bolsas de "aire muerto" que puedan contener gas tóxico, inflamable o inerte sean eliminadas.

c. Los tapones y cubiertas de inserción deberán removerse como lo exija el inspector, con el fin de permitir un examen completo de las superficies interiores.

d. El recipiente deberá estar suficientemente limpio para permitir la inspección visual de todas las superficies internas y externas del material base expuesto.

e. Cualquier manómetro instalado deberá removerse para probarse, si el inspector no tiene alguna otro información para evaluar su exactitud.

f. La válvula de alivio de presión deberá removerse para probarla, si el inspector tiene razón para dudar de su efectividad o no tiene alguna otra información para evaluar su operación apropiada.

g. Cuando un recipiente está conectado en un sistema donde existe presencia de líquidos o gases, el recipiente se aislará con cerrar, membretar y poner candados a las válvulas de cierre. Cuando están involucrados materiales tóxicos o inflamables, la seguridad adicional puede requerir remoción de secciones de tubería o tapar algunas líneas de tubería, antes de cualquier ingreso al recipiente. Los medios de aislar el recipiente que se va a inspeccionar serán los aceptables para el inspector.

h. En el caso de un recipiente tipo rotatorio o uno que cuente con partes móviles, se deben tomar precauciones adicionales de seguridad, tales como remoción de fusibles, eliminación de controles y bloques o de partes móviles, antes del ingreso al recipiente.

i. Antes de ingresar a un recipiente que contenía gases tóxicos o inflamables o una atmósfera inerte, el recipiente deberá ser probada por una persona calificada a fin de determinar la integridad de la atmósfera del recipiente utilizando instrumentos indicadores apropiados.

En todos los casos de ingreso al recipiente, se deberá efectuar una prueba de contenido de oxígeno. El inspector no permitirá el ingreso o que permanezca en el mismo, a menos que el contenido de oxígeno esté entre 19 y el 23% del volumen. La ventilación deberá continuar si el contenido de oxígeno está afuera de los límites.

El personal deberá usar ropa de protección que sea adecuada para las

condiciones del interior del recipiente, si las condiciones justifican su uso. Si se juzga necesario, también deberán estar disponibles equipo de respiración y una cuerda.

Afuera del recipiente, una persona responsable mantendrá contínuamente contacto visual y verbal con el inspector que esté dentro del recipiente y deberá estar en condiciones de responder a cualquier comportamiento raro.

j. Si el recipiente no ha sido preparado apropiadamente para una inspección interna el inspecto deberá declinar hacer la inspección.

4.6.1 Aislamiento y Forros.

Normalmente, no es necesario remover el material de aislamiento o forro para una inspección, a menos que se sospeche de defectos o deterioros, que se encuentran comúnmente en recipientes del tipo o uso particular que se inspecciona.

4.6.2 Iluminación.

El Inspector se aproximará tanto como sea práctico a las partes del recipiente, tanto internas como externas, para hacer el mejor examen posible. Para alumbrado, se usará de preferencia una lámpara de mano. Cuando se use una extensión de luz portátil en espacios confinados, no deberá operarse a más de 12 volts.

4.6.3 Manómetros.

a. Cuando el Inspector lo requiera, la exactitud de los manómetros que son necesarios para la operación segura del recipiente, se deberá verificar, comparando las lecturas con las de un manómetro patrón o con un probador de pesos muertos.

b. El inspector deberá asegurarse de que todos los conductos de flujo estén libres de material extraño y otras obstrucciones.

4.6.4 Discos de Ruptura.

El inspector deberá verificar que los estampados de los discos de ruptura reúnan los requisitos de la sección aplicable del Código ASMEy de las condiciones de servicio.

4.6.5 Soportes.

Si el inspector lo requiere, las fijaciones de patas, silletas, faldones y otros soportes, deberán examinarse en cuanto a deformaciones o grietas en la soldaduras.

4.6.6 Pruebas de Presión.

a. Cuando exista duda respecto a la extensión de un defecto o condición de detrimento encontrado en un recipiente a presión, el inspector puede exigir una prueba de presión. Normalmente, una prueba de presión no es necesaria como parte de una inspección periódica. Sin embargo, se hará una prueba cuando se descubran por inspección, formas de deterioro raras y dificiles de evaluar, que posiblememte afecten la seguridad de un recipiente; también después de ciertas reparaciones.

b. Para determinar la hermeticidad, la presión de prueba no necesita ser mayor que la presión de ajuste de la válvula de alivio de presión que tiene la calibración más baja.

c. La prueba de presión no deberá exceder de 1-1/2 veces la presión de trabajo máxima permisible, ajustada por temperatura. Cuando la presión de prueba original incluye la consideración de tolerancia de corrosión, la presión de prueba debe ajustarse aún más, sobre la base de la tolerancia de corrosión restante.

d. La temperatura de agua usada para efectuar una prueba hidrostática no deberá ser menor a 60 F (15.6 C), a menos que el propietario provea información sobre la características de dureza del material de recipiente para la acepta bilidad de una temperatura de prueba más baja.

   La temperatura no deberá exceder de 120 F (49 C), a menos que el propietario especifique el requerimiento para temperatura de prueba más alta. Si la prueba se conduce a 1-1/2 veces la MAMP y el propietario especifica una temperatura mayor que 120 F (49 C), la presión deberá reducirse hasta la MAMP y la temperatura hasta 120 F (49 C), para un examen preciso.

e. Cuando está prohibida la contaminación del contenido del recipiente por cualquier otro medio o cuando no es posible una prueba hidrostática, se puede usar otro medio de prueba, siempre y cuando se sigan los requisitos de la sección aplicable del Código ASME. En tales casos deberá existir acuerdo entre el propietario y el Inspector en cuanto al procedimiento de prueba.

5. REPARACIONES Y MODIFICACIONES A CALDERAS Y RECIPIENTES A PRESIÓN, MEDIANTE SOLDADURA.

5.1 Introducción

En esta sección se proporcionan reglas para las reparaciones y modificaciones por soldadura a calderas y a recipientes a presión. Donde no se dan reglas especificas, se entiende que están sujetas a la aprobación del Inspector. Todas las reparaciones y las modificaciones se harán, hasta donde sea posible, con las reglas de la sección y de la edición más aplicable del Código ASME, para la mejor ejecución del trabajo planeado.

5.2 Requisitos Generales para Reparación y Modificaciones.

Los requisitos de los párrafos siguientes se aplican a todas las reparaciones y modificaciones a calderas ó a recipientes a presión.

5.2.1 Reparaciones.

Ninguna reparación a calderas ó a recipientes a presión será iniciada sin la autorización del Inspector, quién estará convencido de que los procedimientos de soldadura y los soldadores estén calificados y de que los métodos de reparación sean apropiados. El Inspector puede dar aprobación previa para reparaciones limitadas, siempre y cuando se haya asegurado de que la organización encargada de la reparación disponga de procedimientos aceptables que cubran las reparaciones. Sin embargo, en cada caso, el Inspector será notificado de cada reparación, sujeta al acuerdo previo.

5.2.2 Modificaciónes

Ninguna modificación a calderas ó a recipientes a presión se iniciará sin la autorización del Inspector, quién estará convencido de que los procedimientos de soldadura y los soldadores estén calificados, que los métodos de modificación sean apropiados y que los cálculos se hayan realizado y estén disponibles. Si lo considera necesario, hará una inspección del objeto, antes de conceder tal autorización.

5.2.3 Aceptación de Reparación y Modificaciones.

La organización que haga la reparación ó la modificación, tendrá la responsabilidad de proporcionar al inspector, la documentación y la certificación del trabajo y de asegurarse de la aceptación previa de los procedimientos a aplicar.

La inspección y la certificación de reparaciones y de modificaciones, será hecha por un Inspector.

El Inspector que haga la inspección de aceptación, deberá ser el mismo Inspector que autorizó la reparación ó la modificación,

5.2.4 Deberes del Inspector.

Reparaciones. Antes de la aceptación de una reparación, el Inspector estará convencido de que la soldadura se realizó de acuerdo con los procedimientos aceptados; presenciará toda prueba de presión que considere necesaria, y se asegurará que se hayan ejecutado las otras acciones que juzgue necesarias para asegurar el cumplimiento con los requisitos del Código.

Modificaciones. Antes de firmar la aceptación de una modificación, el Inspector estudiará dibujos y cálculos; presenciará y se asegurará de que se hayan realizado los exámenes no destructivos requeridos en forma satisfactoria y que se hayan ejecutado las otras acciones que juzgue necesarias para asegurar el cumplimiento con los requisitos del Código.

5.3 Reparación a Calderas y a Recipientes a Presión

Esta sección proporciona reglas específicas para reparaciones a calderas y a recipientes a presión.

5.3.1 Reparaciones de Defectos.

Generalidades: Una reparación de un defecto tal como una grieta en una unión soldada ó en el material base, no se hará hasta que el defecto se haya removido. Un método conveniente de prueba no destructiva, tal como el de partículas magnéticas (MT) ó el de líquido penetrante (PT), puede ser necesario para asegurar la eliminación completa del defecto. Si el defecto penetra en el espesor completo del material, la reparación se hará

con una soldadura de penetración completa como una soldadura doble a tope, ó una soldadura simple a tope con ó sin respaldo. Antes de reparar un área agrietada, deberá tenerse cuidado de investigar su causa y determinar su extensión. Cuando las circunstancias indiquen que la grieta puede volver a ocurrir, se deberá considerar la remoción del área agrietada y la instalación de un parche ó tomar otras mediadas correctivas aceptables.

Grietas en Hornos de Calderas sin Tirantes: Las grietas en los dobleces ó en la vuelta de la brida de la abertura del horno, requieren el repuesto inmediato del área afectada ó la aprobación especifica por parte del Inspector.

Defectos menores: Las grietas menores, picaduras aisladas e imperfecciones pequeñas en la placa, se deben examinar para determinar la extensión del defecto y si se requiere reparación por soldadura. Antes de reparar por soldadura, se removerán los defectos hasta alcanzar el metal sano. Se pueden utilizar pruebas de partículas magnéticas ó de líquidos penetrante, antes ó después de soldar.

5.3.2 Areas Desgastadas.

Envolventes, Domos y Cabezales: Las áreas desgastadas en envolventes con tirantes y sin tirantes, así como en domos y cabezales, pueden reconstruirse mediante soldadura, siempre y cuando, a juicio del inspector, la resistencia de la estructura no haya disminuido. Cuando se emplea reconstrucción extensa por soldadura, el Inspector puede solicitar un método apropiado de NDE para la superficie completa reparada.

Aberturas de Acceso: Las áreas desgastadas alrededor de las aberturas de acceso pueden ser reconstruidas por soldadura.

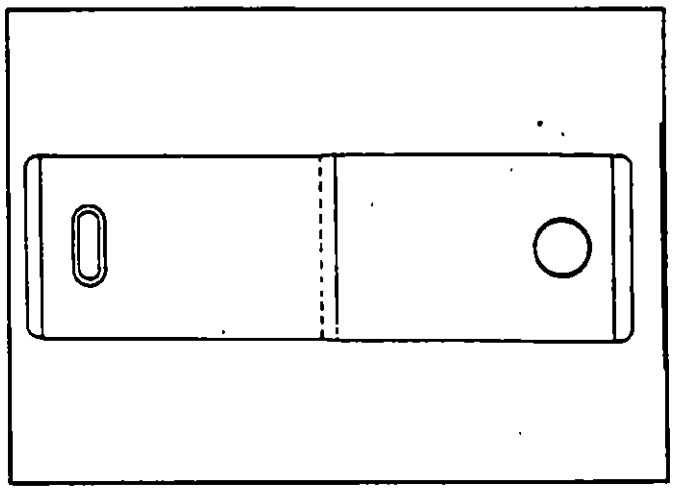
Bridas: Las caras desgastadas de bridas pueden limpiarse perfectamente y reconstruirse con metal de soldadura. Deben maquinarse en su lugar si es posible, hasta un espesor no menor que el de la brida original ó aquel requerido por los cálculo y de acuerdo con las disposiciones de la sección aplicable del Código ASME. Las bridas desgastadas pueden también ser remaquinadas, sin reconstrucción con metal de soldadura, siempre y cuando el metal retirado en el proceso, no reduzca el espesor de la brida hasta una medida menor que la calculada.

Tubos: Las áreas desgastadas en los tubos pueden repararse con soldadura, siempre y cuando , a juicio del Inspector, su resistencia no haya sido disminuida. Cuando se juzgue necesario, se deberá obtener asesoría técnica competente del fabricante ó de otra fuente calificada. Esto puede ser necesario al considerar limitaciones de tamaño de áreas reparadas, el espesor mínimo del tubo que se va a reparar, el medio que rodea al tubo, la ubicación del tubo dentro de la caldera y otras condiciones similares.

Parches en Tubos: En algunas situaciones es necesario soldar un parche a ras en un tubo, tal como cuando se cambian ciertas secciones de tubería y cuando el acceso está restringido alrededor de la circunferencia completa del tubo ó cuando se requiere reparar una pequeña protuberancia. Esto se conoce como parche de ventana. Los métodos sugeridos para parches de ventana, se muestran en la figura 2.

FIGURA-1 PARCHES A RAS

Antes de instalar un parche a ras, se deberá remover el material defectuoso hasta que se alcance el material sano. El parche se deberá rerolar y prensar a la forma ó curvatura apropiada. Las orillas deberán alinearse sin sobreposición.

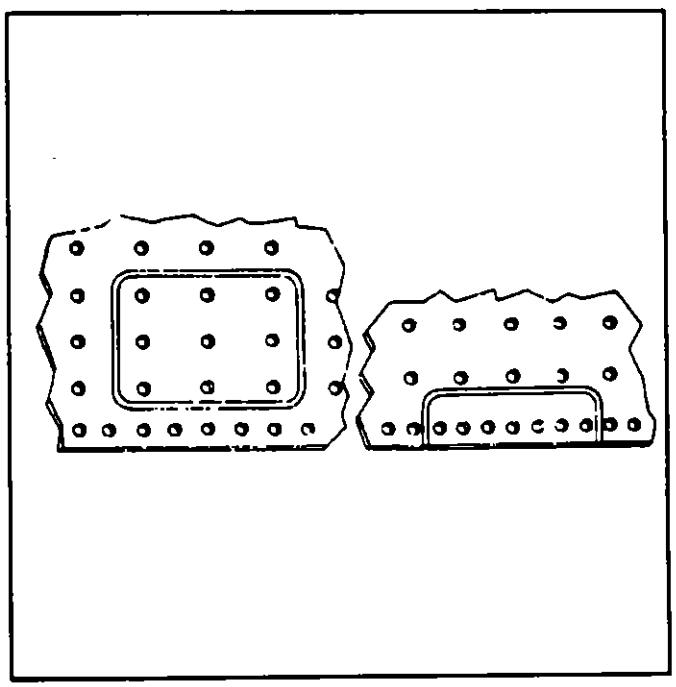


PARCHES A RAS EN AREAS SIN TIRANTES.

En áreas con tirantes, las costuras soldadas deberán quedar entre las hileras de pernos tirantes ó de costuras remachadas.

Los parches deberán hacerse a partir de un material que sea al menos, en calidad y espesor igual que el material original.

Los parches pueden ser de cualquier forma ó tamaño. Si el parche es rectangular, se deberá proveer un radio adecuado en las esquinas. Deben evitarse las esquinas cuadradas.



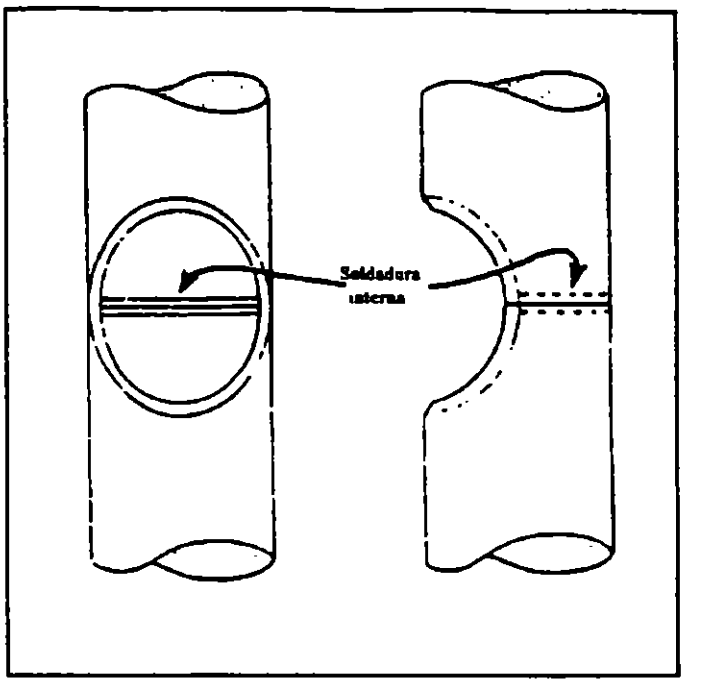
PARCHES A RAS EN AREAS CON TIRANTES

FIGURA-2 METODO DE PARCHE EN TUBOS

Puede ser necesario soldar un parche a ras en tubo, en algunas ocasiones que la accesibilidad de la circunferencia completa del tubo está restringida. En la lista de abajo se describen los métodos sugeridos para hacer parches.

a. El parche se debe hacer de un tubo del mismo tipo, diámetro y espesor que el que se está reparando.

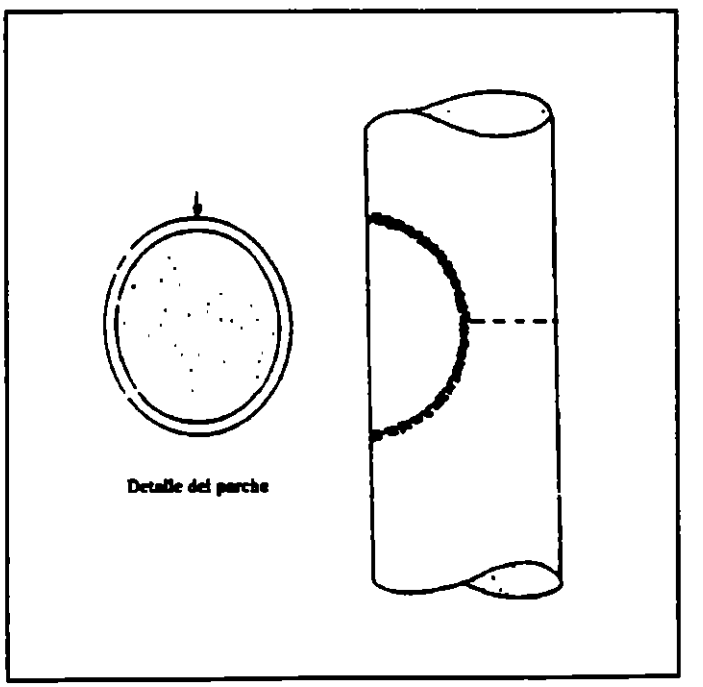
b. La adaptación del parche es importante para la integridad de la soldadura. La abertura de raíz deberá ser uniforme alrededor del parche.



VISTA FRONTAL Y LATERAL DEL TUBO

c. Se deberá usar el proceso de soldadura de arco de tungsteno con gas, para el paso en el interior del tubo y para el paso inicial de unión de parche al tubo.

d. El resto de la soldadura se puede terminar con cualquier proceso de soldadura apropiado.



VISTA LATERAL QUE MUESTRA ADAPTACION DE PARCHE Y SOLDADURA

6. SOLDADURA Y PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS.

El propósito de esta guía es proporcionar al Inspector información suplementaria en materia de soldaduras y pruebas no destructivas (NDE).

6.1 Control de Soldadura.

El propósito de una especificación de un procedimiento de soldadura (WPS), y el registro de calificación de procedimiento (PQR), es determinar si la unión soldada propuesta para construción es capaz de proporcionar las propiedades requeridas para su aplicación destinada. Cada proceso de soldadura tiene partidas asociadas (llamadas variables), que tienen un efecto sobre la operación de soldadura. La WPS da una relación de las variables, tanto esenciales como no esenciales, y las variaciones aceptables de éstas variables, al usar la WPS. La WPS proporciona dirección para el soldador. El PQR da una relación de lo que se usó en la calificación de la WPS y los resultados de la prueba. El Inspector deberá estudiar la WPS y el PQR apropiados, para asegurar que la soldadura que se va a efectuar está dentro de los límites de las variables esenciales y no esenciales, prescritas en el Código ASME.

6.2 Inspección de juntas Soldadas.

6.2.1 Inspección de Ajuste.

El Inspector deberá programar sus inpecciones para verificar el ajuste de las partes que se van a soldar. Las dimensiones y el perfil de las orillas que se van a unir, deberán permitir la fusión completa, y cuando se requiere, la penetración completa de la junta. Deberá analizar la colocación de soldaduras provisionales ó de mordazas, para asegurar que se mantengan las tolerancias de alineamiento como lo exige la sección aplicable del Código ASME.

6.2.2 Soldaduras Terminadas.

Las soldaduras terminadas se deberán inspeccionar respecto a la apariencia y a las

condiciones insatisfactorias, tales como grietas, refuerzos excesivos y socavación excesiva

6.3 Pruebas no Destructivas.

General.La sección V del Código ASME se relaciona con los requisitos y métodos para pruebas no destructivas, los cuales se relacionan con las otras secciones del Código ASME.

Los métodos de pruebas no destructivas, se destinan a revelar discontinuidades superficiales e internas en materiales, en soldaduras, en partes y en componentes fabricados. Estos incluyen exámen radiográfico, exámen ultrasónico, exámen de líquido penetrante, exámen de partículas magnéticas, exámen de corrientes parásitas, exámen visual, pruebas de fugas y exámenes de emisión acústica. En los métodos antes mencionados son esenciales la experiencia, la habilidad y la integridad del personal que efectúa estos exámenes para obtener resultados significativos. El Inspector deberá repasar los métodos y los procedimientos que se van a emplear, para asegurar el cumplimiento con los requisitos de éste Código.

6.3.1 Exámen radiografico (RT).

Este método se usa comúnmente para examinar las discontinuidades superficiales y subsuperficiales. El uso de este método puede ser restringido a causa de la configuración de la junta soldada ó de las limitaciones del equipo radiográfico. La radiografía no dará una indicación de la profundidad de la discontinuidad, a menos que se usen procedimientos especiales.

La técnica usada en radiografía, depende del equipo que se use y de la experiencia, para producir los mejores resultados. No es la función del Inspector indicar el procedimientos que se ha de seguir, siempre y cuando el procedimiento y las películas radiográficas satisfagan los requisitos de la sección aplicable del Código ASME.

La interpretación de las películas radiográficas de las soldaduras, no sólo requiere un conocimiento de soldadura y de discontinuidades de soldadura, sino también el ejercicio del buen juicio, respecto a si las discontinuiades son realmente defectos. Cuando existe una diferencia de opinión , en vez de abrir la soldadura, un nuevo examen del área sospechosa, usando técnicas más sensitivas puede indicar si la soldadura es ó no sana. Las irregularidades de la superficie pueden mostrarse en la radiografía. En tales casos, la película ó papel transparente se puede colocar sobre la soldadura, el área en duda se localiza sobre la superficie y se hace la corrección necesaria.

6.3.2 Exámen Ultrasonico (UT).

Este método proporciona indicaciones de discontinuidades superficiales y subsuperficiales. La profundidad de las discontinuidades puede determinarse por el uso de la técnica apropiada. Puesto que normalmente no existen registros de los resultados, más que los indicados en una pantalla, la destreza, la experiencia y la integridad del personal que ejecuta la prueba, son de gran importancia.

El exámen ultrasónico para la determinación de espesores se puede usar mediante la técnica de resonancia ó de pulsación-eco.

6.3.3 Exámen de líquidos Penetrantes (PT).

El método de líquido penetrante se usa para detectar discontinuidades que están abiertas a la superficie del material que se está examinando. Este método puede aplicarse tanto en materiales ferrosos como en materiales no ferrosos.

El examen de líquido penetrante se puede usar para la revelación de discontinuidades en la superficie, tales como grietas, costuras, solapas, cierres fríos (defectos por falta de calor), laminaciones y porosidades.

6.3.4 Exámen de Partículas Magnéticas (MT).

El método de partículas magnéticas se puede usar sólo en materiales ferromagnéticos para poder revelar discontinuidades y, hasta un grado limitado, aquéllas ubicadas debajo de la superficie. La sensibilidad de éste método decrece rápidamente con la profundidad debajo de la superficie que se está examinando y, por tanto, se usa principalmente para examinar discontinuidades superficiales.

6.3.5 Exámen de Corrientes Parásitas (ET) de Productos Tubulares.

El método de corrientes parásitas se usa para descubrir discontinuidades en tubo de Cédula y tuberías flus, sometiendo al material a un fuerte campo magnético externo. Una bobina de prueba que induzca corrientes parásitas en el material se usa para éste propósito. Si existe una discontinuidad, habrá variaciones en las corrientes parásitas producidas y esto se indicará por una señal en el aparato de prueba.

6.3.6 Exámen Visual (VT).

El examen visual se usa generalmemte para determinar situaciones tales como, la condición superficial de la parte, refuerzos y socavación de soldaduras, alineamiento de superficies que empatan, forma y evidencia de fugas. Los métodos empleados pueden ser (a) examen visual directo, (b) examen visual remoto ó (c) examen visual transluciente, usando alumbrado direccional artificial.

6.3.7 Pruebas de Fugas (LT).

La pruebas de fugas se efectúan usando gas y formación de burbujas, prueba de vacío, el indicador de diodo halógeno, el probador inverso de espectrómetro de masa de helio ("olfateador"), el método de caperuza de espectómetro de masa de helio y la prueba de cambio de presión.

6.3.8 Exámen de Emisión Acustica (AE).

El examen de emisión acústica se usa para identificar áreas de un recipiente en las cuales se ubican discontinuidades superficiales y subsuperficiales estructuralmente importantes. El método se usa en conjunto con una prueba de presión ó elevación de presión en la línea, y valora la integridad estructural de la unidad entera del recipiente.

Otros métodos de examen no destructivo, en particualr ultrasónicos, se usan después del examen de emisión acústica, para ubicar y describir las características en forma precisa de discontinuidades que se han identificado.

6.3.9 Calificación de Personal de Exámen no Destructivo (NDE).

El personal de examen no estructivo se califica de acuerdo con los requisitos de la sección que hace referencia el Código ASME. Los registros de calificación de personal estarán disponibles para el Inspector.

7. INSPECCION EN SERVICIO DE RECIPIENTES A PRESION.

7.1 <u>Generalidades.</u>

Si se cambían las condiciones de operación, la presión y temperatura máxima de

operación, se deberá realizar una inspección.

Si se cambia la ubicación de cualquier recipiente a presión estacionario, el recipiente se inspeccionará antes de que se ponga en servicio y se establecerán las condiciones permisibles de servicio, así como el próximo periódo de inspección para el nuevo servicio.

7.2 **Bitácora de Inspección.**

Se mantendrá una bitácora permanente para cada recipiente a presión. Este registro incluirá lo siguiente:

a. Un informe de Datos del Fabricante autorizado por ASME ó, si el recipiente no va a llevar sello de Código, otras especificaciones equivalentes. El informe de Datos de Calderas y de Recipientes a Presión. Mostrará los números de identificación siguientes que sean aplicables:

   Número de Serie del Fabricante.

   Número del Propietario ó Usuario.

b. Información completa de dispositivos de alivio de presión, que incluya datos del resorte de válvulas de seguridad ó de seguridad-alivio ó datos del disco de ruptura, y la fecha de la última inspección.

c. Un registro progresivo que incluya, pero no se limite a lo siguiente:

   1. ubicación y espesor de muestras para control y otras ubicaciones críticas de inspección.

   2. temperaturas limitantes del metal y ubicación del recipiente cuando sea importante, en el establecimiento del espesor mínimo permisible.

   3. espesores calculados del metal requerido y presión de trabajo máxima permisible, para la temperatura de diseño del metal y presión de apertura del dispositivo de alivio de presión, carga estática y otras cargas.

   4. pruebas de presión, si se prueban durante la inspección.

5. fecha programada (aproximada) de la siguiente inspección.

6. fecha de instalación y fecha de cualquier cambio importante en las condiciones de servicio (presión, temperatura, carácter del contenido ó formación de corrosión);

d. Dibujos que muestren detalles suficientes para permitir el cálculo de la asignación de servicio, para todos los componentes de recipientes a presión utilizados en operaciones de procesos, sujetos a condiciones corrosivas. Los datos detallados con croquis, donde sea necesario, pueden servir para este propósito cuando no se disponga de dibujos.

7.3 **Determinación de la Formación Probable de Corrosión.**

Para recipientes a presión nuevos y para recipientes para los cuales se han cambiado las condiciones de servicio, se empleará uno de los métodos siguientes para determinar la formación probable de corrosión, a partir de la cual se puede estimar el espesor de pared restante, en el tiempo de la siguiente inspección:

a. la formación de corrosión que se estableció por datos recopilados por el usuario-propietario, en recipientes a presión de servicio similar.

b. si los datos para servicio igual ó similar no están disponibles, la formación de corrosión se estimará por el conocimiento y la experiencia del inspector, con recipientes a presión en servicio similar.

c. si la formación de corrosión probable no se puede determinar por cualquiera de los métodos mencionados anteriormente, se harán determinaciones de espesor, durante los procesos después de aproximadamente 1,000 horas de servicio. Se tomarán subsecuentes mediciones de espesores en intervalos de tiempo similares, hasta que se establezca la formación de corrosión.

7.4 **Periodo Máximo entre Inspección.**

a. El tipo de inspección dado a recipientes a presión deberá tomar en consideración la condición del recipiente y el ambiente en el cual opere. Esta inspección puede tomar varias formas; externa, interna ó cualquiera de las numerosas técnicas de evaluación no destructivas. La forma de inspección apropiada elegida debe

considerar si el recipiente está en operación ó sin presión, pero debe proporcionar la información necesaria, para determinar si las secciones esenciales del recipiente están en condiciones para continuar operando durante el intervalo de tiempo esperado. (Ver el inciso b.). La inspección en proceso, que incluye cuando está sujeto a presión, se puede usar para satisfacer los requisitos de inspección, siempre y cuando se pueda demostrar la exactitud del método.

b. El período máximo entre inspecciones internas ó una evaluación completa en proceso de recipientes a presión, no excederá de la mitad de la duración restante estimada del recipiente ó diez años, cualquiera que sea menor, excepto cuando la duración de operación restante sea menor de cuatro años, el intervalo de inspección puede ser la duración total de operación segura restante, hasta un máximo de dos años. Cuando la formación de corrosión regule la duración del recipiente a presión, la vida restante se calculará por la fórmula siguiente:

$$\text{vida restante (años)} = \frac{t_{(real)} - t_{(requerido)}}{\text{formación de corrosión}}$$

(pulgadas ó mm por año)

Donde:

$t_{(real)}$ = espesor en pulgadas (ó mm) medido durante la inspección,

$t_{(requerida)}$= espesor mínimo permisible en pulgadas (ó mm) para la sección ó la zona crítica del recipiente a presión (vea inciso (d)).

Cuando se descubren otras formas de deterioro, tales como abombamiento, pandeo, grietas por corrosión con esfuerzo, ruptura por deformación que depende del tiempo y de la temperatura, fatiga térmica ó mecánica, ampollamiento por hidrógeno, ataque de hidrógeno a alta temperatura, carburización, grafitización ó erosión, la duración restante también se volverá a evaluar y se volverá a estudiar el intervalo de inspección para posible ajuste. El deterioro también puede ser causado por fuerzas mecánicas, tales como impacto térmico, cambios cíclicos de temperatura, vibración, pulsaciones de presión, temperatura excesiva, cargas externas y por material y fabricación defectuosa.

c. Cuando la formación de corrosión se sabe que es cero, el recipiente no necesita ser inspeccionado internamente, siempre y cuando se satisfagan todas la condiciones siguientes y se hagan inspecciones externas completas, que incluyan mediciones de espesor no destructivas, periódicamente en el recipiente:

1. El carácter no destructivo del contenido, incluyendo el efecto de componentes residuales, se haya establecido por medio de la experiencia comparable de servicio de al menos 5 años, con el fluido que se está manejando.

2. No se descubra condición dudosa por la inspección periódica externa.

3. La temperatura de operación del recipiente a presión no exceda de los límites inferiores para la variación de ruptura por deformación, que depende del tiempo y de la temperatura del metal del recipiente. (El límite inferior de temperatura para el rango de ruptura por deformación que depende del tiempo, para acero al carbono sea al menos de 700° F (351°C)). El límite para acero de aleación es con frecuencia más alto. El límite para otros metales depende de la composición específica. Se debe obtener consejo metalúrgico especializado, para metales no ferrosos y aceros aleados.

4. El recipiente a presión se protege contra contaminación inadvertida.

d. Cuando una parte ó toda la pared del recipiente a presión tiene un recubrimiento resistente a la corrosión, el intervalo entre las inspecciones de aquellas secciones así protegidas, se puede basar en la experiencia registrada con el mismo tipo de recubrimiento en servicio similar, pero no excederá de diez años. Si no existe experiencia previa en la cual basar el intervalo entre inspecciones, el comportamiento del recubrimiento debe ser monitoriado por un medio conveniente, tal como el uso de muestras de prueba de corrosión removibles del mismo material, así como el recubrimiento, examen ultrasónico ó radiografía. Para comprobar la efectividad de un recubrimiento de aislamiento interno, las temperaturas del metal se pueden obtener supervisando la envolvente del recipiente a presión con medición de la temperatura ó utilizando dispositivos indicadores.

e. Cuando un recipiente a presión tiene dos ó más zonas y el espesor requerido, la tolerancia de corrosión ó la formación de corrosión difieren tanto, que las disposiciones mencionadas anteriormente dan diferencias importantes en períodos máximos entre inspecciones para las zonas respectivas (por ejemplo, las porciones superiores e inferiores de algunas torres de fraccionamiento), el período entre inspecciones se puede establecer individualmente para cada zona, sobre la base de la condición aplicable para ese lugar, en lugar de establecer la inspección completa, en base a la zona que requiere la inspección más frecuente.

f. Todos los recipientes a presión arriba del piso deberán someterse a un examen visual externo, después de operarlo menos de cinco años ó un cuarto de la duración de vida, preferentemente, mientras estén en operación. La inspección

incluirá la determinación de la condición de aislamiento externo, los soportes, y el alineamiento general del recipiente sobre sus soportes. No es necesario remover ningún aislamiento, si la temperatura de toda la envolvente del recipiente a presión, se mantiene suficientemente baja ó alta como para que se imposibilite la presencia de agua. Los recipientes a presión que se sabe que tienen una duración restante de más de diez años ó que se impide que se expongan a corrosión externa (tales como que se instalen dentro de una caja fría, en la cual la atmósfera se purga con un gas inerte, ó porque la temperatura se mantenga suficientemente baja ó suficientemente alta como para imposibilitar la presencia de agua), no necesitan que se haga remover el aislamiento para la inspección externa periódica. Sin embargo, la condición del sistema de aislamiento y/o la camisa exterior, tal como la envolvente de la caja fría, se observará periódicamente y se reparará de ser necesario.

g. Los dispositivos de alivio de presión se inspeccionarán y se probarán a intervalos necesarios, a fin de mantener el equipo en condiciones de operación seguras. Los intervalos entre inspecciones deberán determinarse por la experiencia en el servicio particular de que se trate.

h. Los períodos para inspección, suponen que el recipiente a presión está en operación contínua, interrumpida solamente por intervalos de parada normales. Si el recipiente a presión está fuera de servicio por un intervalo prolongado, el efecto de las condiciones ambientales internas y externas durante tal intervalo se deberán considerar al revisar la fecha de la siguiente inspección, la cual se estableció y se informó en la ocasión de la inspección previa. Si el recipiente a presión está fuera de servicio por un año ó más, se inspeccionará otra vez antes de que se vuelva a poner en servicio.

7.5 Inspección por Corrosión y Otros Deterioros.

a. El espesor real y el deterioro máximo de cualquier parte del recipiente a presión, se determinará por uno de los métodos siguientes:

1. Se puede usar cualquier examen no destructivo adecuado, siempre y cuando las determinaciones de espesor sean exactas dentro de las tolerancias siguientes:

espesor de pared. t (pulg. ó mm.)	tolerancia permisible

5/16 pulg. (8 mm) y menos	0.10 t
Más de 5/16 pulg. (8 mm)	1/32 pulg. (0.8 mm) ó 0.05t cualquiera que sea el mayor valor

2. Si están disponibles aberturas existentes ubicadas convenientemente, las mediciones se pueden tomar a través de las aberturas.

3. Cuando es imposible determinar el espesor por métodos no destructivos, se puede barrenar un agujero a través de la pared del metal y tomar mediciones del calibre de espesor.

b. Para un área corroída de tamaño considerable, en la cual los esfuerzos circunferenciales gobiernan la MAWP, los espesores menores a lo largo del plano más crítico de tal área, se pueden promediar sobre una longitud que no exceda de:

1. lo menor de un medio del diámetro del recipiente a presión, ó 20 pulg. (508 mm) para recipientes con diámetros interiores de 60 pulg. (1.52 mm) ó menos, ó

2. lo menor de un tercio del diámetro del recipiente a presión, ó 40 pulg. (1.02 m) para recipientes con diámetros interiores mayores de 60 pulg.(1.52 m), excepto si el área contiene una abertura, la distancia entre la cual se promedian los espesores a cada lado de tal abertura no se extenderá más allá de los límites de refuerzo que se definen en la sección del Código ASME, según la cual se construyó el recipiente.

   Si a causa de las cargas de viento u otros factores, los esfuerzos longitudinales fueran de importancia, los espesores mínimos en una longitud de arco determinada similarmente en el lugar más crítico, perpendicular al eje del recipiente a presión, también se promediarán para el cálculo de los esfuerzos longitudinales. Los espesores usados para determinar formaciones de corrosión en las ubicaciones respectivas, serán los espesores promedio.

c. Las picaduras ampliamente dispersas pueden no tomarse en cuenta siempre que:

1. su profundidad no sea de más de la mitad del espesor requerido de la pared del recipiente a presión (excluyendo la tolerancia por corrosión);

2. el área total de las picaduras no excederá de 7 pulg.^{2} (45.2 cm^2) dentro de cualquier circulo de diámetro de 8 pulg. (203 mm); y

3. la suma de sus dimensiones a lo largo de cualquier línea recta dentro de este circulo, no exceda de 2 pulg. (50.8 mm).

d. Cuando la superficie de una soldadura que tenga un factor de junta diferente de uno esté corroida, así como las superficies remotas a partir de la soldadura, se debe hacer un cálculo independiente, utilizando el factor de junta de soldadura apropiado, para determinar si el espesor en la soldadura ó en una zona alejada a partir de la soldadura, es suficiente para soportar la presión de trabajo permisible. Para los propósitos de éste cálculo, la superficie en una soldadura incluye una pulgada a cada lado de la soldadura, ó dos veces el espesor mínimo a cada lado de la soldadura, cualquiera que sea lo mayor.

e. Al medir el espesor corroído de tapas elipsoidales y toriesféricas, el espesor que se considere puede ser:

1. aquél de la región de rodilla con la asignación de tapa calculada mediante la fórmula apropiada para la tapa,

ó

2. aquél de la porción central de la región abombada, en cuyo caso la región abombada puede considerarse un segmento esférico, cuya presión permisible se calcula por la fórmula para envolventes esféricas en el Código ASME, según el cual se construyó el recipiente a presión.

El segmento esférico de ambas tapas, elipsoidales y toriesféricas, se considerará ser aquella área ubicada totalmente dentro de un círculo, cuyo diámetro sea igual al 80% del diámetro de la envolvente. El radio de la parte abombada de una tapa torisférica, se va a usar como el radio del segmento (igual al diámetro de la envolvente para tapas normales, aunque han sido permitidos otros radios). El radio del segmento esférico de tapas elipsoidales, se considerará ser equivalente al radio esférico K_1 D, donde D es el diámetro interior de la envolvente (igual al eje mayor) y K_1 está dado en la Tabla 1 siguiente. En la tabla, h es la mitad de la longitud del eje menor (igual a la profundidad interior de la tapa elipsoidal) medida desde la línea tangente (línea de doblez de la tapa). Para muchas tapas elipsoidales, D/2h=2.0

TABLA 1-Valores de Factor de Radio Esférico, K_1

Radio esférico equivalente= K_1D; D/2h= relación de ejes. La interpolación es permitida para valores intermedios.

$\frac{D}{2h}$	3.00	2.80	2.60	2.40	2.20	2.00	1.80	1.60	1.40	1.20	1.00	
K_1		1.36	1.27	1.18	1.08	0.99	0.90	0.81	0.73	0.65	0.57	0.50

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

C U R S O S A B I E R T O S

DIPLOMADO EN CALDERAS Y RECIPIENTES SUJETO A PRESION .

MODULO III CRITERIOS DE ACEPTACION .

EXPOSITOR: ING. JOSE L. LARA CRUZ.

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtemoc 06000 México, D.F. APDO. Postal M-2285
Teléfonos. 512-8955 512-5121 521-7335 521-1987 Fax 510-0573 521-4020 AL 26

ASME VIII DIVISION I
APENDICE 12

INSPECCION ULTRASONICA EN SOLDADURAS

CRITERIO DE ACEPTACION

ESTE CRITERIO DEBE SER APLICADO A MENOS QUE OTRO SEA ESPECIFICADO PARA APLICACIONES ESPECIFICAS DENTRO DE ESTA DIVISION.

- IMPERFECCIONES LAS CUALES PRODUCEN UNA RESPUESTA MAYOR AL 20% DEL NIVEL DE REFERENCIA DEBE SER IVESTIGADO A CONOCER SU LONGITUD, FORMA, IDENTIDAD Y LOCALIZACION DE TAL IMPERFECCION Y EVALUARLA EN TERMINOS DADOS EN ESTE CRITERIO.

A) INDICACIONES CARACTERIZADAS COMO GRIETAS FALTA DE FUSION O FALTA DE PENETRACION SON INACEPTABLES SIN IMPORTAR SU LARGO.

TABLA 6.VII

VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LA APLICACION DE LAS PARTICULAS MAGNETICAS POR VIA SECA Y POR VIA HUMEDA

POR VIA SECA

VENTAJAS	LIMITACIONES
Permite localizar con facilidad discontinuidades subsuperficiales.	Menos sensible que el método húmedo para discontinuidades muy pequeñas.
Fácil de utilizar en piezas grandes y con equipo portátil a pie de obra.	Difícil de aplicar en piezas de geometría irregular.
Buena movilidad de las partículas.	Más lento que el método húmedo.
Más cómodo y más limpio que el método húmedo.	Difícil de automatizar.

POR VIA HUMEDA

VENTAJAS	LIMITACIONES
Es el método más sensible para grietas superficiales finas.	No detecta normalmente discontinuidades subsuperficiales (prof. mayor de 1 mm).
Cubre con facilidad piezas grandes o irregulares.	Cuando se usa keroseno como vehículo, existe el riesgo de inflamación al producirse chispas en contactos defectuosos.
Es el método más rápido para el control de grandes series de piezas pequeñas.	Es necesario un circuito de circulación y agitación de la suspensión.
Las partículas tienen una buena movilidad en la suspensión líquida.	A veces presenta el problema de limpieza de la superficie de piezas para eliminar las partículas adheridas que pueden actuar como abrasivos.
Es fácil controlar la concentración de las partículas en la suspensión.	Es preciso controlar periódicamente la concentración de la suspensión y mantenerla dentro de los límites de utilización (Norma INTA 11 04 23 epígrafe 9.1.3).
Fácil de recoger el líquido sobrante.	
Fácil de automatizar.	

CRITERIO DE ACEPTACION

ESTE CRITERIO DE ACEPTACION DEBE SER APLICADO A MENOS QUE OTRO MAS ESTRICTO SEA ESPECIFICADO PARA OTROS MATERIALES O APLICACIONES DENTRO DE ESTA DIVISION.

TODAS LAS SUPERFICIES INSPECCIONADAS DEBEN SER LIBRES DE:

A. INDICACIONES RELEVANTES LINEALES

B. INDICACIONES RELEVANTES REDONDEADAS MAYORES A 3/16 "

C. CUATRO O MAS INDICACIONES RELEVANTES REDONDEADAS EN LINEA SEPARADAS POR 1/16 O MENOS DE BORDE A BORDE.

D. UNA INDICACION DE UNA INPERFECCION PUEDE SER MAS GRANDE QUE LA IMPERFECCIO QUE LA CAUSA; SIN EMBARGO, EL TAMAÑO DE LA INDICACION SE TOMA COMO BASE PARA LA INSPECCION.

TABLA 2

NOTA 1.- EL AREA EN LA TABLA SE REFIERE A EL AREA SUPERFICIAL EN LA CUAL UNA INDICACION ES MAYOR A LA AMPLITUD DE REFERENCIA O EXISTE PERDIDA DE REFLEXION DE PARED POSTERIOR.

NOTA 2.- LAS AREAS DEBEN SER MEDIDAS DESDE EL CENTRO DEL TRANSDUCTOR.

NIVEL DE CALIDAD ULTRASONICO	AREA EN PULG.	LONGITUD MAXIMA EN PULGADAS
1	0.8	1.5
2	1.5	2.2
3	3	3.0
4	5	3.9
5	8	4.8
6	12	6.0
7	16	6.9

B) OTRAS IMPERFECCIONES SON INACEPTABLES SI LA INDICACION EXCEDE DE LA AMPLITUD DE REFERENCIA Y TIENEN LONGITUDES MAYORES A:

(1) 1 / 4 DE PULGADA PARA ESPESORES DE HASTA 3 /4 DE PULGADA

(2) 1 / 3 DEL ESPESOR PARA ESPESORES DE 3 / 4 A 2 1 / 4 DE PULGADA

(3) 3 / 4 DE PULGADA PARA ESPESORES MAYORES A 2 1 / 4 DE PULGADA

A S T M A - 6 0 9

INSPECCION POR ULTRASONIDO EN FUNDICIONES

9.O CRITERIO DE ACEPTACION

9.1 NO SE ACEPTAN INDICACIONES IGUALES O MAYORES A LA CURVA DAC ESTABLECIDA SOBRE UNA AREA MARCADA PARA NIVEL DE CALIDAD ULTRASONICA I DE LA TABLA 2.

9.2 NO SE ACEPTA PERDIDA DE REFLEXION DE PARED POSTERIOR, QUE SEA CAUSADA POR UNA DISCONTINUIDAD, SOBRE UNA AREA PARA NIVEL DE CALIDAD ULTRASONICA I
DE LA TABLA 2.

9.3 NO SE ACEPTAN INDICACIONES IGUALES O MAYORES A LA CURVA DAC ESTABLECIDA, QUE EXCEDAN LA LONGITUD MAXIMA PERMITIDA PARA NIVEL DE CALIDAD ULTRASONICA I DE LA TABLA 2.

ASME SECCION VIII DIVISION II

INSPECCION POR PENETRANTES

9-200
ALCANCE:

A) ESTE ARTICULO DESCRIBE LOS METODOS QUE DEBEN SER EMPLEADOS , SIEMPRE Y CUANDO LA INSPECCION POR PENETRANTES SEA ESPECIFICADA EN ESTA DIVISION.

B) EL ARTICULO 6 DE LA SECCION V DEBE SER APLICADA PARA DETALLES EN METODOS, PROCEDIMIENTOS Y CALIFICACIONES.

C) LA INSPECCION POR LIQUIDOS PENETRANTES DEBE SER REALIZADA DE ACUERDO A PROCEDIMIENTOS ESCRITOS PROPIOS, DE ACUERDO CON LOS REQUERIMIENTOS DE T-150 DE LA SECCION V.

9-210

EL PERSONAL QUE REALIZA INSPECCIONES POR LIQUIDOS PENETRANTES DEBE SER CALIFICADO DE ACUERDO A " AI-311 " (snt-tc-1a)

9-220

EVALUACION DE LA INDICACIONES

INDICACIONES RELEVANTES SON AQUELLAS QUE RESULTAN DE DISCONTINUIDADES MECANICAS

A) INDICACIONES LINEALES

SON AQUELLAS INDICACIONES EN EL CUAL SU LONGITUD ES MAYOR A TRES VECES SU ANCHO

B) INDICACIONES REDONDEADAS

SON AQUELLAS INDICACIONES CIRCULARES O ELIPTICAS CON UNA LONGITUD MENOR QUE TRES VECES SU ANCHO.

C) CUALQUIER INDICACION CUESTIONABLE O DUDOSA DEBE SER REINSPECCIONADA HASTA VERIFICAR SU CONDICION PRESENTE.

D) INPERFECCIONES SUPERFICIALES LOCALIZADAS, PUEDEN PROVOCAR LA PRESENCIA DE INDICACIONES AL INSPECCIONAR POR PENETRANTES, TALES INDICACIONES SERAN NO-RELEVANTES.

Met-L-Chek BUYERS GUIDE

• Each product on the list has been certified as being equivalent in performance by the U.S. Air Force Materials Laboratory.

GROUP	MET-L-CHEK	MAGNAFLUX	AUTOMATION	SHERWIN	URESCO	TESTING SYSTEMS	TURCO
	Met-L-Chek	Spot Chek Zyglo	Chex-All	Dubl-Chek	Tracer Tech	Flaw Finder Fluoro Finder	Dy-Chek Fluro-Chek
I Penetrant	VP-31	SKL-HF & SF	DP-400	DP-40	P-300A	DD-60B	#2
Remover	E-59	SKC-S	C-570	DR-60	K-410E	SD-80B	#3
Developer S/C*	D-70	SKD-S		D-100	D-495	AD-70B	NAD
Dry	D-72	ZP-4			D-493A		DD-3
Wet	D-78	SKD-W	DW-530		D-492C		WD
IA Penetrant	VP-301 HF	SKL-HF & S	DP-400	DP-40	P-300A	DD-60A	Penetrant
Remover	R-501 NF*	SKC-NF	C-570	DR-61	KC-410C	SD-80	Remover
Developer	D-701 NF*	SKD-NF	DW-530 Wet	D-100 NF	D-495C	AD-70	Developer NF
II Penetrant	VP-31	SKL-HF & S		DP-40	P-300A	DD-60A	#2
Emuls/Remover	E-50	SKC-W		ER-70	E-342	SD 90	LS
Developer S/C*	D-70	SKD-NF		D-100	D-495C	AD-70	NAD
Dry	D-72	ZP-4		D-90	D-493A	AD-4	DD-3
Wet	D-78	SKD-W		D-110	D-492C	AD-5	WD
III Penetrant	VP-30	SKL-W		DP-50	P303A	DD10W	WW-1
Developer S/C*	D-70	SKD-NF		D-100	D-495C	AD-70	Nonaqueous
Dry	D-72	ZP-4		D-90		AD-4	DD-3
Wet	D-78	SKD-W		D-110		AD-5	
IV Penetrant	FP-90	ZL-15	FPW-100	HP-2	P-131	FL-17	WP-1
Developer S/C*	D-70	ZP-9		D-100	D-495C	FD-33	NAD
Dry	D-72	ZP-4	DD-515	D-90	D-493A	FD-4	DD-2
Wet	D-78	ZP-5	DW-530	D-110	D-492C	FD-5	WD
V Penetrant	FP-93 (FP-91)	ZL-2A (ZL-17A)	FPE-505	FP-20	P-148S (P-133)	FL-2	P-21
Emulsifier	E-55	ZE-3	PE-500	ER-80	E-153	FE-5	E
Developer S/C*	D-70	ZP-9		D-100	D-495C	FD-33	NAD
Dry	D-72	ZP-4	DD-515	D-90	D-493A	FD-4	DD-2
Wet	D-78	ZP-5	DW-530	D-110	D-492C	FD-5	WD
VI Penetrant	FP-95 (FP-92)	ZL-22A (ZL-18A)		FP-30	P-149A (P-134)	FL-22	P-40
Emulsifier	E-56	Ze-3		ER-80	E-153	FE-5	E
Developer S/C*	D-70	ZP-9		D-100	D-495C	FD-33	NAD
Dry	D-72	ZP-4		D-90	D-493A	FD-4	DD-2
Wet	D-78	ZP-5		D-110	D-492C	FD-5	WD
VII Penetrant	FP-95	ZL-22A		FP-30	P-149	FL-22	P-40
Remover	E-59	ZC-7		DR-60	K-410C	FE-44	R
Developer S/C*	D-70	ZP-9		D-100	D-495C	FD-33	NAD

(7) Visual Examination.

Sampling. Each part shall be visually examined.

Methods. Visual examinations of castings shall be performed in accordance with procedures specified in MSS-SP55.

Visual examination of forgings shall be performed in accordance with manufacturer's written specifications.

Acceptance Criteria.

Castings. In accordance with MSS-SP55
Type 1 — None acceptable
Type 2-12 — A and B
Forgings. In accordance with manufacturer's written specifications.

(11) Weld Examination — Visual.

Sampling. 100% of all welds, except for weld surfacing, shall be visually examined after postweld heat treatment and machining operations.

Examinations shall include a minimum of ½ inch of adjacent base metal on both sides of the weld.

Acceptance Criteria. All pressure containing welds shall have complete joint penetration.

Undercut shall not reduce the thickness in the area (considering both sides) to below the minimum thickness.

Surface porosity and exposed slag are not permitted on or within ⅛ inch of sealing surfaces.

TYPE IV - GAS POROSITY

Voids in cast metal caused by entrapment of gas during solidification.

TYPE V - VEINING

Features on the surface of castings appearing as a ridge and associated with movement or cracking of sand.

TYPE VI - RAT TAILS

Features on the surface of castings appearing as a depression resulting from faulting or buckling of the mold surfaces.

TYPE VII - WRINKLES, LAPS, WARES FOLDS AND COLDSHUTS

Surface irregularities caused by incomplete fusing or by folding of molten metal surfaces.

TYPE VIII - CUTTING MARKS

Irregularities in casting surfaces resulting from burning or mechanical means used in the cleaning of castings.

TYPE IX - SCABS

Slightly raised surface blemishes which are usually sand crusted over by a thin porous layer of metal.

TYPE X - CHAPLETS

Evidence of chaplets on surface of casting disclosing incomplete fusion, which likewise can apply to internal chills.

TYPE XI - WELD REPAIR AREAS

Evidence of improper surface preparation after welding.

TYPE XII - SURFACE ROUGHNESS

Surface texture due to design, pattern, gating and sand conditions.

ANNEX A

COMPARISON OF MSS SP-55 ACCEPTANCE CRITERIA WITH ASTM AND SCRATA STANDARDS COVERING SURFACE TEXTURE QUALITY STANDARDS

A1. PURPOSE

Other societies have published standards illustrating various levels of surface texture and irregularities classified by type. The two standards discussed in this Annex do not identify specific levels as being acceptable, leaving the issue to the product specification or contract.

This Annex has been included for the purpose of showing MSS interpretation as to the levels of discontinuity by type which would be met by castings conforming to SP-55.

A2. SCOPE

ASTM specification A802, together with Adjunct No. 12-108020-02, provides sets of graded reference photographs and descriptions from which purchasers and suppliers may, by mutual agreement, select visual examination standards of surface acceptability. The specification requires the inquiry or order to indicate acceptable limits.

The SCRATA comparators are plastic replicas of actual casting surfaces, each of which is also represented by photograph. The standard suggests designating acceptance criteria on drawings.

MSS SP-55 acceptance criteria have been reviewed against the ASTM and SCRATA standards in order to designate the acceptance criteria of each type which are equivalent to SP-55 acceptance criteria. Comparisons published in this Annex represent MSS interpretation. They are intended to be of assistance to those interpreting the ASTM and SCRATA standards.

Cross reference appears in Table A1.

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO DE CALDERAS Y RECIPIENTES SUJETOS A PRESION

MODULO III: INGENIERIA DE SOPORTE A CALDERAS Y RECIPIENTES SUJETOS A PRESION

DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. APDO. Postal M-2285
Teléfonos: 512-8955 512-5121 521-7335 521-1987 Fax 510-0573 521-4020 AL 26

VÁLVULAS DE SEGURIDAD Y VÁLVULAS DE ALIVIO

SELECCIÓN, INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE VÁLVULAS DE SEGURIDAD

Expositores:
Ing. Victor Jáuregui T.
Director de Operaciones de Válvulas de Seguridad, s.a. de c.v.
Ing. José Ortega S.
Gerente de Ingeniería de Válvulas de Seguridad, s.a. de c.v.

La seguridad en la operación de una caldera, generador de vapor y en general de los recipientes a presión es de suma importancia, ya que de ello depende la vida del personal, la integridad del equipo, la protección del medio ambiente y la continuidad de las operaciones productivas.

Uno de los equipos directamente relacionados con esta seguridad lo son las válvulas de seguridad - alivio. Estos equipos son los que ante la falla de TODOS los demás sistemas de control, operarán para proteger, los recipientes y lineas de transmisión de fluidos. Es por ello que su selección, instalación, operación, mantenimiento y refaccionamiento sean de una gran importancia para la segura operación del equipo.

En este día platicaremos sobre aspectos importantes de válvulas de seguridad - alivio, que pueden redundar en una operación mas segura de los equipos en plataforma. La terminología que utilizaremos es la aprobada por la norma ANSI B95.

SELECCIÓN DE VÁLVULAS DE SEGURIDAD

De acuerdo con el Código ASME, las válvulas de seguridad deben evitar que se sobrepase en todo momento la presión de diseño del recipiente a proteger. Las válvulas de seguridad se fabrican en muy diversos modelos con aplicaciones específicas, dependiendo del fluido a manejar, de las condiciones de operación, del tipo de recipiente, de la normatividad aplicable, entre otras. Podemos diferenciar tres categorías básicas de válvulas de seguridad:

1. Válvulas de seguridad para vapor de agua.- Este tipo de válvulas se fabrican para dos tipos de recipientes:
   a) Los generadores de vapor o calderas
   b) Los acumuladores de vapor y las lineas de conducción de vapor.

Para el primer caso la normatividad aplicable lo es el Código ASME Sección I; La válvula generalmente tendrá el bonete abierto (fig. 1), con el resorte expuesto al medio ambiente, permitiendo así que se enfríe y no se vea tan afectado en sus propiedades mecánicas por los efectos de la temperatura y corrosividad del vapor que se está generando, lo cual podría variar sensiblemente la presión de ajuste de la válvula. Este código nos indica que las válvulas deberán cumplir con las siguientes condiciones:

a) Las válvulas estarán diseñadas y construidas para operar sin golpeteo y para una apertura completa a una sobrepresión no mayor al 3% por encima de su presión de ajuste. La capacidad máxima de la válvula será determinada a esta sobrepresión.

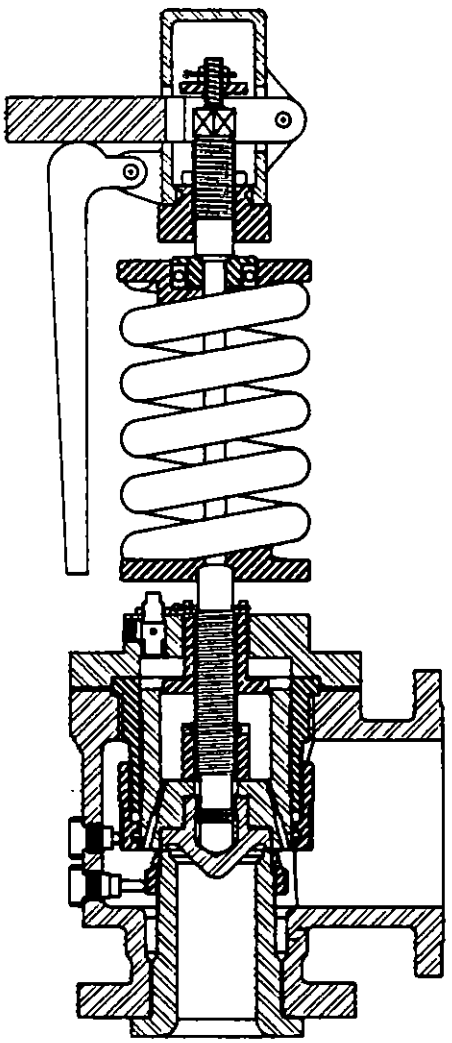
b) Las válvulas cerrarán a una presión diferencial (blow down) del 4% por debajo de la presión de ajuste. En el caso de que se utilicen dos o mas válvulas en una misma caldera, la presión de cierre de todas las válvulas nunca será menor al 96% de la presión de ajuste de la válvula de menor presión.

c) La tolerancia (mas o menos) en la presión de disparo no deberá exceder lo siguiente:

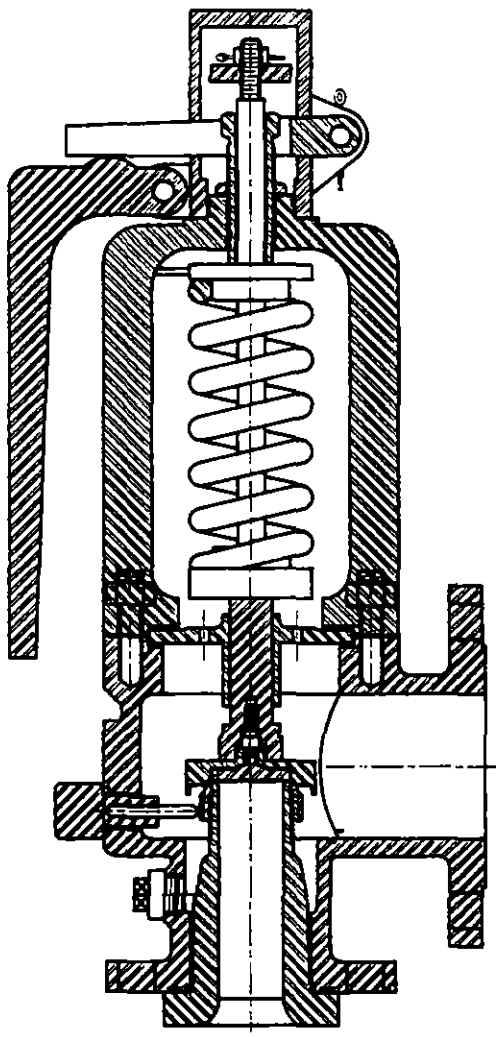
Presión de Ajuste	Tolerancia
hasta 0.48 MPa (70 psig)	+- 0.014 MPa + - (2 psig)
0.48 MPa y 2.07 MPa (71 a 300 psig)	+ - 3%
2.07 MPa y 6.89 MPa (301 a 1000 psig)	+ -0.069 Mpa + - (10 psig)
mayores de 6.89 MPa (1000 psig).	+ - 1%

Para el segundo caso la normatividad aplicable lo es el Código ASME Sección VIII; la válvula podrá tener el bonete abierto o cerrado (fig. 2), dependiendo de la temperatura y de la colocación de la válvula. También en este código se nos indica que las válvulas deberán cumplir con las siguientes condiciones:

a) Las válvulas estarán diseñadas y construidas para operar sin golpeteo y para una apertura completa a una sobrepresión no mayor al 10% por encima de su presión de ajuste. La capacidad máxima de la válvula será determinada a esta sobrepresión.



Válvula de Seguridad (ASME Sección I)
Fig. 1



Válvula de Seguridad (ASME Sección VIII)
Fig. 2

b) Las válvulas cerrarán a una presión diferencial (blow down) del 7% por debajo de la presión de ajuste. En el caso de que se utilicen dos o mas válvulas en un mismo recipiente, la presión de cierre de todas las válvulas nunca será menor al 93% de la presión de ajuste de la válvula de menor presión.

c) La tolerancia (mas o menos) en la presión de disparo no deberá exceder lo siguiente:

Presión de Ajuste	Tolerancia
hasta 0.48 MPa (70 psig)	+ - 0.014 MPa + - (2 psig)
mayores de 0.48 MPa (70 psig).	+ - 3%

Es importante hacer notar que para ambos casos, la válvula estará provista de un elemento que permita la prueba operacional de la válvula cuando la presión de operación del recipiente sea superior al 75% de la presión de ajuste de la válvula.

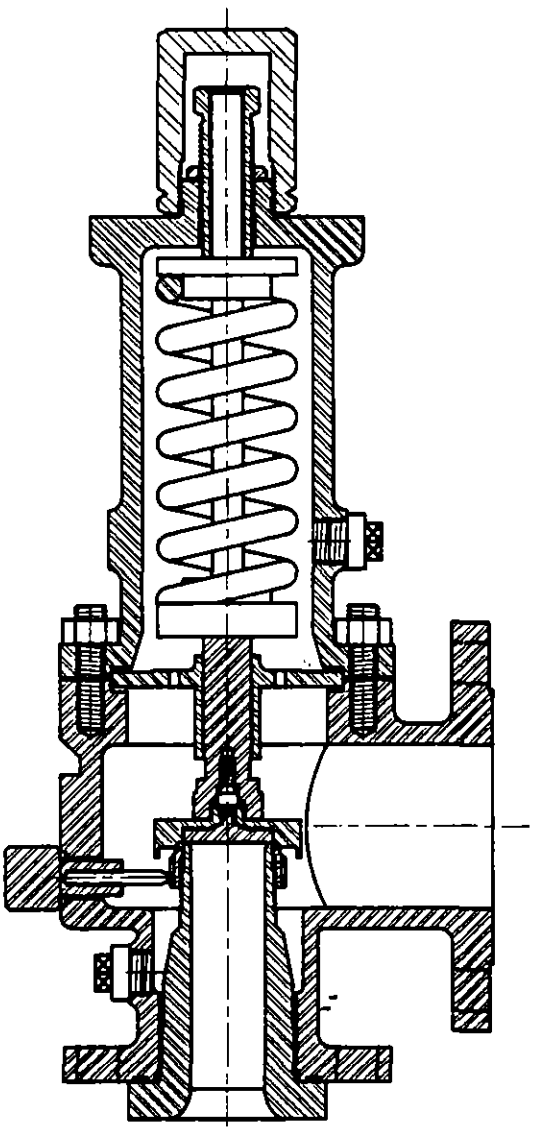
2. Válvulas de seguridad - alivio para gases y vapores.- Este tipo de válvulas se fabrican siguiendo los lineamientos del Código ASME Sección VIII y de la especificación API 526. Las válvulas se fabrican siguiendo dos diseños básicos:

A) Válvulas operadas por la acción directa de un resorte.- Estas válvulas son las mas comunes en para los recipientes a presión (fig. 3). La presión del fluido contenido en el recipiente es contrarrestada por la fuerza ejercida por un resorte sobre el disco o "tapón" de la válvula. Al incrementarse la presión en el recipiente, la fuerza en el disco se ve incrementada hasta que resulta mayor que la ejercida por el resorte, dando por resultado el que la válvula tienda a abrirse.

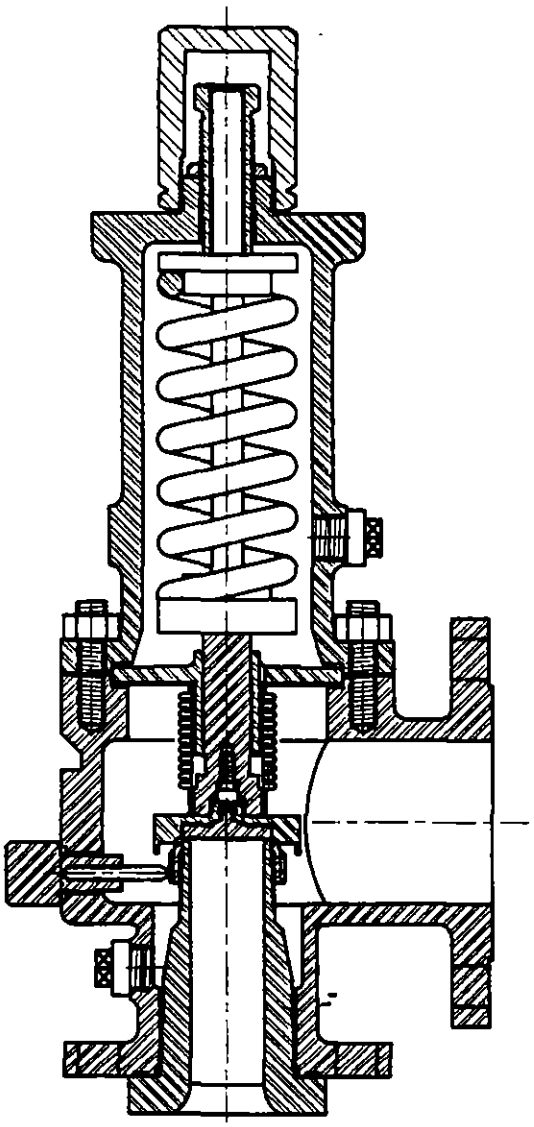
Este tipo de válvulas se divide a su vez en dos subgrupos:
a) válvulas convencionales
b) las válvulas balanceadas (fig. 4).

Las segundas se diferencian de las primeras en que son fabricadas con un aditamento denominado "fuelle" con el propósito de minimizar los efectos resultantes de una contrapresión variable durante la apertura de la válvula (como en el caso de válvulas que descargan a un cabezal común dirigido a un quemador). Otra aplicación de las válvulas balanceadas es la de proveer de un sello hermético que aísla al resorte de la acción corrosiva de algunos fluidos o previene el escape de fluidos venenosos o altamente inflamables.

B) Válvulas operadas por piloto.- Estas válvulas (fig. 5) son comunes en los gasoductos, en donde se manejen fluidos limpios y en donde se requiera de una hermeticidad alta en presiones cercanas a la presión de ajuste de la válvula. Su



Válvula de Seguridad - Alivio Convencional
Fig. 3



Válvula de Seguridad - Alivio Balanceada
Fig. 4

principio de operación se basa en realizar el sello mediante una diferencia de áreas entre la zona en contacto con el fluido y la zona por encima del asiento. La apertura y cierre de la válvula se realiza mediante una pequeña válvula de alivio denominada "piloto", la cual opera mediante el principio descrito en las válvulas operadas por la acción directa de un resorte, existiendo diferentes tipos de pilotos para diferentes aplicaciones.

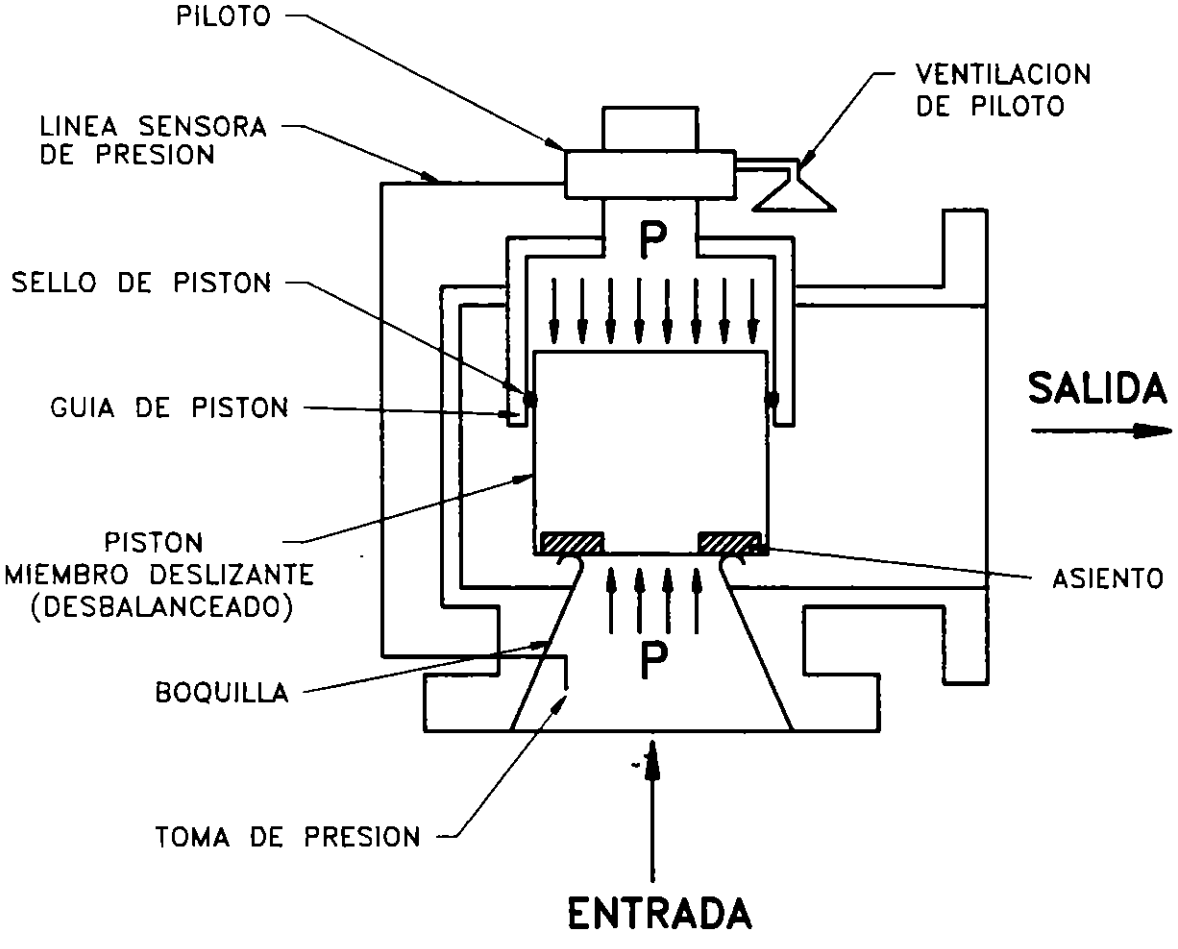
3. Válvulas de alivio para líquidos.- El tercer grupo lo constituyen las válvulas de alivio para líquidos (fig. 6). Estas válvulas, siguen los lineamientos de la norma API 526. Se caracterizan por no "disparar" al momento de la apertura, ya que ésta es proporcional al incremento de presión del recipiente. Son usadas generalmente en recipientes que se ven afectados por la expansión térmica de los líquidos que contienen, y también a la salida de las bombas, para operar regresando el fluido a la succión de la bomba o al cárcamo, cuando se estrangula o bloquea el flujo a la salida de éstas. Generalmente se seleccionan para permitir sobrepresiones entre el 10% y el 25%. No es recomendable el seleccionarlas para sobrepresiones menores, ya que el flujo estaría muy estrangulado en la zona de sello, lo que ocasionaría grandes daños a los asientos.

PROCESO DE SELECCIÓN DE VÁLVULAS DE SEGURIDAD.

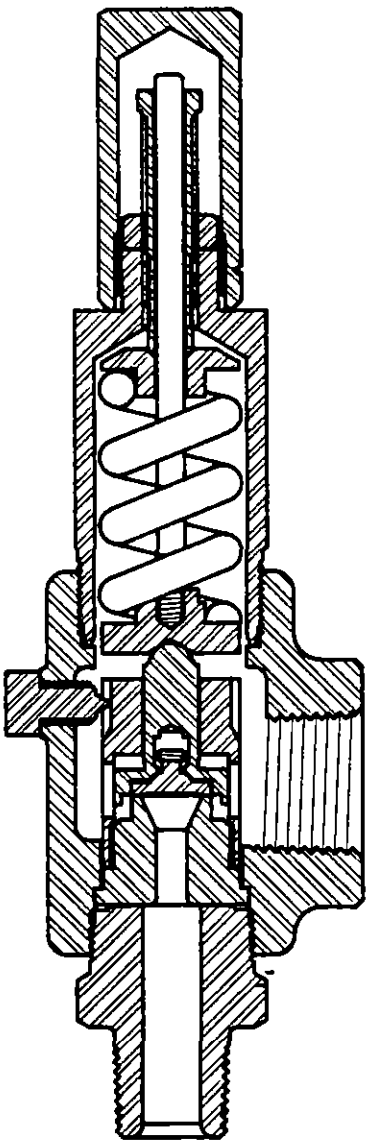
Teniendo en mente los conceptos anteriores, el procedimiento general para la selección de una válvula de seguridad da inicio con la selección del tipo de válvula adecuada al proceso que deberá proteger (uno de los casos anteriores).

El segundo paso en la selección lo es la determinación del orificio de descarga de la válvula. Este paso es muy importante ya que se podrían presentar dos situaciones extremas: Si el orificio seleccionado es pequeño, la presión en el recipiente se incrementaría mas allá de los límites permisibles poniendo en riesgo al equipo y por consiguiente al personal y al medio ambiente; por el contrario si el orificio seleccionado es mucho mayor del requerido, la válvula no operará correctamente, pudiendo presentar fallas como el golpeteo (chatter) que acortan la vida de la válvula y por tanto incrementan el riesgo.

Para la selección del orificio, los fabricantes de válvulas de seguridad incluimos en nuestros catálogos dos sistemas. El primero consiste en una serie de "tablas de capacidades" (Tabla I) que relacionan la presión de ajuste de la válvula, con la capacidad de descarga y el orificio requerido; las tablas están restringidas a un cierto número de fluidos que generalmente son: vapor de agua al 3% y al 10% de sobrepresión, aire al 10% de sobrepresión, un tipo de gas y vapor al 10% de sobrepresión y agua al 10% y al 25% de sobrepresión. El otro método de selección del orificio, lo es el cálculo propiamente dicho.



Válvula de Seguridad - Alivio Operada Por Piloto
Fig. 5



Válvula de Alivio
Fig. 6

Modelo 5600 y 5800
Tabla de Capacidades para VAPOR en LIBRAS / HORA (lb/hr)
Sobrepresión 10% ó 3 lb/pulg2 lo que sea mayor Presión en lb/pulg2

Presión de Ajuste	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P
in/pulg	0.159	0.229	0.357	0.586	0.915	1.499	2.142	3.324	4.194	5.057	7.432
15	229	330	514	844	1,317	2,158	3,085	4,786	6,039	7,281	10,701
20	264	380	593	973	1,519	2,488	3,556	5,518	6,962	8,395	12,337
30	334	481	750	1,231	1,922	3,148	4,500	6,982	8,809	10,621	15,610
35	372	536	836	1,373	2,143	3,511	5,019	7,787	9,825	11,846	17,410
40	411	592	923	1,515	2,365	3,874	5,538	8,592	10,840	13,071	19,210
50	488	703	1,096	1,798	2,808	4,601	6,575	10,202	12,872	15,520	22,809
60	565	814	1,269	2,082	3,251	5,327	7,613	11,812	14,903	17,970	26,409
70	642	925	1,441	2,366	3,695	6,053	8,651	13,422	16,934	20,419	30,009
80	719	1,036	1,614	2,650	4,138	6,779	9,688	15,032	18,966	22,868	33,609
90	796	1,146	1,787	2,934	4,581	7,505	10,726	16,642	20,997	25,318	37,208
100	873	1,257	1,960	3,218	5,024	8,231	11,764	18,252	23,029	27,767	40,808
120	1,027	1,479	2,306	3,785	5,911	9,683	13,839	21,472	27,091	32,666	48,008
140	1,181	1,701	2,652	4,353	6,797	11,135	15,915	24,692	31,154	37,565	55,207
160	1,335	1,923	2,998	4,921	7,683	12,587	17,990	27,912	35,217	42,464	62,406
180	1,489	2,145	3,344	5,488	8,570	14,039	20,065	31,132	39,280	47,362	69,606
200	1,643	2,367	3,689	6,056	9,456	15,491	22,141	34,352	43,343	52,261	76,805
220	1,797	2,588	4,035	6,624	10,342	16,943	24,216	37,572	47,405	57,160	84,005
240	1,951	2,810	4,381	7,191	11,229	18,396	26,292	40,792	51,468	62,059	91,204
260	2,105	3,032	4,727	7,759	12,115	19,848	28,367	44,012	55,531	66,958	98,404
280	2,259	3,254	5,073	8,327	13,001	21,300	30,442	47,232	59,594	71,856	105,603
300	2,413	3,476	5,419	8,894	13,888	22,752	32,518	50,452	63,657	76,755	112,803
350	2,798	4,030	6,283	10,313	16,104	26,382	37,706	58,502	73,814	89,002	130,802
400	3,183	4,585	7,148	11,733	18,320	30,012	42,895	66,552	83,970	101,249	148,800
450	3,568	5,140	8,012	13,152	20,536	33,643	48,083	74,602	94,127	113,496	166,799
500	3,954	5,694	8,877	14,571	22,752	37,273	53,272	82,652	104,284	125,743	184,798
550	4,339	6,249	9,741	15,990	24,968	40,903	58,460	90,702	114,441	137,990	202,797
600	4,724	6,803	10,606	17,409	27,183	44,533	63,649	98,752	124,598	150,237	220,795
650	5,109	7,358	11,471	18,828	29,399	48,164	68,838	106,802	134,755	162,484	238,794
700	5,494	7,912	12,335	20,248	31,615	51,794	74,026	114,852	144,912	174,731	256,793
750	5,879	8,467	13,200	21,667	33,831	55,424	79,215	122,902	155,069	186,978	274,791
800	6,264	9,022	14,064	23,086	36,047	59,054	84,403	130,952	165,226	199,225	292,790
850	6,649	9,576	14,929	24,505	38,263	62,685	89,592	139,002	175,383	211,472	310,789
900	7,034	10,131	15,793	25,924	40,479	66,315	94,780	147,052	185,540	223,719	328,788
950	7,419	10,685	16,658	27,343	42,695	69,945	99,969	155,102	195,697	235,966	346,786
1000	7,804	11,240	17,523	28,763	44,911	73,575	105,157	163,152	205,854	248,213	364,785
1100	8,574	12,349	19,252	31,601	49,343	80,836	115,534	179,252	226,168		
1200	9,344	13,458	20,981	34,439	53,775	88,096	125,911	195,352	246,482		
1300	10,115	14,568	22,710	37,278	58,207	95,357	136,288	211,452			
1400	10,885	15,677	24,439	40,116	62,638	102,618	146,665	227,552			
1500	11,711	16,866	26,294	43,160	67,392	110,405	157,795	244,820			
1600	12,567	18,100	28,218	46,318	72,322	118,482	169,340				
1700	13,442	19,359	30,180	49,539	77,352	126,723	181,118				
1800	14,335	20,646	32,187	52,833	82,495	135,147	193,158				
1900	15,251	21,965	34,242	56,208	87,764	143,780	205,497				
2000	16,192	23,320	36,355	59,675	93,178	152,649	218,173				
2250	18,679	26,902	41,939	68,841	107,490	176,096					
2500	21,427	30,860	48,109	78,970	123,306	202,006					
2750	24,572	35,390	55,172	90,562							
3000	28,364	40,851	63,685	104,535							
P.max	2903	2903	2903	2903	2500	2500	2000	1500	1200	1000	1000

Tabla I

También en sus manuales, los fabricantes de válvulas de seguridad incluyen las fórmulas para el cálculo de orificios. Estas fórmulas están derivas de las ecuaciones generales establecidas en el Código ASME y en las especificaciones API correspondientes; en estas fórmulas se incluyen como variables, además de la capacidad de descarga y de la presión de ajuste, otras tales como la sobrepresión permisible, temperatura, la eficiencia de la válvula, los efectos de contrapresiones constantes y variables, la compresibilidad del fluido, su peso molecular, su gravedad específica, su relación de calores específicos, lo cual resulta en una selección mas exacta.

Una vez determinado el orificio requerido, es necesario seleccionar el orificio que solicitaremos en la válvula de entre los normalizados por la norma API 526 (Tabla II). Siempre seleccionaremos el orificio con área inmediatamente mayor al área de orificio que hayamos determinado por medio de las ecuaciones, lo cual nos asegurará el tener una descarga total, generalmente por debajo de la sobrepresión máxima permisible.

Orificio	Área cm.^{2}	Área pul.^{2}
D	0.71	0.110
E	1.26	0.196
F	1.98	0.307
G	3.24	0.503
H	5.06	0.785
J	8.30	1.287
K	11.86	1.838
L	18.41	2.853
M	23.23	3.60
N	28.00	4.34
P	41.16	6.38
Q	71.29	11.05
R	103.23	16.0
T	167.74	26.0

Orificios Comerciales Para Válvulas de Seguridad Bridadas
Tabla II

El tercer paso es la selección de los materiales de construcción de la válvula. Para realizar esta selección, el primer parámetro lo es la temperatura de relevo, de la cual dependerá en principio los materiales.

Orificio "J" Area = 1.287 pulgadas cuadradas

Materiales		Tamaño nominal de Válvula			Clase o Rango de Brida		Máxima Presión (libras por pulgada cuadrada) ; Temp. °F									Dimensiones Entre Caras y Centro (Pulgadas)	
							Válvulas Convencionales y Balanceadas							Conv. (3) Bal. (3) Límite de Presión a la Salida			
							Límites de Presión de Ajuste										
		Entrada x Orificio x Salida					°F -450 -151	°F -150 -76	°F -75 -21	°F -20 100	°F 450	°F 800	°F 1000	°F 100	°F 100	Entrada	Salida
Cuerpo	Resorte				Entrada	Salida											
Rango de temperatura de -20 F hasta e inclusive 450 °F																	
Fundición	Acero	2	J	3	150#	150#	—	—	—	285	185	—	—	285	230	5.375	4.875
Acero	al	2	J	3	300#	150#	—	—	—	285	285	—	—	285	230	5.375	4.875
al	Carbón	2.5	J	4	300#	150#	—	—	—	740	615	—	—	285	230	5.375	5.625
Carbón		2.5	J	4	600#	150#	—	—	—	1480	1235	—	—	285	230	6.125	6.750
		3	J	4	900#	300#	—	—	—	2220	1845	—	—	285	230	7.250	7.125
		3	J	4	1500#	300#	—	—	—	2700	2700	—	—	600	230	7.250	7.125
Rango de temperatura de 451 F hasta e inclusive 800 °F																	
Fundición	Aleación de	2	J	3	150#	150#	—	—	—	—	185	80	—	285	230	5.375	4.875
Acero	Acero Para	2	J	3	300#	150#	—	—	—	—	285	285	—	285	230	5.375	4.875
al	Alta	2.5	J	4	300#	150#	—	—	—	—	615	410	—	285	230	5.375	5.625
Carbón	Temperatura	2.5	J	4	600#	150#	—	—	—	—	1235	825	—	285	230	6.125	6.750
		3	J	4	900#	300#	—	—	—	—	1845	1235	—	285	230	7.250	7.125
		3	J	4	1500#	300#	—	—	—	—	2700	2080	—	600	230	7.250	7.125
Rango de temperatura de 801 F hasta e inclusive 1000 °F																	
Fundición	Aleación de	2.5	J	4	300#	150#	—	—	—	—	—	510	225	285	230	5.375	5.625
Acero	Acero Para	2.5	J	4	600#	150#	—	—	—	—	—	815	445	285	230	5.375	5.625
al	Alta	2.5	J	4	900#	300#	—	—	—	—	—	1225	670	285	230	6.125	6.750
Cromo	Temperatura	3	J	4	1500#	300#	—	—	—	—	—	2040	1115	600	230	7.250	7.125
Molibdeno																	
Rango de temperatura de -21 F hasta e inclusive -75 °F																	
Fundición	Acero	2	J	3	150#	150#	—	—	285	—	—	—	—	285	230	5.375	4.875
Acero	al	2	J	3	300#	150#	—	—	285	—	—	—	—	285	230	5.375	4 875
al 3.6%	Carbón	2.5	J	4	300#	150#	—	—	740	—	—	—	—	285	230	5.375	5.625
Niquel		2.5	J	4	600#	150#	—	—	1480	—	—	—	—	285	230	6.125	6.750
		3	J	4	900#	300#	—	—	2220	—	—	—	—	285	230	7.250	7.125
		3	J	4	1500#	300#	—	—	2700	—	—	—	—	600	230	7.250	7.125
Rango de temperatura de -76 F hasta e inclusive -150 °F																	
Fundición	Aleación de	2	J	3	150#	150#	—	275	—	—	—	—	—	275	230	5.375	4.875
Acero	Acero Para	2	J	3	300#	150#	—	275	—	—	—	—	—	275	230	5.375	4.875
al 3.6%	Baja	2.5	J	4	300#	150#	—	500	—	—	—	—	—	285	230	5.375	5.625
Niquel	Temperatura	2.5	J	4	600#	150#	—	625	—	—	—	—	—	285	230	6.125	6.750
		3	J	4	900#	300#	—	800	—	—	—	—	—	285	230	7.250	7.125
		3	J	4	1500#	300#	—	800	—	—	—	—	—	600	230	7.250	7.125
Rango de temperatura de -151 F hasta e inclusive -450 °F																	
Fundición	Aleación de	2	J	3	150#	150#	275	—	—	—	—	—	—	275	230	5.375	4.875
Acero	Acero Para	2	J	3	300#	150#	275	—	—	—	—	—	—	275	230	5.375	4.875
Austenítico	Baja	2.5	J	4	300#	150#	500	—	—	—	—	—	—	275	230	5.375	5.625
	Temperatura	2.5	J	4	600#	150#	625	—	—	—	—	—	—	275	230	6.125	6.750
		3	J	4	900#	300#	800	—	—	—	—	—	—	275	230	7.250	7 125
		3	J	4	1500#	300#	800	—	—	—	—	—	—	600	230	7.250	7.125

NOTAS: (1) Los materiales de Bonete, Resorte e Internos, son de acuerdo a lo convencional del fabricante

(2) Se dan los requerimientos minimos de los rangos de presión y temperatura para los materiales

(3) C = Válvula Convencional, B = Válvula Balanceada

(4) La presión a la salida para temperaturas por encima de 100 °F no debe exceder los rangos indicados en ANSI B16.6

Tabla de selección API 526

Tabla III

En la tabla III se muestra la selección de materiales por temperatura. El segundo parámetro lo es la corrosividad del fluido a manejar. Las partes de la válvula que requerirán de materiales resistentes a la corrosión serán en principio las partes húmedas (disco y tobera), y dependiendo del destino del desfogue (recirculación, quemadores, atmósfera, etc.), pudiera llegar a ser toda la válvula. Por norma (Código ASME Secciones I y Sección VIII) todas las partes deslizantes deben ser de material resistente a la corrosión existente, así que están prohibidos los asientos en hierro.

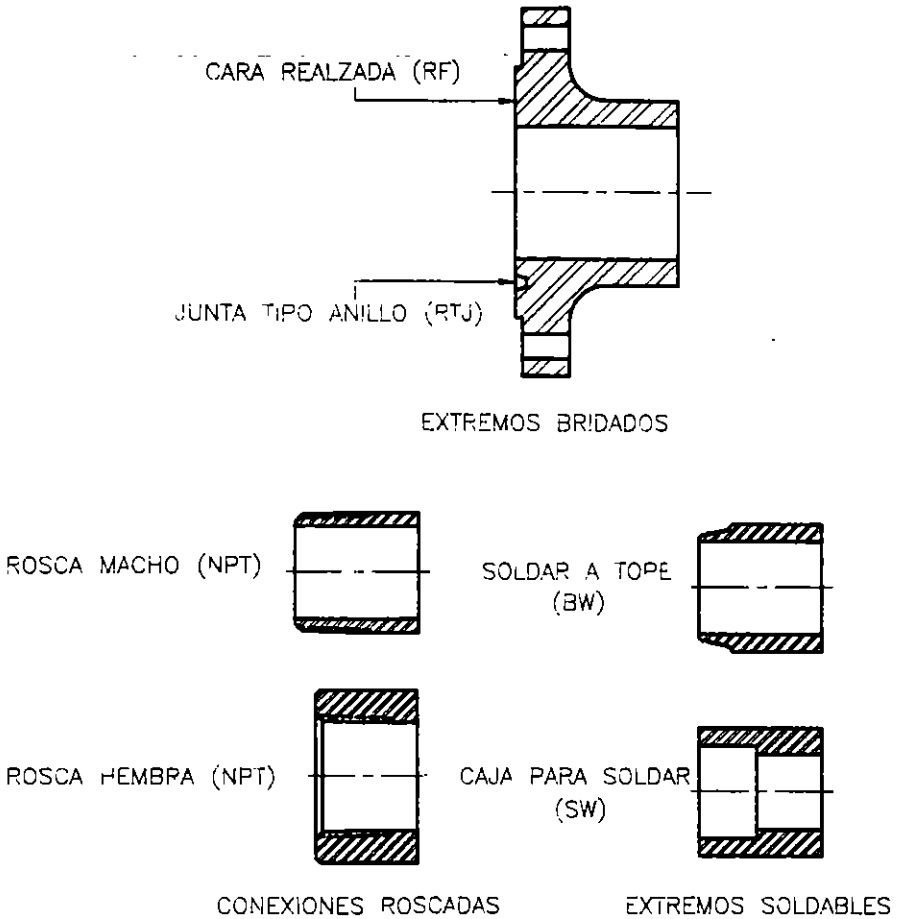
El cuarto paso es la selección del tipo de extremos de conexión (fig. 7). Entre los muchos existentes podemos citar como mas comunes a las bridas, las conexiones roscadas y las conexiones soldadas. En el caso de las bridas es necesario referirse a la norma para bridas deseada (ANSI B16.5 para acero o ANSI B16.1 para hierro), especificar su tamaño, su rango de presión o clase, así como el tipo de junta deseada. Los mismos detalles se requieren para especificar extremos roscados o extremos para soldar.

El quinto paso lo es la selección de accesorios y especialidades. Entre los accesorios mas comunes están las palancas (fig. 8) para probar la operación de la válvula; es importante aclarar que en el caso de válvulas para servicio en vapor de agua, para aire o para agua a mas de 60 °C, es mandatorio la utilización de este tipo de accesorio. Existen dos tipos básicos de palanca: las abiertas a la atmósfera (para usarse con vapor de agua, aire y gases no venenosos ni corrosivos ni caros) y las empacadas (para usarse en líquidos, gases venenosos, explosivos y/o caros).

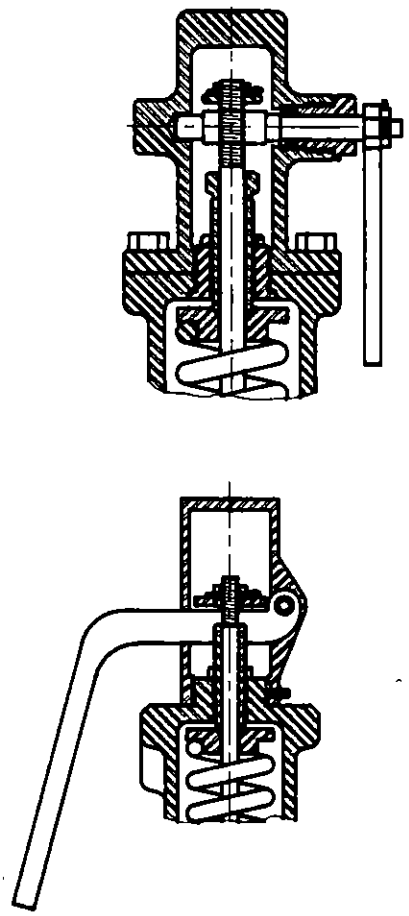
Otro accesorio lo representan las mordazas de prueba (fig. 9); este accesorio se utiliza como auxiliar para bloquear la válvula de seguridad durante las pruebas hidróstaticas de los recipientes. Es muy conveniente su utilización en recipientes que están muy expuestos a desgaste de sus paredes por efectos de corrosión y/o erosión, por lo que se requiere probar su integridad a intervalos frecuentes sin desmontarlos o desconectarlos de las lineas de proceso.

Entre las especialidades que se pueden incluir en una válvula de seguridad están los asientos blandos, para lograr una mayor hermeticidad; los asientos endurecidos, para lograr una mayor resistencia a la erosión, los indicadores remotos de apertura, entre otros.

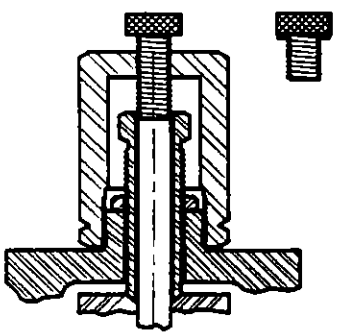
Todos los fabricantes de válvulas de seguridad - alivio incluyen en la nomenclatura de sus válvulas las características anteriormente descritas para una mayor facilidad de interpretación de sus modelos.



Tipo de Extremos de Conexión
Fig. 7



Palancas
Fig. 8 .



Mordaza de Prueba
Fig. 9

RECOMENDACIONES PARA LA INSTALACIÓN DE VÁLVULAS DE SEGURIDAD

Las siguientes recomendaciones de instalación son un resumen de lo recomendado por la práctica API RP-520 Parte II (Práctica Recomendada para el Diseño e Instalación de Sistemas de Relevo de Presión en Refinerías. Parte II Instalación), la Norma ANSI/NB-23 (Código de Inspección National Board. Manual para Inspectores de Calderas y Recipientes a Presión) y nuestra propia experiencia.

A) La válvula de seguridad debe conectarse lo mas cercana al recipiente a presión (fig. 10) que va a proteger; la tubería de conexión será de diámetro nominal igual o mayor que el diámetro nominal de la brida o conexión de entrada de la válvula; en caso de requerirse su instalación en un lugar relativamente remoto, la tubería de conexión deberá calcularse en su diámetro de tal forma que la caída de presión nunca exceda el 3% de la presión de calibración de la válvula considerando el máximo flujo permitido a través de ésta última.

B) A menos que sea absolutamente indispensable y que las normas de seguridad aplicables lo permitan, nunca deberá instalarse una válvula de bloqueo entre el recipiente y la válvula de seguridad que lo protege.

C) Las válvulas se instalarán en posición vertical para evitar inducir desalineamientos entre las superficies de sello.

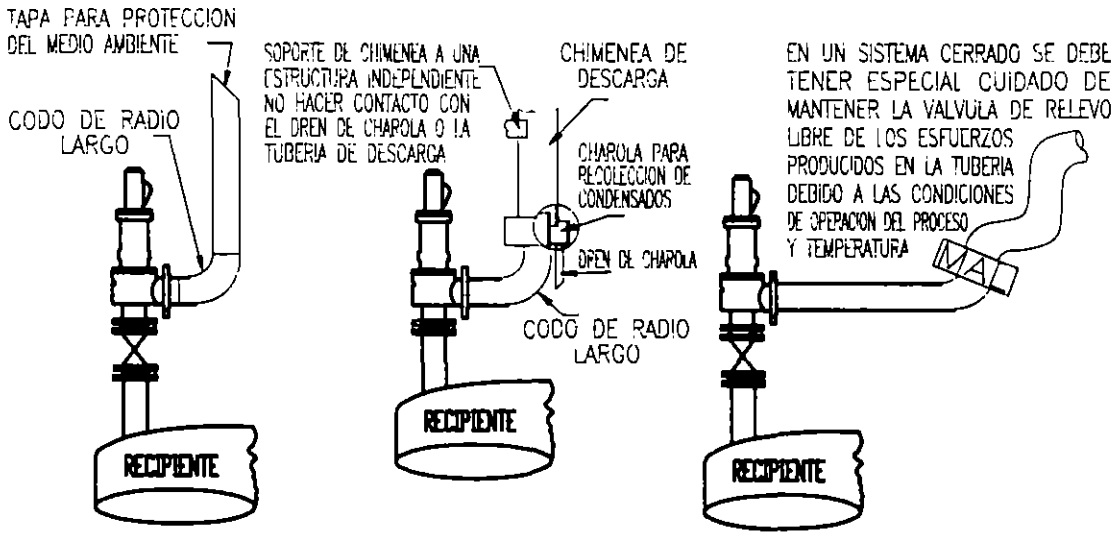
D) No deberán existir tomas de muestra o de presión entre el recipiente y la válvula de seguridad, ya que esto podría ocasionar una caída de presión lo suficientemente grande para evitar el correcto funcionamiento de la válvula.

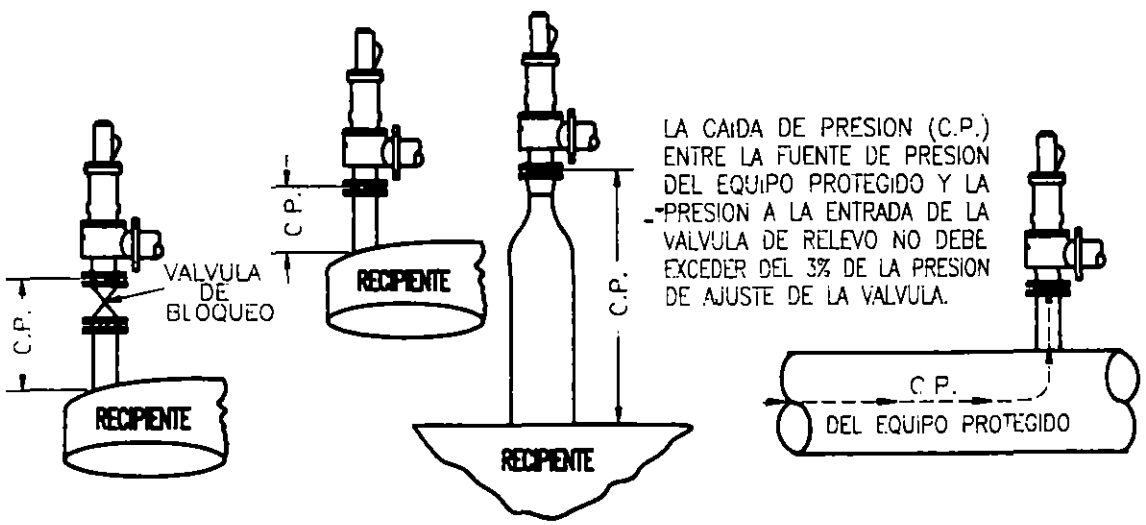
E) Las válvulas no deberán instalarse donde existan altas turbulencias, como en el caso de válvulas reguladoras o de globo, codos, amortiguadores de pulsaciones, etc. En estos casos la válvula se instalará a una distancia de 10 a 25 veces el diámetro de la tubería, de la fuente de turbulencias.

F) Al instalar la tubería de descarga deberá tenerse en cuenta, para el cálculo de sus soportes, las fuerzas de reacción existentes durante la apertura de la válvula. En ningún caso será la válvula la que soporte a dichas tuberías, ya que esto podría ocasionar una distorsión mecánica que afecte su correcta operación.

G) Se deberán localizar en lugares con libre acceso para mantenimiento.

H) En el caso de válvulas con palancas de prueba, deberá existir un libre acceso a ellas o instalarse un mecanismo de operación remota, teniendo en cuenta que NUNCA deberá quedarse trabada la palanca en posición de prueba.





Recomendaciones para Instalación

Fig. 10

I) En el caso de válvulas balanceadas (equipadas con fuelle), el bonete deberá estar venteado (su tapón deberá quitarse). Lo anterior para evitar que el aire dentro del bonete cree un colchón durante la apertura de la válvula que ocasione una alteración en el tamaño de la apertura y en la presión de calibración.

J) Los drenes preferentemente se instalarán en la tubería de descarga. En caso de no ser esto posible, Todas la válvulas de seguridad están equipadas con un tapón para drenarla.

K) Antes de instalar la válvula, ésta deberá inspeccionarse visualmente para verificar que se encuentra en condiciones de servicio, que está libre de partículas extrañas en el cuerpo y en la tobera, mismas que podrían dañar las superficies de sello.

L) La tubería de descarga será como mínimo del mismo diámetro nominal que el de la brida de salida de la válvula. Lo anterior con el objeto de evitar la creación de contrapresiones altas que alteren la correcta operación. En el caso de lineas de descarga muy largas, la creación de contrapresiones deberá tomarse en cuenta al momento de la selección.

RECOMENDACIONES PARA LA CORRECTA OPERACIÓN DE LAS VÁLVULAS DE SEGURIDAD.

Las válvulas de seguridad son válvulas de operación automática, por lo que prácticamente no requieren de que el operador intervenga en su operación; sin embargo se recomiendan las siguientes acciones para asegurar la operación correcta:

A) Al establecer la presión de ajuste de disparo o apertura de la válvula se deberá considerar una diferencia mínima entre ésta y la presión de operación normal del recipiente. Consideremos que las válvulas de seguridad "disparan" a una presión determinada y que cierran a un presión menor a ésa (blow-down); esto nos indica que la presión de operación deberá ser siempre menor de la presión de cierre de la válvula, para evitar fugas indeseables y mal funcionamiento. Es recomendable que la diferencia mínima entre la presión máxima de operación y la presión de disparo de la válvula sea de un 10% de ésta última y que la presión de ajuste sea como máxima la presión de diseño del recipiente.

B) Los resortes para una válvula de seguridad han sido diseñados y fabricados para operar en circunstancias de presión, temperatura y capacidad específicas; es por esto que el cambiar la presión de ajuste está limitado al siguiente rango de ajuste: +- 5% para todas las presiones. Lo anterior asegura que se seguirán

cumpliendo los tres parámetros básicos de operación (presión de disparo, apertura de la válvula mayor a su orificio, y presión de cierre).

D) La capucha superior de la válvula deberá permanecer siempre en su lugar para evitar cualquier obstrucción del vástago o flecha en el momento de la apertura.

E) En el caso de válvulas con palanca éstas no deberán operarse manualmente cuando la presión en el recipiente sea menor del 75% de la presión de ajuste, ya que se podría dañar el vástago.

F) Cuando la válvula esté equipada con mordazas para prueba, éstas deberán usarse para la prueba hidrostática de la misma válvula y del recipiente que protegerán, exclusivamente. Al usarla, la válvula deberá estar calibrada a la presión de disparo y solo se apretará la mordaza con la fuerza de las manos; nunca deberá usar herramientas para esta operación, ya que se dañaría el vástago.

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

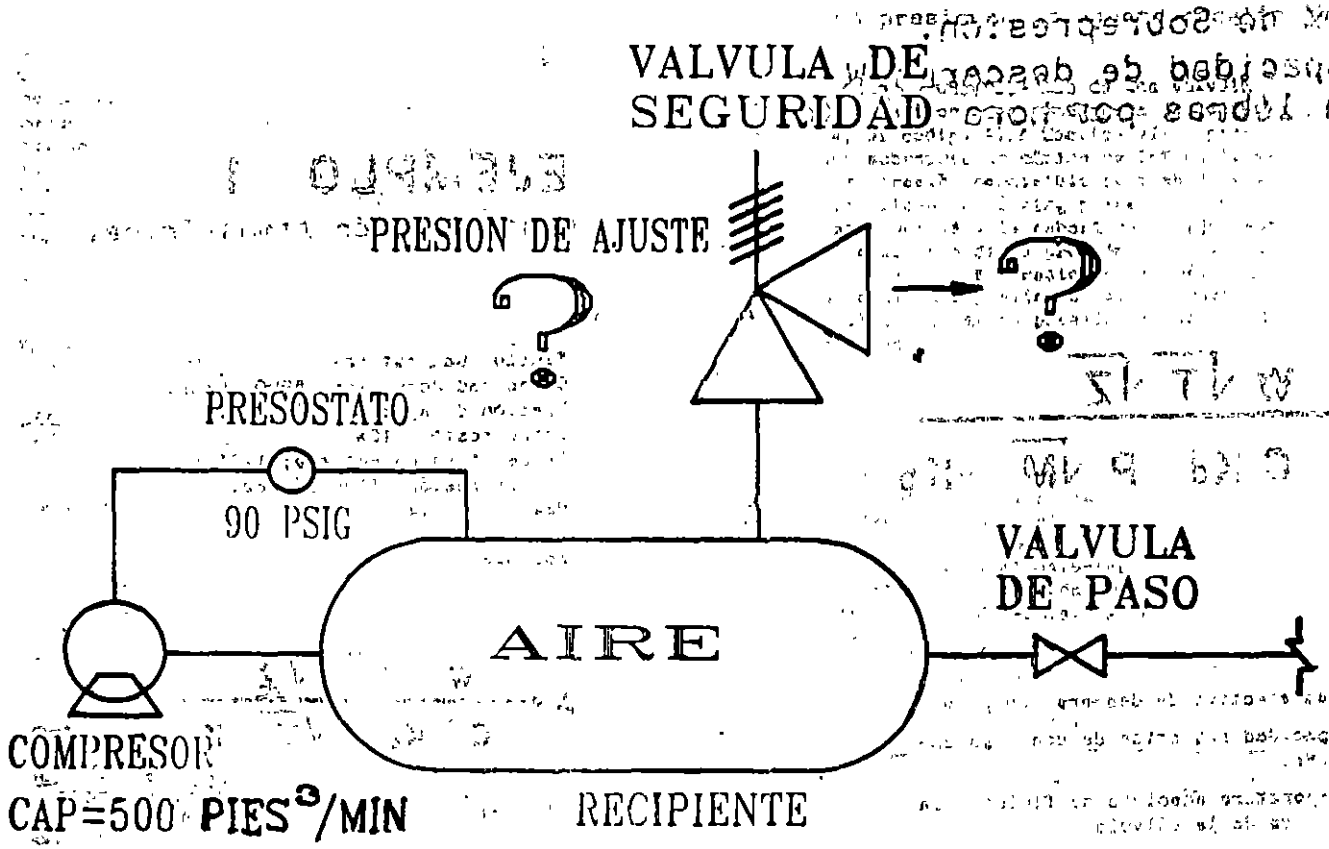
CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INGENIERIA DE CALDERAS Y RECIPIENTES SUJETOS A PRESION

MODULO III: INGENIERIA DE SOPORTE A CALDERAS Y RECIPIENTES SUJETOS A PRESION

ANEXO

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. APDO. Postal M-2285
Teléfonos: 512-8955 512-5121 521-7335 521-1987 Fax 510-0573 521-4020 AL 26



API 520

$$A = \frac{V\sqrt{T}\sqrt{Z}\sqrt{G}}{1.175\,C\,P\,Kd}$$

V = CAPACIDAD DE DESCARGA EN PIES³/MIN
T = TEMPERATURA ABS (°F+460)
Z = FACTOR DE COMPRESIBILIDAD (1)
G = GRAVEDAD ESPECIFICA (AIRE=1)
C = Cp/Cv (AIRE=356)
P = PRESION DE RELEVO ABS (PA+SOBREPRESION+Patm
Kd = COEF. DE DESCARGA DE LA VALVULA (0.975)

FORMULA 2

- Gases y Vapores
- 10% de Sobrepresión
- Capacidad requerida (V) en pie^3/min (SCFM)

La siguiente formula sirve para dimensionar válvulas que manejan gases ó vapores y cuya capacidad está expresada en unidades de volúmen (pie^3/min). La formula incluye factores de corrección para compensar los efectos de la contrapresión, compresibilidad del gas etc.

$$A = \frac{V\sqrt{T}\sqrt{G}\sqrt{Z}}{1.175\ C\ K_d\ P\ K_b}$$

Donde:

A = Mínima area efectiva de descarga en pulg^2.

V = Capacidad de descarga requerida en pie3/min (standard cubic feet per minute = SCFM).

T = Temperatura absoluta de entrada del fluido (°F + 460).

G = Gravedad específica del gas ó vapor bajo las condiciones de operación.

C = Factor variable que depende del rango de calores específicos K ($K = C_p/C_v$), este valor es constante para un gás ideal. Si el valor de K es desconocido, utilice K=1.001

C=316 con el cual resultará un calculo conservador y una selección más segura (ver tablas 1 y 2).

K_d = Coeficiente de descarga (0.95)

P = Presión absoluta de alivio en Lb/Pulg^2 abs. (PSIA)

Esto es: presión de ajuste + sobrepresión + presión atmosférica; en otras palabras, la presión de ajuste (psig) se multiplica por 1.1 (10% sobrepresión) + 14.7 (presión atmosférica)

K_b = Factor de corrección debido a la contrapresión (ver gráficas).

EJEMPLO 1

Contrapresión desarrollada variable (Bnilt-up variable B.P.)

Fluido: Etileno (gas)
Capacidad Requerida: 12,000 pie3/min.
Pres. de Ajuste: 170 psig.
Sobrepresión: 10%
Contrapresión: de 0 psig. a 94 psig.
Temperatura entrada: 200° F
Gravedad esp: 0.969.
se requiere una palanca hermética.

Formula:

$$A = \frac{V\sqrt{T}\sqrt{G}\sqrt{Z}}{1.175\ C\ K_d\ P\ K_b}$$

Donde:

A = Mínima area efectiva de descarga requerida

V = 12,000 pie3/min.

T = 200° + 460° = 660 grados absolutos.

G = 0.968 con respecto al aire.

C = 343

K_d = .95

P = (170 X 1.1) + 14.7 = 201.7 psia.

K_b = de la gráfica 3:

% cont. pres. manom. = 94 X 100 = 55% (170)

K_b = 0.93

$$A = \frac{12000\sqrt{660}\sqrt{.969}}{1.175\ (343)\ (.95)\ (201.7)\ .93}$$

A = 4.22 pulg^2

La válvula de fabricación estandar orificio "N" con una area de 4.34 pulg^2 será la más adecuada para descargar la capacidad requerida.

Del catálogo VASESA escogemos una válvula de 4" X 6" modelo 56NBA1-BDG palanca hermética (letra G en el 9º dígito), y cuyos materiales estandar son satisfactorios.

FORMULA 3

- Vapor.
- 10% de sobrepresión.
- Capacidad requerida W_s en Lb/Hr.

La siguiente formula sirve para dimensionar válvulas que manejan vapor de agua al 10% de sobrepresión, e incluye factores de corrección para contrapresión y sobrecalentamiento.

$$A = \frac{W}{50\ P\ K_{sh}\ K_b}$$

A = Mínima area de descarga requerida en pulg^2

W_s = Capacidad de descarga requerida en Lb/Hr.

P = Presión absoluta de alivio en Lb/Pulg^2 abs. (PSIA).

Esto es: presión de ajuste + sobrepresión + presión atmosférica; en otras palabras, la presión de ajuste (psig) se multiplica por 1.1 (10% sobrepresión) + 14.7 (presión atmosférica).

K_{sh} = Factor de corrección para el sobrecalentamiento. Para vapor saturado K_{sh} = 1 (ver tabla 3).

K_b = Factor de corrección para la contrapresión (ver graficas).

EJEMPLO 1

Vapor Saturado.

Capacidad Req: 21500 Lb/hr.
Fluido: Vapor saturado.
Presión de ajuste: 225 psig.
Contrapresión: Atmosférica.

$$A = \frac{W}{50\ P\ K_{sh}\ K_b}$$

$$A = \frac{21500}{50\ (225 + 22.5 + 14.7)\ (1)\ (1)}$$

$$A = 1.64\ \text{pulg}^2$$

La válvula de construcción estandar orificio K (1.838 pulg^2) es la mas adecuada.

Del catálogo VASESA elegiremos una válvula de 3X4 modelo 56KAA1-BDH con palanca de accionamiento del tipo abierto.

EJEMPLO 2

Vapor Sobrecalentado.

$$A = \frac{W}{50\ P\ K_{sh}\ K_b}$$

Capacidad Requerida: 108,500 Lb/hr.
Temperatura de descarga: 750°F.
Presión de Ajuste: 532 Psig.
Presión de Alivio: 585.2 psig.
Contrapresión: ATM.

K_{sh} = 0.84 (de la tabla 3)

$$A = \frac{108,500}{50\ (532 + 63.2 + 14.7)\ 0.84}$$

$$A = 4.306\ \text{pulg}^2$$

El orificio N (4.34 pulg^2) será el apropiado.

La válvula será de 4.X.6 modelo 56NAB4-BDH, con palanca abierta hacia la atmosfera y resorte de aleación para alta temperatura.

1	PARTIDA Nº (ITEM Nº)			
2	TAG (TAG Nº)			
3	SERVICIO LINEA O EQUIPO (SERVICE LINE or EQUIPMENT Nº)			
4	CANTIDAD Requerida (Unit or required)			
5	TUBO ASTM (ASTM NO/SIZE SIZE NO/SIZE or OTHER)			
6	DIAMETRO NOMINAL Tubo o Conexión (Nominal Pipe or Fitting Size)			
7	CONEXIONES (CONNECTIONS) (a) Conexiones Bridadas o Roscadas (Connections Flanged or Threaded) (b) Conexiones Bridadas o Roscadas (Connections Flanged or Threaded)			
8	MATERIAL DE BRIDAS (FLANGE TYPE)			
9	CONTINUACION (CONTINUATION)			
10	Espesor (Wall thickness)			
11	Modelo de Espesor (Wall thickness type)			
12	Orificio (Orifice Diameter)			
13	Especificación Bridas (Flanges Spec.)			
14	Clase de Bridas (Flanges Class)			
15	AREA DEL ORIFICIO (ORIFICE AREA)			
16	Presión de Diseño (Design Pressure)			
17	Temperatura de Diseño (Design Temperature)			
18	Presión de Operación (Operating Pressure)			
19	Temperatura de Operación (Operating Temperature)			
20	Fluido (Fluid)			
21	Densidad (Density)			
22	Viscosidad (Viscosity)			
23	Factor de Compresibilidad (Compressibility factor)			
24	Peso Molecular (Molecular weight)			
25	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
26	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
27	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
28	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
29	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
30	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
31	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
32	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
33	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
34	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
35	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
36	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
37	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
38	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
39	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
40	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
41	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
42	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
43	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
44	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
45	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
46	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
47	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
48	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
49	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
50	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
51	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
52	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
53	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
54	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
55	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
56	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
57	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
58	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
59	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
60	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
61	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
62	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
63	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
64	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
65	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
66	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
67	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
68	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
69	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
70	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
71	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
72	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
73	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
74	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
75	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
76	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
77	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
78	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
79	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
80	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
81	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
82	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
83	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
84	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
85	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
86	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
87	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
88	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
89	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
90	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
91	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
92	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
93	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
94	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
95	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
96	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
97	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
98	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
99	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
100	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
101	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
102	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
103	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
104	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
105	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
106	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
107	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
108	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
109	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
110	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
111	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
112	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
113	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
114	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
115	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
116	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
117	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
118	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
119	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
120	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
121	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
122	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
123	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
124	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
125	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
126	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
127	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
128	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
129	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
130	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
131	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
132	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
133	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
134	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
135	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
136	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
137	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
138	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
139	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
140	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
141	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
142	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
143	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
144	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
145	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
146	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
147	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
148	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
149	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
150	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
151	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
152	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
153	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
154	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
155	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
156	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
157	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
158	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
159	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
160	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
161	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
162	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
163	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
164	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
165	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
166	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
167	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
168	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
169	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
170	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
171	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
172	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
173	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
174	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
175	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
176	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
177	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
178	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
179	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
180	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
181	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
182	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
183	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
184	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
185	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
186	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
187	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
188	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
189	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
190	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
191	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
192	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
193	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
194	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
195	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
196	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
197	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
198	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
199	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
200	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
201	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
202	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
203	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
204	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
205	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
206	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
207	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
208	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
209	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
210	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
211	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
212	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
213	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
214	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
215	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
216	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
217	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
218	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
219	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
220	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
221	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
222	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
223	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
224	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
225	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
226	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
227	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
228	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
229	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
230	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
231	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
232	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
233	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
234	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
235	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
236	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
237	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
238	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
239	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
240	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
241	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
242	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
243	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
244	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
245	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
246	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
247	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
248	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
249	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
250	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
251	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
252	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
253	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
254	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
255	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
256	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
257	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
258	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
259	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
260	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
261	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
262	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
263	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
264	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
265	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
266	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
267	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
268	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
269	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
270	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
271	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
272	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
273	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
274	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
275	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
276	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
277	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
278	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
279	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
280	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
281	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
282	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
283	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
284	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
285	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
286	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
287	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
288	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
289	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
290	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
291	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
292	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
293	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
294	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
295	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
296	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
297	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
298	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
299	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
300	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
301	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
302	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
303	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
304	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
305	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
306	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
307	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
308	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
309	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
310	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
311	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
312	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
313	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
314	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
315	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
316	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
317	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
318	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
319	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
320	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
321	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
322	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
323	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
324	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
325	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
326	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
327	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
328	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
329	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
330	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
331	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
332	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
333	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
334	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
335	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
336	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
337	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
338	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
339	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
340	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
341	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
342	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
343	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
344	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
345	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
346	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
347	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
348	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
349	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
350	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
351	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
352	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
353	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
354	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
355	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
356	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
357	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
358	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
359	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
360	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
361	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
362	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
363	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
364	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
365	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
366	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
367	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
368	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
369	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
370	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
371	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
372	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
373	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
374	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
375	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
376	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
377	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
378	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
379	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
380	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
381	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
382	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
383	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
384	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
385	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
386	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
387	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
388	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
389	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
390	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
391	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
392	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
393	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
394	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
395	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
396	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
397	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
398	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
399	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
400	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
401	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
402	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
403	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
404	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
405	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
406	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
407	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
408	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
409	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
410	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
411	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
412	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
413	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
414	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
415	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
416	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
417	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
418	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
419	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
420	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
421	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
422	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
423	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
424	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
425	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
426	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
427	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
428	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
429	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
430	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
431	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
432	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
433	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
434	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
435	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
436	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
437	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
438	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
439	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
440	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
441	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
442	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
443	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
444	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
445	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
446	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
447	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
448	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
449	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
450	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
451	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
452	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
453	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
454	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
455	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
456	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
457	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
458	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
459	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
460	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
461	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
462	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
463	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
464	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
465	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
466	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
467	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
468	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
469	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
470	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
471	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
472	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
473	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
474	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
475	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
476	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
477	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
478	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
479	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
480	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
481	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
482	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
483	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
484	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
485	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
486	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
487	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
488	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
489	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
490	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
491	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
492	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
493	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
494	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
495	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
496	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
497	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
498	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
499	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			
500	Factor de Calor Específico (Specific heat factor)			

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN INGENIERIA DE CALDERAS Y RECIPIENTES SUJETOS A PRESION
MODULO III: INGENIERIA DE SOPORTE A CALDERAS Y RECIPIENTES SUJETOS A PRESION

DEL 2 AL 16 DE JUNIO DE 1995

DIRECTORIO DE ASISTENTES

ANTONIO AVALOS RAMIREZ
PROFESOR
FES ZARAGOZA
PROL. PLUTARCO E. CALLES
ESQ. BATALLA 5 DE MAYO S/N
COL. EJERCITO DE ORIENTE
07880 MEXICO, D.F.
TEL. 623 07 53

LAURA CHACON KURI
INGENIERO DE DISEÑO
INAMEX DE CERVEZA Y MALTA
KM. 13.3 CARR. LOS REYES-TEXCOCO
CUAUTLALPAN FRACC. EL TEJOCOTE
TEXCOCO, EDO. DE MEXICO
TEL. 91592, 10730 AL 38

OSCAR GACHUZ MARTINEZ
SUPERV. AREA DE MANTO.
MANTO. DISEÑOS, PROYECTOS Y
CONSTRUCCIONES INOXIDABLES,SA.CV.
GUACAMAYO 17
COL. AMP. TEPEACA
01560 MEXICO, D.F.
TEL. 637 58 30

RAMIRO HERNANDEZ SANCHEZ
JEFE DE DEPARTAMENTO
COM. FED. DE ELECTRICIDAD
DESCARTES 60 PISO 6
COL. NUEVA ANZURES
DEL. CUAUHTEMOC, MEX. D.F.
TEL. 203 29 91

J. MA. DE LOURDES JURADO ALMAZAN
AV. 5 No. 1
COL. JUVENTINO ROSAS
08700 MEXICO, D.F.
TEL. 654 66 98

ALEJANDRO CORTES ESLAVA
PROFESOR
FACULTAD DE INGENIERIA
CIUDAD UNIVERSITARIA
04510 MEXICO, D.F.
TEL. 622 08 81

ANA MA. DE LA CRUZ JAVIER
PROFESOR
FES CUAUTITLAN
AV. QUETZALCOATL S/N
CUAUTITLAN IZCALLI
TEL. 379 41 15

ROSANGEL GARCIA CRUZ
AYUDANTE DE PROFESOR
U.A.M.
AV. SAN PABLO 180
COL. REYNOSA TAMAULIPAS
18000 MEXICO, D.F.
TEL. 724 42 00

RAFAEL JUAREZ OLIVARES
JEFE DE GRUPO DISCIPLINA DE
SISTEMAS AUXILIARES
RIO MISSISSIPPI 71 PISO 6
COL. CUAUHTEMOC
06500 MEXICO, D.F.
TEL. 229 44 00 EXT. 3057

CESAR MARTINEZ GUZMAN
MAESTRO CERVECERO
CERVECERIA MODELO, S.A. DE C.V.
LAGO ALBERTO 156
COL. ANAHUAC
11320 MEXICO, D.F.
TEL. 545 60 60 EXT. 431

OSCAR AMAURY MTZ. PIÑA
PROFESOR
FACULTAD DE INGENIERIA
CIUDAD UNIVERSITARIA
04510 MEXICO, D.F.
TEL. 622 30 07

MARINO MONTENEGRO CHAIDEZ
COORDINADOR DE OFICINA
COM. FED. DE ELECTRICIDAD
AV. APASEO S/N
IRAPUATO, GUANAJUATO
TEL. 91452 727 27 EXT.208 Y 130

JOSE E. RAMOS CONTRERAS
TECNICO
FES ZARAGOZA
CALZ. I. ZARAGOZA ESQ.
CALZ. GUELATAO
COL. JUAN ESCUTIA
DEL. IZTAPALAPA, MEXICO, D.F.

ADALBERTO A. ROA CARMONA
DOCENTE
CONALEP TLALNEPANTLA I
ESTADO DE MEXICO
TEL. 789 59 11

JOSE LUIS SANCHEZ PEREZ TEJADA
SUPERVISOR
COM. FED. DE ELECTRICIDAD
RIO MISSISSIPPI 71
COL. CUAUHTEMOC
06500 MEXICO, D.F.
TEL. 229 44 00 EXT. 3014

JORGE UGALDE OLLOQUI
HILARIO FRIAS SOTO 39
QUERETARO, QUERETARO

MIGUEL VICTORIA HERNANDEZ
ENTRENADOR
UNIV. NAL. AUT. DE MEXICO
J.C. BONILLA 66
COL. EJERCITO DE ORIENTE
DEL. IZTAPALAPA, MEXICO, D.F.
TEL. 623 07 58