

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

**DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE CALDERAS Y  
RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN**

**MODULO III: INGENIERÍA DE SOPORTE A CALDERAS Y  
RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN**

**TEMA:**

**CONFIABILIDAD DE LAS SOLDADURAS**

**EXPOSITOR: ING. JOSÉ G. TORRES O.  
PALACIO DE MINERÍA  
1997**

14. 100

STATE OF NEW YORK

IN SENATE

JANUARY 10, 1900

REPORT

OF

THE

COMMISSIONERS

OF

THE LAND OFFICE

AND

THE STATE ENGINEERS

1900

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

**\*\* ING. JOSE G. TORRES O.**

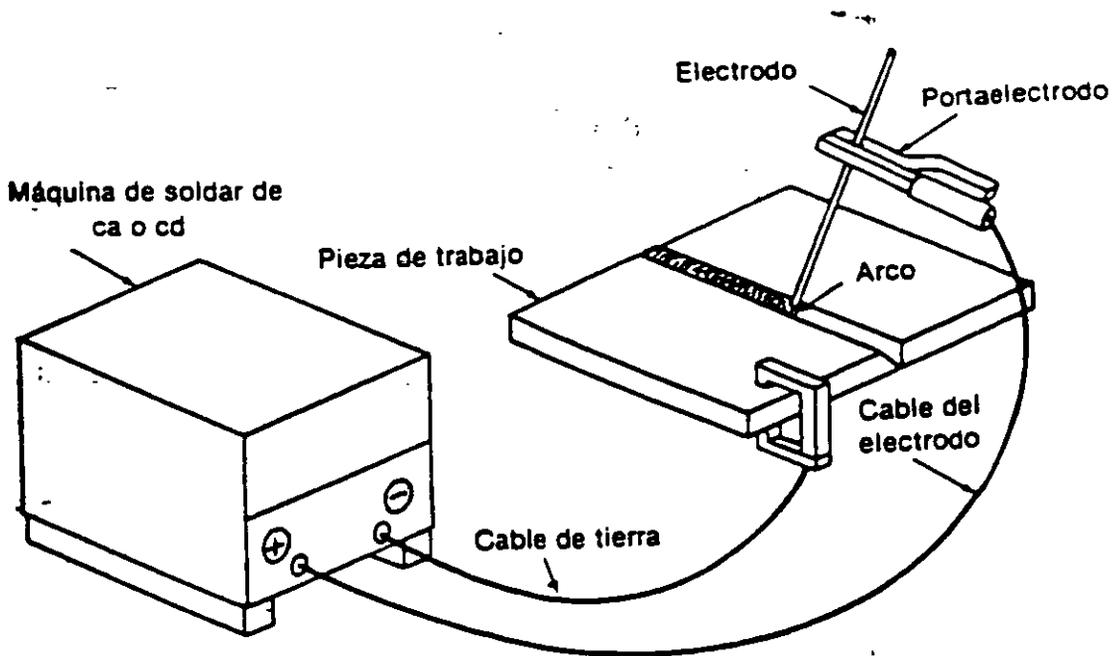
**INDICE**

**PAGINA**

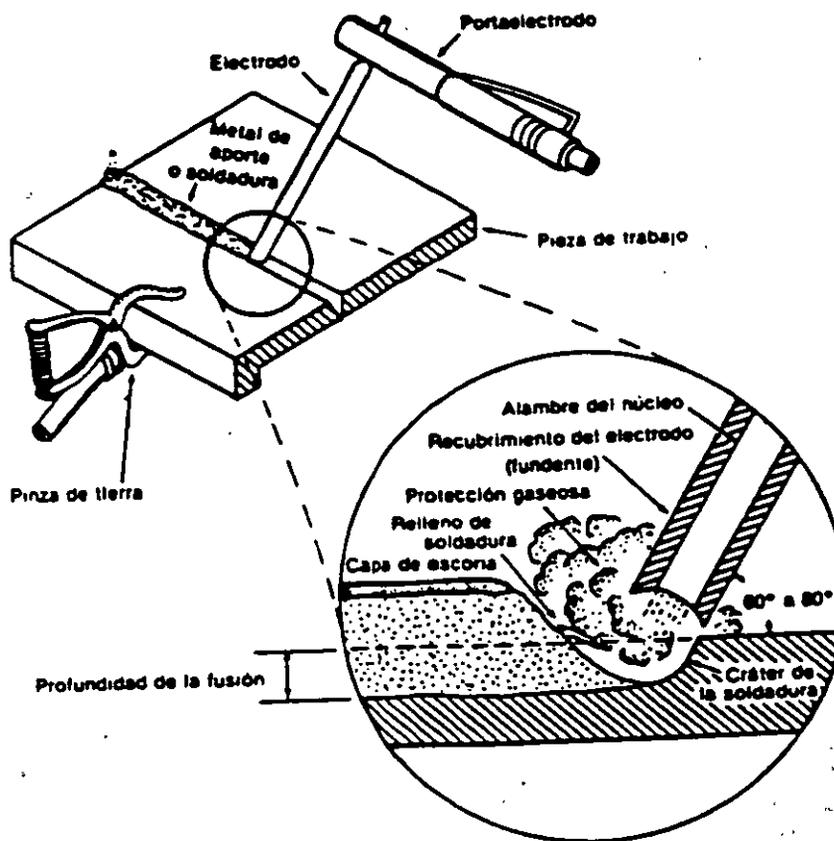
CONFIABILIDAD DE LAS SOLDADURAS (PRESENTACION E INSTRUCCION).....	1
SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO REVESTIDO .....	4
SOLDADURA POR ARCO CON PROTECCION DE GAS .....	8
SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO DE TUNGSTENO.....	12
SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO.....	15
PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD .....	20
RECIPIENTES A PRESION .....	23
PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA Y SU CALIFICACION.....	24

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

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



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 UNA CARACTERÍSTICA DE CAÍDA VOLT-AMPERE. ADEMÁS SE REQUIEREN PORTA ELECTRODOS AISLADOS DE CAPACIDAD ELÉCTRICA 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 MÁS ASOCIADA CON EL MATERIAL BASE, LA PENETRACIÓN MAYOR; CUANDO LA ENERGÍA ES MÁS ASOCIADA CON EL ELECTRODO, LA VELOCIDAD DE FUNCIÓN DEL ELECTRODO ES MAYOR.

CON ESTO, LA VELOCIDAD DE FUNCIÓN DEL ELECTRODO SE INCREMENTA DIRECTAMENTE CON LA CORRIENTE. DICHA VELOCIDAD DE FUNCIÓN 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 MÁS 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 XX**

RESISTENCIA A LA  
TENSIÓN

REVESTIMIENTO/CARAC-  
TERÍSTICAS DE OPERA-  
CIÓN.

LA CLASIFICACIÓN CONSISTE DE UNA LETRA "E", QUE SIGNIFICA ELECTRODO, SEGUIDA DE CUATRO O CINCO DÍGITOS. LOS PRIMEROS DOS O TRES DÍGITOS SE REFIEREN A LA 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 PSL

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 %
E0010	DCEP	ELEVADA	CELUL-SODIO	0-10
E0001	AC-DCEP	ELEVADA	CELUL-POTASIO	0
E0002	AC-DCEN	MEDIA	RUTILO-SODIO	0-10
E0003	AC-DC	BAJA	RUTILO-POTASIO	0-10
E0004	AC-DC	BAJA	RUTILO-POLVO DE HIERRO	25-40
E0005	DCEP	MEDIA	BAJO HIDR-SODIO	0
E0006	AC-DCEP	MEDIA	BAJO HIDR-POTASIO	0
E0008	AC-DCEP	MEDIA	BAJO HIDR-POLVO DE HIERRO	25-40
E0020	AC-DC	MEDIA	OXIDO HIERRO-S.	0
E0024	AC-DC	BAJA	RUTILO-POLVO DE HIERRO	50
E0027	AC-DC	MEDIA	OXIDO HIERRO POLVO DE HIERRO.	50
E0028	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 SUBFLUJO QUE SE AÑADE A LA DESIGNACIÓN ESTÁNDAR DESPUÉS DE UN GUIÓN. LA DESCRIPCIÓN DE ESTOS SUFLIOS SE INDICA ENSEGUIDA:

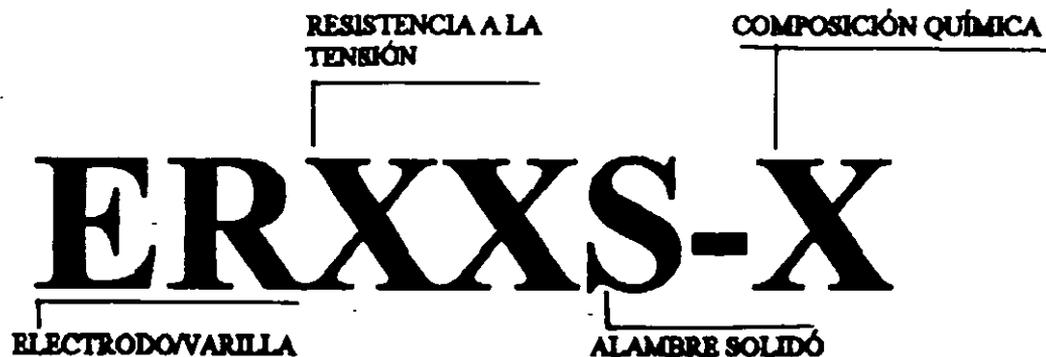
SUBFLUJO	ELEMENTO(S) ALEANTE (S)
A1	0.5% MOLIBDENO
B1	0.5% MOLIBDENO 0.5% CROMO
B2	0.5% MOLIBDENO 1.25% CROMO
B3	1.0% MOLIBDENO 2.25% CROMO
B4	0.5% MOLIBDENO 20% CROMO
C1	2.5% NIQUEL
C2	3.5% NIQUEL
C3	1.0% NIQUEL
D1	0.3% MOLIBDENO 1.5% MANGANESO
D2	0.3% MOLIBDENO 1.75% MANGANESO
G*	0.2% MOLIBDENO 0.3% CROMO 0.5% NIQUEL 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 COMBINARÁN FÁCILMENTE CON EL METAL LIQUIDO DANDO COMO RESULTADO UNA SOLDADURA POROSA. UNA CARACTERÍSTICA 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).

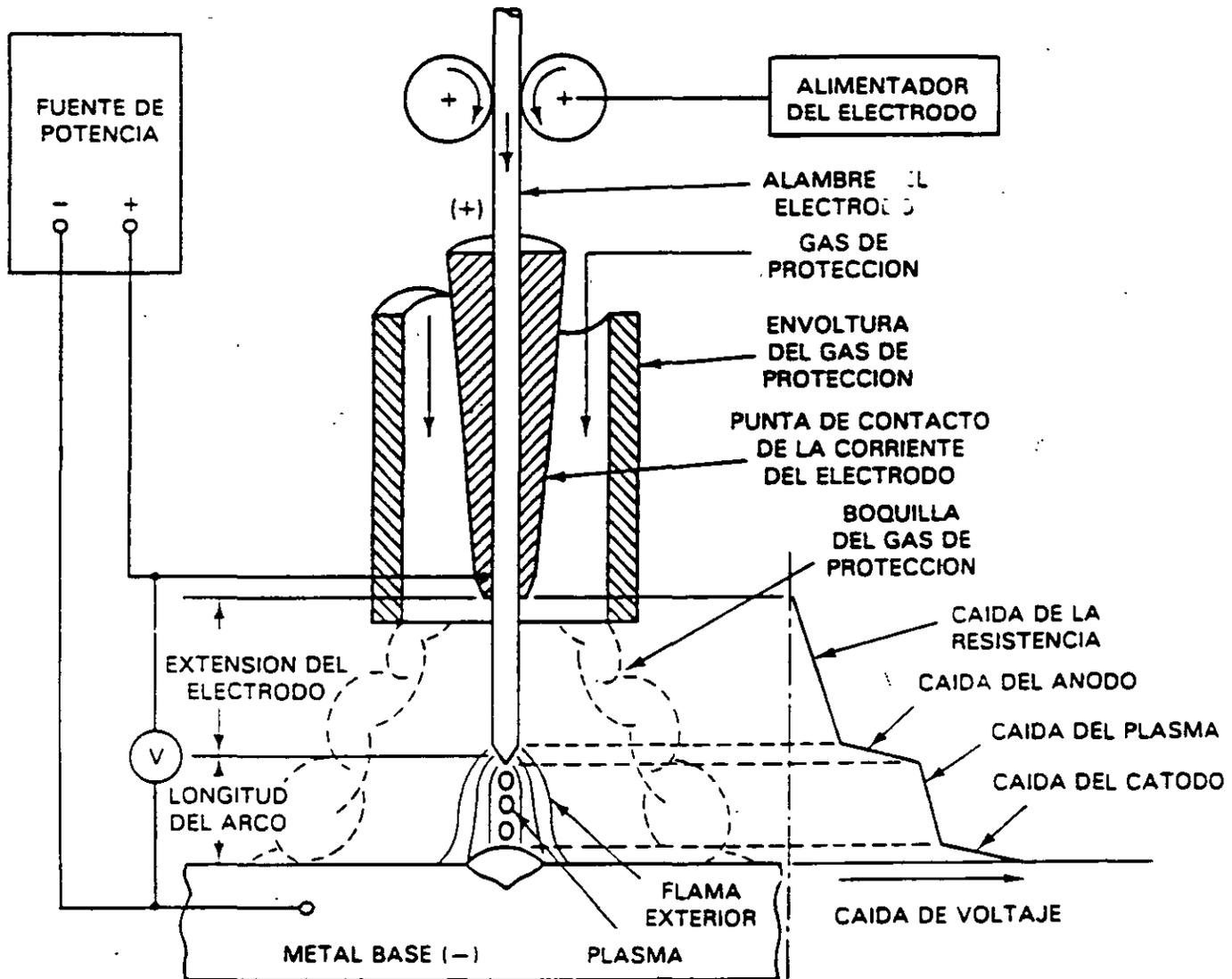
LOS ELECTRODOS UTILIZADOS PARA ESTE PROCESO SON ALAMBRES SÓLIDOS, QUE SON SUMINISTRADOS EN BOBINAS O CARRETES DE VARIOS TAMAÑOS. COMO ES EL CASO DE LOS ELECTRODOS REVESTIDOS, TAMBIÉN EXISTE UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN ESTABLECIDO, TAMBIÉN EXISTE UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN ESTABLECIDO POR LA SOCIEDAD 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 GUION, Y FINALMENTE OTRO NÚMERO, COMO SE INDICA.



"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 FULGADA 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

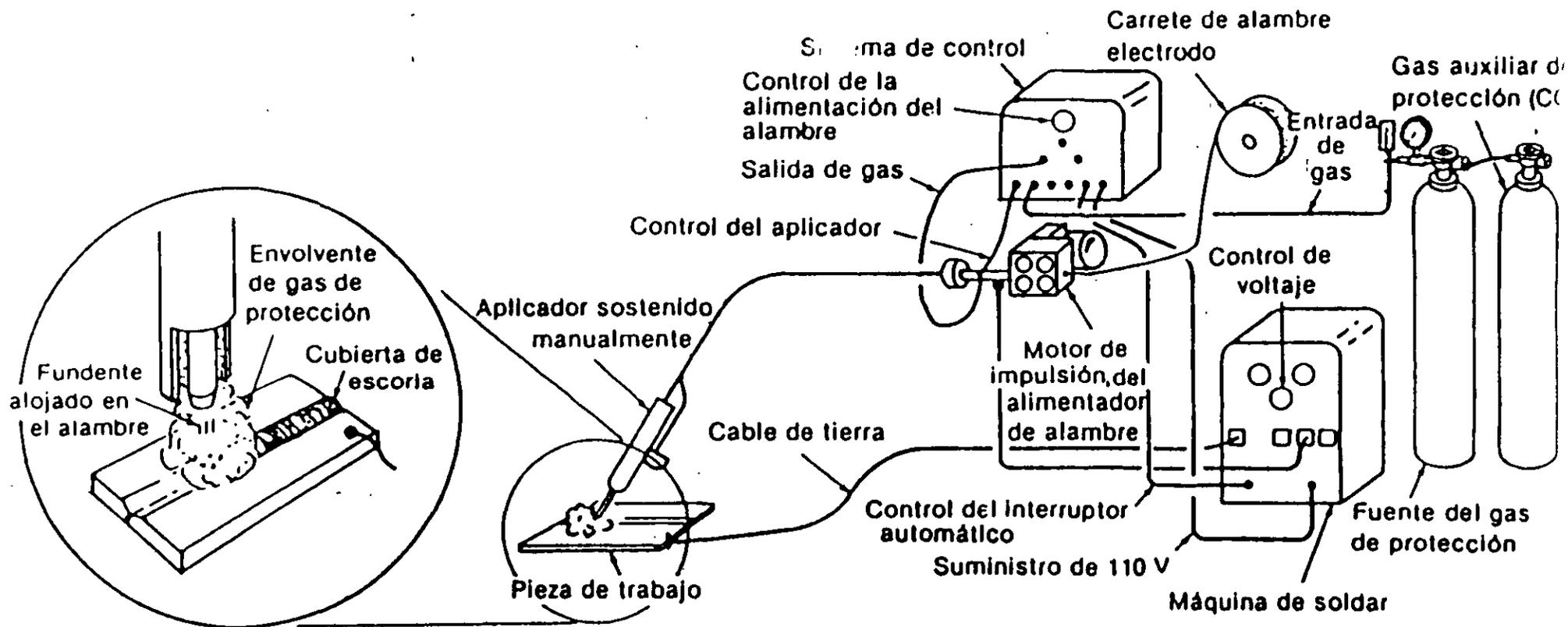
EL FACTOR MAS CRITICO ES QUE EL ALAMBRE DEBE CONSERVARSE LIMPIO. SI SE PERMITE QUE PERMANEZCA EN EL EXTERIOR PUEDE CONTAMINARSE CON OXIDO, ACEITE, HUMEDAD, POLVO, U OTROS ELEMENTOS PRESENTES EN UN TALLER. POR TANTO, CUANDO SEA POSIBLE, EL ALAMBRE DEBE CONSERVARSE EN SU ENVOLTURA PLÁSTICA ORIGINAL O EN SU PAQUETE DE ENVÍO. 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 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 POSICIÓN 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<sub>2</sub>, ES PROBARLEMENTE EL GAS MAS POPULAR PARA ESTE PROCESO, EN ACEROS AL CARBÓN, DEBIDO, EN PRINCIPIO, A SU BAJO COSTO Y LAS EXCELENTE CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN. UN INCONVENIENTE QUE DEBE TOMARSE EN CUANTA, SIN EMBARGO, ES QUE PRODUCE MUCHAS SALPICADURAS, REDUCIENDO LA EFICIENCIA.

LA VERSATILIDAD OFRECIENDA, 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 POCO 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.

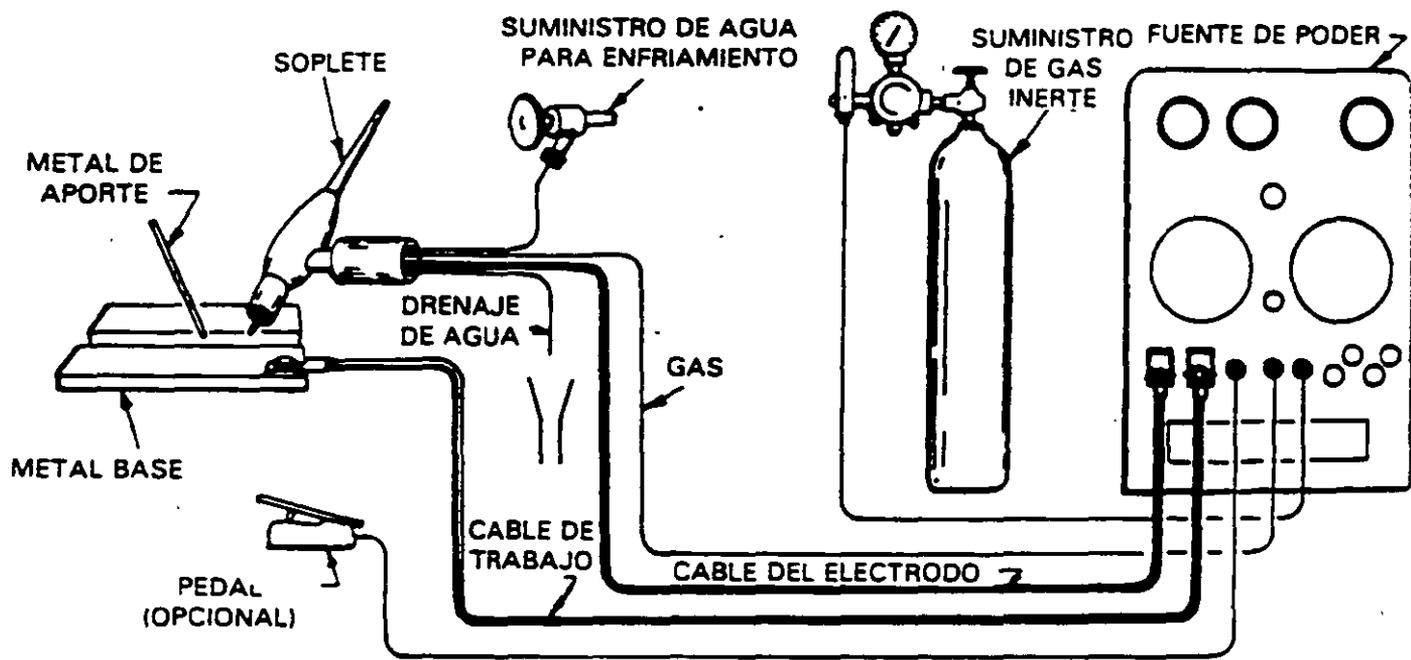
MIENTRAS QUE EL USO DE GAS DE PROTECCIÓN EN LUGAR DE FÚNDENTE PROPORCIONA ALGUNOS BENEFICIOS TAMBIÉN PUEDE SER UNA LIMITACIÓN. SI EL METAL BASE ESTA EXCESIVAMENTE CONTAMINADO, EL GAS DE PROTECCIÓN PUEDE NO SER SUFICIENTE PARA PREVENIR LA OCURRENCIA DE POROSIDAD. ES IMPORTANTE DARSE CUENTA QUE AUMENTAR EL FLUJO DE GAS ARRIBA DE LOS LÍMITE 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. ESTE 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 MÁS 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	0.35-0.55% THORIO	AZUL
EWZr	0.15-0 ZIRCONIO	CAFÉ

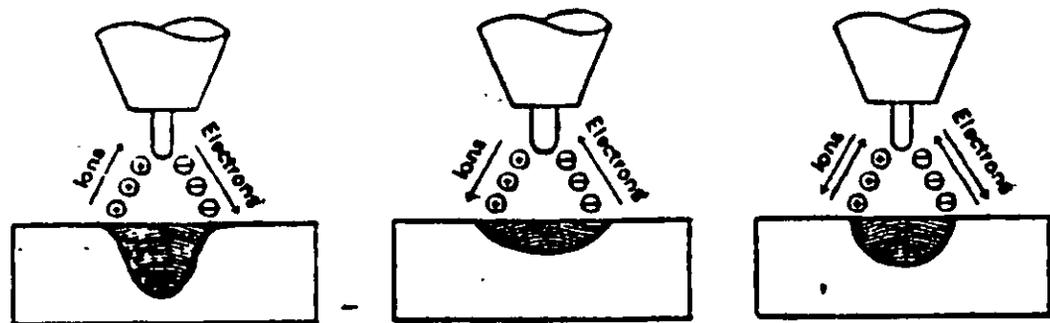
LA PRESENCIA DEL THORIO O ZIRCONIO AYUDA A MEJORAR LAS CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS, HACIENDO QUE EL TUNGSTENO SEA LIGERAMENTE MÁS EMISIVO. ESTO SIGNIFICA SIMPLEMENTE QUE ES MÁS FÁCIL INICIAR UN ARCO CON LOS ELECTRODO DE TUNGSTENO PURO.

EL ELECTRODO TIPO EWTH-2 ES EL MÁS 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 MÁS EMPLEADA PARA LA SOLDADURA DE ACEROS. LA FIGURA 14 ILUSTRARÁ 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 MENCIONA, ESTE PROCESO DE SOLDADURA UTILIZA GASES INERTES PARA LA PROTECCIÓN DEL ARCO Y DEL METAL LÍQUIDO. 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 MÁS COMÚNMENTE UTILIZADOS, BASADOS EN SU COSTO RELATIVAMENTE BAJO Y SU DISPONIBILIDAD, COMPARADO CON OTROS TIPOS DE GASES INERTES.

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



Características de penetración

Acción de limpieza de óxidos.	No	Si	Si - Una vez cada medio ciclo.
Balace 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	Poca 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").

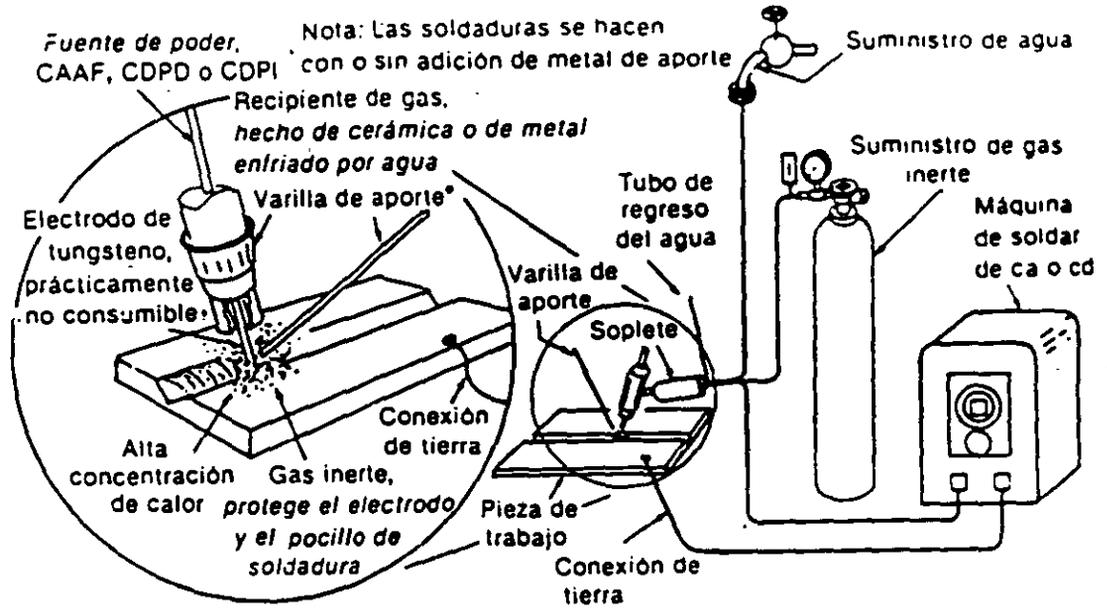
TÍPICAMENTE ES UN PROCESO LIMPIO Y DE OPERACIÓN CONTROLABLE LO CUAL INDICA QUE SEA EL ELEGIBLE PARA APLICACIONES EXTREMADAMENTE CRÍTICAS, TALES COMO EN LAS INDUSTRIAS AEROSPAZIALES, PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS Y MEDICINAS Y QUÍMICA.

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.

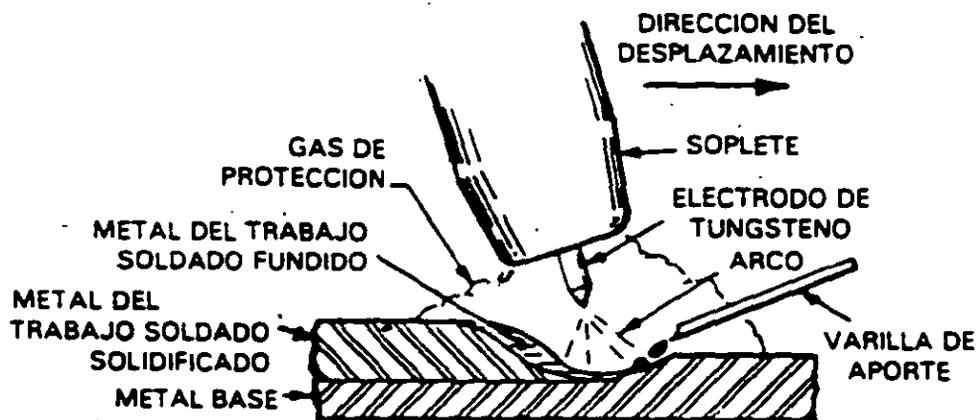
CUANDO OCURRE ESTO, ES UNA SEÑAL DE QUE EL PROCESO ESTA FUERA DE CONTROL Y SON NECESARIAS ALGUNAS MEDIDAS CORRECTIVAS. PARA ESTO DEBE REALIZARSE UN CHEQUEO PARA DETERMINAR LA FUENTE DE CONTAMINACIÓN Y CON ESTO ELIMINARLA.

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

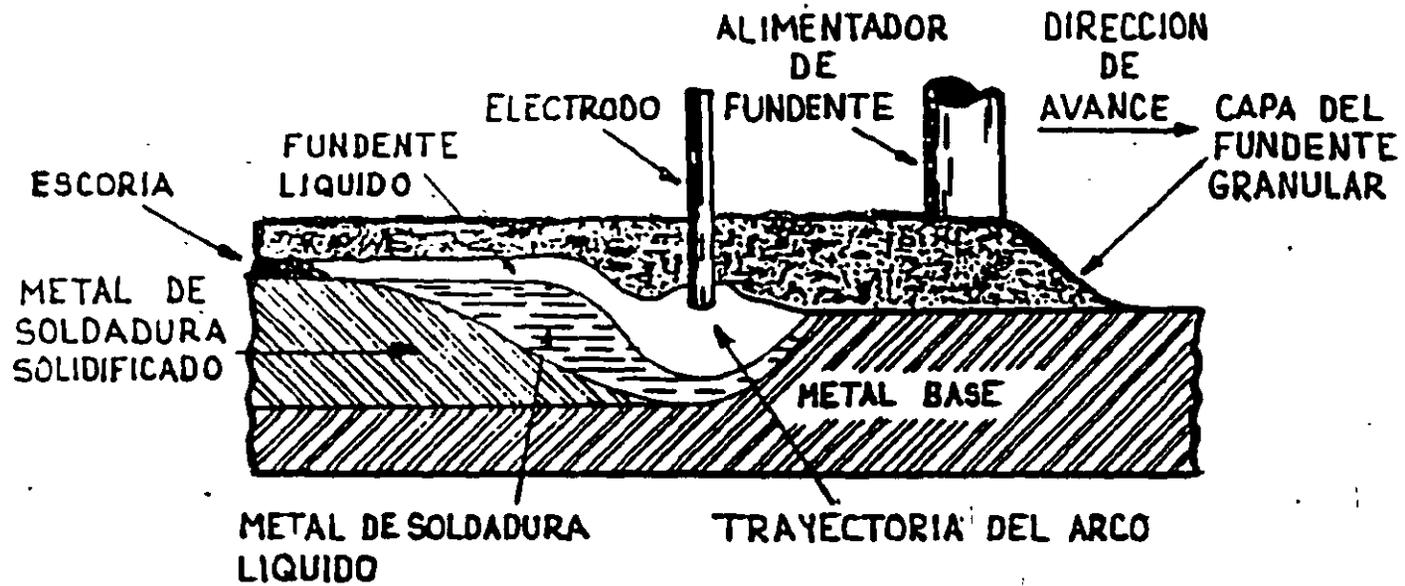
### **SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO**

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 ALRANTES A LA SOLDADURA, LA REUTILIZACION DEL FÚNDENTE NO ES PERMITIDA.

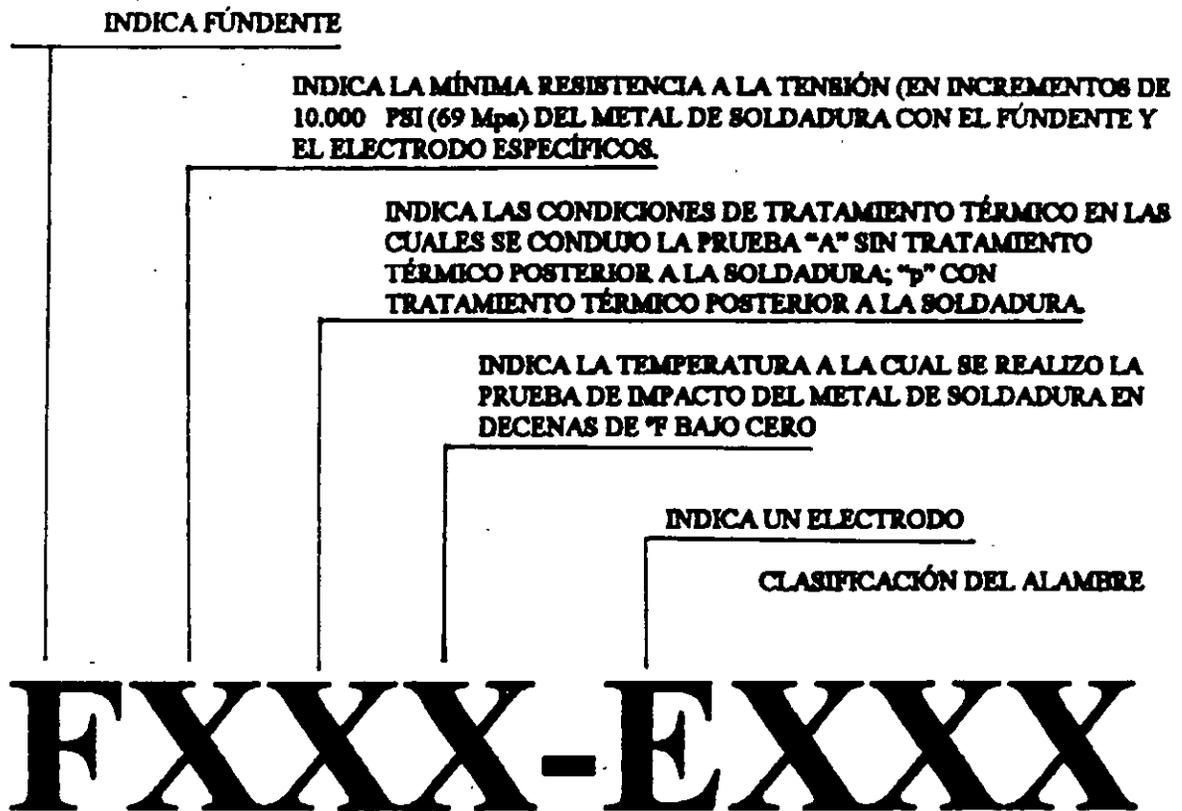
DADO QUE EL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO UTILIZA ELECTRODOS Y FUNDENTES, HAY NUMEROSAS COMBINACIONES DISPONIBLES PARA APLICACIONES ESPECIFICAS. HAY DOS TIPOS GENERALES DE COMBINACIONES QUE FUEDEN SER UTILIZADAS PARA OBTENER UN DEPOSITO DE SOLDADURA ALRADO, UN ELECTRODO ALRADO CON UN FÚNDENTE 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

EL EQUIPO UTILIZADO PARA SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO CONSISTE DE DIVERSOS 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, ARIIBA 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.



EJEMPLO : F7A5-EM 13K.

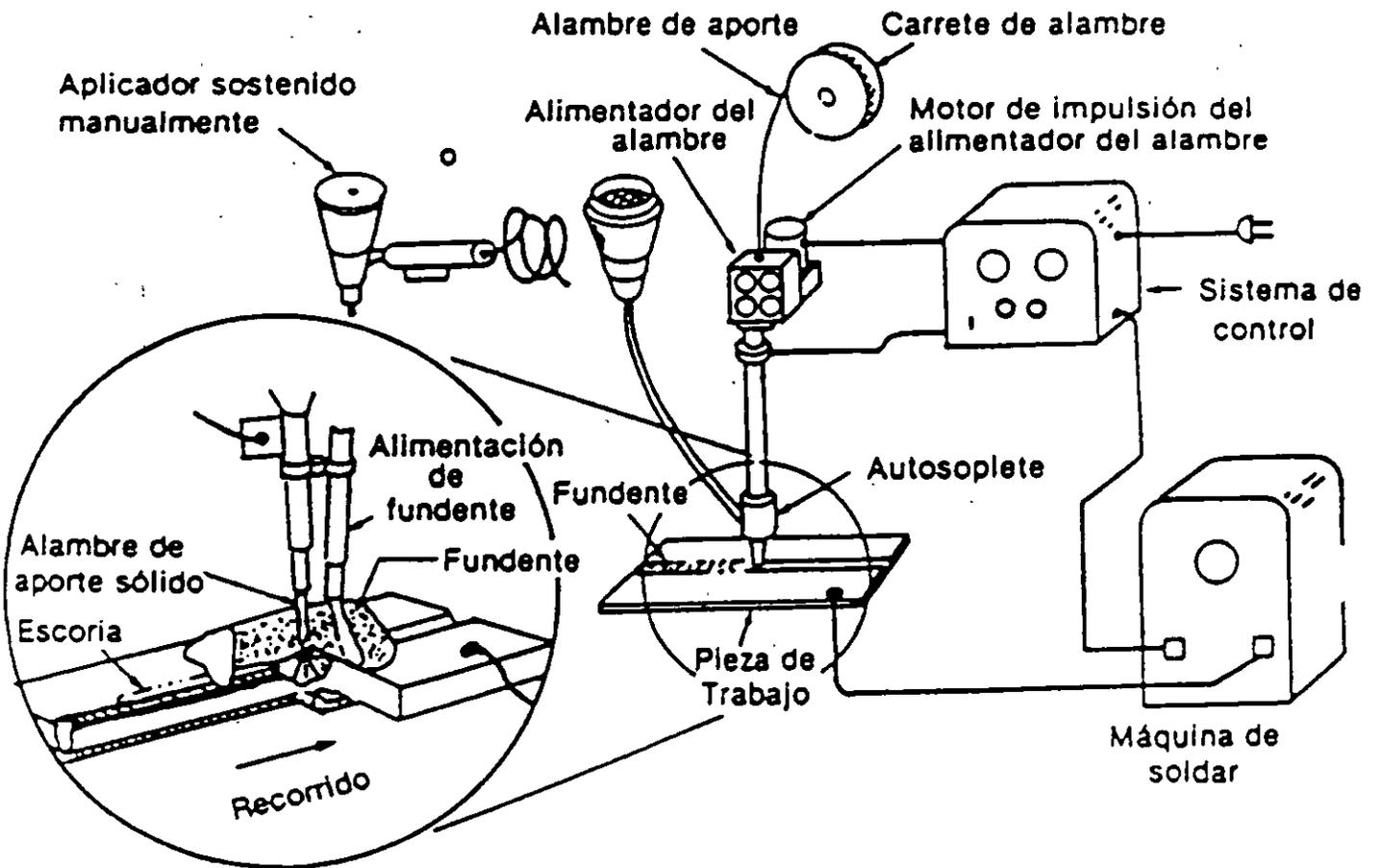
F- FÚNDENTE

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.

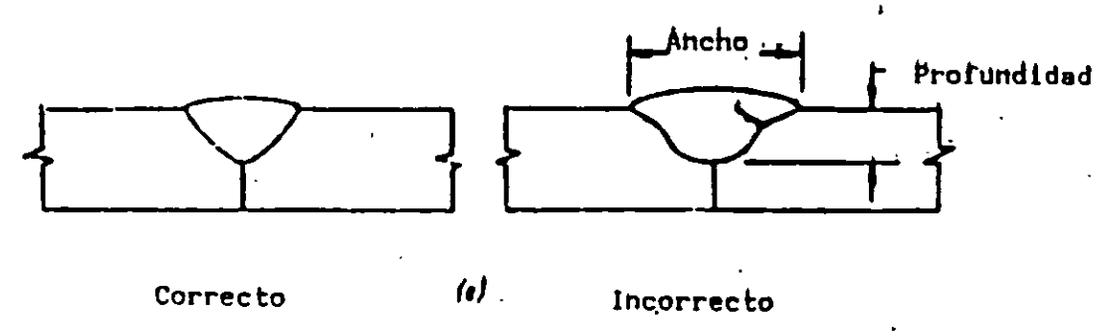
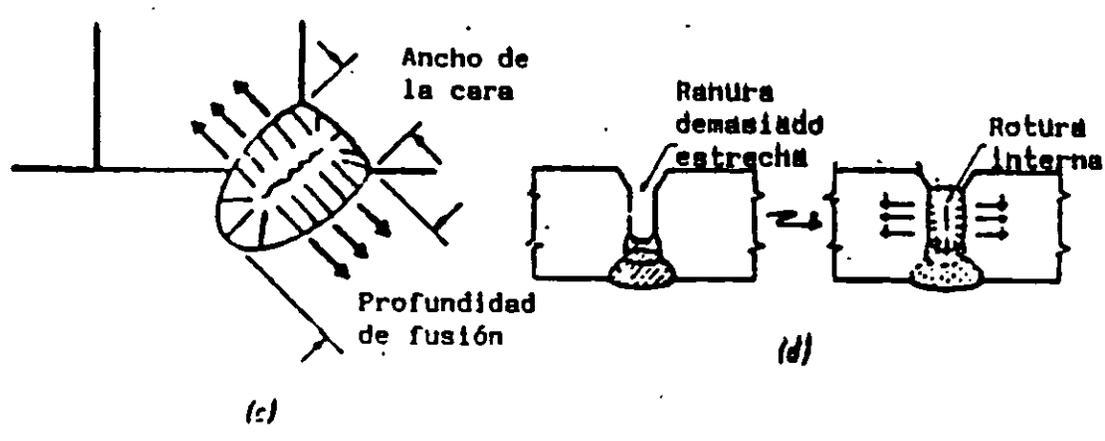
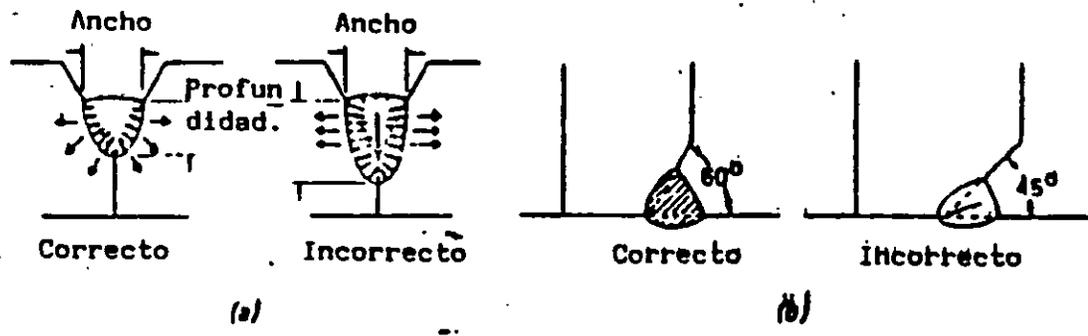
FIGURA 18

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 DICHS 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 ADECUADO 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 CONDICIONES 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 SEGUIR 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 LÍMITES 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 DICHS 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:

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

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 REIMPRIAN 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 TERMINOLOGIAS 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 DESCRIBE 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 FORMAR 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 POR 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. DICHS 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 EL PROCESO DE ARCO METÁLICO EN GAS, APLICADO SEMIAUTOMÁTICAMENTE PARA SOLDADOR TUBO DE ACERO GRADO P-1 EN LAS POSICIONES HORIZONTALES FLIA 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 VARIAN 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 P, 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. DICHS 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 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 ASÍ 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 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 ESPECÍFICO. 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 EFECTUARÁN 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.**

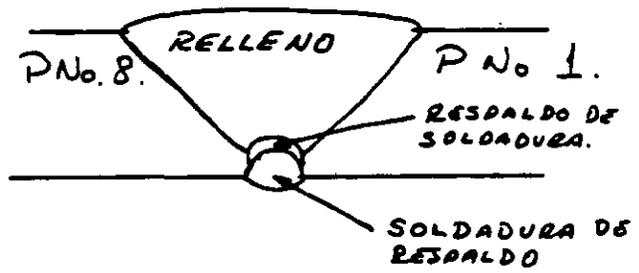
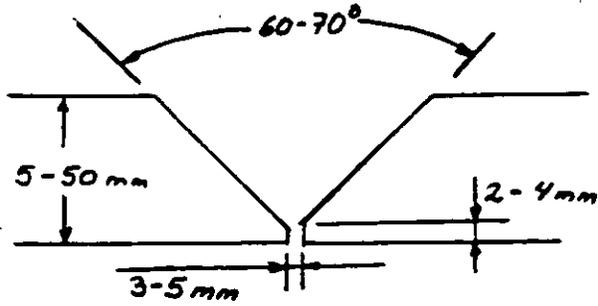
xxxNOMBRE DE LA COMPANIAxxxxxxxxx WPS No. XXXXXXXX  
 xxxxxxDEPARTAMENTOxxxxxxxxxxxxxxxxxxx REV. XX FECHA: xxxxxxxx  
 ESPEC. DE PROC. DE SOLDADURA (WPS) SIMBOLO @= REVISION.

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, DIA-  
 GRAMAS O DIBUJOS DE FABRICACION.

**METALES BASE (QW-403)**

No. P 1 GRUPO No. todos A No. P 8 GRUPO No. todos

0  
 ESPECIFICACION TIPO Y GRADO: \_\_\_\_\_  
 A ESPECIFICACION TIPO Y GRADO: \_\_\_\_\_  
 0  
 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		
ESESOR DE METAL DE SOLD DEPOSITADO: RANURA:	50.8mm máximo		
FILETE:	Todos		
CLASIF. ALAMBRE-FUNDENTE	-----		
NOMBRE COMERCIAL	-----		
INSERTO CONSUMIBLE.	-----		
OTROS:	-----		

## 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 (raíz), Oscilado (relleno)  
 TAMANO 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)		
Raíz	SMAW	E309	3.2mm	DC (+)	100-120	20-26	-----
Relleno	SMAW	E309	4 mm	DC (+)	100-190	20-26	-----

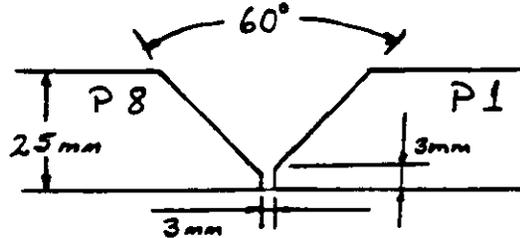
XX NOMBRE DE LA COMPAÑIAXXXXXXXXX  
 XXXXXX DEPARTAMENTO XXXXXXXXXXXXXXXXX  
 REGISTRO DE CALIF. DE PROC. (PQR)

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

ELABORADO POR: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

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) -----

TRATAMIENTO TERMICO POSTSOLDADURA (QW-407)

TEMPERATURA -----  
 TIEMPO -----  
 OTRO(S) -----

METALES DE APORTE (QW-404)

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

GAS(ES) (QW-408)

	COMPOSICION	FLUX
PROTECCION	<u>-----</u>	<u>-----</u>
ARRASTRE	<u>-----</u>	<u>-----</u>
RESPALDO	<u>-----</u>	<u>-----</u>

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)

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

POSICION (QW-405)

POSICION DE LA RANURA Plana  
 AVANCE DE LA SOLDADURA  
 ASCENDENTE (-) DESCENDENTE (-)  
 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 ranado desde el lado opuesto con arco-aire-carbón seguido de esmeril y vuelto a soldar.

PRECALENTAMIENTO (QW-406)

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

**PRUEBA DE TENSION (QW-150)**

No. ESPECIMEN	ANCHO mm	ESPESOR mm	AREA mm <sup>2</sup>	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. Doble lateral QW-462.2	Satisfactorio
2. Doble lateral QW-462.2	Satisfactorio
3. Doble lateral QW-462.2	Satisfactorio
4. Doble 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 MACROTAQUE :   

**OTRAS PRUEBAS**

TIPO DE PRUEBA:   

ANALISIS DEL DEPOSITO:   

OTRO(S)   

NOMBRE DEL SOLDADOR: XXXXXXXXXXXXXXXXXX FICHA 17 MARCA G

PRUEBAS CONDUCCIDAS POR: XXXXXXXXXXXXXXXXXX

PRUEBA DE LABORATORIO No. XXXXXXXXXXXXXXXXXX

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

**REGISTRO DE LAS PRUEBAS DE CALIFICACIÓN DE SOLDADOR CON LOS DOCUMENTOS WPS Y A...**  
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 TOMA 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 ESPECÍFICAS 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 ILUSTRAN 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 ESSENCIALES, 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 NÚMERO, 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 RADIOGRÁFICO 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 RADIOGRÁFICA 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 LÍMITES QUE ESTABLECEN EL CÓDIGO PARA LAS VARIABLES ESSENCIALES.

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 SELLOS DE SÍMBOLO SON:

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





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

**DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE CALDERAS Y  
RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN**

**MODULO III: INGENIERÍA DE SOPORTE A CALDERAS Y  
RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN**

**TEMA:**

**CUIDADO DE LAS CALDERAS ( ASMESEC. VII )**

**EXPOSITOR: ING. GIL ZÁRATE AGUILAR  
PALACIO DE MINERÍA  
1997**

## **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 construido 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<sup>2</sup>. ( 15 lb/plg<sup>2</sup>), 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 período de tiempo suficiente para asegurar que todos los gases combustibles han sido expulsados del sistema. Este período 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 incluidos 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 sustancias excesivamente volátiles ya que éstas pueden producir mezclas explosivas.

Carbón pulverizado ó lignito. Límpiase 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. Ajustense 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 compruébese 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 período 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.**

**Retfrese 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. Compruébense los dispositivos de tiro del horno y asegúrese que existe ventilación adecuada en el mismo como se indicó anteriormente.

Encienda los quemadores estableciendo un régimen 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. Mantengáanse 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<sub>2</sub> en los gases de combustión no es una indicación del exceso de aire, compruébese siempre que el quemador está operando con suficiente aire para asegurar una combustión completa.

Para el caso de quemadores que trabajen con petróleo y gas, nunca debe estrangularse ninguna 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. Evítense 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 período 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 interbloques 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.

**Compruébese 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; evítense llenar las calderas con agua arriba del punto de ebullición ya que ésto producirá evaporaciones instantáneas. Evítense 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 ciérranse 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 nivel 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 período de secado y durante períodos 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 ser operada antes de una hora partiendo de la condición en frío. El período 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 período 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 múltiples frecuentemente es recomendable alternar los quemadores durante el período de calentamiento a fin de que éste 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 período 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 período 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 período 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 régimen 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 régimen 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 fin 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 continúa, 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 mantener 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 fácilmente 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 revítese 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 fin 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 continúa 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 continúa 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 periódicas e intermitentes, adicionalmente a las purgas de sólidos disueltos.

Púrguese 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 abierta, apáguese 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 hollín 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 fin 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  $28 \text{ kg/cm}^2$ . (  $400 \text{ lb/pulg}^2$  ) 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 disminuir 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  $21 \text{ kg/cm}^2$  (  $300 \text{ lb/pulg}^2$  ) 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 atorníllense 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. Ciérrase 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 estén 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 esté 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 elevadora 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 continúa 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 ninguna fuerza en la palanca que dispara la válvula. Usese un resorte si fuera necesario, para balancear el efecto de la cadena.

Quando 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 <sup>2</sup> (15 a 70 lb/pulg <sup>2</sup> )	0.14 kg/cm <sup>2</sup> (2 lb/pulg <sup>2</sup> )
5.1 a 21 kg/cm <sup>2</sup> ( 71 a 300 lb/pulg <sup>2</sup> )	3 %
Mayor de 21 kg/cm <sup>2</sup> ( 300 lb/pulg <sup>2</sup> )	0.70 kg/cm <sup>2</sup> (10 lb/pulg <sup>2</sup> )

No se permita que la calibración ó ajuste de una válvula de seguridad la efectúe sino una persona competente y autorizada, y familiarizada 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 ffn 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, particularmente 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 hidráulicamente ó con vacío para retirar el hollín ó cenizas de las tolvas dentro de la caldera. Su operación puede ser continúa 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 continúa 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 fin 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 incluir 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 remoto y deberá comprobarse que todos estén funcionando como se proyectó.

## **INSTRUMENTOS**

**Requerimientos básicos.** En general una caldera debe incluir 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 continúa.

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.

Es aconsejable que se requieran 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 fin 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 a 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 muy 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 supercalentación cuando se usan calentadores para agua de alimentación abiertos y es importante conocer 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 instrumentos para la medición de la 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 sonda 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 fin 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 particular.**

**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 incluir 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 fin 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 todas 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 proporciones 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. Elimínense 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.

Apáguese 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 fin 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, límpiase 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 espaciamentos de las superficies de calefacción en los economizadores son pequeños, y deben mantenerse limpios a fin 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 período 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 fin de reducir el choque térmico. Cuando no se han previsto medios para recirculación del agua durante el período 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 fin 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 fin 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 período largo fuera de servicio. Antes de que la unidad se arranque por primera vez o después de períodos 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 recargarse 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 la 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 limpia y vacía, deberá cerrarse y llenarse hasta el tope, dejando fluir el agua a través del sobrecalentador, usando condensado o agua de alimentación, los cuales deben ser tratados químicamente para disminuir a un mínimo la corrosión durante el almacenamiento; por ejemplo : Pueden emplearse concentraciones**

preescritas de sosa cáustica y de un absorbente de oxígeno tal como el sulfito de sodio. Pueden usarse para este propósito concentraciones aproximadas de 450 PPM de soda cáustica 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 atmosférica 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, envía 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 exenta 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 límpiense 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.**
- **Limpieza 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 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 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 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-purga y post-purga adecuada en el barrido de gases o bien por la anormal dosificación de combustible al iniciarse 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 compañía 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 carácter 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 compañías 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 reglamentos y 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.

Actualmente 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 todavía 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 el 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 corrección 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 formas 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 acondicionándolo 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 energizado 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.**



válvulas  
de seguridad, s.a. de c.v.

SCHUMANN No. 252  
COL. VALLEJO  
07870 MEXICO, D. F.

517-14-76

517-11-32

517-49-14

517-91-21

FAX 7591286

HOJA No. (SHEET No.) \_\_\_\_\_

REQUISICION No. (REQ'N No.) \_\_\_\_\_

DESTINO (JOB No.) \_\_\_\_\_

FECHA (DATE) \_\_\_\_\_

REVISADO EL (REVISED) \_\_\_\_\_

POR (BY) \_\_\_\_\_

CLIENTE (CUSTOMER) \_\_\_\_\_

API-526 HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA VALVULAS DE SEGURIDAD-ALIVIO.  
(PRESSURE RELIEF VALVE SPECIFICATION SHEET):

GENERAL (GENERAL)

1	PARTIDA No. (ITEM No.)			
2	TAG (TAG No.)			
3	SERVICIO, LINEA O EQUIPO (SERVICE LINE or EQUIPMENT No.)			
4	CANTIDAD Requerida (Number required)			
5	TOBERA, SEMITOBERA U OTRO (FULL NOZZLE, SEMI NOZZLE or OTHER)			
6	DISEÑO Y TIPO (DESIGN & TYPE)	(A) Seguridad, Alivio ó Seguridad-Alivio (Safety, Relief or Safety-Relief)		
		(B) Convencional, Balancada u Operada por Piloto (Conventional, Bellows or Pilot Operated)		
7	TIPO DE BONETE (BONNET TYPE)			

CONEXIONES (CONNECTIONS)

8	TAMAÑO ENTRADA/SALIDA (SIZE INLET/OUTLET)			
9	RANGO DE BRIDA ANSI O ROSCADAS (FLANGE RATING ANSI or SCREWED)			
10	TIPO DE CARA RE. R] u OTRO (TYPE FACING)			

MATERIALES (MATERIAL)

11	CUERPO/BONETE (BODY/BONNET)			
12A	ASIENTO/DISCO (SEAT/DISC)			
12B	ASIENTO BLANDO (RESILIENT SEAT SEAL)			
13	GUIA/ANILLOS (GUIDE/RINGS)			
14	RESORTE (SPRING)			
15	FUELLE (BELLOWS)			

ACCESORIOS (ACCESSORIES)

16	CAPUCHA ROSCADA O BRIDADA (CAP, SCREWED OR BOLTED)			
17	PALANCA ABIERTA O HERMETICA (LEVER PLAIN OR PACKED)			
18	MORDAZA DE PIRUETA (Grip)			
19	OTROS (Other)			
20				

BASES DE SELECCION (BASIS OF SELECTION)

21	CODIGO (Code)			
22	Fuego (Fire)			
23	Otros (Other)			

CONDICIONES DE SERVICIO (SERVICE CONDITIONS)

24	Fluido y Estado Físico (Fluid and State)			
25	Cap. Requerida (por Válv.) y Unidades (Required Capacity (per Valve) and Units)			
26	P.M. o Grav. Espec. y Temp. de Descarga (Mol. Wt. or Sp. Gr. at flowing temp.)			
27	Viscosidad a temp. de Flujo (Viscosity at flowing temp.)			
28	Pres. de Op. (Psig) / Pres. de Ajuste (Psig) (Oper. press./Set press.)			
29	Temp. de Op. (°F) / Temp. de Descarga (°F) (Oper. temp./Flowing temp.)			
30	Contrapresión Constante (Psig.) (Constant Back pressure)			
31	Contrapresión Variable (Psig.) (Variable Back pressure)			
32	Presión de Ajuste Diferencial (Differential Set pressure)			
33	Porcentaje de Sobrepresión Perm. (Allowable Over pressure %)			
34	Factor de Compresibilidad (Compressibility factor)			
35				

ÁREA DEL ORIFICIO (ORIFICE AREA)

36	Calculada Pulg.² (Calculated sq. in.)			
37	Seleccionada Pulg.² (Selected sq. in.)			
38	Orificio (Orifice Designation)			
39	Modelo del Fabricante (Manufacturer's model No.)			
40	Fabricante (Manufacturer) VASESA u. otro			

NOTAS (NOTES).

NOTAS (NOTES):



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

**DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE CALDERAS Y  
RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN**

**MODULO III: INGENIERÍA DE SOPORTE A CALDERAS Y  
RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN**

**TEMA:**

**PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN Y  
REPARACIONES MAYORES  
(NATIONAL BOARD)**

**EXPOSITOR: ING. MANUEL CABRERA MORENO  
PALACIO DE MINERÍA  
1997**

**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**

## **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 aquí se proporcionan, son extraídos 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 Modificación**

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 Código 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 usuario 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 Tubería, 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 Tubería 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 Inspecciones Internas de Calderas de Potencia y de Calefacción.**

#### **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 inspección.

#### **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 continua 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 transferir 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 la 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 ultrasonido 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 seria 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 efectuar 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 Hidrostática.**

- 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 envoltentes 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 examen.

### **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 Inspecciones Internas de los Recipientes a Presión.**

#### **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 exámenes 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 particular 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 otra 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 continuamente 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 inspector 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 ASME y 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 difíciles de evaluar, que posiblemente 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 aceptación 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 específicas, 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 Modificaciones**

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 medidas correctivas aceptables.

**Grietas en Homos 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 específica 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.

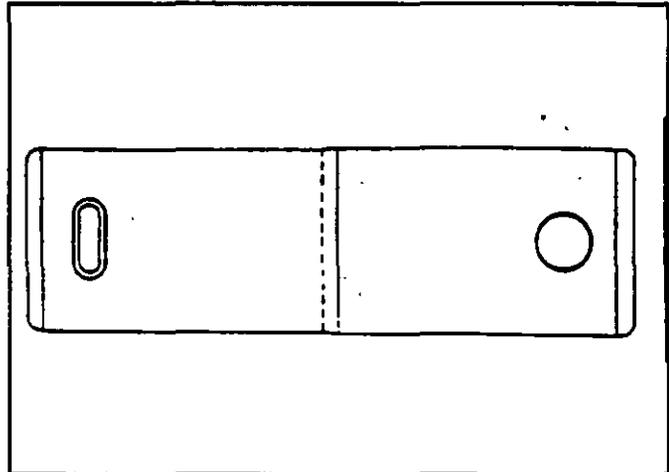
**Bridas:** Las caras desgastadas de bridas pueden limpiarse perfectamente y reconstruirse con metal de soldadura. Deben maquinarse en su lugar si es posible, hasta un espesor no menor que el de la brida original ó aquel requerido por los cálculos y de acuerdo con las disposiciones de la sección aplicable 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.

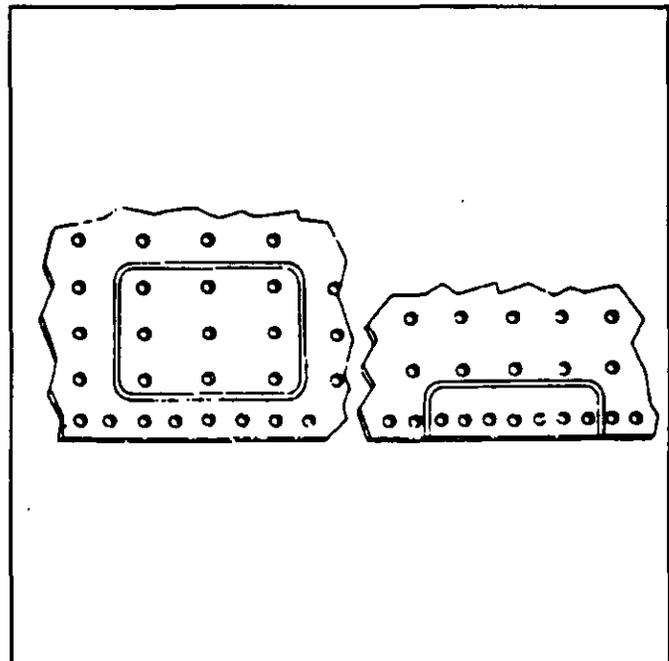


#### PARCHES A RAS EN AREAS SIN TIRANTES.

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.

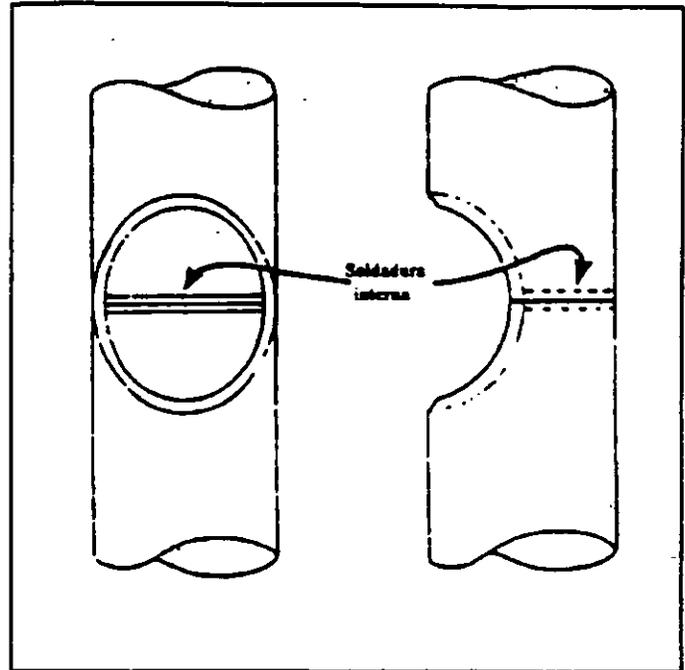


#### PARCHES A RAS EN AREAS CON TIRANTES

## FIGURA-2 METODO DE PARCHE EN TUBOS

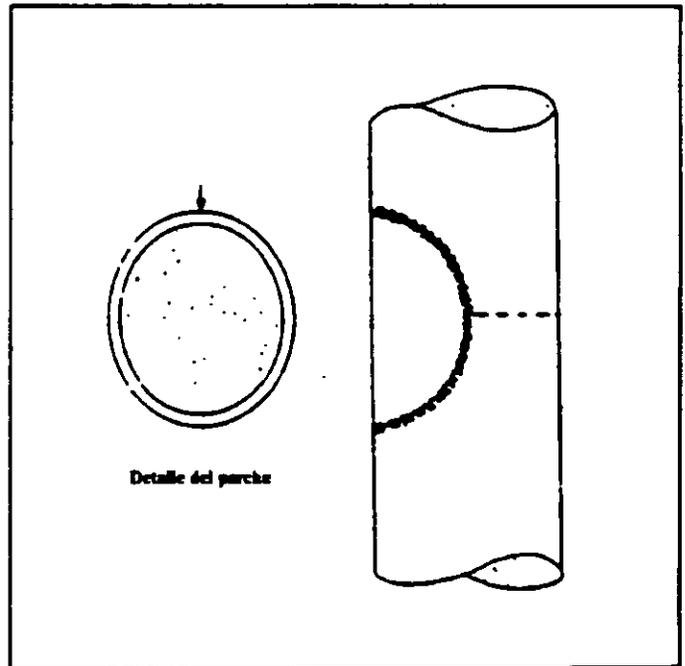
Puede ser necesario soldar un parche a ras en tubo, en algunas ocasiones que la accesibilidad de la circunferencia completa del tubo está restringida. En la lista de abajo se describen los métodos sugeridos para hacer parches.

- 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 construcción 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 inspecciones 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 discontinuidades 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, aquellas 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 generalmente 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).**

Las 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 espectrómetro 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 particular 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 destructivo 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 Generalidades.**

Si se cambian 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 período 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:

$$\text{vida restante (años)} = \frac{t_{(\text{real})} - t_{(\text{requerido})}}{\text{formación de corrosión (pulgadas ó mm por año)}} \quad \text{②}$$

Donde:

$t_{(\text{real})}$  = espesor en pulgadas (ó mm) medido durante la inspección,

$t_{(\text{requerida})}$  = espesor mínimo permisible en pulgadas (ó mm) para la sección ó la zona crítica del recipiente a presión (vea inciso (d)).

Quando 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 monitoreado 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

incluirla 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 continua, 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.<sup>2</sup> (45.2 cm<sup>2</sup>) dentro de cualquier círculo de diámetro de 8 pulg. (203 mm); y
  3. la suma de sus dimensiones a lo largo de cualquier línea recta dentro de este círculo, 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 corroída, 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 dobléz de la tapa). Para muchas tapas elipsoidales,  $D/2h=2.0$

**TABLA 1-Valores de Factor de Radio Esférico,  $K_1$**

Radio esférico equivalente=  $K_1 D$ ;  $D/2h$ = 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**

**DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE CALDERAS Y  
RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN**

**MODULO III: INGENIERÍA DE SOPORTE A CALDERAS Y  
RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN**

**TEMA:**

**DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD**

**PALACIO DE MINERÍA  
1997**

# **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 líneas 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 líneas 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.

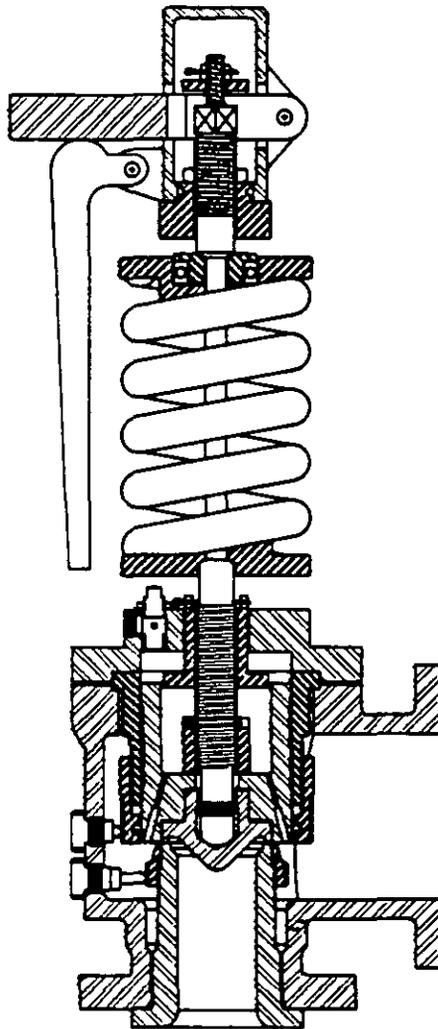
b) Las válvulas cerrarán a una presión diferencial (blow down) del 4% por debajo de la presión de ajuste. En el caso de que se utilicen dos o mas válvulas en una misma caldera, la presión de cierre de todas las válvulas nunca será menor al 96% de la presión de ajuste de la válvula de menor presión.

c) La tolerancia (mas o menos) en la presión de disparo no deberá exceder lo siguiente:

<u>Presión de Ajuste</u>	<u>Tolerancia</u>
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% -

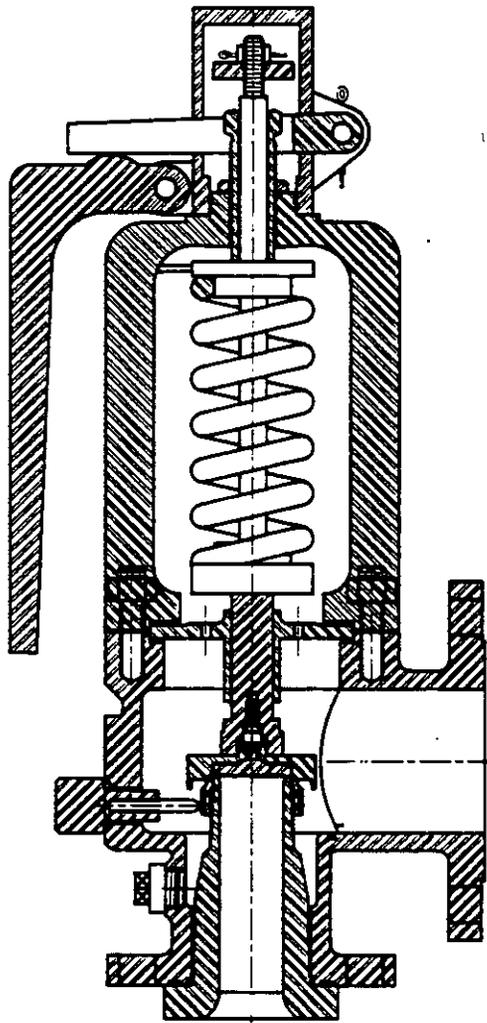
Para el segundo caso la normatividad aplicable lo es el Código ASME Sección VIII; la válvula podrá tener el bonete abierto o cerrado (fig. 2), dependiendo de la temperatura y de la colocación de la válvula. También en este código se nos indica que las válvulas deberán cumplir con las siguientes condiciones:

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:

<u>Presión de Ajuste</u>	<u>Tolerancia</u>
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:

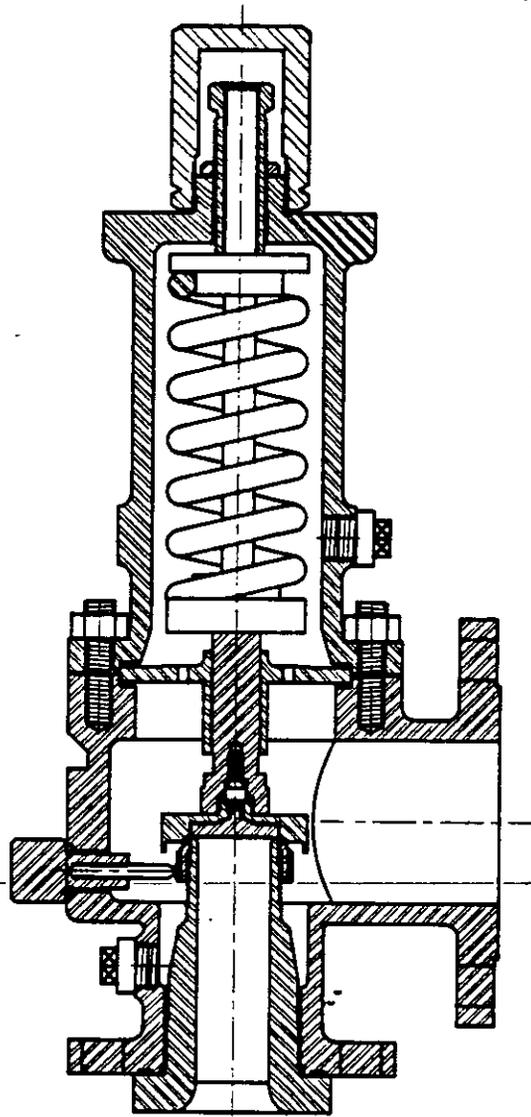
A) Válvulas operadas por la acción directa de un resorte.- Estas válvulas son las mas comunes en para los recipientes a presión (fig. 3). La presión del fluido contenido en el recipiente es contrarrestada por la fuerza ejercida por un resorte sobre el disco o "tapón" de la válvula. Al incrementarse la 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:

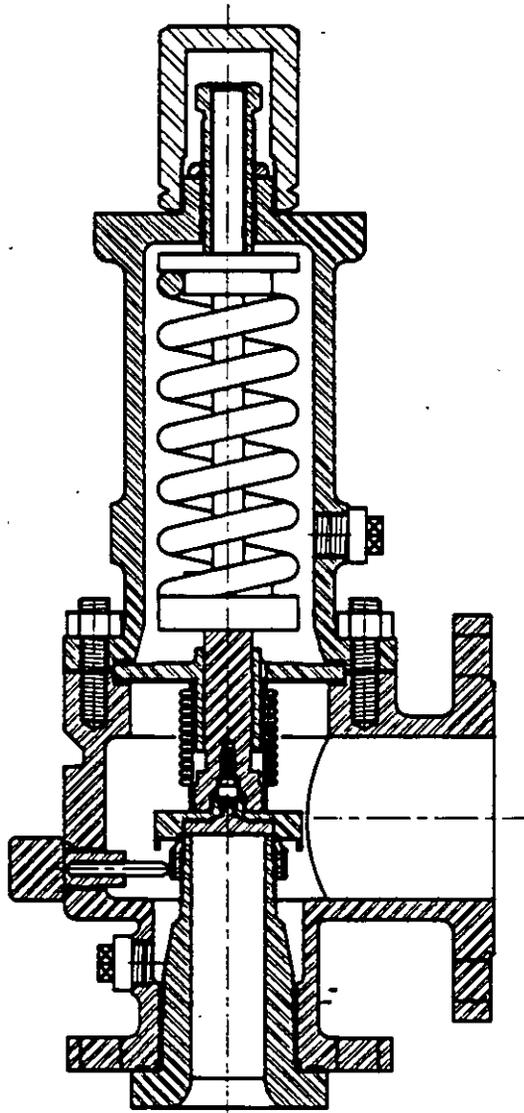
- a) válvulas convencionales
- b) las válvulas balanceadas (fig. 4).

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.

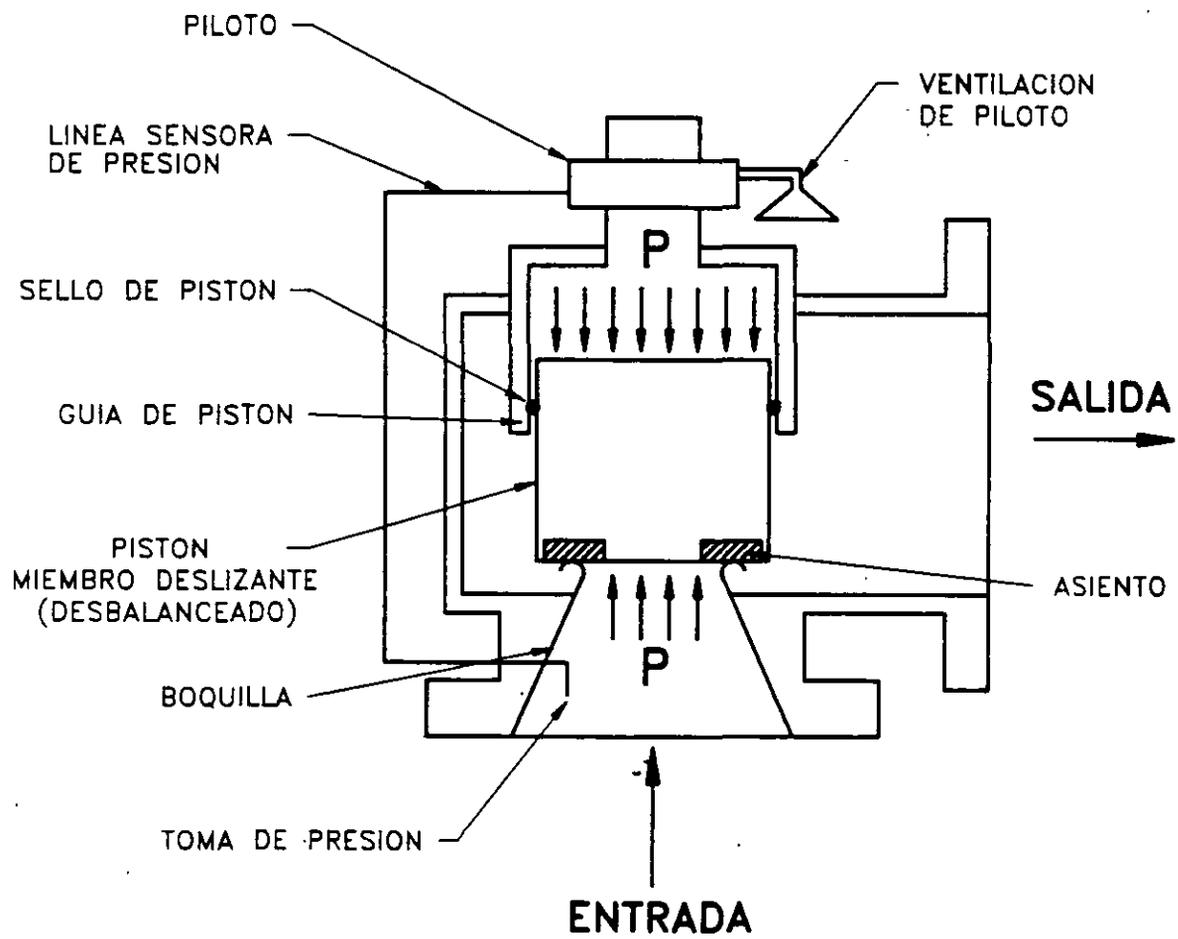
3. Válvulas de alivio para líquidos.- El tercer grupo lo constituyen las válvulas de alivio para líquidos (fig. 6). Estas válvulas, siguen los lineamientos de la norma API 526. Se caracterizan por no "disparar" al momento de la apertura, ya que ésta es proporcional al incremento de presión del recipiente. 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.**

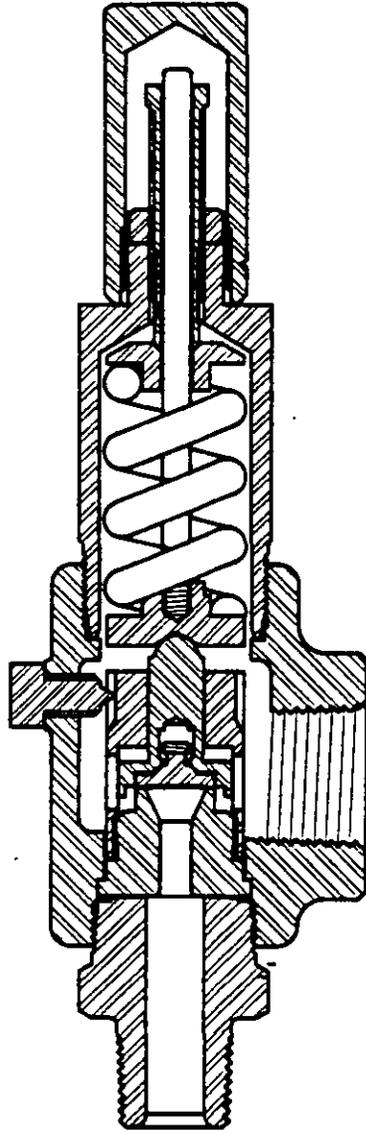
Teniendo en mente los conceptos anteriores, el procedimiento general para la selección de una válvula de seguridad da inicio con la selección del tipo de válvula adecuada al proceso que deberá proteger (uno de los casos anteriores).

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 incrementar 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
Sppt	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 derivadas 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 más 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. <sup>2</sup>	Área pul. <sup>2</sup>
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

Máxima Presión (libras por pulgada cuadrada) , Temp. °F																	
Materiales		Tamaño nominal de Válvula		Clase o Rango de Breda		Válvulas Convencionales y Balaceadas								Dimensiones Entre Caras y Centro (Pulgadas)			
						Límites de Presión de Ajuste										Conv. (3)	
						Límites de Presión de Ajuste										Bal. (3)	
Cuerpo	Resorte	Entrada x Orificio x Salida	Entrada	Salida	-450	-150	-75	-20	450	800	1000	Límite de Presión a la Salida		Entrada	Salida		
					°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F				
Rango de temperatura de -20 F hasta e inclusive 450 °F																	
Fundición	Aoero	2	J	3	150#	150#	—	—	285	185	—	—	285	230	5.375	4.875	
Aoero	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	
Aoero	Aoero 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	2060	—	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	
Aoero	Aoero 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	
Crómo	Temperatura	3	J	4	1500#	300#	—	—	—	—	2040	1115	600	230	7.250	7.125	
Rango de temperatura de -21 F hasta e inclusive -75 °F																	
Fundición	Aoero	2	J	3	150#	150#	—	—	285	—	—	—	285	230	5.375	4.875	
Aoero	al	2	J	3	300#	150#	—	—	285	—	—	—	285	230	5.375	4.875	
	al 3.6 %	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	
Aoero	Aoero Para	2	J	3	300#	150#	—	—	275	—	—	—	275	230	5.375	4.875	
	al 3.6 %	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	
Aoero	Aoero Para	2	J	3	300#	150#	275	—	—	—	—	—	275	230	5.375	4.875	
Austenitico	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 al lo convencional del fabricante  
 (2) Se dan los requerimientos mínimos de los rangos de presión y temperatura para los materiales  
 (3) C = Válvula Convencional, B = Válvula Balaceada  
 (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.

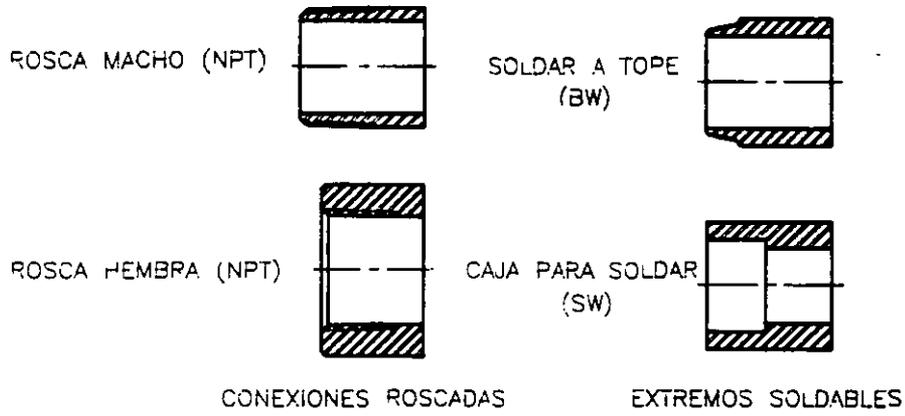
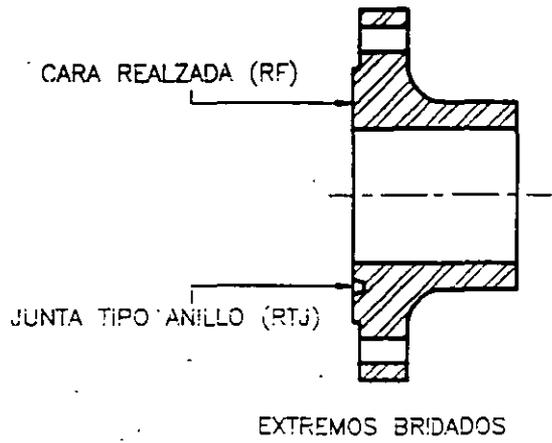
El cuarto paso es la selección del tipo de extremos de conexión (fig. 7). Entre los muchos existentes podemos citar como mas comunes a las bridas, las conexiones roscadas y las conexiones soldadas. En el caso de las bridas es necesario referirse a la norma para bridas deseada (ANSI B16.5 para acero o 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).

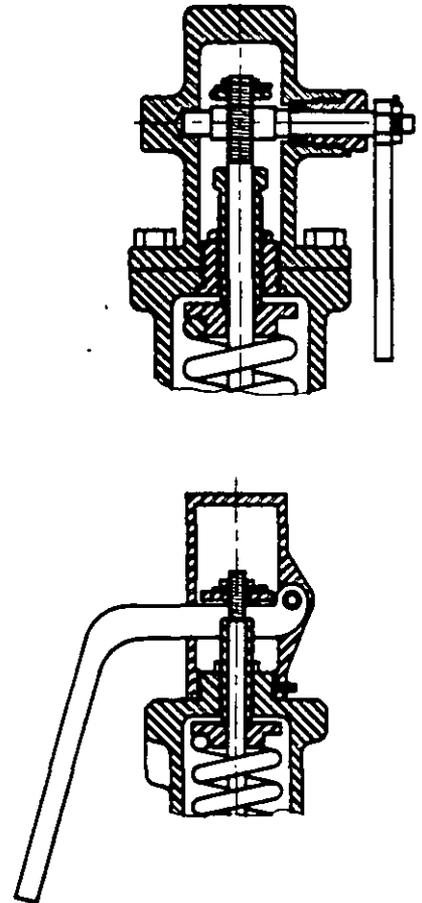
Otro accesorio lo representan las mordazas de prueba (fig. 9); este accesorio se utiliza como auxiliar para bloquear la válvula de seguridad durante las pruebas hidrostáticas de los recipientes. Es muy conveniente su utilización en recipientes que están muy expuestos a desgaste de sus paredes por efectos de corrosión y/o erosión, por lo que se requiere probar su integridad a intervalos frecuentes sin desmontarlos o desconectarlos de las líneas 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.

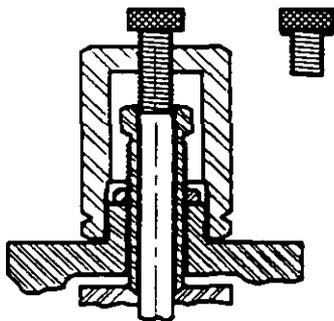
Todos los fabricantes de válvulas de seguridad - alivio incluyen en la nomenclatura de sus válvulas las características anteriormente descritas para una mayor facilidad de interpretación de sus modelos.



*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.

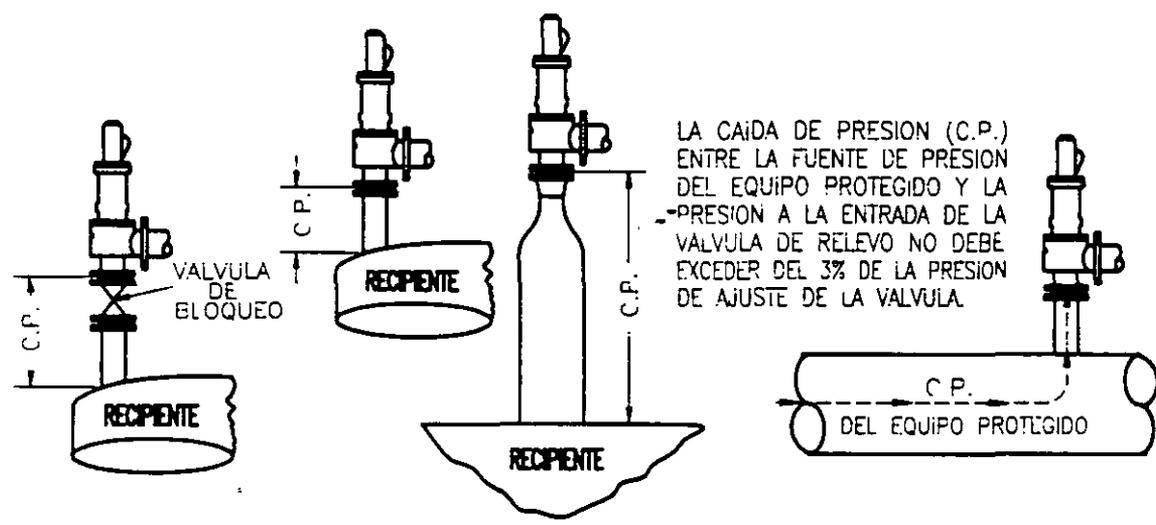
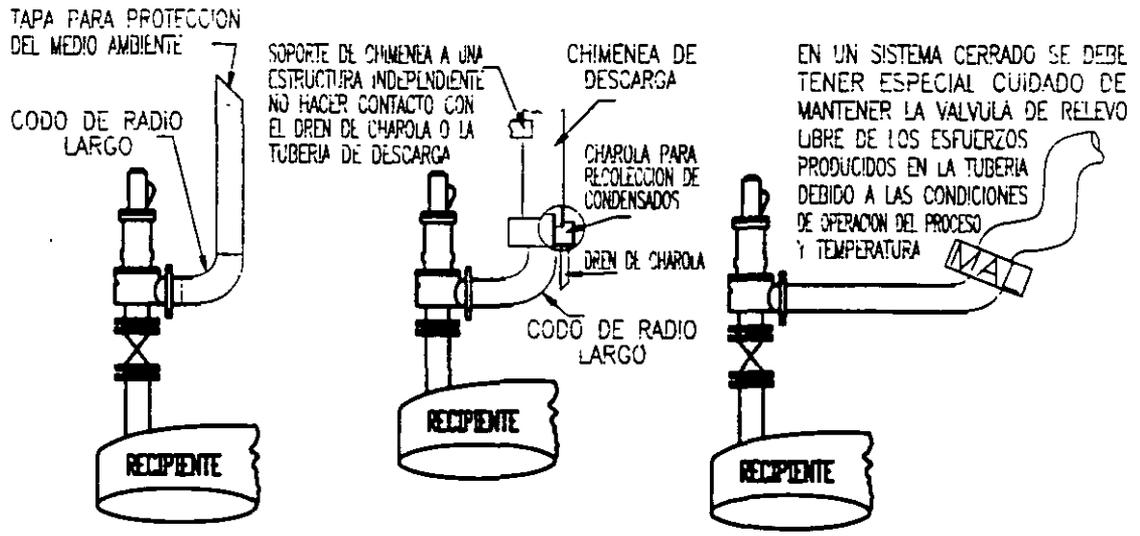
D) No deberán existir tomas de muestra o de presión entre el recipiente y la válvula de seguridad, ya que esto podría ocasionar una caída de presión lo suficientemente grande para evitar el correcto funcionamiento de la válvula.

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 cojchón 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 líneas 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:  $\pm 5\%$  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.

VÁLVULAS DE SEGURIDAD, S.A. DE C.V.  
Si es de **SEGURIDAD** es **VASESA**

*© copyright 1989*



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

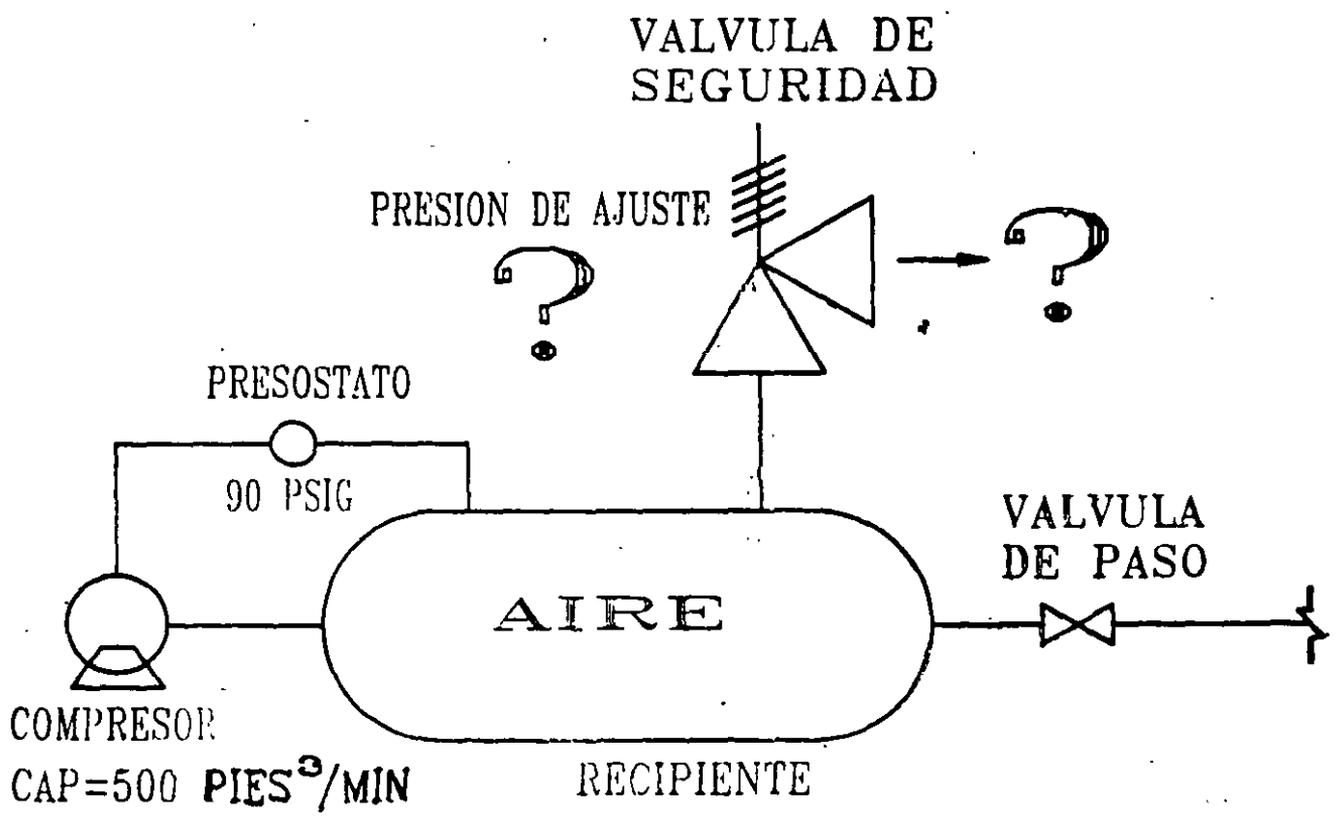
**DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE CALDERAS Y  
RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN**

**MODULO III: INGENIERÍA DE SOPORTE A CALDERAS Y  
RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN**

**TEMA:**

**ANEXO**

**PALACIO DE MINERÍA  
1997**



API 520

$$A = \frac{V \sqrt{T} \sqrt{Z} \sqrt{G}}{1.175 C P Kd}$$

- V CAPACIDAD DE DESCARGA EN PIES<sup>3</sup>/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+Patn)
- Kd COFF. DE DESCARGA DE LA VALVULA (0.975)



# FORMULA 1

- Gases y Vapores.
- 10% de Sobrepresión.
- Capacidad de descarga W en libras por hora (Lb/Hr)

$$A = \frac{W \sqrt{T} \sqrt{Z}}{C K_d P \sqrt{M} K_b}$$

- A = Area efectiva de descarga en pulg<sup>2</sup>
- W = Capacidad requerida de descarga en Lb/Hr.
- T = Temperatura absoluta de fluido a la entrada de la válvula.
- Z = Factor de compresibilidad utilice - Z=1 si el valor es desconocido.
- C = Factor variable, que depende del -- rango de calores específicos K (K=C<sub>p</sub>/C<sub>v</sub>) este valor es constante para un gas ideal. Si el valor de K es desconocido, utilice K=1.001 y C=315 con el cual resultará un calculo -- conservador y una selección más segura (ver tabla 1 y 2).
- K<sub>d</sub> = Coeficiente de descarga (0.95).
- P = Presión absoluta de ajuste\* en -- Lb/Pulg<sup>2</sup> ABS (PSIA).

Esto es: presión de ajuste + sobre- presión + presión atmosférica; en -- otras palabras, la presión de ajuste (psig) se multiplica por 1.1 -- (10% sobrepresión) + 14.7 (presión- atmosférica).

- M = Peso molecular del gas ó vapor -- (ver tabla 1).
- K<sub>b</sub> = Factor de corrección debido a la con- trapresión (ver gráficas).

## EJEMPLO 1

Contrapresión Atmosférica.

Fluido: Gas natural.  
 Capacidad Requerida: 5900 Lb/Hr.  
 Presión de Ajuste: 210 psig.  
 Sobrepresión: 10%  
 Temperatura de entrada: 120° F  
 Contrapresión: Atmosférica.  
 Peso Molecular: 19.0

Formula:

$$A = \frac{W \sqrt{T} \sqrt{Z}}{C K_d P \sqrt{M} K_b}$$

Donde:

- A = Mínima area efectiva de descarga.
- W = 5900 Lb/Hr.
- T = 120° + 460° = 580 grados absolutos- de temperatura.
- Z = Factor de compresibilidad utilice - Z = 1.
- C = 344 (de la tabla 1).
- K<sub>d</sub> = .95
- P = (210 X 1.1) + 14.7 = 245.7 psia.
- M = 19.0 (de la tabla 1).
- K<sub>b</sub> = 1 para contrapresión atmosférica.
- A =  $\frac{5900 \sqrt{580} \sqrt{1}}{344(0.95)245.1 \sqrt{19} (1)} = 0.406 \text{ pulg}^2$

El orificio G con una area efectiva de - 0.503 pulg<sup>2</sup> es el orificio estandar inme- diatamente superior al calculado que -- descargará la capacidad requerida. Por -- lo tanto de nuestro catálogo general, se -- leccione una válvula de 1½ X 2½ modelo -- 560AA1 con capucha roscada cuyos mater- les de construcción son satisfactorios -- para el caso.

## EJEMPLO 2

Cualquier cambio en las condiciones de servicio en el ejemplo anterior necesitará un nuevo cálculo del área de descarga requerida. Por ejemplo, si en lugar de que la válvula descargue hacia la atmósfera consideramos una contrapresión sobrepuesta constante de 195 psig, será necesario ahora utilizar el factor de corrección  $K_b$  (GRAFICA 1).

$P_b$  = Contrapresión absoluta.

$\frac{P_b}{P} \times 100 = \% \text{ de contrapresión.}$

$$\frac{195 \text{ psig} + 14.7 \text{ psig.}}{(210 \text{ psig} + 21 \text{ psig} + 14.7)} \times 100 = 85\%$$

de la GRAFICA 1 obtenemos el valor  $K_b = 0.76$

Entonces:

$$A = \frac{W \sqrt{T} \sqrt{Z}}{C K_d P \sqrt{M} K_b} = \frac{5900 \sqrt{580} \sqrt{1}}{344(0.95)(245.7) \sqrt{19} (.76)}$$

$A = 0.534 \text{ pulg}^2$

Por lo tanto, la válvula de construcción estandar orificio "H" (0.785 pulg<sup>2</sup>) es la mas conveniente para descargar la capacidad requerida bajo las condiciones de operación dadas. Del catálogo general VASESA, seleccionamos una válvula de 1½" X 3" modelo 56HAA1 con capucha rosca da.

Notese que es una válvula es del tipo convencional (sin fuelle).

Para las pruebas de producción en nuestra planta, la válvula será calibrada a 15 psig, ésta es la llamada presión de prueba en frío (Cold differential test pressure) y es igual a la presión de ajuste menos (-) la contrapresión sobrepuesta constante. Sin embargo la presión a la cual abrirá la válvula instalada y bajo las condiciones de operación, será igual a la suma de la presión de prueba más la contrapresión sobrepuesta constante, es decir 210 psig. (15 psig + 195 psig).

El reporte que suministraremos para este caso, será el que tenemos especificado para una presión de ajuste de 15 psig.

## EJEMPLO 3

Utilización múltiple de válvulas con presiones de ajuste escalonadas.

Quando se utilizan más de una válvula de seguridad para proteger a un recipiente, el código ASME Section VIII, permite una sobrepresión máxima de 16% de la máxima presión permisible de trabajo (máximum allowable working pressure). En este caso, una válvula deberá estar ajustada para abrir a dicha presión ó a una presión menor. El resto de las válvulas, se ajustan a presiones mayores hasta un 105% de la máxima presión permisible de trabajo.

Fluido: Propano (gas)  
Capacidad Requerida: 44200 Lb/Hr.  
se especifican 2 válvulas.  
Sobrepresión: 16%  
Contrapresión: Atmosférica.  
Temperatura de entrada: 100° F  
Máxima presión permisible de trabajo 225 psig.  
Paso molecular: M = 44.09

$$A = \frac{W \sqrt{T} \sqrt{Z}}{C K_d P \sqrt{M} K_b}$$

Donde:

A = Mínima área de descarga requerida.

W = 44200 Lb/Hr.

T = 100° + 460° = 560 grados absolutos.

C = 330.3 (TABLAS 1 y 2)

$K_d = 0.95$

P = Presión absoluta de alivio = (225 x 1.16) + 14.7 = 275.7 PSIA

M = 44.09

$K_b = 1$

$$A = \frac{44200 \sqrt{560} \sqrt{1}}{330.3 (0.95) (275.7) \sqrt{44.09} (1)} = 1.821$$

Del catálogo general VASESA seleccionamos una válvula de 1½" X 3" modelo 56HAA1 con capucha rosca da, calibrada a 225 psig, y una de 2" X 3" modelo 56JAA1 con capucha rosca da calibrada a 236 PSIG (105% de la máx. pres. perm. de t.) La combinación de las áreas de las válvulas es 0.785 pulg<sup>2</sup> (orif. H) + 1.287 pulg<sup>2</sup> (orif. J), y es la menor combinación de orificios de fabricación estandar que descargarán la capacidad requerida.

## FORMULA 2

- Gases y Vapores.
- 10% de Sobrepresión
- Capacidad requerida (V) en pie<sup>3</sup>/min (SCFM).

La siguiente formula sirve para dimensionar válvulas que manejan gases ó vapores, y cuya capacidad está expresada en unidades de volumen (pie<sup>3</sup>/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<sup>2</sup>.

V = Capacidad de descarga requerida en pie<sup>3</sup>/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<sub>p</sub>/C<sub>v</sub>, este valor es constante para un gas 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 y 2).

K<sub>d</sub> = Coeficiente de descarga (0.95).

P = Presión absoluta de alivio en -- Lb/Pulg<sup>2</sup> 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<sub>b</sub> = Factor de corrección debido a la -- contrapresión (ver gráficas).

## EJEMPLO 1

Contrapresión desarrollada variable.  
(Built-up variable B.P.).

Fluido: Etileno (gas)  
Capacidad Requerida: 12,000 pie<sup>3</sup>/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 pie<sup>3</sup>/min.

T = 200° + 460° = 660 grados absolutos.

G = 0.968 con respecto al aire.

C = 343

K<sub>d</sub> = .95

P = (170 X 1.1) + 14.7 = 201.7 psia.

K<sub>b</sub> = de la GRÁFICA 3:

% cont. pres. manom. =  $\frac{94}{170} \times 100 = 55\%$

K<sub>b</sub> = 0.93

$$A = \frac{12000 \sqrt{660} \sqrt{0.969} \sqrt{1}}{1.175 (343) (.95) (201.7) .93}$$

A = 4.22 pulg<sup>2</sup>

La válvula de fabricación estandar orificio "N" con una area de 4.34 pulg<sup>2</sup> 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 9° 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<sup>2</sup>
- W = Capacidad de descarga requerida en Lb/Hr.
- P = Presión absoluta de alivio en --- Lb/Pulg<sup>2</sup> 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 gráficas).

## 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<sup>2</sup>) 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.

de la (tabla 3) .  $K_{sh} = 0.84$

$$A = \frac{108,500}{50 (532 + 53.2 + 14.7) 0.84}$$

$$A = 4.306 \text{ pulg}^2$$

El orificio N (4.34 pulg<sup>2</sup>) será el apropiado.

La válvula será de 4 X 6 modelo 66NAB4-BDH, con palanca abierta hacia la atmosfera y resorte de aliación para alta temperatura.

# FORMULA 4

- Líquidos.
- 25% de Sobrepresión.
- Capacidad requerida en galones por minuto.

La siguiente formula se utiliza para dimensionar válvulas que manejan líquidos; está expresada en términos de la presión de ajuste más 25% de sobrepresión e incluye un factor de corrección ( $K_p$ ) para sobrepresiones diferentes, así como también incluye factores de corrección para contrapresión y viscosidad.

$$A = \frac{GPM \sqrt{G}}{24.32 K_p K_w \sqrt{1.25p - p_b} K_v}$$

Donde:

- A = Mínima area de descarga requerida.
- GPM = Capacidad de descarga en galones -- por minuto a temperatura de flujo.
- G = Gravedad específica del fluido a -- temperatura de flujo.
- $K_p$  = Factor de corrección para la sobre -- presión. La mayoría de las válvulas que trabajan con líquidos son dimensionadas al 25% de sobrepresión, en cuyo caso,  $K_p = 1.00$ . Para 10% de sobrepresión, el factor es  $K_p = 0.6$ , (ver fig. 1).
- $K_w$  = Factor de corrección debido a la -- contrapresión en válvulas balanceadas (con fuelle) que manejan líquidos.  $K_w = 1$  hasta que la contrapresión  $P_b$  es mayor del 15% (ver fig. 2).
- p = Presión de ajuste en libras por -- pulg<sup>2</sup> manométricas (psig).
- $P_b$  = Contrapresión en Lb/in<sup>2</sup> manométricas (psig).

$K_v$  = Factor de corrección debido a la -- viscosidad del fluido. En la mayoría de las aplicaciones, la viscosidad no es significativa, por lo que se usa  $K_v = 1$ . Si es necesario considerarla, determine  $K_v$ . Se recomienda calcular primero el area como si no fuese un líquido viscoso, seleccione el orificio estándar inmediato superior al calculado, y posteriormente calcule el número de Reynolds con cualquiera de las siguientes formulas:

$$R = \frac{GPM (2800 G)}{\mu \sqrt{A}}$$

$$R = \frac{12700 GPM}{U \sqrt{A}}$$

Donde:

- A = Area efectiva nominal del fabricante.
- $\mu$ : Viscosidad absoluta del fluido en Centipoises.
- U: Viscosidad absoluta del fluido en Segundos Saybolt Universales.
- G: Gravedad específica del líquido a -- Temperatura de flujo con respecto al agua = 1.00 a 70°F.



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

**DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE CALDERAS Y  
RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN**

**MODULO III: INGENIERÍA DE SOPORTE A CALDERAS Y  
RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN**

**TEMA:**

**GENERADOR DE VAPOR PARA 160 Y 350 MW**

**EXPOSITOR ING. JORGE IZAGUIRRE MONTIEL  
PALACIO DE MINERÍA  
1997**

# COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD



3

## GENERADORES DE VAPOR PARA 160 Y 350 MW

ESPECIFICACION  
CFE X4000-01

AGOSTO 1990  
REVISA A LA EDICION DE  
MAYO 1987 Y A SU  
MODIFICACION NO 1 DE  
ENERO 1990

MEXICO

**PREFACIO**

Esta especificación ha sido elaborada de acuerdo con las Bases Generales para la Normalización en CFE, habiéndose preparado la propuesta de revisión la GERENCIA TECNICA DE PROYECTOS TERMoeLECTRICOS.

Participaron en la revisión y aprobación de la presente especificación las áreas que se indican a continuación:

**COMPAÑIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO (En liquidación)**

**GERENCIA DE CENTRO NACIONAL DE CONTROL DE ENERGIA, CENACE**

**SUBDIRECCION DE PROGRAMACION**

**GERENCIA DE LABORATORIO**

**GERENCIA TECNICA DE PROYECTOS TERMoeLECTRICOS**

El presente documento normalizado entra en vigor a partir de la última fecha abajo indicada y será actualizado y revisado tomando como base las observaciones que se deriven de la aplicación del mismo. Dichas observaciones deben enviarse a la Gerencia de Laboratorio, quien a través del departamento de Normalización coordinará la revisión.

Esta especificación revisa y substituye a la edición de mayo 1987 y a todos los documentos normalizados de CFE relacionados con generadores de vapor para 160 y 350 MW que se hayan publicado dentro del campo de aplicación del presente.

**AUTORIZO:**



**ING. GUILLERMO GUERRERO VILLALOBOS**  
**DIRECTOR GENERAL**



6.4	Diferencias de Temperaturas entre Vapor Principal y Vapor Recalentado . . . . .	21
7	ESPECIFICACIONES PARA LA FABRICACION . . . . .	21
7.1	General . . . . .	21
7.2	Sistema de Agua y Vapor. . . . .	22
7.3	Sistema de Aire y Gases . . . . .	25
7.4	Sistema de Combustible y Equipo de Combustión . . . . .	33
7.5	Sistema de Vapor de Auxiliares . . . . .	34
7.6	Sopladores de Hollín . . . . .	34
7.7	Almacenamiento de Generador de Vapor . . . . .	35
7.8	Tratamiento Interno y Dosificación y Muestreo. . . . .	35
7.9	Equipo Eléctrico . . . . .	36
7.10	Válvulas . . . . .	48
7.11	Estructura . . . . .	49
7.12	Refractario, Aislamiento y Cubiertas . . . . .	51
7.13	Acabados y Recubrimientos. . . . .	52
7.14	Identificación de Piezas . . . . .	54
7.15	Equipo de Maniobras. . . . .	54
8	CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA INSTRUMENTACION Y CONTROL . .	54
8.1	Generalidades. . . . .	54
8.2	Componentes para los Sistemas de Control del Generador de Vapor. . . . .	55
8.3	Componentes para los Sistemas de Control, Protección y Supervisión de Generadores. . . . .	57
8.4	Sistema e Instrumentación Miscelánea . . . . .	58
9	CONTROL DE CALIDAD . . . . .	63
9.1	Pruebas en Fábrica . . . . .	66
9.2	Pruebas de Montaje . . . . .	66
9.3	Pruebas en Operación . . . . .	66
10	PARTES DE REPUESTO Y HERRAMIENTAS ESPECIALES . . . . .	74
10.1	Partes de Repuesto . . . . .	74
10.2	Partes de Repuesto que recomienda el Proveedor . . . . .	79
10.3	Herramientas Especiales. . . . .	79
11	SERVICIOS DE SUPERVISION Y MONTAJE, PUESTA EN SERVICIO Y APOYO TECNICO . . . . .	79

12	CARACTERISTICAS PARTICULARES . . . . .	79
13	INFORMACION REQUERIDA . . . . .	79
13.1	Con la Oferta . . . . .	79
13.2	Después de Colocar la Orden . . . . .	85
14	BASES EVALUACION Y PENALIZACION . . . . .	90
14.1	Bases de Evaluación. . . . .	90
14.2	Penalizaciones . . . . .	92
14.3	Cargos por Modificaciones . . . . .	94
15	Cuestionario . . . . .	95
15.1	Garantías . . . . .	95
15.2	Datos Complementarios . . . . .	95
15.3	Datos del Equipo . . . . .	95
15.4	Características Técnicas del Elevador. . . . .	113
15.5	Precios . . . . .	128
15.6	Programa de Entrega del Equipo . . . . .	141
15.7	Descripción del Equipo de Importación. . . . .	141
15.8	Descripción del Equipo de Fabricación Mexicana . . . . .	141
15.9	Tipo de Cambio . . . . .	144
15.10	Responsabilidad . . . . .	145
APENDICE A VALVULAS DE CONTROL DE SERVICIOS AUXILIARES . . . . .		146
A.1	Requisitos de Diseño . . . . .	146
A.2	Cuerpo de la Válvula . . . . .	147
A.3	Bonete de la Válvula . . . . .	148
A.4	Partes Internas . . . . .	148
A.5	Actuador . . . . .	149
A.6	Accesorios . . . . .	150
A.7	Materiales . . . . .	151
A.8	Identificación . . . . .	152



APENDICE F	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PARA DETECTORES DE FLAMA DE GENERADORES DE VAPOR . . . . .	180
F.1	DESCRIPCION . . . . .	180
F.2	OPERACION . . . . .	180
F.3	ANEXOS . . . . .	181
ANEXO A	DIAGRAMA S-01 - DIAGRAMA LOGICO DE CONTROL, SIMBOLOGIA . .	182
ANEXO B	DIAGRAMA N-01 - DIAGRAMA LOGICO DE CONTROL, NOTAS GENERALES	185
ANEXO C	DIAGRAMA DE FLUJO SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PARA DETECTORES DE FLAMA DEL GENERADOR DE VAPOR . . . . .	187
ANEXO D	DIAGRAMA 01: DIAGRAMA LOGICO DE CONTROL, VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO DETECTOR DE FLAMA "NORMAL" . . . . .	188
ANEXO E	DIAGRAMA 02: DIAGRAMA LOGICO DE CONTROL, VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO DETECTOR DE FLAMA "EMERGENCIA" . . . . .	189
ANEXO F	DIAGRAMA 03: DIAGRAMA LOGICO DE CONTROL, COMPUERTA DE AIRE PARA ENFRIAMIENTO . . . . .	190
ANEXO G	DIAGRAMA 04: DIAGRAMA LOGICO DE CONTROL, VALVULA DE AIRE AUXILIAR . . . . .	191
TABLA 1	Capacidad y condiciones de vapor y agua de alimentación para unidades 160 MW. . . . .	12
TABLA 2	Capacidad y condiciones de vapor y agua de alimentación para unidades de 350 MW . . . . .	13
TABLA 3	Caja de terminales para motores de 4000 V . . . . .	42
TABLA 4	Caja terminal para motores de 6 6000 V . . . . .	42
TABLA 5	Partes a presión . . . . .	67
TABLA 6	Equipos auxiliares . . . . .	68
TABLA 7	Equipo estructural y diverso . . . . .	70
TABLA 8	Tiempo de entrega . . . . .	98
TABLA 9	Datos adicionales garantizados del generador de vapor. . . .	99
TABLA 10	Variaciones garantizadas de operación del generador de vapor	100
TABLA 11	Características garantizadas de los sistemas de control del generador de vapor . . . . .	101
TABLA 12	Requisitos de los sistemas de control, protección y supervisión de quemadores . . . . .	102
TABLA 13	Datos complementarios de comportamiento del generador de vapor. . . . .	104

TABLA	14	Datos complementarios de comportamiento del generador de vapor (continuación) . . . . .	105
TABLA	15	Datos complementarios de comportamiento del generador de vapor, para cargas al 100, 75 y 50% . . . . .	106
TABLA	16	Caracterfsticas de los motores según su aplicación . . . . .	108
FIGURA	1	Caja de terminales para motores. . . . .	43

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

Esta especificación establece las características y los requisitos de compra que deben reunir los generadores de vapor, tipo domo, para aceite y/o gas natural, adecuados para suministrar vapor a turbogeneradores de 160 y 350 MW, según la especificación -- CFE W1200-01.

2 NORMAS QUE SE APLICAN

CFE D8500-01-1989	Guía para la Selección y Aplicación de Recubrimientos Anticorrosivos.
CFE D8500-02-1989	Recubrimiento Anticorrosivos.
CFE L0000-03-1986	Comercial General.
CFE L0000-27-1988	Evaluación y Penalización de la Fabricación Mexicana contenida en -- ofertas Mixtas.
CFE L0000-36-1989	Servicio de Supervisión de Montaje y Puesta en Servicio.
CFE PSTQ-02-1988	Procedimiento para el Hervido Alcalino del Generador de Vapor.
CFE PSTQ-03-1988	Procedimiento para el Lavado Acido del Generador de Vapor.
CFE PSTQ-04-1988	Procedimiento para el Almacenamiento del Generador de Vapor.
NOM-J-75-1985	Motores de Inducción de C.A. tipo - jaula de ardilla, potencias de -- 0.062 a 373 kW.
NOM-Z-1-1981	Sistema Internacional de Unidades.
ANSI B 16.5-1981	Pipe Flanges and Flanged Fitting.
ANSI B 16.10-1986	Face-to-Face and End-to-End- - Dimensions of Valves.
ANSI B 18.2.1-1981	Square and Hex Bolts and Screws Inch Series Including Hex Cap Screws and Lag Screws.
ANSI B 31.1-1986	Power Piping, Addenda B 31.1A-1986.
ANSI B 46.1-1985	Surface Texture. (Surface Roughness Waviness and Lay).

ASME-SEC-1-1986	Rules for Construction of Power Boilers. (Winter Addenda 1986).
ASME-SEC-2-A-1986	Material Specifications Part A Ferrous. (Winter Addenda 1986).
ASME-SEC-2-B-1986	Material Specifications Part B Non Ferrous. (Winter Addenda 1986).
ASME-SEC-2-C-1986	Material Specifications Part C Welding Rods Electrodes and Filler Metals. (Winter Addenda 1986).
ASME-SEC-5-1986	Nondestructive Examination. Winter Addenda 1986).
ASME-SEC-7-1986	Recommended Guide Lines for the Care of Power Boilers. (Winter Addenda 1986).
ASME-SEC-8-D-1-1986	Rules for Construction of Pressure Vessels. Div. 1 (Winter Addenda 1986).
ASME-SEC-9-1986	Qualification Standard for Weld and Brazing Procedures Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators. (Winter Addenda 1986).
ASME PTC 4.1-1964	Steam Generating Units. Addendum PTC 4.1A-68, Addendum PTC 4.1B-69.
ASME PTC 4.3-1968	Air Heaters, Supplement to PTC 4.1 R 1985.
ASME PTC 8.2-1965	Centrifugal Pumps (Including 1973 Addendum).
ASME PTC 9-1970	Displacement Compressors Vacuum Pumps and Blowers. Errata January 1972 (R 1985).
ASME PTC 11-1984	Fans.
ASME 19.3-1974	Part 3. Temperature Measurement Instruments and Apparatus. (R 1985).
ASME PTC-19.5-1972	Application Part II of Fluid Meters. (Interim Supplement 14.5 on Instruments and apparatus).
ASME PTC 19.11-1970	Part II. Water and Steam in the Power

	Cycle (Purity and Quality, Leak -- Detection and Measurement). Instruments and Apparatus (R 1984).
ASME PTC 25.3-1976	Safety and Relief Valves; Addendum September 1977.
ASME PTC 31-1973	Ion Exchange Equipment (R 1985).
ASTM A 36/A 36M-1987	Standard Specification of Structural Steel.
ASTM A 105/A 105M-1987	Standard Specification for Forgings, Carbon Steel, for Piping Components.
ASTM A 106-1987	Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High Temperature Service.
ASTM A 123-1984	Specification for Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coatings on Iron and Steel-Products.
ASTM A 153-1982	Specification for Zinc Coating (Hot Dip) on Iron and Steel Hardware.
ASTM A 182/A 182M-1987	Standard Specification for Forged or Rolled Alloy-Steel Pipe Flanges, Forged Fittings, and Valves and Parts for High Temperature Service.
ASTM A-185-1985	Specification for Steel Welded Wire Fabric, Plain, for Concrete Reinforcement.
ASTM A216/A216M-1984	Specification for Steel Castings Carbon Suitable for Fusion Welding, for High-Temperature Service.
ASTM A217/A 217M-1985	Specification for Steel Castings, Martensitic Stainless And Alloy, for Pressure Containing Parts, Suitable for High Temperature Service.
ASTM A 276-1987	Standard Specification for Stainless and Heat Resisting Steel Bars and Shapes.
ASTM A307-1986	Standard Specification Carbon Steel Bolts and Studs, 60,000 psi Tensile Strength (Rev. A).

4 de 19

ASTM A-325-1986	Standard Specification for High Strength Bolts for Structural Steel Joints. (Rev. A).
ASTM A 335/A 335M-1986	Specification for Seamless Ferritic - Alloy-Steel Pipe for High Temperature Service. (Rev. A).
ASTM A 351/A 351M-1986	Standard Specification for Steel Castings, Austenitic, for High-Temperature Service.
ASTM A 435/A 435M-1982	Specification for Straight-Beam Ultrasonic Examination of Steel Plates. (Rev. 1987).
ASTM A 441/A 441M-1985	Specification for High-Strength Low - Alloy Structural Manganese Vanadium - Steel.
ASTM A 479/A 479M-1987	Standard Specification for Stainless- and Heat Resisting Steel Bars and -- Shapes for Use in Boilers and Other - Pressure Vessels. (Rev. A).
ASTM A 500-1984	Specification for Cold-Formed Welded- and Seamless Carbon Steel Structural- Tubing in Rounds and Shapes.
ASTM A-501-1984	Specification for Hot-Formed Welded - and Seamless Carbon Steel Structural- Tubing.
ASTM A-513-1985	Specification for Electric-Resistance Welded Carbon and Alloy Steel Mechanical Tubing.
ASTM A 514/A 514M-1987	Standard Specification for High-Yield Strength, Quenched and Tempered Alloy Steel Plate, Suitable for Welding.
ASTM A 515/A 515M-1982	Specification for Pressure Vessel Plates, Carbon Steel for Intermediate and Higher-Temperature Service. (Rev. 1987).
ASTM A564/A 564M-1987	Standard Specification for Hot-Rolled and Cold Finished Age-Hardening Stainless and Heat-Resisting Steel Bars and Shapes. (Rev. A).

ASTM B-209-1986	Standard Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Sheet and Plate.
ASTM C20-1987	Standard Test Methods Apparent - - Porosity, Water Absorption Apparent Specific Gravity, and Bulk Density of Burned Refractory Brick and - - Shapes by Boiling Water.
ASTM C-24-1984	Test Method for Pyrometric Cone -- Equivalent (PCE) of Refractory - -- Materials.
ASTM C-92-1976	Test Methods for Sieve Analysis and Water Content of Refractory Materials (R 1984).
ASTM C134-1984	Size and Bulk Density of Refractory Brick and Shapes, Test Methods for.
ASTM C 167-1982	Test Methods for Thickness and - -- Density of Blanket or Batt Thermal Insulations.
ASTM C 177-1985	Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal - - Transmission Properties by Means of the Guarded Hot Plate Apparatus.
ASTM C-201-1986	Thermal Conductivity of Refractories Test Method for.
ASTM C-533-1985	Specification for Calcium Silicate Block and Pipe Thermal Insulation.
ASTM D 1066-1982	Practices for Sampling Steam.
ASTM D 1192-1970	Specification for Equipment for - - Sampling Water and Steam. (R 1977).
ASTM D 3370-1982	Practices for Sampling Water.
ASTM E-165-1980	Practice for Liquid Penetrant - -- Inspection Method. (R 1983).
ASTM E 230-1987	Temperature-Electromotive Force -- (EMF) Tables for Standardized Thermo couples.
AWS D 1.1-1986	Structural Welding Code-Steel.

6 de 19

IEEE 43-1974	Recm: Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery. (R 1985).
ISA S 5.1-1984	Instrumentation Symbols and Identification.
ISA S 51.1-1979	Process Instrumentation Terminology.
MSS SP 55-1985	Quality Standard for Steel Casting for Valves, Flanges and Fittings and Other Piping Components. (Visual - Method).
MSS SP 61-1985	Pressure Testing of Steel Valves.
NEMA ICS 1-1983	General Standards for Industrial - Control and Systems: Rev. 1 Sept. 1984, Rev. 2 June 1985, Rev. 3 Nov. 1985.
NEMA MG 1-1978	Motors and Generators (R 1981).
NFPA 85D-1984	Prevention of Furnace Explosions in Fuel Oil. Fired Multiple Burner - Boiler Furnaces.
UL-83-1983	Thermoplastic-Insulated Wires and - Cables; April 16, 1986.

NOTA: En caso de que los documentos anteriores sean revisados o modificados debe tomarse en cuenta la edición en vigor o la última edición en el momento del pedido, salvo que la Comisión indique otra cosa.



- hogar y zona de convección,
  - domo de distribución (si se requiere),
  - domo de vapor,
  - sobrecalentador,
  - recalentador,
  - bombas de agua de circulación controlada (si se requiere),
  - atemperadores.
- b) Sistema de aire y gases, que comprende:
- cajas de aire,
  - ductos y compuertas de aire y gases,
  - ventiladores de tiro forzado,
  - ventiladores de tiro inducido,
  - ventiladores de recirculación de gases (si se requieren),
  - calentadores regenerativos de aire,
  - precalentadores de aire a vapor,
  - ventiladores de aire de enfriamiento y de encendido.
- c) Sistema de combustible:
- quemadores,
  - pilotos,
  - tuberías y accesorios.
- d) Sistemas de vapor auxiliar completo incluyendo tuberías, válvulas de corte y conexiones para:
- sopladores de hollín y atomización de combustible,
  - precalentadores de aire a vapor,
  - generador de vapor-vapor,
  - alimentación a evaporadora (si se requiere),
  - eyectores.

- e) Sopladores de hollín, que deben incluirse en:
  - economizador,
  - sobrecalentador,
  - recalentador,
  - calentadores regenerativos de aire.
- f) Conexiones, tuberías, válvulas y soportes para:
  - sistema de almacenamiento de nitrógeno,
  - sistema de muestreo y dosificación de químicos,
  - aire de instrumentos,
  - aire de servicios,
  - agua de servicios y contra incendio.
- g) Estructura, incluyendo:
  - estructura principal,
  - estructura auxiliar,
  - pasillos, barandales y escalares, entre casa de máquinas y el generador de vapor, además de los propios del generador de vapor.
  - rieles guía.
- h) Sistemas de drenajes, purgas y venteos, incluyendo el tanque - de purga continua del domo.
- i) Válvulas.
- j) Válvulas de seguridad y alivio.
- k) Polipastos.
- l) Refractario, aislamiento térmico y cubierta.
- m) Pinturas y recubrimientos anticorrosivos.
- n) Electrodo para soldaduras de campo de partes a presión.
- ñ) Tapas y dispositivos temporales para pruebas en el campo.
- o) Motores y equipo eléctrico.
- p) Partes de repuesto y herramientas especiales.

## 4.2 Instrumentación y Control

- a) Componentes para los sistemas de control del generador de vapor.
- b) Componentes para los sistemas de control, protección y supervisión de quemadores.
- c) Sistemas e instrumentación miscelánea.

## 4.3 Otros Suministros y Servicios

- a) Diseño aerodinámico de la chimenea.
- b) Pruebas en fábrica.
- c) Servicios de supervisión de montaje, puesta en servicio y apoyo técnico.
- d) Pintura de protección, empaque y preparación para embarque de los equipos, incluyendo empaque marítimo (si se requiere).
- e) Información requerida.
- f) Elevador.

## 4.4. Suministros no Incluidos

- cimentaciones, pernos de anclaje y obras civiles,
- montaje e instalación de los componentes,
- materiales y construcción de la chimenea,
- tanque de purgas intermitentes,
- arrancadores, conduits y alambrado externo eléctrico, temporal y permanente, excepto lo que se indica en la presente especificación,
- pintura final,
- elevador,
- gas para soldadura,
- cilindros de nitrógeno,
- interconexiones desde los transmisores y elementos primarios de control hasta los gabinetes de control,
- conmutadores manuales y su alambrado,

- sistema de adquisición de datos,
- tablero de control central,
- sistema de anunciadores de la planta (excepto lo indicado en la presente especificación),
- equipo contra contaminación ambiental.
- componentes para los sistemas de control, protección y supervisión de quemadores (excepto lo indicado en esta especificación),
- componentes para los sistemas de control del generador de vapor (excepto lo indicado en esta especificación),
- diseño del sistema de alumbrado,
- diseño del arreglo de charolas para cables eléctricos.

## 5 CARACTERISTICAS GENERALES

### 5.1 Tipo

Los generadores de vapor deben ser para operación a la intemperie, suspendidos en estructura de acero, con domo de vapor, tipo balanceado, un paso de recalentamiento, de circulación natural o controlada de agua y adecuados para quemar indistinta o simultáneamente aceite combustible y gas natural con un bajo exceso de aire.

### 5.2 Capacidad y Condiciones

#### 5.2.1 Sistema de agua y vapor

En las tablas 1 y 2 se establecen las condiciones que debe cumplir el generador de vapor para operar con turbogeneradores de 160 y 350 MW respectivamente.

De acuerdo con los requisitos particulares de los turbogeneradores a los cuales darán servicio, los generadores de vapor pueden necesitar algunos ajustes menores, los cuales deben hacerse sin cargo para la Comisión, siempre y cuando el flujo de vapor sobrecalentado o recalentado no varíe en más de 1% de lo especificado.

La presión manométrica de diseño mínima del domo debe ser: para 160 MW, 15 MPa (153 kg/cm<sup>2</sup>) y para 360 MW, 20 MPa (204 kg/cm<sup>2</sup>). La presión de diseño del sobrecalentador debe ser como mínimo la presión de diseño del domo. La presión de diseño del recalentador debe ser 25% arriba de su presión de trabajo a carga máxima continua.

#### 5.2.2 Sistema de aire y gases

Los quemadores, ventiladores y ductos deben ser diseñados para manejar el volumen de aire que resulte de la aplicación de las ecuaciones (1) y (2) indicadas en 5.2.2.1.

TABLA 1-Capacidad y condiciones de vapor y agua de alimentación para unidades de 160 MW

Concepto	Capacidad			
	50%	75%	100%	Máxima continua
1. Salida del sobrecalentador - flujo, kg/h - presión manométrica del vapor, kPa(kg/cm <sup>2</sup> ) - temperatura de vapor, °C	249500 12517(128) 541	374250 12655(129) 541	499000 13047(133) 541	548900 13734(140) 541
2. Salida de recalentador - flujo, kg/h - presión manométrica del vapor kPa(kg/cm <sup>2</sup> ). - temperatura, °C	223150 1420(14) 541	334725 2243(23) 541	446300 3237(33) 541	490300 3532(36) 541
3. Entrada al economizador - temperatura, °C	199	210	237	239
4. Entrada al recalentador - flujo, kg/h - presión manométrica del vapor kPa(kg/cm <sup>2</sup> ). - temperatura, °C	223150 1548(16) 293	334725 2363(24) 323	446300 3434(35) 359	490300 3729(38) 363
5. Vapor auxiliar (excluyendo al requerido para atomización de combustible y sopladores de hollín). - flujo kg/h - presión manométrica de vapor kPa(kg/cm <sup>2</sup> ) (después de la válvula reductora de presión)	11400 2070(21)	16400 2070(21)	18400 2070(21)	- - - -
6. Flujo de purga continua, en % del flujo de agua de alimentación.	1	1	1	1
7. Temperatura del agua para atemperación, °C (si se requiere)	130	145	160	163

TABLA 2-Capacidad y condiciones de vapor y agua de alimentación para unidades de 350 MW

Concepto	Capacidad			
	50%	75%	100%	Máxima continua
1. Salida del sobrecalentador - flujo, kg/h - presión manométrica del vapor, kPa(kg/cm <sup>2</sup> ) - temperatura del vapor	541500 16677(170) 541	812250 16834(172) 541	1083000 17364(177) 541	1191300 18247(186) 541
2. Salida del recalentador - flujo, kg/h - Presión manométrica del vapor kPa(kg/cm <sup>2</sup> ). - temperatura, °C	477200 1828(19) 541	715800 2767(28) 541	954400 3816(39) 541	1049800 4120(42) 541
3. Entrada al economizador - temperatura °C	209	230	250	252
4. Entrada al recalentador - flujo, kg/h - presión manométrica del vapor kPa(kg/cm <sup>2</sup> ) - temperatura. °C	477200 1906(19) 278	715800 2895(29) 311	954000 4002(41) 345	1049800 4218(43) 349
5. Vapor auxiliar (excluyendo al requerido para atomización de combustible y sopladores de hollín). - flujo, kg/h - presión manométrica del vapor, kPa(kg/cm <sup>2</sup> ) después de la válvula reductora de presión. - temperatura, °C	22300 2070(21)	31400 2070(21)	41100 2070(21)	- - - -
6. Flujo de purga continua, en % del flujo de agua de alimentación.	1	1	1	1

## 5.2.2.1 Ventiladores de tiro forzado e inducido

## a) Ventilador de tiro forzado.

El ventilador debe dar la presión estática requerida sin el uso de una sección de recuperación de velocidad y no se otorgará ningún crédito por la presión de velocidad recobrada más allá de la salida del ventilador. Cada ventilador debe ser diseñado para el 50% del siguiente volumen a las condiciones establecidas de diseño.

$$\text{Volumen} = 1.12 (A + B) + 1.5C + 1.15J. \quad (1)$$

$$\text{Presión estática} = 1.2D + 1.25E + F + G + H$$

Donde:

A = Aire teórico requerido para la combustión a la capacidad -- máxima continua.

B = Exceso de aire según lo establecido en el inciso 5.4.2.

C = Fugas en el calentador regenerativo de aire.

D = Caída de presión desde la entrada del silenciador del ventilador, hasta los quemadores del hogar a un volumen igual a: -  
A + B + 1.5C.

E = Caída de presión normal en el lado de aire a través del calentador regenerativo de aire. El término "1.25E" es para tomar en cuenta fallas en el calentador regenerativo de aire.

F = Tolerancia por flexibilidad en el control = 38 mm de c.a. mínimo.

G = Caroa de velocidad en la descarga del ventilador.

H = Pérdidas de presión debidas al ducto de succión del ventilador.

J = Flujo de aire auxiliar.

## b) Ventiladores de tiro inducido:

El ventilador debe dar la presión estática requerida sin el uso de una sección de recuperación y no se otorgará ningún crédito por la presión de velocidad recobrada más allá de la salida del ventilador.

Deben incluirse las pérdidas en las persianas de entrada. Cada ventilador debe estar dimensionado para el 50% del volumen, según la ecuación (2) a la presión estática de diseño y la temperatura de entrada establecida bajo las condiciones de diseño.

$$\text{Volumen} = 1.10 (Q + B) + 1.5 C \quad (2)$$

$$\text{Presión estática} = 1.05 (R + 1.5S + U + V)$$

Donde:

B = Exceso de aire según lo establecido en el inciso 5.4.4.

C = Fugas garantizadas en el calentador regenerativo de aire.

Q = Volúmen teórico de los productos de combustión con cero exceso de aire.

R = Caída de presión desde el hogar hasta la entrada del calentador regenerativo de aire bajo condiciones normales de ensuciamiento con el volúmen determinado en la ecuación 2.

S = Caída de presión normal en el lado de gases del calentador regenerativo de aire.

U = Caída de presión desde la salida de gases del calentador regenerativo de aire a la entrada del ventilador y desde la descarga del ventilador hasta la entrada a la chimenea.

V = Carga de velocidad a la descarga del ventilador.

La tolerancia a las condiciones de diseño es de  $\pm 5\%$  del total de la presión estática.

#### 5.2.2.2 Hogar

El hogar debe diseñarse para la presión positiva que se requiera y una presión negativa de - 600 mm de columna de agua.

#### 5.2.2.3 Ductos y cajas de aire

La presión de diseño para los ductos y cajas de aire debe ser la presión de diseño de hogar más la caída de presión de ductos.

### 5.3 Combustible

#### 5.3.1 Tipos de combustible

El generador de vapor debe diseñarse para quemar indistinta o simultáneamente, aceite combustible y gas natural.

Los quemadores de calentamiento y los pilotos deben diseñarse para quemar el o los combustibles que se indican en las Características Particulares.

#### 5.3.2 Arranque

Cuando el combustible sea diesel el Proveedor debe considerar dentro del diseño del sistema de quemadores de calentamiento y pilotos, la atomización con aire. La Comisión suministrará el aire de acuerdo al inciso 5.13.

5.3.3 Análisis del combustible

Las características de los combustibles a ser quemados son las siguientes:

a) Aceite combustible (Bunker C)

- poder calorífico inferior kJ/kg (kcal/kg):	39461 (9427)
- poder calorífico superior kJ/kg (kcal/kg):	41870 (10 000)
- gravedad específica 20/4 °C:	0.987
- viscosidad SSF a 50°C:	550
- temperatura de escurrimiento, °C	15
- temperatura de inflamación, °C	66
- agua y sedimento, % vol.	0.51
- carbón Ramsbotton, % peso	18
- insolubles en pentano, % peso (asfaltenos)	19.4

- Análisis:

. carbono	% peso	83.64
. hidrógeno	% peso	11.3
. azufre	% peso	4.2
. nitrógeno + oxígeno	% peso (por diferencial)	0.86
. cenizas	% peso	0.06
. vanadio	ppm	300
. sodio	ppm	90
. níquel	ppm	60
. fierro	ppm	10
. potasio	ppm	5
. aluminio como Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ppm	3-76
. nitrógeno	%	---

b) Gas natural

- gravedad específica (Aire = 1)	0.571
- poder calorífico superior kJ/m <sup>3</sup> (kcal/m <sup>3</sup> )	38600 (9220)
- metano % mol	96.87
- etano % mol	2.85

-	propano	% mol	0.24
-	butano	% mol	0.03
-	isobutano	% mol	0.01
-	CO <sub>2</sub>	ppm	4
-	H <sub>2</sub> S	ppm	4
c) Aceite combustible diesel			
-	características fisicoquímicas.		
.	temperatura inflamación	°C	52 min
.	agua y sedimento	%	trazas máx.
.	carbón ramsbotton (en 10% de residuo)	%	0.35 máx.
.	cenizas	%	0.02 máx.
.	azufre	%	1.0 máx.
.	corrosión 3h a 50°C	-	Std. 3 máx.
.	índice cetano	-	40 min.
.	viscosidad SU a 37.8°C	S	35/45
.	poder calorífico superior	kJ/m <sup>3</sup> (kcal/kg)	43042(10280)
.	gravedad específica	20/4°C	0.837

5.4 Combustión

5.4.1 Calor unitario agregado neto

El calor unitario agregado neto a capacidad máxima continua no debe ser mayor de - 25.5 x 10<sup>6</sup> kJ/h/m<sup>2</sup>) (6.1 x 10<sup>6</sup> kcal/h/m<sup>2</sup>).

5.4.2 Calor liberado por unidad de superficie radiante

El calor liberado por unidad de superficie radiante proyectada a capacidad máxima - continua no debe ser mayor de:

- circulación natural: 2.09 x 10<sup>6</sup> kJ/h/m<sup>2</sup> (0.5x10<sup>6</sup> kcal/h/m<sup>2</sup>)
- circulación controlada: 2.39x10<sup>6</sup> kJ/h/m<sup>2</sup> (0.57.10<sup>6</sup> kcal/h/m<sup>2</sup>)

5.4.3 Temperatura de los gases a la salida del hogar

Esta temperatura no debe exceder de 1230 °C. (considerando que la salida del hogar es la entrada al primer banco del sobrecalentador).

#### 5.4.4 Exceso de aire

El exceso de aire a la salida del economizador debe ser de 5% a las condiciones de carga máxima continua y cumpliendo con el comportamiento garantizado.

#### 5.4.5 Factor de relación de carga

El generador de vapor debe ser capaz de mantener una carga estable con un factor de relación de carga controlable de 5:1 para el caso de gas y aceite combustible sin que se produzca una temperatura que exceda de la de diseño del metal de los tubos.

#### 5.5 Condiciones Ambientales

Las condiciones ambientales se mencionan en Características Particulares.

#### 5.6 Calidad de Vapor y Agua de Alimentación

##### 5.6.1 Humedad y sólidos en el vapor del domo

El contenido de humedad en el vapor que sale del domo no debe exceder de 0.2% de la masa de vapor.

El total de sólidos en el vapor que sale del domo a la capacidad máxima, no debe exceder de 0.1 ppm, o de una conductividad de 0.3 micromhos/cm a 20°C. (de muestra pasada por columna catiónica ciclo hidrógeno).

El contenido de SiO<sub>2</sub> en el vapor del domo no debe exceder de 0.01 ppm.

El proveedor del generador de vapor, debe tener en cuenta las limitaciones adicionales del fabricante de turbina con respecto a la presencia de otros elementos como impurezas en el vapor.

##### 5.6.2 Agua de repuesto

El agua de repuesto será suministrada en todos los casos por procesos que usen como última etapa resinas de intercambio iónico en lecho mixto.

#### 5.7 Condiciones de Agua de Enfriamiento de Auxiliares

La temperatura de diseño del agua de enfriamiento de auxiliares se indica en Características Particulares.

#### 5.8 Control de Emisiones y Ruido

##### 5.8.1 Emisión de contaminantes

Para el control de contaminantes atmosféricos la Comisión empleará chimeneas elevadas para que no se sobrepasen los valores permisibles establecidos en Características Particulares para cada caso.



El suministro de aire de la red de la Comisión será una presión entre 550 y 687 kPa (5.6 y 7 kg/cm<sup>2</sup>). Si los instrumentos no son adecuados para recibir aire a esta presión, se deben suministrar los reguladores de presión que se requieran.

El aire de instrumentos estará libre de aceite y tendrá un punto de rocío cuando menos 11°C abajo de la menor temperatura ambiente alcanzada, a la presión establecida.

#### 5.14 Elevador

El Proveedor suministrará un elevador para servicio de pasajeros y carga para cada uno de los generadores de vapor, como se indica en el apéndice .

### 6 CONDICIONES DE OPERACION

#### 6.1 General

Cada generador de vapor debe operar en condiciones y con características satisfactorias bajo control manual y automático.

#### 6.2 Disponibilidad

El generador de vapor debe tener una disponibilidad mínima de operación a todas las cargas del 92% (excluyendo los paros programados) en un período de 12 meses, subsiguientes a la fecha de la puesta en servicio.

#### 6.3 Variaciones de Carga y Número de Arranques

El Proveedor debe tener en cuenta que se requiere que cada generador de vapor opere con un turbogenerador y sin ninguna interconexión de vapor o agua de alimentación - entre unidades. Esta operación será de: 0-90% de carga del tipo de presión deslizante o variable y de 90-100% de carga a presión constante, durante estas condiciones de operación las partes a presión del generador de vapor deben operar sin esfuerzos térmicos que estén por encima de los límites normales recomendados por ASME secciones I y VIII.

Adicionalmente, el Proveedor debe diseñar los elementos a presión del generador de vapor de manera que no se sobre-esfuerzen térmicamente cuando se tengan rechazos de carga de hasta del 100% de carga, y arranques con presión variable y presión constante, considerando un tiempo de elevación de carga de 0-100% de 30 min.

La unidad debe de ser capaz de operar con utilización mínima de atemperación para mantener la temperatura nominal de vapor a la salida del sobrecalentador y recalentador - en forma continua y con todos los quemadores en servicio en  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ .

Los generadores de vapor deben permitir el arranque desde estado frío, en 6 horas como máximo, con un suministro de agua de alimentación que tenga una entalpia específica de 180 kJ/kg (43 kcal/kg).

Asimismo, las unidades deben diseñarse para poder soportar, como mínimo, paros, variaciones de carga y un número de arranques, como se indica a continuación:



Deben suministrarse aberturas para ventilar todos los espacios especialmente los correspondientes a las cámaras muertas y el techo del hogar.

El generador de vapor debe tener la accesibilidad necesaria para efectuar soldaduras de campo así como su inspección.

## 7.2 Sistema de Agua y Vapor

El sistema de agua y vapor comprende desde la entrada al economizador hasta la salida del sobrecalentador y de la entrada del recalentador a la salida del mismo. En este sistema se incluyen todas las purgas, drenajes y venteos de partes a presión, con sus correspondientes válvulas dobles.

### 7.2.1 Economizador

El economizador debe ser del tipo de tubo continuo, dispuesto para flujos contrarios del agua y los gases de combustión, con tubos drenables. La entrada del agua de alimentación debe ser por la parte inferior y la salida por la parte superior, y debe estar diseñado para que no se produzca evaporación del agua bajo ninguna condición de carga.

A opción del Proveedor se tendrá una o dos conexiones de entrada del agua de alimentación, las cuales deben diseñarse para soportar los esfuerzos por expansión térmica -- que produce la tubería de alimentación de la Comisión, la cual estará suspendida por medio de soportes de resorte de la estructura del generador de vapor.

La tubería de entrada debe extenderse hasta incluir las válvulas de cierre y de no -- retorno, las cuales deben ser suministradas por el Proveedor.

Los cabezales de entrada y salida del economizador se deben suministrar con todas las conexiones requeridas para drenaje, venteo, toma de muestras, termopozos e instrumentos de presión.

### 7.2.2 Domo

El domo del generador de vapor no debe ser menor de 1670 mm de diámetro interior para unidades de 160 MW y 1780 mm de diámetro interior para unidades de 350 MW, debe estar soldado por fusión y equipado con separadores múltiples, distribuidores y mamparas en toda la longitud del banco de tubos de vapor.

El domo se debe fabricar con placas de acero de acuerdo a la norma ASTM-A-515, grado 70 o su equivalente aprobado por la Comisión.

Las partes internas del domo del generador de vapor deben arreglarse de forma que el nivel del agua en el mismo sea controlable bajo cualquier cambio de carga, sin incremento en el arrastre ni otros efectos inconvenientes o perjudiciales.

El domo debe proyectarse en ambos extremos hacia afuera de la envolvente del generador de vapor y debe contar con registros de acceso en cada extremo no menores de -- 360 x 460 mm; con puertas embisagradas, así como con todas las conexiones necesarias para los instrumentos de presión, temperatura y nivel, drenajes, venteos y muestreo de agua y vapor.

También deben suministrarse aros y sujetadores para el aislamiento térmico en los extremos que se proyectan fuera de la envolvente.

#### 7.2.2.1 Domo de distribución

El domo de distribución debe ser un recipiente cilíndrico horizontal ubicado en la parte inferior del hogar. Su diámetro debe ser menor al del domo superior. Debe servir como cabezal distribuidor y de enlace entre los tubos bajantes y los tubos de generación. Deberá tener mallas de retención de flujo. Debe contar, como mínimo, con conexión en la parte inferior para drenado del domo. Debe tener acceso en los extremos para revisión y mantenimiento, mediante registro-hombre.

#### 7.2.3 Tubos y cabezales

Los cabezales deben suministrarse con niples soldados en el taller, para la conexión de todos los tubos, deben localizarse de forma que no se requiera refractario para protegerlos, y deben llevar conexiones y válvulas para drenaje, venteos, muestreos, instrumentos y limpieza química. Deben suministrarse registros para inspección.

En características particulares se especifican las fuerzas y momentos totales que pueden actuar sobre las boquillas. Las fuerzas y momentos señalados se basan en cero rotación de los cabezales en cualquiera de los tres ejes y en el rango total de expansión.

#### 7.2.4 Subsistema de circulación de agua

Si el generador de vapor requirieren un sistema de circulación controlada de agua, Proveedor debe proporcionarlo completo, con 3 bombas de circulación del 50% de la capacidad total cada una, impulsada por motores eléctricos de inducción del tipo de devanado sumergido. Dos de estas bombas para operación normal y una instalada de reserva.

El sistema debe incluir válvulas de aislamiento, para cada bomba, y cada una se debe suministrar con un sistema de enfriamiento completo que incluya tuberías, válvulas - filtros, intercambiadores de calor, y todo lo necesario para la adecuada operación y supervisión del equipo.

Todas las válvulas que se necesiten operar durante el arranque de las bombas de circulación controlada (si se requieren), se deben suministrar con actuadores por motor eléctrico.

El techo y paredes de tubos del hogar deben preensamblarse en fábrica, en secciones con las máximas dimensiones posibles, de forma que se reduzca el trabajo en el campo.

#### 7.2.5 Sobrecalentador y recalentador

Los tubos del sobrecalentador y del recalentador deben arreararse en bancos de un número tal de tubos por banco, que permita el uso efectivo de los sopladores de hollín bajo condiciones adversas de combustión. Debe tenerse particular cuidado al dimensionar los espaciamientos longitudinales y transversales de estas superficies para evitar que, sobre ellas, se formen depósitos o se taponen los pasos entre las mismas.

24 de 191

A fin de minimizar la erosión y permitir un soplado de hollín efectivo, los tubos deben ir alineados.

Para disminuir el desbalanceamiento de temperatura debida a la variación del flujo, se deben proveer cabezales igualadores y transversales.

Deben proporcionarse dos conexiones para salida del vapor sobrecalentado, dos para -- entrada de vapor al recalentador y dos para salida del recalentador, con extremos para soldar a tope, para conectar con las tuberías de la Comisión.

Las salidas de vapor sobrecalentador y recalentado se deben conectar a tuberías de -- aleación según especificación ASTM A 335 P22, mientras que las de entrada al recalentador se deben conectar a tuberías de acero al carbono según especificación ASTM A -- 106 Grado C.

Las conexiones de estos cabezales deben anclarse para poder soportar las cargas y momentos que produce la expansión térmica de las tuberías, que serán sostenidas por soportes colgantes de resorte. La estructura del generador de vapor debe prever elementos que permitan la instalación de estos soportes.

Los cabezales deben tener además conexiones para instalar las válvulas de seguridad, electromagnética de alivio, termopozos e instrumentos de presión.

El cabezal intermedio del sobrecalentador debe tener la conexión para extraer el vapor auxiliar.

En las salidas del sobrecalentador no se instalarán válvulas de corte, por lo que la prueba hidrostática del generador de vapor se hará con las válvulas de paro de la -- turbina.

#### 7.2.6 Atemperadores

Deben suministrarse atemperadores, tomando en cuenta que el agua de atemperación será suministrada de las bombas de agua de alimentación de velocidad variable. La Comisión prefiere que el diseño del generador de vapor sea con el mínimo de atemperación posible.

Los atemperadores se deben seleccionar para que operen con una diferencia de presión mínima, entre el agua de alimentación y el vapor de las boquillas, de tal forma que -- no se requiera bomba booster de atemperación o válvula de control de presión en la -- línea de agua de alimentación, en ningún modo de operación y a ningún porcentaje de -- carga.

#### 7.2.7 Drenajes, purgas y venteos

El Proveedor debe suministrar todas las tuberías, válvulas, trampas de vapor y el material necesario para integrar un sistema completo de drenajes, purgas y venteos del generador de vapor, para una operación satisfactoria en todas las cargas, así como para arranques y paros.

El tanque de purga continua debe ser proporcionada por el Proveedor y se localizará adyacente al desgasificador. La tubería entre la válvula reductora de presión y el tanque será suministrada por la Comisión.

La boquilla de conexión al domo así como la tubería de conexión hasta la válvula de control, incluyendo válvulas aisladoras y el propio tanque de purgas deben ser diseñados para un máximo de 5% de purga continua.

Las purgas intermitentes y drenajes de cabezales del sobrecalentador, recalentador y economizador, se conducirán hasta el piso del generador de vapor para colectarse en el tanque de purgas intermitentes, el cual será proporcionado por la Comisión.

Los drenajes de descargas de válvulas de seguridad también se deben llevar hasta el piso, para descargar en embudos que conecten al sistema de drenaje pluvial de la central.

Los drenajes y venteos de equipos y cabezales de alta presión deben suministrarse con doble válvula aisladora, tanto a la entrada como a la salida.

### 7.3 Sistema de Aire y Gases

El sistema de aire y gases incluye desde la alimentación de aire (ventilador de tiro forzado) necesario para la combustión hasta la salida de los gases, producto de ésta por la chimenea. Comprende el subsistema de recirculación de gases, si se requiere.

#### 7.3.1 Hogar y zona de convección

El hogar debe ser del tipo enfriado por agua utilizando paredes de tubos con membrana para formar una envolvente hermética.

La velocidad de los gases de combustión a través del economizador debe estar entre el rango de 16 m/s y 22 m/s. En caso que el diseño del fabricante requiera una velocidad mayor a la especificada debe someterlo a la aprobación de la Comisión.

Las dimensiones del hogar deben ser adecuadas para asegurar una combustión completa a todas las cargas, con cualquiera de los combustibles especificados, y con los quemadores localizados en tal forma que se evite la incidencia directa de la flama sobre los elementos del sobrecalentado y sobre las paredes de agua o el refractario.

El piso del hogar debe tener pendiente para escurrir el agua de lavado y el hollín hacia tolvas colectoras con válvula. Debajo del economizador debe suministrarse una tolva para coleccionar el agua de lavado.

El techo del hogar debe diseñarse de manera que permita el paso de cables para instalar adamos.

26 de 191

El techo y paredes del hogar deben preensamblarse en fábrica, en secciones con las máximas dimensiones posibles, de forma que se reduzca el trabajo en el campo.

Deben instalarse registros de mano en las paredes del hogar que permitan la instalación de una red de seguridad colocada por debajo del sobrecalentador.

Donde sea necesario instalar fuelles de expansión para absorber movimientos por dilataciones térmicas, éstos deben ser ondulados (en U) no aceptándose fuelles que formen aristas.

Se deben proporcionar mirillas localizadas convenientemente para inspección del hogar y observación de la flama, sobrecalentador y recalentador, así como registros de accesos con tapas embisagradas y aisladas que permitan el mantenimiento del hogar y de los elementos del sobrecalentador, recalentador y economizador. También se deben incluir insertos para instrumentos y sondas retráctiles para medir la temperatura de los gases en el hogar.

Cualquier penetración que se requiera en las paredes para paso de cabezales, tuberías lanzas de sopladores de hollín u otros, se debe sellar por medio de placas soldadas. No es aceptable sellar estas aberturas únicamente con material refractario o aislamiento térmico.

### 7.3.2 Cajas de aire, ductos, compuertas y juntas de expansión

Debe suministrarse un sistema completo de ductos para el aire y los gases de combustión; los ductos de aire comprenden desde la descarga de los ventiladores de tiro forzado hasta las cajas de aire y los ductos de gases desde la salida del economizador hasta la chimenea. Se deben incluir compuertas y juntas de expansión. Si se suministra sistema de recirculación de gases, también se debe proporcionar lo correspondiente a este sistema.

El sistema de ductos debe incluir los siguientes componentes principales:

- ductos igualadores de presión en el lado de aire a la descarga de los ventiladores de tiro forzado y a la salida de los calentadores de aire regenerativos, y en el lado de gases en la entrada u en la salida de los calentadores regenerativos. Dichos ductos deben ser del 60% como mínimo de la capacidad de los ductos principales,
- ductos de derivación en el lado de aire y gases de los calentadores regenerativos. Dichos ductos deben ser del 30% como mínimo de la capacidad de los ductos principales,
- elementos primarios tipo venturicalibrados según el código ASME para medir el flujo de cada ventilador de tiro forzado. Los elementos primarios se deben distribuir de tal manera que los deflectores o las configuraciones del ducto no tengan influencia sobre las mediciones,

27 de 191

- juntas de expansión en las interconexiones de los ventiladores de tiro forzado, precalentadores de aire a vapor, calentadores regenerativos, succión y descargas de los ventiladores de tiro inducido, entrada a la chimenea, ductos de interconexión y donde quiera que sean necesarias para absorber los movimientos por expansión térmica,
- tolvas de acero de acuerdo a la norma ASTM A-36 con recubrimiento localizadas adyacentes a los calentadores regenerativos, para recolectar el agua que se utiliza durante el lavado de los mismos,
- compuertas de aislamiento a la descarga de los ventiladores de tiro forzado, a la entrada y salida de los calentadores regenerativos, a la descarga de los ventiladores de tiro inducido, en los ductos de derivación y donde quiera que el diseño del sistema de ductos lo haga necesario.
- todas las compuertas de aislamiento deberán tener los ejes de accionamiento en posición horizontal.

Si se utilizan recirculadores de gases, se deben suministrar compuertas de aislamiento a la succión y a la descarga.

El Proveedor debe proporcionar las bridas ciegas de placa que sean necesarias para probar las secciones de los ductos y para pruebas de estanqueidad del hogar.

Las cajas de aire y los ductos de aire y gases deben ser de acero según la norma ASTM A-36 de un espesor no menor de 6 mm y dimensionarse de manera que la velocidad del fluido no exceda de 16 m/s. Estas partes deben fabricarse con placas completas.

Se deben suministrar soportes y elementos de refuerzo en los ductos y cajas de aire para evitar vibraciones y deformaciones, elementos para la sujeción del aislamiento térmico en las cajas de aire, ductos de aire caliente y gases y registros de acceso de 50 x 50 cm mínimo, con tapa, localizados convenientemente.

El espaciamiento de los pernos para unión de las bridas debe ser lo suficientemente corto para prevenir fugas a las presiones máxima y mínima del ducto. El Proveedor debe proporcionar los pernos, tornillos, tuercas, empaques (reforzados no metálicos) etc., necesarios para unir las bridas. Se acepta la soldadura interna de sello en éstas.

En aquellos puntos en que se requiera, los cambios de dirección o aumentos de área transversal al flujo han de ir provistos de placas directrices.

Se deben tomar medidas para drenar adecuadamente el agua de lluvia en los ductos horizontales. Los ductos deben suministrarse con conexiones que permitan instalar los instrumentos de presión y temperatura, como se describe más adelante. Deben incluirse también conexiones para drenajes de 152 mm con válvula.

El Proveedor debe suministrar las conexiones adecuadas para muestreo de cenizas, medición punto de rocío y óxidos de azufre en cada ducto de salida de gases, antes de los calentadores regenerativos.

Todos los interiores de los ductos de gases de combustión a la salida de los calentadores de aire regenerativo se deben suministrar con pernos para fijación, soldados en fábrica, con una distancia entre centros no mayor de 760 mm en sentido horizontal y vertical, para la retención, por medio de malla, de un recubrimiento interno resistente al ácido de 50 mm de espesor. Todo el material requerido lo debe suministrar el Proveedor, para aplicación en el sitio, por la Comisión.

Las compuertas de aislamiento deben ser del tipo persiana de hojas opuestas y construidas en un marco de acero estructural con doble brida para conectarse a los ductos con varillaje de interconexión, palancas de operación, topes e indicación visible permanente externa de la posición de la compuerta.

Las fechas de las hojas en las compuertas de aislamiento deben estar soportadas por cojinetes de rodamiento sellados contra polvo, con grasa de alta temperatura. Aquéllas instaladas en ductos de aire caliente o gases, deben tener sus chumaceras localizadas a un mínimo de 150 mm de la pared del ducto y los puntos de inserción de las flechas en el mismo, deben estar sellados con estoperos.

Las cajas de aire deben ser del tipo de doble pared, aislada en fábrica y de construcción estándar. Los registros de los quemadores deben ser de acero inoxidable AISI-316. Se debe prever que las compuertas de control de aire para la combustión por cada quemador, pueden manejarse independientemente a través de un accionamiento apropiado. Se requieren juntas de expansión cuyos fuelles sean ondulados (en U). No se aceptan fuelles que formen aristas.

El material para juntas de expansión en la descarga del ventilador de tiro forzado debe ser lona de poliéster y asbesto recubierta por ambos lados con poli-cloruro de vinilo.

### 7.3.3 Chimenea

La chimenea debe ser de concreto, para dos unidades, autosoportada, con tiros metálicos recubiertos con material resistente al ácido o tiros contruidos con ladrillo resistente al ácido independientes, ambos, del fuste.

El alcance del suministro del Proveedor se limita al diseño aerodinámico. Los datos para este diseño se establecen en las Características Particulares.

### 7.3.4 Características generales de los ventiladores

La envolvente de los ventiladores debe estar soportada en un bastidor robusto de acero estructural y debe estar formada por secciones removibles que permitan el acceso al interior para propósitos de limpieza y el retiro del rodete completo sin tener que desconectar los ductos. Todos los ventiladores deben localizarse en el piso.

29 de 191

Se deben suministrar 2 (dos ventiladores similares con arreglo "a espejo" para cada servicio y deben ser adecuados para operar en paralelo e independientemente, en condiciones de estabilidad a todas las cargas, incluyendo arranque y operación de un segundo ventilador con el primero en operación. Cada uno debe ser capaz de proporcionar la mitad del flujo total requerido.

Los espesores de la caja del rodete y carcasa del ventilador deben ser diseñados usando como esfuerzo máximo de utilización el 35% del valor del esfuerzo de cedencia y añadiendo al espesor calculado de 3 mm como margen de corrosión.

Los ventiladores deben cumplir con el nivel de ruido indicado en el inciso 5.8.2.

Los rodetes de todos los ventiladores deben balancearse estática y dinámicamente: la vibración en los cojinetes no debe exceder lo indicado en la publicación ASME 67-PEM para la banda "buena" (1 a 2 mm/s), y las primeras velocidades críticas radial y torsional deben ser cuando menos de un 30% mayores que la velocidad normal de operación.

Los cojinetes de empuje deben diseñarse para recibir el total del empuje del rotor o los ventiladores en cualquier dirección, para evitar que éste se transmita a los motores durante el arranque y en todas las condiciones de operación.

Las chumaceras de los ventiladores deben ser autoalineables y se deben enfriar preferiblemente por medio de agua. Se acepta sistema con aceite de enfriamiento; debiendo suministrar el sistema completo, con 100% de respaldo en sus equipos, instrumentos, capacidad y accesorios especiales.

En un paro de emergencia por falla de energía, los cojinetes y chumaceras no deben sufrir daño alguno por lubricación insuficiente.

Deben suministrarse los accesorios adicionales de los ventiladores tales como acoplamientos flexibles, guardas, placas de nivelación, etc., y todos los empaques y pernos necesarios para cada ventilador, los cuales deben identificarse con etiquetas.

Los acoplamientos flexibles deben ser de capacidad suficiente para transmitir el par máximo que puede desarrollarse bajo cualquier condición de operación o arranque.

Se deben tomar provisiones para medición de temperatura.

Cada uno de los ventiladores debe tener un sistema forzado de lubricación para las chumaceras, del tipo que normalmente emplea el Proveedor. El sistema debe contar con bombas, tanque colector de aceite, filtros, válvulas y las preparaciones necesarias para instalar manómetros, termómetros e interruptores de presión y temperatura. En caso necesario se acepta lubricación por anillo y enfriamiento por agua. Los materiales deben tener como mínimo las características de los que se indican para cada caso.

Cada ventilador debe tener un sistema de aceite de control para accionar el mecanismo de posicionamiento de los álabes, del tipo que normalmente emplea el Proveedor, manteniendo la circulación en el tanque de aceite por medio de bombas principales y auxiliar impulsadas por motores eléctricos. El tanque de aceite puede ser el mismo que se utiliza para el sistema de aceite de lubricación.

7.3.4.1 Ventiladores de tiro forzado

Los ventiladores de tiro forzado deben ser del tipo axial, de eje horizontal, y deben estar impulsados por motores eléctricos de inducción con velocidad máxima de 1200 rpm.

Deben suministrarse mallas galvanizadas en la entrada de aire, con abertura máxima de 50 mm. Además, se debe proveer una malla fina de 12.5 mm para el arranque.

El rodete debe estar formado por álabes regulables para control de flujo de sección transversal aerodinámica.

Materiales.

- envolvente del ventilador Acero ASTM A 441,
- difusor Acero ASTM A 441,
- caja de entrada Acero ASTM A 441,
- impulso:
  - . flecha Acero forjado AISI tipo 1045,
  - . cubo Acero forjado AISI tipo 1045,
  - . álabes Aluminio forjado.

7.3.4.2 Ventiladores de tiro inducido

Los ventiladores deben ser del tipo radial, de eje horizontal y deben estar impulsados por motores eléctricos de inducción con velocidad máxima de 900 r/min.

El rodete se debe maquinar hasta obtener una superficie pulida a 65  $\mu$ m. El ángulo de divergencia del difusor no debe exceder de 14°.

El Proveedor debe suministrar un sistema de limpieza por aire, (si se requiere) para limpiar las aspas del ventilador, para remover la acumulación de hollín y cenizas.

Las chumaceras se deben proteger de los gases de combustión mediante sellos apropiados y térmicamente mediante mamparas deflectoras.

Materiales.

- envolvente y cajas interiores Acero ASTM A 441,
- carcasa espiral Acero ASTM A 441,
- flecha Acero forjado AISI tipo 1045,
- rodete:
  - . placas de centro y laterales Acero ASTM A 514,
  - . álabes Acero ASTM A 441.

7.3.4.3 Ventiladores de recirculación de gases (si se requieren)

Se deben suministrar ventiladores de recirculación de gases de combustión cuando el diseño lo requiera.

La construcción de los ventiladores de recirculación de gases debe ser tipo radial con el rodete apoyado en ambos extremos e impulsados por motores eléctricos de inducción con una velocidad máxima de 900 r/min, con persianas de control en la succión.

El rodete se debe maquinar hasta obtener una superficie pulida de 65  $\mu$ m. El diseño y construcción del ventilador debe considerar el efecto de la temperatura y cada uno de sus componentes soportar la máxima temperatura que se espera en los gases, más 70°C.

No debe requerirse el uso de tornoflecha, por lo que la deflexión estática en caliente, en la fecha, no debe exceder de los huelgos radiales.

Las chumaceras se deben proteger de los gases de combustión mediante sellos apropiados y térmicamente mediante mamparas deflectoras.

Los ventiladores deben ser de tipo horizontal, con álabes curvados hacia atrás, formados y tratados térmicamente de manera que sufran un mínimo de esfuerzos internos.

Materiales.

- envolventes y cajas interiores Acero ASTM A 441
- carcasa espiral Acero ASTM A 441,
- flecha Acero forjado AISI tipo 1045,
- rodete:
  - . placas de centro y laterales Acero ASTM A 514,
  - . álabes Acero ASTM A 441.

7.3.5 Aire de enfriamiento y de encendido

Se deben suministrar dos ventiladores de aire para enfriamiento de los detectores de flama, uno para operación normal y el otro de respaldo, con sus correspondientes compuertas, ductos, tuberías, válvulas y accesorios.

Para los pilotos, se prefiere utilizar aire para la combustión del propio registro de aire, pero si el diseño requiere aire a mayor presión, el Proveedor debe incluir los ventiladores de refuerzo, con sus compuertas, reguladores, ductos y mangueras hasta conectar a los pilotos.

El ventilador de respaldo es alimentado con CD del banco de baterías suministro de la Comisión.

7.3.6 Calentadores regenerativos de aire

Se deben tener dos calentadores regenerativos, cada uno diseñado para el 50% de la capacidad máxima del generador de vapor.

Los calentadores deben ser del tipo rotatorio (elemento calefactor en movimiento), eje vertical con las superficies de intercambio de calor formadas por elementos de placa de acero corrugada, ensamblados en fábricas en canastas removibles, y adecuados para reducir la temperatura de los gases de combustión a la chimenea a 150°C, corregida por fugas de aire a capacidad nominal con aceite combustible, y con el precalentador de aire a vapor en servicio.

Los elementos del lado frío deben fabricarse de placas de acero "Corten" o equivalente de un espesor no menor de 12 mm (calibre núm. 18 USG) y los del lado caliente deben ser de acero de crisol abierto, con un espesor no menor de 0.58 mm (calibre núm. 24 USG).

El diseño de los elementos de la canasta debe minimizar su ensuciamiento con hollín bajo las condiciones de cualquier carga. El Proveedor debe suministrar un dispositivo completo de desplazamiento para lavado con agua, soplador de hollín y las conexiones para inyecciones de soluciones alcalinas al extremo caliente de los calentadores regenerativos.

Los calentadores de aire deben ser de la menor velocidad posible y sus sellos deben estar diseñados para minimizar las fugas de aire. Los sellos de la sección fría deben ser de acero "Corten" o equivalente y ajustables desde el exterior.

El rotor debe estar dentro de una cubierta de acero estructural con bridas para conectar a los ductos de aire y gases, y con registros de acceso que permitan retirar y reemplazar las canastas.

También debe contar con una mirilla iluminada en la entrada y salida de aire y una en la salida de gases.

El rotor debe estar impulsado a través de una reducción de engranes, por un motor eléctrico de CA y alternativamente, por un motor neumático, equipado con reductor de velocidad manual para disminuir la velocidad del rotor con el fin de limpiar las superficies con agua.

El motor neumático debe embragar automáticamente en caso de falla del motor eléctrico. Debe poder mantener al calentador en operación normal. El motor eléctrico debe contar con actuador manual.

Se deben considerar las provisiones necesarias para instalar un sistema detector de incendios y un sistema contra incendio.

Para lubricar las chumaceras del rotor, cada calentador debe contar con un sistema independiente de circulación y enfriamiento de aceite para cada chumacera, el cual debe constar de dos bombas de lubricación de plena capacidad con presión de succión positiva, operada por motor eléctrico de corriente alterna, un depósito para almacenamiento de aceite un filtro de aceite por aire y las tuberías, válvulas y filtros necesarios.

### 7.3.7 Precalentadores de aire a vapor

Se deben suministrar dos precalentadores de aire a vapor, a instalar en los ductos de descarga de los ventiladores de tiro forzado para precalentar el aire de combustión que entra a los calentadores regenerativos.

Los calentadores deben ser del tipo de superficie con tubos rectos y aletados y utilizar como medio calefactor durante los arranques el vapor auxiliar extraído de un paso intermedio del sobrecalentar y en operación normal, vapor tomado de una de las extracciones de la turbina.

El diseño y la fabricación deben cumplir los requisitos de la asociación TEMA.

Los precalentadores se deben diseñar para mantener una temperatura de metal promedio en el lado frío de los calentadores regenerativos, no menor de 115°C en base a la temperatura de diseño y condiciones de vapor que se indican en las Características Particulares.

Los precalentadores se deben seccionar de forma que permitan sacar de operación una sección determinada en caso de falla.

Deben suministrarse trampas de vapor con válvulas aisladoras y válvula de derivación en las salidas de condensado de los precalentadores, el tanque colector así como el tanque colector de condensados y la bomba de retorno al desgasificador si se requiere.

Los calentadores de aire a vapor deben tener previsiones para drenar el condensado que se acumule por ruptura o fuga de los tubos.

#### 7.4 Sistema de Combustible y Equipo de Combustión

Para alimentar de aceite combustible al generador de vapor, la Comisión proporcionará la estación de bombeo y calentamiento, que entregará el aceite a la presión y temperatura que requiere el equipo. El Proveedor debe suministrar los filtros calientes, toda la tubería, soportes, válvulas, mangueras de acero inoxidable y accesorios, desde los límites de la estructura del generador de vapor, hasta los quemadores.

El Proveedor debe suministrar una conexión de 25 mm en la línea de alimentación de aceite combustible a quemadores, para el caso de que Comisión requiera la dosificación de aditivos de combustible.

El Proveedor también debe suministrar todas las tuberías de retorno de combustibles de los quemadores, así como las válvulas de alivio y escapes de las mismas, reuniéndolas en un solo colector al cual se conectará la tubería de la Comisión.

Para la alimentación de gas natural, la Comisión proporcionará el gas en un cabezal a la presión requerida para los quemadores y el suministro del Proveedor debe incluir todas las tuberías, accesorios y filtros necesarios desde el punto terminal hasta los reguladores de presión, válvulas de seguridad, instrumentos y accesorios necesarios desde este cabezal hasta los quemadores.

Los puntos terminales de la Comisión se encontrarán en el nivel cero, adyacentes a la estructura del generador de vapor. El Proveedor debe disponer su tubería de tal manera que únicamente se necesite una sola terminal para cada uno de los servicios.

Se deben suministrar quemadores para aceite combustible y gas natural.

Los quemadores para aceite combustible deben ser del tipo de atomización por vapor, para operación normal (ver inciso 5.3.2).

Los quemadores deben ser diseñados para bajo contenido de  $NO_x$ .

Para la atomización con vapor el Proveedor debe incluir todas las tuberías, válvulas, mangueras y conexiones necesarias desde el cabezal de vapor auxiliar hasta los quemadores.

Se debe proporcionar un piloto por cada quemador.

Los quemadores deben llevar mirillas de inspección y registros de limpieza.

En cada nivel de quemadores debe proporcionarse una área libre para limpieza y mantenimiento de los mismos.

#### 7.5 Sistema de Vapor de Auxiliares

El vapor para sopladores de hollín debe tener como mínimo  $110^{\circ}\text{C}$  de sobrecalentamiento a la entrada de cada soplador.

El vapor para atomización de combustible debe tomarse del mismo punto del vapor para sopladores de hollín.

Para otros servicios de la central debe suministrarse un sistema de vapor auxiliar cuyos requerimientos y características que se indican en el inciso 5.2.1. Este vapor debe tomarse del paso intermedio del sobrecalentador, debiendo incluir válvulas, accesorios y tubería de vapor entre la toma del sobrecalentador hasta los precalentadores de aire a vapor. La capacidad máxima de diseño debe ser: Para 160 MW: 20000 kg/h y para 350 MW: 43000 kg/h.

#### 7.6 Sopladores de Hollín

Como mínimo se deben proporcionar un juego de sopladores de hollín a la entrada y otro a la salida del sobrecalentador y en cada paso intermedio del mismo; un juego a la entrada y otro a la salida del recalentador y otro juego en el paso intermedio del recalentamiento; uno a la entrada y otro a la salida del economizador y en los calentadores regenerativos un juego para cada calentador en la entrada de gases calientes.

En aquellos puntos donde se considera posible la instalación futura de sopladores de hollín deben proporcionarse cajas de sello.

El Proveedor es responsable del diseño del sistema de soplado de hollín. Si se requieren sopladores de hollín adicionales, a juicio de la Comisión, dentro de un término de (6) seis meses después del arranque inicial, utilizando el combustible especificado, dichos sopladores serán proporcionados e instalados por el Proveedor sin cargo extra para la Comisión.

Los sopladores de hollín deben ser del tipo retráctil y/o rotatorio según se requiera. Se deben operar por medio de motores eléctricos. Los sopladores en calentadores regenerativos deben ser del tipo combinado (de boquilla abocinada y boquilla simple).

La tubería se tiene que entregar con todos los soportes y aislamientos necesarios. Se deben proporcionar válvulas de cierre individuales para cada cabezal y válvulas de cierre y reguladores de presión para cada soplador. Cada sistema de cabezales se debe limitar a diez sopladores. Deben tomarse medidas para permitir la expansión y drenaje de toda la tubería. Se deben suministrar las trampas de vapor necesarias para el drenaje completo.

Los sopladores de hollín deben estar equipados con enchufes de desconexión para los cables de control y energía. Además, deben estar protegidos con cubiertas a prueba de intemperie con faldones laterales.

Para minimizar el mantenimiento debe darse atención al diseño de la cabeza del soplador de hollín y a los materiales de empaque, en lo que se refiere a la temperatura del vapor.

Debe incluirse además, un carrete de tubería bridado y removible en la línea de abastecimiento de vapor, aguas abajo de un tramo de suficiente longitud recta para colocar una tobera proporcionada por la Comisión.

Se debe prever una válvula de corte manual para mantenimiento del sistema.

#### 7.7 Almacenamiento del Generador de Vapor

El Proveedor debe suministrar una conexión de 102 milímetros a la entrada del economizador para realizar los procedimientos de almacenamiento en húmedo.

El Proveedor debe suministrar una conexión para suministro de nitrógeno a uno de los venteos del domo y una conexión para suministro de nitrógeno a uno de los venteos a la salida del sobrecalentador.

Las líneas, cabezal y válvulas de regulación para alimentación de nitrógeno, serán proporcionados por el Proveedor y partirán del piso hasta los puntos de inyección.

#### 7.8 Tratamiento Interno, Dosificación y Muestreo

El tratamiento interno que empleará Comisión consistirá en la dosificación de fosfatos alcalinos y/o ácidos para mantener un residual adecuado de  $PO_4^{3-}$  de acuerdo al control de fosfato-coordinado - pH.

Para el control del tratamiento químico del agua y vapor del generador de vapor, el fabricante debe proporcionar los siguientes puntos de muestreo:

- a) Agua del domo.
- b) Vapor del domo.
- c) Vapor sobrecalentador.
- d) Vapor recalentado caliente.
- e) Entrada al economizador (si la inyección de fosfatos es al economizador, el muestreo estará antes del punto de dosificación).

Los puntos de muestreo mencionados estarán de acuerdo a las siguientes normas: ASTM D-1066, D-1192, D-3370, ASME PTC-19-11 y ANSI B31.1.

## 7.9 Equipo Eléctrico

### 7.9.1 Motores eléctricos de alta tensión

Los motores de alta tensión para este suministro son:

- tiro forzado,
- tiro inducido,
- circulación controlada de agua (si se requiere),
- recirculación de gases (si se requiere),
- cualquier motor adicional a los anteriores que el Proveedor pudiera requerir de 186.45 kW (250 HP) o mayor debe ser de alta tensión para unidades de 160 MW y de 350 MW.

#### 7.9.1.1 Características de los motores de alta tensión

Los motores eléctricos de alta tensión deben ser trifásicos, de inducción de jaula de ardilla, 60 Hz, de arranque a tensión plena y deben cumplir con las características indicadas a continuación:

a) Potencia del motor.

La potencia del motor en kW debe ser definida por el Proveedor. La potencia del motor debe ser la adecuada para que el conjunto motor, ventilador o motor bomba, opere en forma continua y normal y además debe tener el margen adecuado para que no sufra calentamientos, ni esfuerzos mecánicos que dañen o acorten la vida del motor durante la operación normal, arranques y sobrecargas.

b) Tensiones nominales.

La tensión nominal de los motores debe corresponder a las indicadas a continuación:

4 800 V para unidades de 160 MW.

6 600 V para unidades de 350 MW.

c) Variaciones de la tensión nominal.

Los motores deben operar en forma continua a frecuencia nominal y a carga plena, con una variación en la tensión de  $\pm 10\%$  de la tensión nominal del motor, sin que se tengan incrementos de temperatura que excedan las correspondientes a la clase de aislamiento especificada.

## d) Variaciones de la tensión y frecuencia nominales

Los motores deben operar en forma continua y a carga plena, con una variación combinada de  $\pm 10\%$  la tensión y la frecuencia nominales (suma de valores absolutos), siempre y cuando la variación de la frecuencia no sea mayor de  $\pm 5\%$ . Bajo estas condiciones no se deben tener incrementos de temperatura que excedan las correspondientes a la clase de aislamiento especificada.

## e) Forma de arranque.

El arranque de los motores debe ser a tensión plena. También deben poder arrancar entre el 75% y el 110% de la tensión nominal.

## f) Número de arranques.

Los motores deben ser capaces de efectuar los arranques a tensión plena, tal como se indica en la norma NEMA MG-1 inciso 20.43, sub-inciso A.

## g) Sobrevelocidad.

Estos motores deben estar contruidos para soportar una sobrevelocidad de 25% de la velocidad síncrona durante 2 minutos, sin que sufra daños ni deformación permanente.

## h) Tipo de aislamiento y elevación de temperatura.

El aislamiento del embobinado del estator debe ser de un tipo tal que permita la substitución de bobinas sin daño mecánico, aunque para ésto se requiera la aplicación de calor. Debe estar provisto de lo necesario para impedir descargas capacitivas en las ranuras y descargas por efecto corona en los cabezales.

Los aislamientos de los embobinados completos del estator, incluyendo puentes a otras bobinas, anillos de sujeción de los cabezales, separadores, cuñas, terminales y demás materiales deben ser de la clase B de aislamiento, según norma NEMA MG1. El incremento de temperatura en el devanado del estator en las siguientes condiciones:

Operando a carga plena, a frecuencia nominal y en un rango de tensiones entre 90% y 110% de la tensión nominal del motor, no debe exceder de 80°C sobre una temperatura ambiente de 40°C del aire de enfriamiento. El incremento de temperatura de 80°C debe ser medido por el método de resistencia.

Las ofertas que no cumplan con este requisito, deben ser descalificadas.

La temperatura total (incremento temperatura + temperatura ambiente de enfriamiento) en el núcleo magnético en contacto con el embobinado

del estator, partes mecánicas, etc., debe ser tal que no ocasione daños en las diferentes partes del motor, ni origine puntos calientes que envejeczan prematuramente los aislamientos del estator.

La elevación de temperatura de la laminación del estator no debe ser mayor de los 80°C.

El incremento de temperatura en las chumaceras no debe exceder de 40°C sobre la temperatura ambiente, cuando se mida sobre la superficie externa y de 45°C cuando la medición se haga con termopar embebido en el metal.

En caso de que en las Características Particulares se requieran temperaturas ambiente de más de 40°C, la temperatura de los devanados del estator, debe reducirse de acuerdo con lo indicado en la nota 3 del inciso MG-1 inciso 20.40.

- i) Clasificación de acuerdo con la protección del ambiente y método de enfriamiento.

Los motores de tiro forzado, tiro inducido, recirculación de gases, etc., deben ser protegidos para intemperie según norma NEMA MG-1 inciso 1.25-H, tipo II.

Además deben contar con filtros de aire, intercambiables, lavables y tipo seco. Los motores deben tener malla de acero inoxidable o metal monel con alambre no menor de 1 mm de diámetro (18 AWG) y una abertura máxima de 6 mm en las entradas de aire. El enfriamiento con estos dispositivos y filtros debe cumplir con las elevaciones de temperatura indicadas en el inciso h.

Los motores de las bombas de circulación controlada de agua (si se requieren) deben ser del tipo especial, preferentemente totalmente cerrados.

- j) Letra código a rotor bloqueado

Los motores deben cumplir con la letra de código "E" de acuerdo a la norma NEMA MG-1 inciso 10.36, esto es, los kVA por HP a rotor bloqueado, medido a tensión plena y frecuencia nominal debe estar entre 4.0 y 4.5.

- k) Velocidad y deslizamiento

El motor debe ser de velocidad constante en operación normal. El deslizamiento debe ser menor de 2% y cumplir con lo siguiente:

- los motores de los ventiladores de tiro forzado deben ser de una velocidad síncrona máxima de 1 200 r/min (6 polos),
- los motores de los ventiladores de tiro inducido deben ser de una velocidad síncrona máxima de 900 r/min (8 polos).

- los motores de los ventiladores de recirculación de gases (si se requieren) deben ser de una velocidad síncrona máxima de 900 r/min (8 polos),
- los motores de las bombas de circulación controlada de agua (si se requieren) deben ser de una velocidad síncrona máxima de 1 800 r/min (4 polos),
- en motores adicionales a los anteriores que pudieran requerirse de 223.74 kW (300 HP) o mayores deben ser de una velocidad síncrona máxima de 1 800 r/min (4 polos),
- en ningún caso se aceptan motores con velocidades síncronas de 3 600 r/min (2 polos).

l) Transferecia automática del sistema normal de tensión al sistema de reserva.

El motor operado a su carga, tensión, frecuencia y velocidad nominales, así como con un incremento de temperatura estable, debe poder transferirse automáticamente del suministro normal a un suministro de reserva, en un tiempo máximo de 20 ciclos, contados a partir de la pérdida de la tensión normal de alimentación, hasta el momento de cierre del interruptor del sistema de reserva.

El inciso de esta transferencia se origina por un relé de baja tensión del sistema normal de alimentación que opera a 75% de la tensión nominal del motor.

El motor debe soportar esta transferencia automática sin sufrir deformaciones o daños permanentes.

m) Factor de servicio.

El factor de servicio debe ser de 1.10.

n) Chumaceras.

Los motores deben tener chumaceras tipo casquillo (manquito) o artificio de material Babbit.

Las chumaceras casquillo (manquito), así como sus cajas deben ser del tipo bipartido, que permita su revisión y sustitución sin tener que desensamblar el motor o retirar la mitad del coque de la flecha del motor.

Las chumaceras tipo casquillo (manquito) deben estar lubricadas por medio de anillos de lubricación. Cuando se requiera lubricación forzada de aceite, debe ser aprobada por Comisión.

- ñ) Letra de diseño de los motores para par y corriente de arranque, - par de desenganche y deslizamiento.

La letra de diseño según norma NEMA-MG-1 debe ser NEMA C, ésto es, se requiere un alto par de arranque y baja corriente de arranque, de tal manera que los motores cumplan con la letra de código a rotor bloqueado indicada en el inciso j).

- o) Momentos de inercia  $Wk^2$

El motor debe acelerar a su velocidad nominal, sin sufrir daños ni elevaciones de temperatura arriba de las permisibles y dentro de los rangos de frecuencia y tensiones (contenidas en el inciso d), con la carga de inercia  $Wk^2$  combinada del motor ventilador o motor bomba, nunca debe ser inferior a los valores indicados en la norma NEMA MG-1 inciso 20.42, con el número de arranques indicados en el inciso f) anterior.

- p) Tipo de conexión del devanado del motor y designación de terminales.

La conexión del devanado del motor trifásico debe ser en estrella.

El devanado del motor debe tener seis terminales. Las terminales T1, T2 y T3 del devanado se deben conectar a las tres fases de la tensión de alimentación.

Las terminales T4, T5 y T6 se deben conectar entre sí para formar el neutro de la conexión estrella.

- q) Terminales del motor y conexiones.

Las terminales de fuerza del motor T1, T2, T3, deben llevarse a una caja de terminales a prueba de agua tipo NEMA 4 montada en el armazón del propio motor y de las dimensiones mínimas indicadas en las tablas 3 y 4, cajas terminales para motores de 4000 y 6600 V - respectivamente y referidas a la figura 1 caja de terminales.

En las Características Particulares se indica la referencia para el tamaño de la caja de terminales. Las cajas terminales deben estar provistas con entradas para tubo conduit por la parte inferior de la caja que se indique en las Características Particulares.

Las terminales de motores deben tener aislamiento de hule resistente al ozono o hule tratado con silicones. Si se emplean cubiertas de tejido metálico, éstas no deben llegar hasta las conexiones de los embobinados.

El Proveedor de los motores debe suministrar conectores para las terminales del motor, debidamente instalados dentro de la caja de terminales.

Los conectores de las terminales de los motores para unir los cables de la Comisión, deben ser lo suficientemente largos -- como para poder hacerles muescas dobles y tener lenguetas con dos perforaciones cuyos centros deben estar a 44.4 mm.

r) Balanceo de los motores.

La amplitud de la vibración de los motores en vacío debe estar dentro de los límites señalados en la norma MG-1 inciso 20.52 y el método de medición de la vibración debe estar de acuerdo con lo indicado en la misma norma inciso 20.53.

s) Nivel de ruido.

Los motores no deben exceder los niveles de ruido indicados en la norma NEMA MG-1 inciso 20.49.

t) Base del conjunto motor-ventilador, motor-bomba.

El conjunto motor-ventilador o motor-bomba deben montarse en una placa o base de acero estructural, de construcción rígida, que evite vibraciones y desalineamientos de los equipos.

7.9.2 Motores eléctricos de baja tensión

7.9.2.1 Características de los motores de baja tensión

Los motores deben ser de inducción, jaula de ardilla, de 3 ó 1 fase, 60 Hz, para arranque a tensión plena.

a) Tensiones nominales y número de fases.

- los motores iguales o mayores a 0.249 kW (1/3 HP) y menores de 186.45 kW (250 HP) para unidades de 160 MW y 350 MW, deben ser para:

460 V 3 fases,

- los motores fraccionarios menores de 0.249 kW (1/3 HP) - deben ser para:

120 V una fase,

- los motores que requieren alimentación en corriente directa, deben ser para:

125 V C D

b) Variaciones de la tensión nominal

Los motores deben operar en forma continua a frecuencia nominal y a carga plena con una variación en la tensión de  $\pm 10\%$  de la tensión nominal del motor, sin que se tengan incrementos de temperatura que excedan las correspondientes a la clase de aislamiento especificada.

**TABLA 3 - Caja de terminales para motores de 4 000 V**

Dimensiones en milímetros

Ref. No.	Tamaño del cable		Número de conductores	A	B	C	D	E	F	G
	mm <sup>2</sup>	AWG o kCM								
1	85.0	3/0	1	388	330	345	102	102	254	-
2	126.7	250	1	432	356	432	127	127	305	-
3	177.4	350	1	474	381	432	127	127	330	-
4	253.3	500	1	518	381	518	152	152	356	-
5	380.0	750	1	648	406	561	178	178	406	-
6	506.7	1000	1	734	406	605	203	203	457	-
7	85.0	3/0	2	388	330	345	102	102	254	203
8	126.7	250	2	432	356	432	127	127	305	203
9	177.4	350	2	474	381	432	127	127	330	203
10	253.0	500	2	518	381	518	152	152	356	203
11	380.0	750	2	648	406	561	178	178	406	229
12	506.7	1000	2	734	406	605	203	203	457	254

**TABLA 4 - Caja de terminales para motores de 6 600 V**

Dimensiones en milímetros

Ref. No.	Tamaño del cable		Número de conductores	A	B	C	D	E	F	G
	mm	AWG o kCM								
13	85.0	3/0	1	229	330	203	102	102	254	-
14	126.7	250	1	254	356	254	127	127	305	-
15	177.4	350	1	279	381	254	127	127	330	-
16	253.3	500	1	305	381	305	152	152	356	-
17	380.0	750	1	381	406	330	178	178	406	-
18	506.7	1000	1	432	406	356	203	203	457	-
19	85.0	3/0	2	229	330	203	102	102	254	203
20	126.7	250	2	254	356	254	127	127	305	203
21	177.4	350	2	279	381	254	127	127	330	203
22	253.0	500	2	305	381	305	152	152	356	203
23	380.0	750	2	381	406	330	178	178	406	229
24	506.7	1000	2	432	406	356	203	203	457	254

NOTAS

- 1) El proveedor del motor debe suministrar la barra de cobre para conexión a tierra (Ver figura 1).
- 2) La dimensión F corresponde a conos hechos a mano.
- 3) La dimensión C puede aumentar cuando se requieran transformadores de corriente, la entrada de terminales y cables de potencia.
- 4) Para literales de dimensiones ver figura 1.

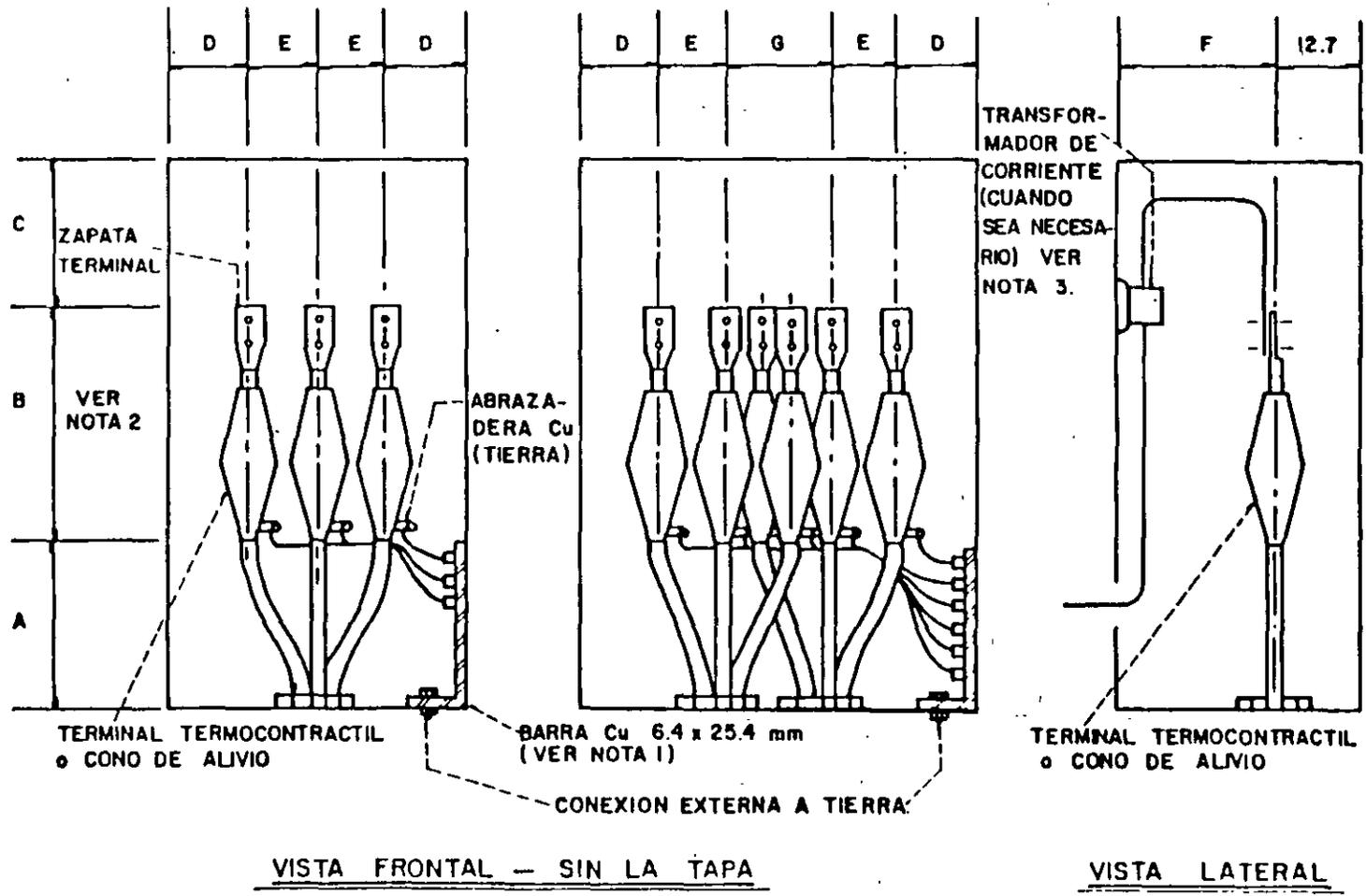


FIGURA 1 - Caja de terminales para motores

GENERADORES DE VAPOR PARA 160 Y 350 MW

ESPECIFICACION

CFE XL000-01

43 de 191

57

## c) Forma de arranque.

El arranque de los motores debe ser a tensión plena. También deben poder arrancar entre el 75% y el 110% de la tensión nominal.

## d) Tipo de aislamiento y elevación de temperatura.

Los aislamientos de los embobinados completos del estator, incluyendo puentes a otras bobinas, anillos de sujeción de los cabezales, separadores, cuñas, terminales y demás materiales deben ser de la clase B de aislamiento, según norma NEMA MG 1. El incremento de temperatura en el devanado del estator en las siguientes condiciones: operando a carga plena, a frecuencia nominal y en un rango de tensiones entre 90% y 110% de la tensión nominal del motor, no debe exceder de 80°C sobre una temperatura ambiente de 40°C del aire de enfriamiento.

## e) Clasificación de acuerdo con la protección del ambiente y método de enfriamiento.

Los motores para servicio interior deben ser de construcción a prueba de salpicadura o totalmente cerrados sin o con ventilación interior, (con resguardo del ventilador).

Los motores a prueba de salpicadura deben tener mallas de acero inoxidable o monel, con alambre no menor de 1 mm de diámetro (18 AWG) y retícula de 6 mm como máximo, para evitar la entrada de roedores.

Los motores para servicio exterior deben ser de construcción totalmente cerrado, enfriados por ventilador y con resguardo del ventilador, de acuerdo a la norma NEMA MG1 inciso 1.26-J.

## f) Letra de código a rotor bloqueado.

Los motores con capacidades de 2 372 kW hasta 223.7 deben cumplir con la letra de código "F" (como máximo) de acuerdo con la norma MG-1 inciso 10.36, esto es, los kVA por HP a rotor bloqueado, medido a tensión plena y frecuencia nominal debe estar entre 5.0 y 5.6.

Los motores menores de 0.372 kW deben cumplir con la letra de código a rotor bloqueado G o H.

## g) Velocidad y deslizamiento.

El motor debe ser de velocidad constante en operación normal. El deslizamiento debe ser menor de 2%.

La velocidad máxima aceptable de los motores será de 1 800 r/min (4 polos).

No se aceptan motores con velocidades síncronas de 3 600 r/min (2 polos).

- h) Transferencia automática del sistema normal de tensión al sistema de reserva.

Los motores deben ser capaces de soportar la transferencia indicada en el inciso 1) del párrafo 7.9.1.1 de esta especificación.

- i) Factor de servicio.

El factor de servicio debe ser de 1.10.

- j) Chumaceras.

Los motores pueden tener chumaceras tipo casquillo (manga) o antifricción, según sea el tamaño o velocidad del motor, queda a juicio y bajo la responsabilidad del Proveedor del motor, el tipo de chumacera a emplear pero siempre su aplicación debe estar dentro de las normas NEMA y debe tener una vida útil mínima de 100,000 horas de operación continua en las condiciones de carga sobre las chumaceras impuestas por el equipo impulsado.

Las chumaceras tipo casquillo (manga), así como sus cajas deben ser del tipo bipartido, que permita su revisión y sustitución sin tener que desensamblar el motor o retirar la mitad del coque de la flecha del motor.

Las chumaceras tipo casquillo (manga) deben estar lubricadas por medio de anillos de lubricación. Cuando se requiera lubricación forzada de aceite, debe ser aprobada por Comisión.

Las chumaceras antifricción debe lubricarse por grasa o aceite y estar protegidas para evitar la fuga de lubricante o penetración de polvo u otras materias extrañas.

Todos los motores que contengan rodamientos antifriccionantes deben tener el número de la AFBMA (Asociación de fabricantes de baleros antifricción) estampado en una placa de datos que se fijará en el motor.

- k) Momentos de inercia  $WK^2$ .

El motor debe acelerar a su velocidad nominal, sin sufrir daños ni elevaciones de temperatura arriba de las permisibles y dentro de los rangos de frecuencia y tensiones (contenidas en el inciso d), con carga de inercia  $WK^2$  combinada del motor, ventilador motor bomba, nunca debe ser inferior a los valores indicados en la norma NEMA MG-1 inciso 20.42.

- l) Tipo de conexión del devanado del motor y designación de terminales.

La conexión del devanado del motor trifásico debe ser en estrella.

El devanado del motor debe tener seis terminales. Las terminales T1, T2 y Y3 del devanado se deben conectar a las tres fases de la tensión de alimentación.

Las terminales T4, T5 y T6 se deben conectar entre sí para formar el neutro de la conexión estrella.

- m) Terminales del motor y conexiones.

Las terminales de fuerza del motor T1, T2 y T3, deben llevarse a una caja de terminales a prueba de agua tipo NEMA 4 montada en el armazón del propio motor.

Las capas de terminales deben estar provistas de perforaciones con cuerda para entrada de tubos conduit.

El Proveedor de los motores debe suministrar conectores para las terminales del motor, debidamente instaladas dentro de la caja de terminales.

Los conectores de las terminales de los motores para unir los cables de la Comisión, deben ser lo suficientemente largos como para poder hacerles muescas dobles.

- n) Balanceo de los motores.

La amplitud de la vibración de los motores en vacío debe estar dentro de los límites señalados en la norma MG-1 inciso 20.52, y el método de medición de la vibración debe estar de acuerdo con lo indicado en la misma norma MG-1 inciso 20.53.

- ñ) Nivel de ruido.

Los motores no deben exceder los niveles de ruido indicados en la norma NEMA MG-1 inciso 20.49.

#### 7.9.2.2 Accesorios

Dentro del alcance del suministro e incluido en el precio del equipo, deben suministrarse los siguientes accesorios.

- a) Detectores de temperatura.

Unicamente para los motores de alta tensión (4 y 66 kV) se debe suministrar tres detectores de temperatura del tipo de resistencia, sin conexión a tierra, de cobre, de 10.0 Ohms a 25°C, de característica lineal, embebidos en el devanado del estator, repartidos y

distribuidos uniformemente.

Todas las terminales de los detectores de temperatura deben llevarse a una caja de conexiones tipo intemperie, a prueba de agua NEMA 4, independiente de la caja de conexiones principales del motor y alambrarse hasta tablillas terminales. Cada cable debe ser identificado en el extremo por medio de un manquito de plástico u otra identificación permanente similar, así como la propia tablilla de terminales.

La caja de conexiones debe tener perforaciones para conexiones de tubo conduit de no menos de 25 mm.

b) Resistencias calefactoras del motor.

Únicamente para motores de alta tensión y para motores mayores de 112 kW (150 HP) se debe suministrar una resistencia calefactora para operación continua para mantener los devanados del estator a una temperatura superior a la ambiental cuando el motor esté en reposo.

Estas resistencias operarán a una tensión de  $480 \text{ V} \pm 10\%$ , 60 Hz, una fase y deben estar diseñadas para 560 V.

Las conexiones de estas resistencias deben llevarse a una caja de terminales a prueba de agua, independiente de la caja de conexiones principales y alambrarse hasta tablillas terminales debidamente identificadas. Esta caja debe estar provista de preparación para recibir un tubo conduit de 25.4 mm así como tapas removibles atornilladas y empaques a prueba de agua.

c) Placas de conexión a tierra.

Los motores deben tener soldadas dos placas de cobre o de acero inoxidable para conectar el sistema de tierra. Las placas deben estar localizadas diagonalmente, opuestas una de otra. Cada placa debe tener dos perforaciones roscadas a 44.4 mm entre centros, para pernos de 12.7 mm de 13 hilos/25.4 mm.

d) Dispositivos de izaje.

Cada motor debe contar con los dispositivos de izaje (ganchos u orejas) necesarios para su levantamiento completo y maniobras, así como para el izaje de la cubierta. Estos dispositivos de izaje deben aparecer en los dibujos del Proveedor.

e) Placas de datos.

Debe suministrarse una placa de datos de acero inoxidable. La fijación de la placa de datos debe hacerse mediante remaches o puntos de soldadura. No se aceptan placas atornilladas.

La placa debe contener la siguiente información como mínimo:

- nombre del fabricante, No. de serie y fecha de fabricación,
- potencia de salida en kW, (HP),
- factor de servicio,
- elevación de temperatura, °C,
- temperatura ambiente máxima de diseño, °C,
- clase de aislamiento,
- velocidad a plena carga, r/min,
- frecuencia, Hz,
- número de fases,
- tensión nominal, V,
- corriente nominal a plena carga, A,
- letra de código (NEMA),
- corriente a rotor bloqueado, A,
- factor de potencia,
- diseño NEMA,
- número de armazón,
- número de instructivo.

Además, deben suministrarse las siguientes placas:

- diagrama de conexiones,
- sentido de giro.

7.10 Válvulas

7.10.1 General

La cantidad, tamaño y presiones nominales de las válvulas deben estar de acuerdo con los requisitos de la sección I del código ASME y con la norma ANSI B31.1. El generador de vapor se debe equipar con las boquillas necesarias para conectar todas las válvulas y accesorios requeridos. Los materiales del cuerpo de la válvula deben ser los

mismos o mejores que los materiales empleados en las partes a presión del generador de vapor en donde la válvula se conectará.

Las válvulas de drenaje deben ser apropiadas para la limpieza con ácidos.

El Proveedor debe proporcionar una lista de válvulas a la Comisión para su aprobación. Todas las válvulas deben tener un fácil acceso para su operación y mantenimiento.

#### 7.10.2 Válvulas de seguridad

Se deben suministrar válvulas de seguridad para instalarlas en el domo del generador de vapor y en los cabezales de salida del sobrecalentador y de entrada y salida del recalentador, que son suministro del Proveedor.

Adicionalmente, se debe proporcionar una válvula electromagnética de alivio, para el cabezal de salida del sobrecalentador, que operará automáticamente a través de un interruptor de presión instalado en el cabezal, o en forma manual, a control remoto, por medio de un conmutador localizado en el tablero principal de control de la Comisión.

Las capacidades de alivio y presiones de ajuste de las válvulas, deben cumplir con todos los requisitos del código ASME sección I.

También debe suministrarse una válvula manual de corte para instalar entre el cabezal del sobrecalentador y la válvula electromagnética que permita darle mantenimiento a esta última.

Las válvulas de seguridad deben entregarse con accesorios tales como mordazas, tapones de prueba, charolas colectoras de condensado y tuberías de venteo que se lleven hasta un punto seguro, a no menos de 3 m arriba del techo de la unidad.

Se debe cumplir con los requisitos de nivel de ruido que se indican en el inciso 5.8.

#### 7.11 Estructura

El suministro del Proveedor debe incluir toda la estructura de soporte del generador de vapor, así como todas las estructuras auxiliares necesarias para plataformas, pasillos, equipo auxiliar, ductos, tuberías, rieles, guías y soportes para grúas y polipastos según se requiera.

La estructura debe ser de acero ASTM A-36 con un punto de cedencia mínimo de 250 MPa (2500 kg/cm<sup>2</sup>) y resistencia a la tracción de 481 MPa (4900 kg/cm<sup>2</sup>) de construcción soldada para ensamble en fábrica y uniones atornilladas para ensamble en campo y su diseño y fabricación debe hacerse en base a las normas AISC y AWS para soldaduras, tomando en cuenta lo que se indica en los incisos 5.9, 5.10 y 5.11 así como las vibraciones producidas por el equipo.

Los pernos de sujeción de la estructura (ancias) deben ser de acero de alta resistencia de acuerdo con la especificación ASTM-A325.

El material de la tornillería para escaleras, plataformas y otras conexiones secundarias deben estar de acuerdo con ASTM-A307, grado A.

Las dimensiones de la tornillería deben cumplir con la norma ANSI B18.2.1.

La estructura debe soportar todo el equipo del generador de vapor, las cargas de la tubería de la Comisión conectadas a la unidad, las plataformas del mismo generador de vapor así como las plataformas de la Comisión que sirven para conectar por medio de pasillos en dos diferentes niveles con la casa de máquinas y en diferentes niveles de operación con las plataformas de desembarco del elevador. Estos pasillos de interconexión no forman parte del suministro del generador de vapor.

Toda la estructura principal, estructuras auxiliares, pasillos, barandales y escaleras deben suministrarse con el máximo posible de ensamble en fábrica, para reducir el número de horas requeridas para montaje.

Las columnas del generador de vapor deben recibir y transmitir todas las fuerzas a la cimentación de la Comisión; no se deben transmitir cargas a las estructuras suministradas por terceros.

Todas las columnas de la estructura deben embarcarse con sus placas de base soldadas. Estas placas y la parte inferior de las columnas quedarán embebidas bajo el nivel del piso. La distancia del piso al fondo de las placas de base serán de 500 mm.

Se deben suministrar dos sistemas de escaleras, localizadas en lados opuestos del generador de vapor para acceso desde el nivel del piso a todos los niveles de operación del generador de vapor.

Asimismo se deben incluir escaleras marinas, con protección, donde se requiera, siempre y cuando las apruebe la Comisión.

Deben incluirse pasillos suficientes para proporcionar un acceso expedito (libre de obstáculos) a todos los puntos de operación o registros de acceso.

Tanto los pasillos como las escaleras deben tener un ancho mínimo de 900 mm y una altura libre de 2200 mm mínimo. La pendiente que se recomienda para las escaleras es de  $38^\circ$  y en ningún caso se aceptan con una pendiente mayor de  $42^\circ$ . Los escalones deben tener un peralte máximo de 200 mm y una huella libre de 250 mm.

Los escalones deben ser de rejilla, con nariz protectora de placa antiderrapante, atornillados a alfardas de canal de 203 mm de peralte.

Los barandales (pasamanos) se deben fabricar con tubo de 32 mm de diámetro, material según la norma ASTM A-120 con costura, cédula 40, con postes espaciados a cada 1800 mm del mismo material. Tubo intermedio y rodapie de placa de 100 x 6.3 mm deben ser totalmente terminados en fábrica.

La rejilla que se utilice para plataformas y pasillos debe ser del tipo soldada o forjada a presión, galvanizada y sujeta por medio de grapas atornilladas, y la estructuración debe ser tal que la flecha máxima no exceda de  $1/360$  del claro. El espacio aproximado, entre centros de soleras debe ser de 30 mm longitudinalmente y 100 mm transversalmente.

El material de las rejillas debe estar de acuerdo con la especificación federal RR-G 601. El acero de las varillas debe ser de calidad soldable y con un esfuerzo mínimo de trabajo de 124.1 MPa (1265  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

En cada nivel, la plataforma debe circundar por completo la unidad, excepto cuando la Comisión indique lo contrario.

A fin de resguardar al personal y al equipo las plataformas de operación de quemadores así como el nivel inmediato superior al último nivel de quemadores se deben cubrir con placas metálicas arregladas para drenar convenientemente el agua de lluvia. Este mismo requisito se aplica a los calentadores de aire regenerativos.

Cuando se usen miembros de sección doble "T" como miembros de contraventeo, se dispondrán los patines en un plano vertical a fin de simplificar las conexiones, pero el diseño queda sujeto a la aprobación de la Comisión.

Las placas de conexión deben ser dobles para todas las vigas y miembros de contraventeo (excepto para secciones "T" y ángulos).

La estructura del generador de vapor debe diseñarse para soportar las cargas horizontales y verticales impuestas por su interconexión con marcos estructurales adyacentes de las áreas de turbina y auxiliares, o que soportan, sin que la lista sea limitativa los siguientes equipos:

- a) Desgasificador.
- b) Elevador.
- c) Tubería de vapor principal, recalentado caliente, recalentado frío y agua de alimentación y tubería de extracción para calentamiento de aire.

#### 7.12 Refractario, Aislamiento y Cubiertas

El Proveedor debe proporcionar todos los refractarios, aislamientos y cubiertas que se precisen para el generador de vapor, sus ductos, equipo auxiliar y tuberías. En este suministro se deben incluir las anclas, grapas, retenes, tornillos y otros sujetadores, metal desplegado, tela de gallinero, refuerzos y soportes necesarios para instalar los tabiques refractarios o refractarios de otro tipo, aislamiento y forros. Siempre que sea posible las anclas y sujetadores deben venir montados de fábrica. En tales instalaciones, los materiales a excepción de los pernos soldados, deben ser galvanizados o de acero inoxidable. El uso de refractario debe mantenerse al mínimo, empleándose solamente donde se requiera, alrededor de los quemadores y en las aberturas de puertas de acceso. El Proveedor debe suministrar las especificaciones y dibujos de trabajo de refractario que proponga.

La fabricación del aislamiento y del refractario debe cumplir con las normas ASTM-C-167, C-177, C-533, C-92, C-24, C-269 y C-268 según corresponda.

El aislamiento colocado sobre tramos verticales de tubería se debe soportar por anillos a intervalos no mayores de 1800 mm. Si se requiere en Características Particulares, las líneas sujetas a temperaturas de congelación deben llevar 2 capas de aislamiento para permitir que la Comisión instale trazas de calentamiento. Las conexiones, dobleces y cuerpos de válvulas deben ir aislados y la conductividad térmica de este aislamiento debe ser como máximo la del aislamiento de la tubería adyacente.

Las tuberías que se usen sólo intermitentemente, deben ir aisladas, con el objeto de proteger al personal. Para ellos deben llevar aislamiento, a partir de cada piso, hasta una altura de 2400 mm y a una distancia de 305 mm más allá de cualquier punto que el personal pueda normalmente alcanzar.

El Proveedor debe proporcionar suficiente flexibilidad en el aislamiento para permitir la expansión y la contracción longitudinales y circunferenciales de la tubería, el aislamiento y el equipo, cuando se calienten a las condiciones de servicio. Las juntas que se suministren para permitir la expansión o contracción térmica deben estar rellenas con mastique aislante o material similar aprobado por la Comisión.

El espesor del aislamiento debe calcularse para limitar la temperatura exterior del aislamiento a 50°C, en base a una temperatura ambiente, con aire quiete, de 27°C.

Para las superficies de la envolvente del generador de vapor, se prefiere aislamiento a base de placas o colchonetas de lana mineral.

En los ductos de aire y gases puede utilizarse igualmente lana mineral o placas de silicato de calcio.

El aislamiento para ductos en general y para ductos de gases de combustión debe tener pendiente para drenaje.

En las tuberías con temperatura superior a 150°C se debe usar aislamiento preformado de silicato de calcio o lana mineral y para temperaturas hasta de 150°C aislamiento fibra de vidrio.

En ningún caso se acepta el empleo de aislamiento a base de magnesio.

En tuberías y equipos donde se requiera aislamiento de 100 mm de espesor o mayor, debe instalarse en dos capas, con las juntas longitudinales y transversales traslapadas.

El aislamiento debe asegurarse utilizando alambre de acero inoxidable AISI 302, calibre 14 para equipos y calibre 16 para tuberías. Para evitar que se cuelgue, se debe utilizar refuerzo de metal desplegado donde se requiera.

Todas las superficies aisladas se deben proteger con una cubierta a prueba de agua, de lámina de aluminio de acuerdo a la norma ASTM B-209, con un espesor mínimo de 1.5 mm, excepto para cubiertas en tuberías, en donde el espesor debe ser de 1 mm mínimo. En la cubierta del generador de vapor se debe emplear lámina corrugada para darle mayor rigidez; las juntas de las láminas deben traslaparse un mínimo de dos corrugaciones. Deben ser formadas en fábrica para su rápida instalación.

### 7.13 Acabados y Recubrimientos

Las partes a presión deben embarcarse limpias y libres de herrumbre, grasa y costra de molino. No debe utilizarse chorro de arena para limpiar el interior de ninguna parte a presión. La tubería sujeta a presión. La tubería sujeta a presión debe tener una capa interna con un inhibidor de corrosión y los extremos se deben proteger con tap

Todos los demás materiales prefabricados, incluyendo el acero estructural, deben limpiarse perfectamente de costras de molino, virutas, aceite, grasa, gotas de soldadura

y demás cuerpos extraños.

Las siguientes componentes deben recibir una preparación superficial y un recubrimiento primario:

- todo el acero estructural, excepto las superficies que vayan a quedar empotradas en mampostería o concreto, las superficies a menos de 13 mm de las soldaduras de campo y las de contacto de uniones atornilladas,
- las partes a presión y otros componentes que vayan a quedar dentro del hogar y los ductos, así como el equipo cubierto por aislamiento y las cubiertas después del montaje del generador de vapor,
- el equipo mecánico y eléctrico que no vaya a quedar expuesto a la intemperie,
- el equipo que vaya a quedar expuesto a la intemperie y partes metálicas sujetas a altas temperaturas.

El Proveedor debe suministrar todos los materiales y equipos con protección anticorrosiva interna y externa adecuada para las condiciones climatológicas del punto de destino.

Los sistemas de protección deben ser lo suficientemente resistentes para brindar una protección adecuada por un mínimo de 24 meses.

Los productos anticorrosivos empleados en el interior de los tubos que se operan estén en contacto con agua, deben ser fácilmente removibles por el procedimiento de hervido alcalino del generador de vapor que emplea Comisión (procedimiento No CFE-50 A-003-Q).

Los productos anticorrosivos empleados en el interior de los tubos que en operación estén en contacto con vapor, deben ser fácilmente eliminados durante la etapa de soldado de tuberías.

Los productos anticorrosivos empleados en el interior de los tubos deben ser del tipo volátil y que no dejen residuos aceitosos.

Los tableros de control locales y auxiliares deben recibir una preparación superficial y pintura de acabado.

Todas las preparaciones de superficies, aplicaciones de primarios y pintura (cuando sea el caso) deben estar conforme a las especificaciones CFE D8500-01 y CFE D8500-02 según la zona de ubicación de la central.

Todas las superficies pintadas se inspeccionarán para verificar que no tengan gotas secas, pintura corrida o agrietada, burbujas, ampollas, marcas de brocha, peladuras, incumplimiento de espesor u otros defectos o señales de una inadecuada preparación de las superficies o aplicación de la pintura. Cualquier área que muestre estos defectos debe repararse de acuerdo con los requisitos de la presente especificación. El trabajo de preparación superficial y aplicación de pintura estará, en todo momento, sujeto a inspección.

a la inspección de la Comisión.

Todas las rejillas, escalones, sujetadores y barandales se deben galvanizar por inmersión en caliente. El espesor del recubrimiento no debe ser menor de 40  $\mu\text{m}$ . El galvanizado debe estar de acuerdo con las normas ASTM-A-123, A-153 y A-185 según corresponda una vez que se termine el montaje, la Comisión aplicará la pintura de acabado para todo el equipo, excepto el indicado.

#### 7.14 Identificación de Piezas

Cada pieza se debe marcar convenientemente para facilitar su identificación en el campo.

Todas las piezas estructurales se deben identificar con número de golpe, indicando los números de dibujo, de pieza y de pedido.

#### 7.15 Equipo de Maniobra

El Proveedor debe incluir en su suministro los rieles guía y polipastos que, sin ser limitativos se indican a continuación:

- para ventiladores de tiro forzado y sus motores,
- para ventiladores de recirculación de gases y sus motores,
- para ventiladores de tiro inducido y sus motores,
- para calentadores de aire regenerativo,
- para calentadores aire a vapor.

Los polipastos deben ser capaces de permitir la transferencia de los equipos al nivel del piso, deben ser operados por control eléctrico y con control remoto de botones localizado al nivel inmediato inferior de operación.

### 8 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA INSTRUMENTACION Y CONTROL

#### 8.1 Generalidades

La instrumentación y control cubiertos por esta especificación debe apearse a las características técnicas descritas en los apéndices anexos. La representación de instrumentos en diagramas, listas o índices, y los números de identificación de los mismos, deben apearse a la norma ISA S5.1 o SAMA RC22.11 según sea aplicable, y cualquier desviación a esta disposición deberá ser aprobada previamente por la Comisión.

Los instrumentos que incluyan escalas en unidades de ingeniería deben suministrarse en unidades del Sistema Internacional de Unidades según lo especifica la norma NOM-2-1.

## 8.2 Componentes para los Sistemas de Control del Generador de Vapor

Los componentes y preparaciones que deben incluirse en el alcance de suministros, que complementarán el sistema de control y supervisión del generador de vapor de la Comisión deben ser los siguientes:

- a) Válvulas de control auto-operadas, como sigue:
  - gas combustible a pilotos,
  - flujo mínimo de aceite combustible a quemadores,
  - flujo mínimo de diesel a quemadores de arranque,
  - diesel a pilotos,
  - aire de atomización,
  - aire de aspiración,
  - vapor a sopladores de hollín.
- b) Venturis o alerones para la medición del flujo de aire por cada ducto a la entrada del aire de combustión a las cajas de aire, las preparaciones necesarias para la instalación de tres transmisores de flujo con tomas independientes por cada ducto, además, suministrará la curva de comportamiento y calibración de los elementos primarios.

Es responsabilidad del Proveedor proponer otro tipo de elemento de medición de flujo, adecuado a su diseño, de ventiladores de tiro forzado.
- c) Los termopozos requeridos por el sistema de control de temperatura de vapor sobrecalentado, considerando medición en las líneas de conexión entre sobrecalentadores y tres (3) termopozos por punto entre las líneas de conexión del sobrecalentador primario secundario y terciario.
- d) Preparaciones para la instalación de 3 (tres) analizadores de oxígeno y 1 (uno de monóxido de carbono por cada ducto de gases de combustión.
- e) Preparaciones para la instalación de 2 (dos) elementos primarios tipo termopar sin termopozo por ducto, para el control de temperatura del metal de los calentadores de aire regenerativos.
- f) Preparaciones para la medición de las siguientes variables, incluyendo válvulas de corte (dobles en caso de alta presión) o termopozos:

- nivel del domo (cuatro conexiones independientes a cada lado) incluyendo tubería de drenaje y válvulas,
  - presión del domo (tres conexiones independientes),
  - presión del hogar (cuatro conexiones por lado),
  - presión diferencial entre cajas de aire-hogar (una a cada caja).
  - presión de descarga de ventiladores (independientemente a las indicadas por ASME).
  - presión de succión del ventilador de tiro inducido y recirculador de gases, (independientemente a los indicados por ASME).
  - presión de cajas de aire (una por caja),
  - presión de gas de combustión a la salida del economizador,
  - presión a la entrada y salida de calentadores de aire regenerativos, lado aire y gases,
  - presión diferencial de calentadores de aire regenerativos (lado gases y lado aire).
  - temperatura del hogar,
  - temperatura a gases a la salida del sobrecalentador,
  - temperatura a la entrada y salida de los gases de combustión y aire en los calentadores de aire regenerativos.
- q) Preparaciones para las mediciones requeridas en pruebas de comportamiento según código ASME PTC-4.1, como termopozos y conexiones de prueba incluyendo válvulas de aislamiento.
- h) Elementos de regulación del flujo de aire y gases, con actuador para los ventiladores de tiro forzado y en la succión de ventiladores de tiro inducido y recirculación de gases (si se requiere) el actuador debe diseñarse para recibir como señal de alimentación 4.20 miliamperes C D del sistema de control de combustión (suministrado por otros).
- i) Compuertas de control de dos posiciones para la descarga de ventiladores de tiro forzado y recirculación de gases, ver inciso 8.4.1.
- j) Mecanismos de inclinación de quemadores (si se requieren) incluyendo actuador y posicionador neumático.

### 8.3 Componentes para los Sistemas de Control, Protección y Supervisión de Quemadores

Los componentes y preparaciones que deben incluirse en el alcance de suministro, que deben complementar el sistema de control, protección y supervisión de quemadores de la Comisión, deben ser los siguientes:

- a) Las válvulas de corte (cierre hermético) en pilotos y quemadores para gas, combustóleo, diesel, vapor y aire de atomización y vapor de limpieza, con sus actuadores neumáticos e interruptores límite del tipo acción rápida.
- b) Los actuadores neumáticos necesarios para el accionamiento de compuertas o registros de aire principal, auxiliar y exceso de aire (incluyendo posicionadores neumáticos si se requiere control modulante), inserción de quemadores y pilotos, incluyendo interruptores límite del tipo acción rápida.
- c) Válvulas solenoide para el control de aire a todos los accionamientos neumáticos de válvulas, compuertas, quemadores y pilotos montadas en bastidores para su adecuada instalación.
- d) Detectores de flama por cada quemador con sensor óptico de luz ultravioleta para gas combustible y del tipo parpadeo para aceite combustible incluyendo conectores extremos y cable de interconexión entre detectores y gabinetes (150 m por cada uno, en un solo rollo), los cuales se puedan ensamblar en el sitio de la central de acuerdo a la distancia definitiva, la cual se determinará en la etapa del proyecto. La lógica electrónica de circuitos integrados debe instalarse en el gabinete anexo a los gabinetes de control de quemadores (suministrado por otros), localizado en el cuarto de gabinetes.
- e) Detectores de flama por cada piloto del tipo rectificación para gas combustible y de parpadeo en caso de diesel. La lógica electrónica de circuitos integrados deben instalarse en el gabinete de detectores de flama de quemadores.
- f) Sistema de encendido del tipo electrónico de arco por cada piloto, incluyendo transformador de alta tensión, cable de alta tensión para la chispa y bujía.
- g) Un gabinete de control por cada piloto (si es aplicable) que incluya lo indicado en los incisos e y f, así como válvulas de corte de combustible, mangueras, señalizaciones y cualquier otro dispositivo que el encendedor o piloto requieran.
- h) Todos los accesorios misceláneos e interruptores de presión y temperatura en las líneas de combustible aire y vapor y los interruptores de posición adicionales a los mencionados, que se requieran para implementar el sistema de control, supervisión y protección de quemadores y pilotos.

- i) Preparaciones incluyendo cople para la instalación de transmisores de presión incluyendo válvulas de corte, y temperaturas en las líneas de combustible, aire y vapor.
- j) Las cajas de terminales necesarias para alambrear todos los interruptores de posición, presión, temperatura, válvulas solenoides y dispositivos de supervisión y control incluidos dentro del alcance de suministro.

#### 8.4 Sistemas e Instrumentación Miscelánea

La instrumentación que a continuación se describe debe ser similar a la que se suministre según lo solicitado en los incisos 8.2 y 8.3 de esta especificación.

##### 8.4.1 Actuadores de compuertas

- a) Deben incluirse actuadores neumáticos para operación manual remota de las siguientes compuertas de aislamiento, según se requieran:
  - una de igualación de descarga de ventiladores de tiro forzado,
  - dos de descarga de ventiladores de tiro forzado,
  - dos de entrada de aire a calentadores regenerativos,
  - dos de descarga de aire de calentadores regenerativos,
  - dos para los ductos de derivación del lado de aire de los calentadores regenerativos,
  - dos de entrada de gases a calentadores regenerativos,
  - dos de salida de gases de calentadores regenerativos,
  - dos para los ductos de derivación del lado de gases de los calentadores regenerativos,
  - dos a la descarga de los ventiladores de tiro inducido,
  - dos a la succión de los ventiladores recirculadores de gases,
  - dos a la descarga de los ventiladores recirculadores de gases,
  - cuatro a la entrada de gases al hogar,
  - dos de aire de sellos para la descarga de los ventiladores recirculadores de gases.

- b) Los actuadores deben incluir lo siguiente:
- válvula solenoide a prueba de intemperie montada en el actuador,
  - dos interruptores de posición para trabajo pesado con contactos DPDT, uno en apertura y otro en cierre total montados en el actuador,
  - filtros de aire.
- c) Los mecanismos deben operar libres de obstrucciones debidas a la vibración, calentamiento o distorsión.
- d) La interconexión entre actuadores y compuertas es responsabilidad exclusiva del Proveedor.

#### 8.4.2 Calentadores regenerativos de aire

Deben suministrarse los siguientes instrumentos y accesorios.

- a) Dispositivos para el arranque y acomplamiento automático del motor auxiliar a falla del principal.
- b) Termómetro y manómetro para el aceite de lubricación y mirillas de nivel para el tanque.
- c) Interruptor de temperatura y presión del tipo DPDT, para el aceite de lubricación.
- d) Interruptor de velocidad del tipo SPDT, para el rotor del calentador.
- e) Termopares sencillos tipo E para todas las chumaceras.

#### 8.4.3 Sopladores de Hollín

El sistema de control de sopladores de hollín debe ser del tipo automático de secuencia selectiva y estar constituido por los siguientes componentes:

- a) Gabinete de control que incluya la lógica de operación del sistema y los arrancadores para motores.
- b) Tablero inserto con un diagrama mfmico de los sopladores, luces indicadores de estado de operación, presión de vapor, posición de válvulas, purga terminada y selectores para control manual o automático de la operación de los sopladores.
- c) Estación de botones local, interruptores de posición, válvulas de corte y tablillas de terminales para alambrado de control a potencia en cada soplador.

- d) Una caja de terminales para reunir el alambrado de todos los sopladores en un solo punto.
- e) Válvula de corte principal con actuador motorizado para el vapor de alimentación y las válvulas neumáticas de corte y drenaje necesarias para la adecuada operación automática del sistema, así como dos válvulas de control de presión incluyendo controladores neumáticos para la regulación del vapor a sopladores de hollín.
- f) El sistema debe incluir controles para el cambio de secuencia y debe ser posible arrancar los sopladores en cualquier punto del ciclo u operarlos localmente en forma manual. Al interrumpirse el suministro de vapor, los sopladores deben retraerse automáticamente y la secuencia de operación inhibirse.
- g) El sistema debe contar como mínimo con los accesorios de seguridad y protección para:
  - baja presión en el suministro de vapor,
  - sobrecarga de motores eléctricos,
  - falla de tensión de control.
- h) Se deben incluir los contactos libres de condiciones de falla y estado del sistema, para el uso del sistema de anunciadores de la Comisión.
- i) Todos los manómetros que requiera el sistema.

## H.4.4

## Sondas de temperatura

- a) Deben suministrarse las sondas viajeras necesarias para supervisar las temperaturas del gas en el hogar a diversas cámaras durante el arranque. Estas deben ser operadas por motor eléctrico, con posibilidad de detener o invertir su carrera en cualquier punto desde el cuarto de control central.
- b) Cada sistema de la sonda de temperatura debe incluir lo siguiente:
  - lanza de aleación especial adecuada para el servicio.
  - transmisión de posición continua a todo lo largo de su carrera.
  - elemento sensor termopar sencillo tipo K, alambrado a tablero de terminales.
  - elemento de control que incluye arrancadores de control y un dispositivo de protección por sobrecarga.

- estación local de botones montada en la sonda.

#### 8.4.5 Sistema de televisión

- a) Debe suministrarse un sistema de televisión de circuito cerrado para supervisar desde el cuarto de control el interior del hogar.
- b) El Proveedor es responsable de la localización de las cámaras y las aberturas del hogar.
- c) El sistema debe estar constituido por los siguientes componentes como mínimo.
  - tubo de rayos catódicos de 12 pg,
  - cámara de televisión,
  - sistema de enfriamiento,
  - cable co-axial con pantalla.
- d) Deben incluirse todos los accesorios y equipo adicional necesario para garantizar el buen funcionamiento del sistema.
- e) Las cámaras localizadas en la intemperie deben suministrarse con la protección adecuada a las condiciones ambiente de la central; descritas en las Características Particulares.
- f) Deben proporcionarse contactos DPDT de todas las condiciones, de falla, para el sistema de anunciadores de la Comisión.

El Proveedor podrá proporcionar el sistema retractil siempre y cuando documente su -- confiabilidad incluyendo sus experiencias que se tengan. Este sistema debe ser aprobado por Comisión.

#### 8.4.6 Elementos de temperatura

- a) Deben suministrarse termopares sencillos tipo E, para medir las temperaturas de los metales del generador de vapor, con el propósito de supervisar la puesta en servicio y la operación. Los termopares deben ser del tipo permanente con camisa de acero -- inoxidable, incluyendo un conector unión, fijándolos y sellándolos individualmente, y alambrarse hasta tablillas terminales en una caja de conexiones a prueba de intemperie, cuya localización debe aprobar la Comisión. Se debe suministrar termopares de sacrificio para medir la temperatura media del metal de los elementos al paso de goteo; estos termopares deben ser tipo K.
- b) El número de termopares a suministrar no debe ser menor de:
  - ocho para el domo, incluyendo la temperatura diferencial -- entre la superficie interna y externa,

- veinticuatro para el sobrecalentador,
  - veinticuatro para el recalentador,
- c) Deben suministrarse los termopares sencillos tipo E, para la medición de temperatura en aire y gases que deben localizarse por cada ducto en los siguientes puntos:
- entrada al calentador de aire y vapor,
  - entre calentador de aire y vapor y calentador regenerativo de aire,
  - salida de calentador regenerativo de aire lado aire,
  - entrada de calentador regenerativo de aire lado gases,
  - salida de calentador regenerativo de aire lado gases,
  - entrada al hogar de gases de recirculación.

En el caso de aire se debe suministrar camisas protectoras para soportar el termopar y en gases termopozos adecuados a la longitud del elemento sensor. Todos deben incluir cabeza de conexiones localizada sobre el aislamiento del ducto.

- d) Para los devanados de los motores cuya potencia nominal sea igual o mayor a 223.74 kW (300 HP), se deben suministrar detectores de temperatura tipo bulbo de resistencia de platino 100 ohms a 0°C - 0.00385 ohms/ohs/°C, de elemento doble y tres hilos, alambrados hasta una caja de terminales.

#### 8.4.7 Instrumentación del domo

Deben incluirse dos mirillas de nivel tipo bicolor completas, con válvulas de corte, tuberías de conexión y drenaje y sistema integral de iluminación.

#### 8.4.8 Subsistema de circulación de agua

Si el generador de vapor requiere un sistema de circulación controlada de agua se debe proporcionar la instrumentación necesaria para su adecuada operación como sigue:

- a) Indicadores de presión y temperatura para la bomba y sistema de enfriamiento.
- b) Interruptores de temperatura, presión diferencial y flujo, así como termopares tipo E, para la adecuada supervisión y protección del equipo.
- c) Actuadores motorizados para el accionamiento de las válvulas de succión y descarga.

#### 8.4.9 Tanque de purga continua

El alcance de suministro debe incluir la mirilla de nivel, interruptores independientes por alto y bajo nivel, válvula de seguridad y el control de nivel del tanque que incluya controlador indicador neumático, válvula de control y válvula de derivación.

#### 8.4.10 Ventiladores

El Proveedor debe suministrar las siguientes partidas para cada uno de los ventiladores de tiro forzado, inducido y recirculador de gases:

- a) Termopares sencillos tipo E, para medir la temperatura en cada una de las chumaceras de ventilador y motor incluyendo termopozo
- b) Indicadores-interruptores de temperatura para el aire de enfriamiento del motor.
- c) Mirillas de flujo para la salida del agua de enfriamiento para chumaceras o sistema de lubricación.

Si el Proveedor selecciona el sistema de lubricación forzada debe suministrar mirilla de nivel para el tanque de almacenamiento, manómetros, termómetros, interruptores de baja presión y alta temperatura de aceite para supervisión, protección y operación del sistema de lubricación.

#### 8.4.10.1 Servomecanismo para posicionar los alabes del ventilador de tiro forzado

Se debe suministrar un servomecanismo para posicionar los alabes de los ventiladores de tiro forzado que incluya los equipos y dispositivos de control necesarios para la adecuada supervisión, operación y protección del sistema.

El sistema de aceite de control debe contar con válvulas reguladores de presión, manómetros, termómetros, interruptores de baja presión y alta temperatura de aceite para supervisión, protección y operación del sistema.

#### 8.4.11 Sistema de vapor auxiliar

El sistema de vapor auxiliar debe incluir la siguiente instrumentación y preparaciones.

- a) Preparaciones para la instalación de la estación reductora de presión principal y la de alimentación de vapor a los calentadores de aire, incluyendo válvulas de corte y de derivación así como las tomas para los controladores correspondientes, que suministrará la Comisión.
- b) Válvulas de seguridad.
- c) Las preparaciones requeridas para la medición de presión (válvulas de corte) y temperatura (cople).

- d) Estación desobrecalentadora de vapor de atomización (si se requiere), incluyendo para el recipiente desobrecalentador interruptores y mirillas de nivel, termómetros y manómetros, control de nivel con controlador-indicador neumático, válvula de control y de derivación y estación reductora de presión del vapor de alimentación con controlador indicador neumático, válvulas de control y de derivación.

#### 8.4.12 Calentadores de aire a vapor

Este sistema debe incluir lo siguiente:

- a) Preparaciones para la instalación de las válvulas de control de temperatura de los calentadores de aire a vapor, incluyendo válvulas de corte y de derivación.
- b) Interruptores independientes por alto y bajo nivel, mirilla de nivel, manómetros y preparaciones para la instalación del controlador de nivel, en cada tanque de drenaje.

#### 8.4.13 Válvula de alivio electro-magnética

Debe suministrarse una válvula de alivio, operada con solenoide, para el cabezal de salida de vapor sobrecalentado, incluyendo el controlador de presión instalado en un gabinete de campo que incluya tablillas terminales para cables de control y alimentación eléctrica, para montar en pared, que permita operar la válvula automática o manualmente desde el cuarto de control central.

#### 8.4.14 Control de presión diferencial de aire a pilotos

Debe suministrarse un sistema de control de presión (si se requiere) para el aire de alimentación a pilotos, que incluya lo siguiente:

- a) transmisor y/o controlador-indicador neumático de presión y válvulas de control a la succión del ventilador de alimentación de aire.
- b) Interruptor de presión diferencial y manómetros necesarios para la supervisión y operación del sistema.

#### 8.4.15 Aire a detectores de flama

Debe incluirse en el alcance de suministro todos los dispositivos de control necesarios para el sistema de suministro de aire a detectores de flama, que incluya:

- a) Válvulas de corte neumáticas (incluyendo válvulas solenoide) - a la succión de los dos ventiladores para el respaldo por aire comprimido y válvulas de no retorno neumática (incluyendo válvulas solenoide) de succión de aire de la atmósfera, que opere cuando fallen los ventiladores de tiro forzado.
- b) Dos interruptores e indicadores de presión diferencial que operen con lógica 1 de 2, en la correcta supervisión y operación del equipo.
- c) Un interruptor indicador de presión diferencial que opere en la correcta supervisión y operación de la válvula de respaldo por aire comprimido.
- d) Indicadores de presión a la descarga de cada uno de los ventiladores.

## 8.4.16

## Instrumentos y conexiones diversas

- a) Deben suministrarse manómetros con carátula de 305 mm de diámetro, negra, números blancos y rangos adecuados incluyendo tubería, amortiguadores, dos válvulas de corte, sifón, venteo y válvula de prueba para los cabezales de economizador, domo, sobrecalentador y recalentador.
- b) Conexiones para muestreo e inyección de químicos al domo.
- c) Conexiones para muestreo e inyección de químicos en el cabezal de entrada al economizador.
- d) Conexiones para muestreo de gases de combustión a la salida del economizador y entrada y salida del calentador regenerativo de aire, por cada ducto.
- e) Conexiones en los ductos de entrada y descarga de los ventiladores de tiro forzado, tiro inducido y recirculación de gases, corriente arriba de las compuertas de entrada y corriente abajo de las de descargas para efectuar la prueba de la carga estática total de los ventiladores.

## 9 CONTROL DE CALIDAD

## 9.1 Pruebas de Fábrica

Las pruebas mínimas que la Comisión exige al Proveedor en partes a presión y equipo auxiliar se indican en los incisos siguientes, además debe proporcionar una relación de las pruebas adicionales que forman parte de su control de calidad durante el proceso de fabricación.

## 9.1.1 Partes a presión

Las pruebas que deben realizarse en las partes a presión se encuentran en la tabla 5.

## 9.1.2 Equipos auxiliares

Las pruebas que deben llevarse a cabo de los equipos auxiliares se indican en la tabla 6.

## 9.1.3 Instrumentación

Se deben efectuar las pruebas de los elementos de control e instrumentación suministrada, según el procedimiento normal del Proveedor, acedadas a las normas ISA (Instrumentation Society of America) aplicables.

## 9.1.4 Equipo estructural y diverso

Las pruebas que deben aplicarse al equipo estructural y diverso se indican en la tabla 8.

## 9.2 Pruebas de Montaje

Después de instalar parcial o totalmente cada generador de vapor, se harán las siguientes pruebas en presencia del Proveedor.

## 9.2.1 Prueba hidrostática

De acuerdo con lo que indica el código ASME Sección 1.

## 9.2.2 Prueba de hermeticidad

Se debe realizar en el hogar, ductos y calentadores regenerativos de aire, antes de aplicar el aislamiento térmico, de acuerdo al procedimiento del Proveedor, previa aprobación de la Comisión.

## 9.2.3 Limpieza de superficies expuestas al agua o vapor y almacenamiento

Antes de entrar en servicio, se efectuará un hervido alcalino y un lavado ácido al generador de vapor, sin que por ello se afecten las garantías del fabricante.

Los procedimientos de hervido alcalino y lavado ácido del generador de vapor, se establecerá de común acuerdo entre la Comisión y el Proveedor, tomando como base los si-

TABLA 5 -- Partes a presión

Componentes		Materiales			Manufactura							
		Phas.Mec. Anal Quim.	PND	Medición Espesores	Biselés	Dobledo	Soldadura		Dureza	Macrografía	Prueba hidrostática	Metalografía
							Tope	Filete				
Domo (vapor)	Cuerpo y Cabezas		U		PM,LP	/	R	/	/	/		...
	Bocanillas		/		/	/	/	PM,LP	/	/		...
Cabezas Economizador Hogar	Cuerpo		/		/	/	R	/	/	/		...
	Tapas		U		/	/	/	/	/	/	/	/
Sobrecalentador	Bocanillas		/		/	/	/	PM,LP	/	/	/	...
Tubería	Economizador		/		/	PM,LP* ME	R**	/	...	...	**	...
	Hogar		/		/	PM,LP* ME	R**	/	...	...	**	...
	Sobrecalentador		/		/	PM,LP* ME	R**	/	...	...	**	...
	Recalentador		/		/	PM,LP* ME	R**	/	...	...	**	...
Tubería de interconexión	D.E. > 150mm		/		/	/	R**	/	/	/	/	...

Normas aplicables	ASME Sección II	ASME Sección V	Planos	Planos	Planos ASME Sección V	ASME Sección V	ASME Sección II	ASME Sección I	ASME Sección V
-------------------	--------------------	-------------------	--------	--------	-----------------------------	----------------	-----------------	-------------------	-------------------

Simbología



Se hace prueba

No se hace prueba

- U - Ultrasonido
- PM - Partículas magnéticas
- LP - Líquidos penetrantes
- R - Radiografía
- ME - Medición de espesores
- PHD - Pruebas no destructivas
- DE - Diámetro exterior

\*\* Según estándar del fabricante

\*\*\* Requisito CFE (Punta de codillo)

\* Para curvas con radio de doblado menor o igual al diámetro nominal del tubo

GENERADORES DE VAPOR DE 160 Y 350 MW

67 de 199

CFE Y4000-01

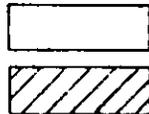
ESPECIFICACION

TABLA 6 – Equipos auxiliares

Componentes		Materiales	Manufactura								
		Pbas.Mec. Anal.Quím.	Soldadura Filete	PND	Dureza	Acabado	Excentrici- dad	Balanceo Estático Dinámico		Pruebas Hidrostáticas	Pruebas de Funcionam.
Calentador regenerativo de aire	Poste rotor		LP,U								
	Cubierta										
	Lavaválvulas										
Prec.aire a vapor	Tubería									ASME Secc.VII	
Ventiladores	Flecha			U							
	Podete			LP,U							
	Cubierta										
Sopladores de hollín	Lanza										ASME
	Cabezas										PTC-9
	Cremallera										
Quemadores											ASME PTC-31
Válvulas Seguridad Alivio Alta presión	Cuerpo			U						ANSI B16.5	MSS-SP-61
	Asiento									ANSI B16.5	ASME
	Bonete										Sección I*
	Boquillas		LP								
Bombas de circulación controlada	Flecha			U							
	Impulsores			LP,PM							HIS
	Carcasa			LP						ASME Sección I	
Motores											NOM-J-75 NEMA MG 1

Normas aplicables	ASTM	ASTM E165,A435	ASTMA435 E165,E138	ASTM	ANSI B-46.1	Estandar fabricante			Norma indicada	Norma indicada
-------------------	------	-------------------	-----------------------	------	----------------	------------------------	--	--	-------------------	-------------------

Simbología



Si se hace prueba

No se hace prueba

U - Ultrasonido  
PM - Partículas magnéticas  
LP - Líquidos penetrantes  
PND - Pruebas no destructivas

\* Aplicable a válvulas de seguridad.

GENERADORES DE VAPOR DE 160 Y 350 MW

ESPECIFICACION

CFE X4000-01

03-04

76

güentés procedimientos establecidos por la Comisión:

- hervido alcalino SGP-A-003-Q,
- lavado ácido SGP-A-004-Q.

El almacenamiento del generador de vapor por períodos menores de una semana consistirá en mantener el circuito de agua cubierto con agua desmineralizada y el circuito de vapor con atmósfera de nitrógeno a una presión manométrica de 29 a 49 kPa (0.3 - 0.5 kg/cm<sup>2</sup>).

El almacenamiento del generador de vapor por períodos mayores de 1 semana, tanto para superficies expuestas al agua como al vapor, será del tipo húmedo con agua desmineralizada y pulida que contenga 200 ppm de N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> y un pH de 10.5 obtenido por dosificación de amoníaco y manteniendo un sello de nitrógeno a una presión manométrica de 29 a 49 kPa (0.3 - 0.5 kg/cm<sup>2</sup>).

Ambos almacenamientos seguirán la secuencia indicada en el procedimiento de almacenamientos de generador de vapor de la Comisión No. SGP-A-002-Q.

#### 9.2.4 Prueba de aislamiento de motores

Debe realizarse de acuerdo con la norma IEEE STD 43.

#### 9.2.5 Prueba de funcionamiento de calentadores regenerativos de aire

De acuerdo con el instructivo que debe suministrar el Proveedor se debe verificar lo siguiente:

- a) Huelgos apropiados de sello.
- b) Sistema de lubricación.
- c) Carga del motor eléctrico.
- d) Transferencia de motor eléctrico a motor neumático por medio del interruptor de velocidad.

#### 9.2.6 Pruebas de sopladores de hollín

De acuerdo con el instructivo que debe suministrar el Proveedor se debe verificar lo siguiente:

- a) La correcta posición, recorrido y rotación de las toberas.
- b) Tolerancias en la alineación de los sopladores en función de la expansión del generador de vapor.
- c) Sistema de control y protección de sopladores de hollín.

TABLA 7 – Equipo estructural y diverso

Componentes		M a t e r i a l e s										
		Pbas.Mec. Anal.Quim	Densidad	Conducti- vidad tér- mica	Resistencia a compre- sión	Contra- ción lineal	Pérdida de paso por fricción	Granulo- metría	Cono piramidal	Contra- ción tér- mica	Módulo de ruptura	Soldadura
Ductos	Gases											
	Aire											
Estructura caldera	Trabe maestra											R
	SopORTE para paredes de agua											R
	Tornillería											
Aislamiento	Lana mineral											
	Silicato de calcio											
Refractario												

Normas aplicables	ASTM	ASTM C-167	ASTM C-177	ASTM C-533	ASTM C-533	ASTM C-533	ASTM C-92	ASTM C-24	ASTM C-269	ASTM C-268	AWS D1.1
-------------------	------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	--------------	--------------	---------------	---------------	-------------

Simbología

 Se hace prueba

 No se hace prueba

R – Radiografía

GENERADORES DE VAPOR DE 160 Y 350 MW

ESPECIFICACION

CFE X4000-01

70 de 191

87

### 9.2.7 Verificación de vibraciones de equipo rotativo

Se verificará que la vibración en los motores y equipo rotativo, cumplan con lo especificado en el inciso 7.3.4.

### 9.3 Pruebas en Operación

#### 9.3.1 Generalidades

Concluido el montaje de los sistemas y equipos de la unidad, se efectuarán pruebas de operación organizadas y conducidas por la Comisión o su representante.

Las pruebas que se mencionan tienen propósitos diferentes, los cuales se indican en cada caso.

A fin de desarrollar las pruebas la Comisión suministrará el personal necesario para preparar las instalaciones de pruebas, calibrar instrumentos y tomar las lecturas requeridas.

Las particularidades de cada unidad o instalación pueden indicar la conveniencia de establecer pruebas adicionales previo acuerdo entre el Proveedor y la Comisión. Lo que aquí se describe debe interpretarse como el mínimo de pruebas de operación a satisfacer.

La oportunidad con que se realicen estas pruebas o parte de ellas se convendrá con el Proveedor refiriéndola a la fecha de operación comercial; pero en cualquier caso, todas ellas se deben efectuar dentro de los seis primeros meses a partir de esa fecha.

De acuerdo con el programa de pruebas convenido entre la Comisión y el Proveedor, este último debe entregar oportunamente el reporte de pruebas en fábrica y toda la información de operación normal de la unidad, revisada y apegada al diseño real a las cifras de garantía que establece la documentación de compra. Esta información se debe emplear como referencia al analizar los resultados de prueba, y se debe enviar a la Comisión, con ocho copias certificadas.

Los códigos de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME), se emplearán en todos los casos, como referencia para las pruebas, tanto de la unidad como del equipo auxiliar, en lo que corresponde a métodos de prueba, procedimientos de cálculo, instalación de instrumentos, requisitos de la instrumentación empleada, criterio para consideración de incertidumbre de mediciones en pruebas y análisis de resultados.

El fabricante debe dejar todas las provisiones de pruebas necesarias indicadas por el código ASME e informar oportunamente aquellas provisiones que la Comisión debe tomar, para evitar el incumplimiento del código durante las pruebas. Asimismo, debe entregar una relación y diagramas que muestren los puntos de medición y la instrumentación requerida.

Antes de la operación comercial de la unidad e independientemente de las pruebas durante la instalación y puesta en servicio del control analógico del generador de vapor, el Proveedor debe probarlo a satisfacción de la Comisión.

### 9.3.2 Pruebas de verificación de diseño

Se efectuarán pruebas de comportamiento en los equipos auxiliares, con el objeto de determinar las características de diseño particulares en cada caso, las cuales deben cumplirse previamente a las pruebas de aceptación de la unidad.

Se deben efectuar pruebas de comportamiento individuales en los siguientes equipos, y en todos los casos de acuerdo con las indicaciones que establecen los códigos de prueba ASME.

- a) Ventiladores de tiro forzado - ASME PTC 11.
- b) Ventiladores de tiro inducido - ASME PTC 11.
- c) Ventiladores de recirculación de gases (si existen) - ASME PTC 11.
- d) Calentador regenerativo de aire - ASME PTC 4.3.
- e) Bombas de circulación controlada - ASME PTC 8.2.
- f) Válvulas de seguridad principales - ASME PTC 25.3.
- g) Sopladores de hollín - ASME PTC 9.
- h) Temperatura en metales - ASME PTC 19.3.
  - sobrecalentador,
  - recalentador,
  - paredes de agua,
  - domo.
- i) Temperatura de gases a la entrada del sobrecalentador primario y secundario.

Se debe elaborar un reporte individual para cada uno de los equipos auxiliares que se consideran en el alcance de pruebas convenido entre el Proveedor y la Comisión.

### 9.3.3 Pruebas de aceptación de la unidad

Los resultados de las pruebas de comportamiento que comprende este inciso se evaluarán y utilizarán para determinar si la Comisión acepta y recibe la unidad a su entera satisfacción.

Estas pruebas se relacionan principalmente con el cumplimiento de los parámetros y condiciones garantizados en la documentación de compra en las siguientes cargas, 50, 75, 100 % y carga máxima continua.

En caso de adquisición de varias unidades iguales para una misma central, la Comisión tiene el derecho de elegir aquélla en que las pruebas deben realizarse y los resultados obtenidos serán válidos para las otras unidades.

### 9.3.3.1 Capacidad de evaporación

Dentro de los seis primeros meses posteriores a la operación comercial de la unidad, se conducirá una prueba para determinar la capacidad a carga máxima continua de acuerdo al código ASME PTC 4.1 para verificar lo que se establece en el inciso 5.2.

### 9.3.3.2 Rendimiento del generador de vapor

Esta prueba tiene por objeto determinar tanto el rendimiento térmico del generador de vapor operando a diferentes cargas, como el consumo promedio de combustible de acuerdo con la fórmula establecida en el inciso 14.1.10, utilizando los combustibles especificados.

Las pruebas serán realizadas bajo el código ASME PTC-4.1 y el rendimiento se determinará por el método de pérdidas.

### 9.3.3.3 Temperatura y presión de vapor sobrecalentado y recalentado

Durante la ejecución de las pruebas de capacidad de evaporación y determinación de rendimiento, también se determinará la curva de comportamiento del sobrecalentador y recalentador para su evaluación.

### 9.3.4 Acuerdos y preparativos

#### 9.3.4.1 Condiciones de prueba

La unidad debe probarse con los sistemas de control en automático.

En donde no se tengan elementos de medición se debe convenir previamente, la condición en que permanezcan las conexiones que permitan incremento o pérdida de agua, vapor, combustibles, aire y gases de combustión. Lo anterior incluye todos los elementos de aislamiento en purgas, drenajes y venteos.

#### 9.3.4.2 Protocolo de pruebas

El Proveedor debe elaborar un protocolo de pruebas, que debe incluir los comentarios y condiciones convenidos con la Comisión en comunicaciones previas a la ejecución de las pruebas.

Este documento indicará el procedimiento propuesto, programa de las pruebas, instrumentación, características, puntos de medición y personal requeridos, métodos de cálculo, factores de corrección a considerar en el análisis de resultados, recomendaciones de preparativos de operación previos a la prueba, y personal dispuesto por el propio Proveedor para participar durante las pruebas.

#### 9.3.4.3 Reporte de pruebas

La Comisión y, el o los representantes del Proveedor efectuarán los cálculos a partir de la información obtenida en las pruebas y también presentarán un reporte completo de pruebas; en él se deben incluir todos los datos obtenidos en las pruebas de la unidad para aceptación de la unidad y equipo auxiliar.

9.3.4.4 Condiciones adicionales

Las pruebas anteriores se realizarán en puntos correspondientes a la capacidad de carga garantizada, manteniendo las variaciones con respecto a este valor dentro de  $\pm 5\%$  e interpolando o extrapolando los resultados.

Las condiciones de carga serán estables y eso se interpretará como variaciones dentro del  $\pm 2\%$  del valor en que se estabilice.

10 PARTES DE REPUESTO Y HERRAMIENTAS ESPECIALES

10.1 Partes de Repuesto

De acuerdo con el número de unidades que forma cada central se debe suministrar un lote de partes de repuesto con los conceptos y cantidades que a continuación se indican.

10.1.1 Generador de vapor y auxiliares

Partes de repuesto	Cantidad según número de unidades			
	1	2	3	4
Tubos de paredes de agua, de cada diámetro, espesor y material empleado (en metros lineales).	120	120	240	240
Tubos para sobrecalentador y recalentador, de cada diámetro, espesor y material empleado (en metros lineales).	60	60	120	120
Tubos para economizador, de cada diámetro, espesor y material empleado (en metros lineales).	60	60	120	120
Electrodos de soldadura de cada diámetro y material empleado en las diferentes tuberías a presión (en kg).	200	200	400	400
Soldadura de fondo de cada diámetro y material empleado en las diferentes tuberías a presión (en número de piezas de 10 cm de longitud).	100	100	200	200
Anillos de sellos de cada tipo empleado (radiales, circunferenciales y axiales) del calentador regenerativo de aire.	4	4	8	8
Cajinete de carga para calentadores regenerativos de aire.	2	2	4	4
Cajinete guía para calentador regenerativo de aire.	2	2	4	4

GENERADORES DE VAPOR DE 160. Y 350 MW

ESPECIFICACION

CFE X4000-01

75 de 191

Partes de repuesto	Cantidad según número de unidades			
	1	2	3	4
Juego del 50% del tubo lanza de cada tipo de soplador de hollín, en una unidad.	1	2	3	4
Juego del 50% del total de válvulas de admisión de vapor de una unidad para cada soplador de hollín.	1	2	3	4
Juego completo de empaques y juntas de una unidad para cada soplador de hollín.	1	2	3	4
Juego del 50% de cañones de quemadores de aceite combustible de una unidad.	1	2	3	4
Juego del 50% de quemadores de gas combustible de una unidad (manuera y difusor para tipo tangencial o anillos y sus lanzas para tipo frontal).	1	2	3	4
Piloto de gas y/o diesel.	2	4	6	8
Juego completo de ficha, contraficha y sus accesorios para atomizar aceite combustible por cada quemador para una unidad.	1	2	3	4
Dispositivo rotatorio de soplado de los calentadores regenerativos.	2	2	4	4
Unidad completa, por cada tipo, bomba sistema de lubricación para cojinetes de calentadores regenerativos de aire.	1	1	2	2
Filtros para el sistema de aceite de cojinetes de los calentadores regenerativos de aire.	2	2	2	2
Juego completo de cojinetes para un ventilador de tiro forzado.	1	1	2	2
Juego completo de sellos de flecha y aceite para un ventilador de tiro forzado.	1	1	2	2
Juego completo de chumaceras y sello de aceite para el motor del ventilador de tiro forzado.	1	1	2	2
Juego completo de chumaceras, sello de aceite, sello de flecha y deflector de calor para un ventilador de recirculación de gases (si se requiere).	2	2	4	4

GENERADORES DE VAPOR DE 160 Y 350 MW

ESPECIFICACION

CFE X4000-01

76 de 191

Partes de repuesto	Cantidad según número de unidades			
	1	2	3	4
Juego completo de empaques y chumaceras para una motobomba de agua de circulación controlada (si se requiere).	2	2	4	4
Juego completo de cables para el devanado para una motobomba de agua de circulación (si se requiere).	1	1	2	2
Juego de empaques para registro del domo.	4	4	8	8
Juego completo de micas y empaques de indicador de nivel absoluto de domo.	4	4	8	8
Juego completo de chumaceras, sello de flecha y deflector de calor para un ventilador de tiro inducido.	2	2	4	4
Juego completo de chumaceras y sello de aceite para motor del ventilador de tiro inducido.	1	1	2	2
Rodete con flecha para ventilador de tiro inducido.	1	1	2	2
Disco de válvula, asiento y resorte, por cada tipo de válvula de seguridad del domo, sobrecalentador y recalentador.	1	1	2	2
Filtro de aceite completo, del sistema de lubricación de un ventilador de tiro forzado.	2	2	4	4
Juego completo de candados y accesorios de álabes de un ventilador de tiro forzado.	2	2	4	4
Cujinete de empuje completo de un ventilador de tiro forzado.	2	2	4	4
Juego completo de junta de expansión para la descarga del ventilador de tiro forzado.	2	2	4	4
Juego de pistones de pistón de cada tipo para quemadores, también válvulas (si se requiere) de una unidad.	1	2	3	4
Crustales y empaques de cada tipo para mirillas de observación en quemadores, hogar y ventiladores reconstruibles.	5	10	15	20

GENERADORES DE VAPOR DE 160 Y 350 MW

ESPECIFICACION

CFE X4000-01

77 de 191

Partes de repuesto	Cantidad según número de unidades			
	1	2	3	4
Empaques para puertas de acceso al hogar, ductos y calentador regenerativo.	10	20	30	40
Mecanismo del movimiento de los álabes de un ventilador de tiro forzado.	1	1	1	1
Motor de accionamiento con reductor para calentador regenerativo de aire.	1	1	2	2
Bomba para sistema de lubricación chumacera guía, calentador regenerativo.	1	1	2	2
Bomba para sistema de lubricación chumacera soporte, calentador regenerativo.	1	1	1	1
Motor con ventilador para aire de enfriamiento a pilotos.	1	1	2	2
Motor con ventilador para enfriamiento de detectores de flama.	1	1	2	2
Devanado completo para cada tipo de motor de alta tensión.	1	1	2	2
Juego de resistencias calefactoras para los motores de alta tensión (cuando se requiera).	1	1	2	2

10.1.2 Partes de repuesto para los componentes de los sistemas de control

Partes de repuesto	Cantidad según número de unidades			
	1	2	3	4
Diafragma de cada rango de las celdas diferenciales.	1	1	2	2
Juego completo de interiores de las válvulas auto-operadas.	2	2	4	4
Juego de refacciones para los actuadores de las válvulas auto-operadas.	2	2	4	4
Juego de empaques para servomotor.	2	2	4	4
Posicionadores para válvulas auto-operadas.	2	2	4	4
Juego de refacciones para posicionadores de válvulas auto-operadas.	2	2	4	4

GENERADORES DE VAPOR DE 160 Y 350 MW

ESPECIFICACION

CFE X4000-01

78 de 191

Partes de repuesto	Cantidad según número de unidades			
	1	2	3	4
Actuador neumático para control de inclinación de quemadores (si se requiere).	1	1	2	2
Lote de refacciones para los actuadores de compuertas de aire y gases del 10% del total de cada tipo instaladas en cada unidad.	1	1	2	2
Interruptores de presión y temperatura de cada tipo y rango en una unidad.	1	1	2	2
Interruptores límite, por cada cinco del mismo tipo en una unidad.	1	1	2	2
Lote de válvulas solenoide del 10% del total de instaladas en una unidad.	1	1	2	2
Lote de bobinas para válvulas solenoide por cada cinco del mismo tipo.	1	1	2	2
Actuador completo de cada tipo por compuertas de quemadores por cada diez instalados en una unidad.	1	1	2	2
Actuador completo de cada tipo para inserción de quemadores por cada cinco instalados en una unidad.	1	1	2	2
Juego de empaques de cada tipo de actuadores de compuertas de quemadores por cada dos instalados.	1	1	2	2
Juego de empaques de cada tipo de actuadores de inserción de quemadores por cada dos instalados.	1	1	2	2
Juego de interiores de cada tipo de válvulas de corte de quemadores y pilotos, por cada cinco en una unidad.	1	1	2	2
Detectores de flama completos de quemadores.	2	2	3	3
Cajas de control para pilotos incluyendo detector de flama.	2	2	4	4
Juego completo de refacciones para detectores de flama de quemadores por cada cinco en una unidad.	1	1	2	2

GENERADORES DE VAPOR DE 160 Y 350 MW

ESPECIFICACION

CFE X4000-01

78 de 191

Partes de repuesto	Cantidad según número de unidades			
	1	2	3	4
Actuador neumático para control de inclinación de quemadores (si se requiere).	1	1	2	2
Lote de refacciones para los actuadores de compuertas de aire y gases del 10% del total de cada tipo instaladas en cada unidad.	1	1	2	2
Interruptores de presión y temperatura de cada tipo y rango en una unidad.	1	1	2	2
Interruptores límite, por cada cinco del mismo tipo en una unidad.	1	1	2	2
Lote de válvulas solenoide del 10% del total de instaladas en una unidad.	1	1	2	2
Lote de bobinas para válvulas solenoide por cada cinco del mismo tipo.	1	1	2	2
Actuador completo de cada tipo por compuertas de quemadores por cada diez instalados en una unidad.	1	1	2	2
Actuador completo de cada tipo para inserción de quemadores por cada cinco instalados en una unidad.	1	1	2	2
Juego de empaques de cada tipo de actuadores de compuertas de quemadores por cada dos instalados.	1	1	2	2
Juego de empaques de cada tipo de actuadores de inserción de quemadores por cada dos instalados.	1	1	2	2
Juego de interiores de cada tipo de válvulas de corte de quemadores y pilotos, por cada cinco en una unidad.	1	1	2	2
Detectores de flama completos de quemadores.	2	2	3	3
Cajas de control para pilotos incluyendo detector de flama.	2	2	4	4
Juego completo de refacciones para detectores de flama de quemadores por cada cinco en una unidad.	1	1	2	2

**GENERADORES DE VAPOR PARA 160 Y 350 MW**

**ESPECIFICACION**

CFE X4000-01

79 de

Partes de repuesto	Cantidad según número de unidades			
	1	2	3	4
Juego completo de refacciones para detectores de flama de pilotos por cada cinco en una unidad.	1	1	2	2

**10.2 Partes de Repuesto que Recomienda el Proveedor**

Si además de las refacciones que se solicitan, el Proveedor considera que deben adquirirse otras, debe cotizarlas, indicando en su oferta la descripción de las mismas y los precios unitarios correspondientes.

Estas partes de repuesto recomendadas, no deben formar parte del suministro del Proveedor y su adquisición será opcional para la Comisión

**10.3 Herramientas Especiales**

Se debe suministrar un juego de las herramientas especiales que se requieran, incluyendo entre otras, las siguientes:

- juego completo de gatos especiales para la bomba de agua de circulación controlada, (si se requiere),
- bomba de aceite para ensamblar y desensamblar la motobomba de agua de circulación controlada (si se requiere),
- juego de tapones para bloquear la bomba de agua de circulación controlada (si se requiere).

**11 SERVICIOS DE SUPERVISION DE MONTAJE, PUESTA EN SERVICIO Y APOYO TECNICO**

Estos Servicios se harán conforme a la especificación CFE L0000-36.

**12 CARACTERISTICAS PARTICULARES**

Las Características Particulares que la Comisión debe proporcionar al solicitar la cotización de los generadores de vapor de un proyecto, son las que se indican en las formas DTF-116 anexas a esta especificación.

**13 INFORMACION REQUERIDA**

**13.1 En la Oferta**

Las ofertas deben venir acompañadas de la siguiente documentación y deben apearse a lo que se indica en el apéndice C.

- a) Cuestionario contestado (ver capítulo 15).
- b) Dibujos que deben mostrar la localización de los diferentes componentes, incluyendo entre otros: quemadores, sobrecalentador, recalentador atemperadores, economizador, ventiladores, ductos, calen-

tadores regenerativos de aire, precalentadores de aire a vapor, - puertas de acceso, mirillas, arreglo del techo, sopladores de ho-llfn (tanto iniciales como futuros), escaleras y plataformas. Los dibujos también deben mostrar la localización de los puntos de conexión y tamaños nominales de las tuberías críticas. Se deben marcar los claros necesarios para remover y montar el equipo donde - así se necesite.

- c) Lista de datos de partes a presión, incluyendo materiales, diámetros, espesores y pesos.
- d) Dibujos de los componentes y equipos auxiliares principales, incluyendo entre otros:
  - calentador regenerativo,
  - bomba de circulación controlada (si se requiere).
- e) Planta preliminar de cimentación con cargas
- f) Fuerzas y momentos admisibles en las boquillas, en los tres ejes, para vapor sobrecalentado, vapor recalentado frío, vapor recalentado caliente y agua de alimentación.
- g) Diagramas de flujo, tubería e instrumentación, para los siguientes sistemas:
  - agua - vapor,
  - aire - gases,
  - combustible,
  - vapor auxiliar,
  - aire de enfriamiento.
- h) Diagramas que muestren el arreglo del sobrecalentador, recalentador y economizador, a lo largo del paso de los gases, e indiquen las - temperaturas de metal, vapor y gases en los distintos puntos. También se deben señalar las uniones entre tubos de diferentes materiales.
- i) Diagrama de velocidades de aire y gases, a lo largo de la unidad, incluyendo los ductos respectivos, a carga máxima continua.
- j) Curvas de comportamiento del generador de vapor incluyendo:
  - flujo, temperatura y presión de vapor principal y recalentado caliente contra carga (con y sin atemperación),
  - temperatura permisible del agua de alimentación contra carga.

81 de 91

- flujo de aire contra carga,
  - flujo y presión de agua de atemperación contra carga,
  - flujo de gases de recirculación contra carga y temperatura de vapor recalentado, si se requiere,
  - curvas de resistencia del sistema de aire-gases contra carga,
  - flujo, presión y temperatura del vapor auxiliar contra carga (con servicios propios y de la central),
  - curva de rendimiento contra carga,
  - flujo y temperatura del aire a la entrada del calentador regenerativo contra carga (basado en las condiciones más desfavorables),
  - temperatura de los gases y exceso de oxígeno a la salida del economizador contra carga,
  - flujo de vapor del precalentador de aire a vapor contra carga,
  - curvas características de todos los ventiladores,
  - curvas características de las bombas de circulación controlada (si se requiere) mostrando su carga, potencia al freno, eficiencia y carga estática positiva neta de succión requerida, de 0 a 150% del gasto indicado,
  - condiciones de combustible (flujo, presión y número de quemadores) contra carga,
  - nivel mínimo de operación en el domo contra ppm de sólidos en el vapor,
  - tiempo de arranque contra temperatura del agua de alimentación.
- k) Descripciones y especificaciones completas del equipo, incluyendo partidas auxiliares tales como válvulas de seguridad, aislamiento térmico y refractario del generador de vapor y equipo auxiliar, - descripción completa de los separadores de vapor o medios equivalentes para remover la humedad del vapor que saldrá del domo, descripción de las mamparas de agua u orificios si se usan para distribuir agua o vapor a cualquier circuito del generador de vapor o a los tubos del economizador y descripción de quemadores y pilot's.
- l) Relación explícita de todas las limitaciones que existen para operar la unidad continuamente a cargas reducidas.

- m) Manual de control de calidad, procedimientos de fabricación y evaluación de sus proveedores.
- n) Lista de motores a suministrar.
- ñ) Lista de válvulas y datos.
- o) Criterio para seleccionar los materiales de todas las partes a presión.
- p) Diagramas de Goodman para las partes a presión.
- q) Lista de herramientas especiales.
- r) Lista de las partes de repuesto que se suministran y se recomiendan.
- s) Programas de ingeniería, fabricación, inspección y embarque para los diferentes componentes del generador de vapor.
- t) Lista de los dibujos principales que se enviarán una vez colocada la orden.
- u) Programa de capacitación.
- v) Lista detallada de la instrumentación a suministrar incluyendo válvulas.
- w) Diagramas de bloques.
- x) Índice de instrumentos.
- y) Recomendación guía de los sistemas de control (como se indica en 13.1.1).

#### 13.1.1 Información Requerida

Toda la información que a continuación se cita, debe entregarse como parte integrante de la oferta.

- a) Cuestionario contestado.
- b) Catálogo de precios de los equipos ofrecidos.
- c) Manual de control de calidad, procedimientos de fabricación y evaluación de sus Proveedores.
- d) Criterio para selección de materiales.
- e) Programas de ingeniería, fabricación, inspección y embarque de la diferentes partidas.

- f) Dibujo de arreglo general del elevador, máquinas, cabina, rieles, poleas, contra-peso, indicando todas las dimensiones y características de construcción, localización de puntos en donde se requiera el suministro de servicios por Comisión, etc.
- g) Dibujo seccional de la máquina y el regulador de velocidad, indicando detalles de construcción, lista de materiales, nombres de todas las partes y sus números de identificación.
- h) Diagrama del cableado del control y descripción de todos los dispositivos de seguridad, suministrados.

### 13.1.2 Recomendación gufa de los sistemas de control

El Proveedor debe suministrar con su oferta los siguientes documentos que se usarán como guía básica para diseñar los sistemas de control del generador de vapor y supervisión y protección de quemadores, debiendo contener la mejor experiencia y práctica de ingeniería del Proveedor. Adicionalmente, esta información se entregará en forma detallada y específica después de colocada la orden de compra.

El cumplimiento en la entrega de esta información es obligatorio, considerando la entrega parcial o incompleta como motivo de penalización en el proyecto y descalificación para futuros proyectos.

- a) Recomendación sobre los sistemas de control para todas y cada una de las variables analógicas que lo requieran, con objeto de mantenerlas dentro de los rangos permisibles de operación conervar la garantía operativa del generador de vapor, la cual debe presentarse mediante lo siguiente:
  - diagramas funcionales detallados de control analógico representados según la simbología de la norma SAMA R C22.11, incluyendo, interconexiones y curvas de calibración para generadores de función, que se deben anexar a cada diagrama.
  - descripción detallada por escrito, de la operación de cada circuito de control analógico, incluyendo las interrelaciones lógicas necesarias y las características de respuesta dinámica requeridas, indicando los porcentajes de variación máximos permisibles de los parámetros a controlar,
  - descripción detallada por escrito de las características funcionales de los elementos primarios y finales de control, incluyendo las curvas de calibración de elementos finales de control para asegurar la adecuada interfase de la acción, del sistema de control sobre el elemento final y el proceso,
  - lista de valores de ajuste y rangos de operación de los algoritmos de control y elementos auxiliares de

los sistemas de control, así como de los elementos primarios y finales, tanto en porcentaje, como en unidad de ingeniería.

- b) Recomendación sobre los sistemas de control lógico para que la operación, supervisión y protección de quemadores y pilotos sea segura, confiable y estable conservándose la garantía operativa del generador de vapor, la cual debe presentarse mediante lo siguiente:
- diagramas funcionales detallados, del control lógico de los siguientes subsistemas: purga, encendido y apagado de pilotos y quemadores, protección y supervisión, incluyendo una lista de señales de entrada y salida, interconexiones entre subsistemas y requerimientos de otros sistemas diagramas de secuencia de arranque y paro y diagramas de flujo,
  - descripción detallada por escrito de la secuencia de operación de cada subsistema,
  - descripción de los niveles de operación recomendados (manual local, manual-remoto, automático, etc.),
  - descripción detallada por escrito de las características y requerimientos eléctricos de los interruptores de posición, bobinas de válvulas solenoide y elementos finales de control,
  - cajas de terminales y tableros de control local incluidos dentro del alcance de suministro.
- c) Recomendación sobre el control lógico de operación, protección y supervisión de equipo principal como son ventiladores, precalentadores, bombas, etc., mediante:
- diagramas funcionales detallados de control lógico incluyendo lista de entradas y salidas e interconexiones,
  - descripción detallada por escrito de la secuencia de operación de cada diagrama lógico.
- d) Recomendación de los puntos de muestreo y tipo de variables químicas por analizar en agua y vapor incluyendo una lista con los rangos de medición y valores de ajuste, que garanticen la correcta operación y vida útil del generador de vapor.
- e) Recomendación sobre la localización de instrumentos que midan elementos primarios y finales de control, instrumentos (relés, manómetros, termómetros, etc.) cajas de terminales y tableros de control etc., mediante:

- diagramas de localización, desarrollados en planos de arreglo físico, por niveles normales del fabricante,
  - diagramas típicos de instalación.
- f) Recomendación de las variables a presentarse al operador de los tableros del cuarto de control central, requeridas para una adecuada operación y supervisión del generador de vapor, señalando si se aconseje alarma, indicación o registro, debiendo presentarse en tres niveles: opcional, recomendado o imperativo.
- g) Recomendación sobre la filosofía de operación de los diferentes sistemas en caso de falla del suministro de energía.
- h) Recomendación de operación y control sobre el generador de vapor, cuando exista un disparo de unidad y se desee mantener operando los quemadores a fuego mínimo (sistema denominado FAST CUT BACK) incluyendo diagramas lógicos, analógicos, descripciones funcionales y detallados y toda la información necesaria para su adecuada implementación.

### 13.2 Después de Colocar la Orden

El Proveedor se obliga a enviar a la Comisión, para cada central, cuatro reproductibles y cuatro copias heliográficas de los siguientes dibujos cada vez que se envíen para su revisión o aprobación definitiva. Para cada caso se indican los tiempos en que el Proveedor debe proporcionar a la Comisión la información requerida.

D e s c r i p c i ó n	Después de colocar la orden Semanas
Dibujos de arreglos generales en elevación, planta y cortes mostrando la localización de los diferentes componentes y - conexiones de tuberías principales.	5
Arreglo general de ductos de aire y gases.	5
<p>Curvas de comportamiento que se solicitan en 13.1 (j), y -- además, curvas de comportamiento garantizadas para motores incluyendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- velocidad contra par a 100% de la tensión nominal,</li> <li>- velocidad contra factor de potencia a 100% de la - tensión nominal,</li> <li>- velocidad contra corriente a 100% de la tensión -- nominal,</li> <li>- curva tiempo-velocidad cuando el motor esté acelerando la carga conectada (para motores de 37kW(50 HP o mayores) a 100% de tensión nominal o a cual-- quier otra tensión indicada en la requisición,</li> <li>- curva de corriente-tiempo seguro (curva de calentamiento del motor o curva de calentamiento del motor o curva destructiva) para rotor bloqueado y con un arranque normal a la temperatura de operación en el caso de motores integrales.</li> </ul>	5 10(las de motores)
Diagramas de carga y cimentaciones.	8
Diagramas de patrones de flujo de gases dentro de la caldera.	30
Dibujos de arreglo y detalle de partes a presión, incluyendo paredes del hogar, sobrecalentadores, recalentadores, domo economizador, cabezales, tubos de bajada y atemperadores.	10

<p>Lista de datos de partes a presión, incluyendo materiales diámetros, espesores y pesos.</p>	<p>10</p>
<p>Diagramas de fuerzas y momentos permitidos en los puntos de conexión con las tuberías de agua y vapor de la Comisión.</p>	<p>5</p>
<p>Dibujos completos de la estructura, con detalles de columnas, traveses y contraventeos, pasillos, plataformas, escaleras, pasamanos, soportes, guías y otros aditamentos de fijación.</p>	<p>10</p>
<p>Dibujos de detalle de equipos auxiliares incluyendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- calentadores regenerativos de aire,</li> <li>- ventiladores,</li> <li>- compuertas,</li> <li>- juntas de expansión,</li> <li>- precalentadores de aire a vapor,</li> <li>- válvulas de seguridad,</li> <li>- sopladores de hollín,</li> <li>- quemadores y sus accesorios,</li> <li>- bomba de circulación controlada (si se requiere),</li> <li>- gabinetes de campo, cajas de terminales e insertos.</li> </ul>	<p>14</p>
<p>Diagramas de flujo, tubería e instrumentación, para los siguientes sistemas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- agua-vapor,</li> <li>- aire-gases,</li> <li>- combustible,</li> <li>- vapor auxiliar,</li> <li>- aire de enfriamiento,</li> <li>- gas natural,</li> <li>- aceite diesel,</li> <li>- vapor a sopladores de hollín.</li> </ul>	<p>5</p>
<p>Diagramas esquemáticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de temperatura a través de la trayectoria de flujo del generador de vapor para los gases de combustión vapor y metales de tubos y cabezales.</li> </ul>	<p>8</p>

Información de los sistemas de control detallada y específica para las unidades a suministrar según inciso 13.1.2	10
Memoria de cálculo de válvulas auto-operadas de seguridad y alivio.	10
Hojas de datos de instrumentos	10
Diagrama de localización de termopares y terminales (sobre calentador, recalentador y metal del domo).	10
Diagramas de alambrado y un dibujo de características exteriores mostrando la localización de las cajas de terminales y su tamaño, la localización de las cajas terminales auxiliares y de las cajas de conexión para calentadores de espacio y detectores de temperatura, así como detalles de montaje.	10
Dibujos eléctricos incluyendo diagramas de alambrado, conexiones y localización de las terminales para todo equipo eléctrico y de control.	10 16 (para localización de terminales)
Dibujos de arreglo de tuberías para: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Combustible,</li> <li>- vapor auxiliar,</li> <li>- aire de enfriamiento,</li> <li>- sistema de almacenamiento de nitrógeno,</li> <li>- sistema de muestreo y dosificación de químicos,</li> <li>- aire de instrumentos y servicios,</li> <li>- agua de servicio y contra incendio.</li> </ul>	16
Listado de cada uno de los siguientes componentes: <ul style="list-style-type: none"> <li>- instrumentos,</li> <li>- válvulas,</li> <li>- dibujos,</li> <li>- cables,</li> <li>- lista de puntos de conexión, incluyendo, todos los datos de las tuberías y condiciones de diseño y operación, temperatura y presión.</li> </ul>	10 14 5 14 10

continuación

Procedimientos de soldadura para taller y campo. (incluyendo la carta de soldadura de las partes a presión, en normas americanas).	6
Especificaciones de cubierta, refractario y aislamiento.	20
Grado de fabricación en taller y ensamble en campo, para las partes a presión indicando dimensiones y pesos de embarque.	10
Descripción detallada de la puesta a tierra y blindaje específicos requeridos por los componentes de los sistemas de control.	10
Instructivos de montaje.	20 (estructura) 30 (resto del equipo).
Programa de arranque.	30
Instructivos de operación, mantenimiento y puesta en servicio.	30
Libro de montaje, operación y mantenimiento de la instrumentación.	30
Procedimiento de empaque y embalaje.	20
Instructivo y procedimiento de las pruebas en fábrica y campo	6 (fábrica) 14 (campo)
Informe de pruebas en fábrica.	2 después de cada prueba.

## 14 BASES DE EVALUACION Y PENALIZACIONES

## 14.1 Bases de Evaluación

Las bases de evaluación que en este capítulo se mencionan; tienen como propósito proporcionar una guía general para preparar y evaluar las ofertas y no deben considerarse de ninguna manera como las únicas, por lo que la Comisión se reserva el derecho de usar otros conceptos y factores que a su juicio considere necesarios para la evaluación de las mismas.

El Proveedor debe cumplir con todo lo relativo a las ofertas de la especificación Comercial General CFE L0000-03.

Para determinar la diferencia en costos de operación y mantenimiento de conceptos - que no se mencionen específicamente en este capítulo, la Comisión definirá una tasa - de interés anual, una vida útil de la central y un valor de amortización anual, para cada caso, en Características Particulares.

## 14.1.1 Tiempo de entrega de la información

Si la entrega de dibujos críticos por parte del Proveedor, tarda más de 30 días calendario, respecto de los tiempos que se indican en el inciso 13.2, queda a juicio de la Comisión descalificar la oferta.

## 14.1.2 Cimentación y montaje

Se tomarán en cuenta los costos relacionados con los espacios requeridos, equipo necesario y mano de obra para cimentación y montaje.

## 14.1.3 Demanda máxima de potencia

Entre las ofertas, se considerará un cargo por la demanda máxima de potencia correspondientes a los equipos auxiliares de la unidad<sup>1</sup>).

## 14.1.4 Consumo de energía

Entre las ofertas, se considerará un cargo por la diferencia en consumo de energía correspondiente a los equipos auxiliares de la unidad<sup>1</sup>).

## 14.1.5 Agua de atemperación

Se considerará el efecto de la cantidad de agua sobre la variación en el consumo térmico unitario del turbogenerador correspondiente.

Cuando las condiciones de presión para temperar sean tales que la presión de descarga de la bomba de agua de alimentación debe seleccionarse con este valor, se aplicará un cargo correspondiente al incremento en costo, demanda de potencia y consumo de energía de la bomba, usando los mismos factores que se indican para los conceptos mencionados en 14.1.3 y 14.1.4 o al costo, demanda de potencia y consumo de energía de una bomba de refuerzo.

Nota: El factor correspondiente se fija, para cada caso, en las Características Particulares.

14.1.6 Consumo y manejo de combustible

El consumo promedio de combustible (CPC) se calculará por medio de la siguiente fórmula:

$$CPC = \frac{a(C50) + b(C75) + c(C100)}{a + b + c}$$

donde:

C50 consumo de combustible al 50% de capacidad nominal.

C75 consumo de combustible al 75% de capacidad nominal.

C100 consumo de combustible al 100% de capacidad nominal.

a: parte proporcional de tiempo en operación al 50% de la capacidad nominal.

b: parte proporcional de tiempo en operación al 75% de la capacidad nominal.

c: parte proporcional de tiempo en operación al 100% de la capacidad nominal.

Los consumos de combustible en kg/h a las diferentes cargas, se calcularán con la siguiente expresión:

$$C = \frac{(F_v - F_{as})(h_v - h_a) + (F_r - F_{ar})(h_r - h_{ri}) + F_{as}(h_v - h_{as}) + F_{ar}(h_r - h_{ar}) + F_p(h_p - h_a) - F_{ax}(h_{axi} - h_{axs})}{(pcs)}$$

Donde debe tomarse el valor correspondiente a la carga de que se trate y los símbolos significan lo siguiente:

- Fv = Flujo de vapor a la salida del sobrecalentador.
- Fr = Flujo de vapor a la salida del recalentador.
- Fas = Flujo de agua de atemperación al sobrecalentador.
- Far = Flujo de agua de atemperación al recalentador.
- Fp = Flujo de purga continua.
- Fax = Flujo de vapor a precalentador de aire a vapor.
- hv = Entalpia del vapor a la salida del sobrecalentador.
- hrs = Entalpia del vapor a la salida del recalentador.
- hri = Entalpia del vapor a la entrada del recalentador.
- ha = Entalpia del agua de alimentación a la entrada del economizador.
- has = Entalpia del agua de atemperación al sobrecalentador.
- har = Entalpia del agua de atemperación al recalentador (igual a has).
- hp = Entalpia de la purga continua.
- haxi = Entalpia del vapor a la entrada del precalentador de aire a vapor.

haxs= Entalpia del vapor a la salida del precalentador de aire a vapor con vapor.  
 pcs= Poder calorífico superior del combustible.  
 = Rendimiento del generador de vapor calculado de acuerdo con lo que se estipula en el código ASME PTC4.1 y considerando una temperatura del bulbo seco de 20°C.

Se evaluarán las diferencias con respecto al Concursante que resulte con el menor, - consumo de combustible<sup>1</sup>). Se considerará un ajuste por manejo de combustible, en el - cual se tendrá una banda de tolerancia de  $\pm 0.3\%$  de eficiencia del generador de vapor.

#### 14.1.7 Vapor auxiliar

Se considerará el costo del consumo de agua tratada y asociada con el suministro de - vapor para atomización de aceite combustible (agua de respuesto<sup>1</sup>).

#### 14.1.8 Condiciones de agua de alimentación a la entrada del economizador

Se considerarán las condiciones del agua de alimentación a la entrada del economizador requeridas por el Concursante, por lo tanto se aplicará un cargo correspondiente al - incremento en costo, demanda de potencia y consumo de energía de la bomba.

#### 14.1.9 Grado de prefabricación

Se tomará en cuenta el grado de prefabricación y el número de soldaduras en el campo.

#### 14.1.10 Fabricación Mexicana

Se evaluará conforme a la especificación CFE L0000-27.

#### 14.2 Penalizaciones

En caso que cualquiera de los equipos o parte de ellos no cumpla con las garantías - ofrecidas o que el Proveedor falte a alguno de los compromisos contraídos con el suministro de la orden, se aplicarán las penas que correspondan de acuerdo con las bases que a continuación se estipulan, tomando en cuenta que éstas no limitan de ninguna manera el derecho de la Comisión de rechazar todos o cualquiera de los equipos o - parte de ellos, si así lo considera conveniente; que no se dará ningún crédito en -- efectivo al Proveedor por cualquier mejora lograda sobre los valores garantizados y - que en todo lo concerniente a este aspecto, se aplicará la especificación.

##### 14.2.1 Entrega de dibujos, instructivos y datos técnicos

El Proveedor debe pagar a la Comisión una cantidad equivalente al 0.7% del valor total de la orden, por cada semana de atraso en la entrega de dibujos, instructivos, manuales de calidad y datos técnicos con respecto al programa que se establece en la orden. En caso de que los retrasos exceden 30 días la cancelación de la orden queda a juicio de la Comisión.

##### 14.2.2 Entrega del equipo

El Proveedor debe pagar a la Comisión una cantidad equivalente al 1.4% del valor total de la orden, por cada semana de atraso en la entrega del equipo con respecto al programa que se indica en la orden.

Nota: 1) El factor correspondiente se fija, para cada caso en las Características Particulares.

#### 14.2.3 Reducción en fabricación mexicana

Si durante la verificación del equipo se encuentra que el grado de fabricación mexicana es menor del que se indicó en la oferta, se debe aplicar una pena de acuerdo a la especificación CFE L0000-27.

#### 14.2.4 Atraso en la operación comercial

En caso que la fecha de operación comercial se retrase por causas atribuibles al Proveedor, esto se debe considerar como un atraso en la entrega del equipo, por lo cual se aplicará una pena igual a la que se indica en el inciso 14.2.2.

#### 14.2.5 Funcionamiento de auxiliares

Si existe diferencia entre la potencia instalada real y la garantizada para auxiliares cada kW que se exceda del valor garantizado se penalizará. Asimismo, cuando se exceda el valor garantizado de consumo de energía, la diferencia se penalizará.<sup>1)</sup>

#### 14.2.6 Capacidad

En caso que los generadores de vapor no sean capaces de entregar la capacidad máxima continua garantizada a la salida del sobrecalentador, y recalentador, bajo condiciones garantizadas, a criterio de la Comisión se rechazará el equipo o se aplicará una penalización por cada 10 000 kg/h de deficiencia.<sup>1)</sup>

#### 14.2.7 Rendimiento y consumo de combustible

Se penalizará el rendimiento tomando como base el consumo promedio de combustible para lo cual se aplicará un cargo por cada 0.1% de aumento de dicho consumo con respecto al valor garantizado<sup>1)</sup> y tomando en cuenta lo indicado en el inciso 14.1.6.

#### 14.2.8 Condiciones de agua de alimentación a la entrada del economizador

Se considerará un cargo de acuerdo con lo indicado en 14.1.8.

#### 14.2.9 Agua de atemperación

En caso que las condiciones de agua de atemperación sean diferentes a las garantizadas las penas se aplicarán según se establece en el inciso 14.1.5.

#### 14.2.10 Agua de repuesto

Si el generador de vapor se excede en el consumo de agua de repuesto garantizado se aplicará un cargo<sup>1)</sup>.

#### 14.2.11 Grado de prefabricación

En caso de que durante el montaje se encuentre que el grado de prefabricación es menor al que se indicó en la oferta, se aplicará un cargo equivalente al costo que se derive por el trabajo realizado en el campo.

Nota: 1) El factor correspondiente se fija, para cada caso, en las Características Particulares.

#### 14.3 Cargos por Modificaciones

Las penas de comportamiento se deben aplicar hasta que el Proveedor corrija los sistemas y equipos para que cumplan con las garantías.

Las modificaciones deben estar sujetas a la aprobación de la Comisión así como el programa respectivo.

En el caso de una repetición de la prueba por duda, ya sea por parte del Proveedor o por parte de la Comisión, el costo debe ser cubierto por la parte que lo haya solicitado. Si la parte que solicitó la repetición tienen la razón en la duda, la prueba debe ser pagada por la otra parte.

Si para corregir el cumplimiento de los parámetros garantizados hubiera necesidad de efectuar modificaciones y/o pruebas adicionales, los costos que resultaren de éstas deben ser por cuenta del Proveedor.

15 CUESTIONARIO

El Concursante debe proporcionar a la Comisión los datos que se piden en el cuestionario de este capítulo, acompañando copia del mismo al presentar su oferta.

15.1 Garantías

Los datos que se requieren garantizados representan un compromiso de garantías, firmes por parte del Concursante y se consideran como base para la aplicación de penalizaciones o rechazo de los equipos.

15.1.1 Características del generador de vapor

Los datos que se requieren garantizados para el generador de vapor se indican en las tablas 8, 9, 10.

15.1.2 Características de los sistemas de control del generador de vapor

En la tabla 11 se indican los datos que se requieren garantizados para el control del generador de vapor.

15.1.3 Características de los sistemas de control, protección y supervisión de quemadores

En la tabla 12 se indican los datos que se requieren garantizados para el control, protección y supervisión de quemadores.

15.2 Datos Complementarios

15.2.1 Características de comportamiento

En las tablas 13, 14, 15 y 15a, 15b y 15c se indican datos complementarios de comportamiento.

15.2.2 Características de los motores

En la tabla 17 se indican las características de los motores según su aplicación.

15.3 Datos del Equipo

15.3.1 Datos generales

Fabricante del generador de vapor \_\_\_\_\_

Modelo \_\_\_\_\_

Tipo de circulación \_\_\_\_\_

Presiones (manométricas) de diseño: \_\_\_\_\_

- domo, \_\_\_\_\_ kPa  $\text{kg/cm}^2$

- sobrecalentador, \_\_\_\_\_ kPa  $\text{kg/cm}^2$

- recalentador \_\_\_\_\_ kPa \_\_\_\_\_ kg/cm<sup>2</sup>
- economizador \_\_\_\_\_ kPa \_\_\_\_\_ kg/cm<sup>2</sup>

Tabla 8 - Características garantizadas de operación del generador de vapor

Concepto	Unidades	Combustible												
		GAS				ACEITE								
		% de Carga				% de Carga								
		50 <sup>1)</sup>	75	100	CMC	50 <sup>1)</sup>	75	100	CMC					
Agua de entrada al economizador	Flujo	t/h												
	Presión manométrica	kPa (Kg/cm <sup>2</sup> )												
	Temperatura	°C												
Domo	Entalpia específica	kJ/Kgcal/Kg												
	Presión manométrica	kPa (Kg/cm <sup>2</sup> )												
	Variación en nivel	mm												
Salida sobrecalentador	Flujo	t/h												
	Presión manométrica	kPa (Kg/cm <sup>2</sup> )												
	Temperatura	°C												
Salida recalentador	Flujo	t/h												
	Presión manométrica	kPa (Kg/cm <sup>2</sup> )												
	Temperatura	°C												
Caída de presión total	Entrada economizador a salida sobrecalentador	kPa (Kg/cm <sup>2</sup> )												
	Recalentador	kPa (Kg/cm <sup>2</sup> )												
Entrada de agua al atemperador del sobrecalentador	Flujo	t/h												
	Presión manométrica	kPa (Kg/cm <sup>2</sup> )												
	Temperatura	°C												
Entrada de agua al atemperador del recalentador	Flujo	t/h												
	Presión manométrica	kPa (Kg/cm <sup>2</sup> )												
	Temperatura	°C												
Vapor auxiliar para servicios propios a la salida de la estación reguladora	Flujo	t/h												
	Presión manométrica	kPa (Kg/cm <sup>2</sup> )												
	Temperatura	°C												
Vapor auxiliar para servicios de la central a la salida de la estación reguladora	Flujo	t/h												
	Presión manométrica	kPa (Kg/cm <sup>2</sup> )												
	Temperatura	°C												
Vapor para atomización	Flujo	t/h												
	Presión manométrica	kPa (Kg/cm <sup>2</sup> )												
	Temperatura	°C												
Entrada de vapor auxiliar a los precalentadores de aire a vapor	Flujo	t/h												
	Presión manométrica	kPa (Kg/cm <sup>2</sup> )												
	Temperatura	°C												
Purga continua	Flujo	t/h												
	Presión	kPa (mm H <sub>2</sub> O)												
	Temperatura	°C												
Salida del calentador regenerativo de aire (lado aire)	Flujo	t/h												
	Presión (salida)	kPa (mm H <sub>2</sub> O)												
	Temperatura (salida)	°C												
Hogar	Presión nominal de operación	kPa (mm H <sub>2</sub> O)												
	Temperatura	°C												
Salida del economizador (gases)	Flujo (gases)	t/h												
	Temperatura	°C												
Calentador regenerativo de aire (lado aire)	Flujo (aire)	t/h												
	Temperatura (entrada)	°C												
Ventilador de tiro inducido	Presión de succión	kPa (mm H <sub>2</sub> O)												
	Presión de descarga	kPa (mm H <sub>2</sub> O)												
	Flujo	t/h												
Caída de presión en el calentador regenerativo de aire	Lado aire	kPa (mm H <sub>2</sub> O)												
	Lado gases	kPa (mm H <sub>2</sub> O)												
Entrada de combustible a quemadores	Flujo	t/h												
	Temperatura	°C												
Rendimiento de la unidad <sup>2)</sup>														
Demanda total de potencia de auxiliares		kW												

1) Para información a menos que se requiera garantizado en características particulares.  
 2) Excluyendo potencia de auxiliares, pero incluyendo el calentamiento de los calentadores de aire regenerativo y precalentadores de aire a vapor instalados en el PCS del generador de vapor.

GENERADOR DE VAPOR PARA 160 Y 110 MW

EQUIPO PARA 160 Y 110 MW

TABLA 9 - Datos adicionales garantizados del generador de vapor

Características	Valores	
Potencia total instalada del equipo en el suministro.	_____ kW	
El nivel de ruido en cualquiera de los componentes del generador de vapor, no excederá -- de:	_____ dBA	
La emisión de óxido de nitrógeno y de otros -- contaminantes en los gases de combustión, sin equipo de control de emisiones, y a cualquier carga no excederá de los siguientes valores:  --NO <sub>x</sub> (kg/10 <sup>6</sup> kcal)  --SO <sub>2</sub> (kg/10 <sup>6</sup> kcal) <sup>1</sup>  --SO <sub>3</sub> (kg/10 <sup>6</sup> kcal) <sup>1</sup>  --Cenizas (kg/10 <sup>6</sup> kcal) <sup>1</sup>	gas _____ _____ _____ _____	aceite _____ _____ _____ _____
<sup>1</sup> Para información.		

15.3.1.1 Emisión de NO<sub>x</sub> a las diferentes cargas.

<u>carga/combustible</u>	<u>gas</u>	<u>aceite</u>
CMC	_____	_____
100%	_____	_____
75%	_____	_____
50%	_____	_____

TABLA 10 – Variaciones garantizadas de operación del generador de vapor

	Carga fija	Variaciones de carga por minuto			
		3 %	5 %	10 %	20 %
Presión del vapor sobrecalentado kPa (kg/cm <sup>2</sup> ) A partir de qué Rango de carga hasta CMC	+ _____ _____ %				
Temperatura del vapor sobrecalentado °C A partir de qué Rango de carga hasta CMC	+ _____ _____ %				
Temperatura del vapor recalentado caliente °C A partir de qué Rango de carga hasta CMC	+ _____ _____ %				
Exceso de oxígeno en % quemando aceite combustible A partir de qué rango de carga hasta CMC	_____ % + _____ - _____ _____ %				
Exceso de oxígeno en % quemando gas A partir de qué Rango de carga hasta CMC	_____ % + _____ - _____ _____ %				

108

TABLA 11 – Características garantizadas de los sistemas de control del generador de vapor

OPERACION A UNA RAZON CONSTANTE DE PRESION DE ESTRANGULAMIENTO					
Variable controlada	Cargas fijas 1%	Variación de carga por minuto			
		3%	5%	10%	20%
Presión de estrangulamiento kPa (kg/cm <sup>2</sup> )					
Temperatura del vapor sobrecalentado °C					
Temperatura del vapor recalentado caliente °C					
Variación de exceso de oxígeno a la salida del economizador					
Nivel del desgasificador mm					
Nivel de agua del domo mm					

CARACTERISTICA	VALOR		
Condiciones normales y anormales de temperatura y humedad y tiempos permisibles, dentro de los cuales garantiza la operación del equipo de control	temperatura	humedad	tiempo
	_____	_____	_____
	_____	_____	_____

TABLA 12- Requisitos de los sistemas de control, protección y supervisión de quemadores

<p>Requisitos especiales para el cable prefabricado entre los gabinetes lógicos y cajas de conexión al frente de los quemadores.</p> <p>a) Se requiere cable armado</p> <p>b) Pueden los cables estar colocados de una manera indiscriminada en las charolas -- que contengan cables para otros usos.</p> <p>c) Tipo de conectores para el cable.</p> <p>d) Otras restricciones</p>	<p>_____</p> <p>(Si o No)</p> <p>_____</p> <p>(Si o No)</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>Reacción del sistema a</p> <p>a) Pérdida completa del suministro de corriente alterna.</p> <p>b) Pérdida gradual de tensión de corriente alterna, de 100% a 70% de la nominal durante un periodo de un minuto</p> <p>c) La restauración de potencia después de las condiciones descritas en "a" y "b"</p>	<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>Establecer cualquier requisito ambiental para el gabinete de la lógica de estado sólido</p>	<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>Establecer los métodos utilizados para prevenir falla en operación del sistema en el caso de pérdida de la señal de entrada, o de falla u operación anormal de un componente</p>	<p>_____</p> <p>_____</p>

TABLA 13 - Datos complementarios de comportamiento del generador de vapor

Concepto	Unidades	Combustible																		
		GAS					ACEITE													
		% de carga					% de carga													
		25	50	75	100	CMAC	25	50	75	100	CMAC									
Domo	Temperatura	°C																		
Bombas de circulación controlada (si se requiere)	Flujo	t/h																		
	Presión man. succión	kPa(kg/cm <sup>2</sup> )																		
	Presión man. descarga	kPa(kg/cm <sup>2</sup> )																		
	Carga neta positiva de succión (npch)																			
Entrada recalentador	Flujo	t/h																		
	Presión manométrica	kPa(kg/cm <sup>2</sup> )																		
	Temperatura	°C																		
	Entalpia esp.	kJ/kg(kcal/kg)																		
Entrada de vapor auxiliar a quemadores, para atomización	Presión manométrica	kPa(kg/cm <sup>2</sup> )																		
	Temperatura	°C																		
	Entalpia esp.	kJ/kg(kcal/kg)																		
Caída de aire	Presión	kPa(mm H <sub>2</sub> O)																		
Salida sobrecalentador (gases)	Presión	kPa(mm H <sub>2</sub> O)																		
	Temperatura	°C																		
Salida recalentador (gases)	Presión	kPa(mm H <sub>2</sub> O)																		
	Temperatura	°C																		
Salida del economizador	Presión	kPa(mm H <sub>2</sub> O)																		
Ventiladores de recirculación de gases (si se usan)	Flujo	t/h																		
	Presión succión	kPa(mm H <sub>2</sub> O)																		
	Presión descarga	kPa(mm H <sub>2</sub> O)																		
	Temperatura	°C																		
Salida del calentador regenerativo de aire (gases)	Flujo	t/h																		
	Temperatura	°C																		
	Temperatura Sin av. 30%	°C																		
	Temperatura Sin av. 50%	°C																		
Salida chimenea	Temperatura	°C																		
	Presión	kPa(mm H <sub>2</sub> O)																		
Caída de presión desde el hogar hasta la entrada de chimenea	Caída	kPa(mm H <sub>2</sub> O)																		
Entrada de combustible a quemadores																				
Combustible a inyectos																				
Ventiladores de tiro forzado																				
Ventiladores de recirculación de gases (si se requiere)																				
Ventilador de tiro inducido																				
Bombas de circulación controlada (si se requiere)																				
Calentador de aire regenerativo																				

GENERADORES DE VAPOR PARA 150 Y 350 MW

ESPECIFICACION  
CFE X 4000 (1)

REV. 170506 (900801)



GENERADORES DE VAPOR PARA 160 Y 350 MW

ESPECIFICACION

CFE X4000-01

TABLA 14 - Datos complementarios de comportamiento del generador de vapor (continuación)

Características	Unidades	Valores
Porcentaje de carga a la cual el vapor auxiliar -- puede empezar a ser extraído	h	_____
Tiempo requerido para el arranque en frío.	h	_____
Capacidad mínima continua con todos los quemadores en servicio/consumo de combustible	%/t/h	_____
Sólidos permisibles máximos/normales recomendables en el domo	ppm	_____
Caida de presión a través de las válvulas de control de atemperación sobrecalentado /recalentado	kPa	_____
Maximo flujo continuo de vapor, sin exceder -- los límites de diseño (con el último calentador de alta presión fuera de servicio) cuando la -- temperatura del agua de alimentación sea - para 160 MW 190 °C - para 350 MW 200 °C	t/h	_____
Maximo flujo continuo de vapor, sin exceder -- los límites de diseño (con los dos calentadores de alta presión fuera de servicio) cuando la -- temperatura del agua de alimentación sea - para 160 MW 170 °C - para 350 MW 175 °C	t/h	_____
Contenido de sólidos y conductividad en el agua de alimentación. A la entrada del economizador, bajo condiciones normales de operación  - oxígeno disuelto - hidrazina - sílice - hierro - cobre - níquel - conductividad - otros	ppm      Mohm/cm	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____
Máximos valores permisibles de impurezas en el agua de alimentación a la entrada del economizador para el caso de posibles contaminaciones en el ciclo de tiempos en que se pueden mantener estas condiciones sin que se afecten las garantías del equipo.  - impurezas - tiempo	ppm h	_____ _____
agua para lavado de los calentadores regenerativos a presión controlada	kPa/t/h	_____
aire para atomización a quemadores de calentamiento y pilotes. Volumen/presión	m <sup>3</sup> /min/kPa	_____

TABLA 15 - Datos complementarios de comportamiento del generador de vapor (continuación)

C O N C E P T O	G A S	ACEITE
CALOR UNITARIO LIBERADO (Unidad de área radiante) $\text{kJ/h/m}^2$ ( $\text{kcal/h/m}^2$ )		
CALOR TOTAL LIBERADO $\text{kJ/h}$ ( $\text{kcal/h}$ )		
CALOR NETO UNITARIO AGREGADO (Por unidad de área transversal del hogar), $\text{kJ/h/m}^2$ ( $\text{kcal/h/m}^2$ )		
CALOR UNITARIO LIBERADO (Por unidad de volumen del hogar, $\text{kJ/h/m}^3$ ( $\text{kcal/h/m}^3$ ))		
CALOR ABSORBIDO EN $\text{kJ/h}$ ( $\text{kcal/h}$ )		
-HOGAR		
-SOBRECALENTADOR PRIMARIO		
-SOBRECALENTADOR SECUNDARIO		
-RECALENTADOR PRIMARIO		
-RECALENTADOR SECUNDARIO		
-ECONOMIZADOR		
-CALENTADOR REGENERATIVO DE AIRE		
PERDIDAS TOTALES DE CALOR, $\text{kJ/h}$ ( $\text{kcal/h}$ )		
PERDIDAS EN % DEL CALOR TOTAL LIBERADO		
-GASES SECOS		
-HIDROGENO Y HUMEDAD EN EL COMBUSTIBLE		
-HUMEDAD DEL AIRE		
-COMBUSTIBLE SIN QUEMAR		
-RADIACION		
-INDETERMINADAS 1)		
-TOTALES		
2)		

NOTAS 1) Las pérdidas indeterminadas no excederán de 1.5 para todas las cargas

2) Adicionar a este mismo formato de tabla, los datos de comportamiento del generador para: 100,75 y 50% de carga. El Proveedor debe entregar 3 formatos de esta tabla proporcionando los datos requeridos para cada una de las cargas señaladas.

GENERADORES DE VAPOR PARA 160 Y 350 MW

ESPECIFICACION

CFE X4000-01

106 de 191

1/3



15.3.2

Datos físicos

Superficie de calefacción efectiva:

- hogar, \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>
- paso de convección, \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>
- sobrecalentador primario, \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>
- sobrecalentador secundario \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>
- recalentador primario, \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>
- recalentador secundario, \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>
- economizador, \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>
- total, \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

Superficie efectiva radiante proyectada. \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

Superficie de cada calentador regenerativo. \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

Velocidad del calentador regenerativo. \_\_\_\_\_ r/min

Superficie del precalentador de aire a vapor. \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

Volumen del hogar. \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>

Agua requerida para llenado del generador de vapor:

- a nivel de operación \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>
- para prueba hidrostática \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>

Ventilador de encendido (si se usa) \_\_\_\_\_

Ventilador de enfriamiento de detectores de flama. \_\_\_\_\_

15.3.3

Bombas de circulación controlada. \_\_\_\_\_

Calentador regenerativo \_\_\_\_\_

Pesos y dimensiones

Peso total de embarque de un generador de vapor. \_\_\_\_\_ t

Peso del generador de vapor vacío \_\_\_\_\_ t

Peso del generador de vapor en operación. \_\_\_\_\_ t

Peso total de la estructura. \_\_\_\_\_ t

Peso del domo. \_\_\_\_\_ t

Peso de los sobrecalentadores. \_\_\_\_\_ t

Peso de los recalentadores \_\_\_\_\_ t

Peso del economizador. \_\_\_\_\_ t

Peso de los auxiliares principales completos con motores eléctricos:

- un ventilador de tiro forzado, \_\_\_\_\_ kg
- un ventilador de tiro inducido, \_\_\_\_\_ kg
- un recirculador de gases, \_\_\_\_\_ kg
- una bomba de circulación controlada (si se usa), \_\_\_\_\_ kg
- un calentador regenerativo \_\_\_\_\_ kg
- un precalentador de aire a vapor. \_\_\_\_\_ kg

Dimensiones de la pieza más grande para embarque: Pieza \_\_\_\_\_ Largo \_\_\_\_\_ m ancho \_\_\_\_\_ m alto \_\_\_\_\_ m

Dimensiones de la pieza más grande para montaje: Pieza \_\_\_\_\_ Largo \_\_\_\_\_ m ancho \_\_\_\_\_ m alto \_\_\_\_\_ m

15.3.4

Materiales (Denominación ASTM)

Calentador regenerativo:

- elementos lado caliente \_\_\_\_\_



GENERADORES DE VAPOR PARA 160 Y 350 MW

ESPECIFICACION

CFE X4000-01

112 de 191

Chumaceras:	Tipo	Tipo de lubricación	Agua de enfriamiento requerida (l.p.m.)
Ventilador de tiro forzado.	_____	_____	_____
Ventilador de tiro inducido.	_____	_____	_____
Recirculador de gases	_____	_____	_____
Ventiladores de enfriamiento de detectores de flama.	_____	_____	_____
Ventiladores de enfriamiento y sello para pilotos.	_____	_____	_____
Elementos intermedios.	_____	_____	_____
Elementos lado frío.	_____	_____	_____
Pre calentador de aire a vapor.	_____	_____	_____
Ventiladores.	_____	_____	_____
- rodete de tiro forzado,	_____	_____	_____
- rodete de tiro inducido,	_____	_____	_____
- rodete recirculador de gases.	_____	_____	_____
Material y espesor de:			
- ductos de aire,	_____	_____	mm
- ductos de cascos,	_____	_____	mm
- cajas de aire.	_____	_____	mm



- de descenso, con carga máxima, \_\_\_\_\_ m/s  
\_\_\_\_\_ ft/min
- de descenso, sin carga, \_\_\_\_\_ m/s  
\_\_\_\_\_ ft/min
- aceleración máxima, \_\_\_\_\_ m/s<sup>2</sup>  
\_\_\_\_\_ ft/s<sup>2</sup>
- velocidad de disparo del regulador de velocidad. \_\_\_\_\_ m/min  
\_\_\_\_\_ m/s

15.4.1.1 Datos generales

- lubricante recomendado, \_\_\_\_\_
- nivel de ruido a plena carga (db), \_\_\_\_\_
- par nominal (kg/m), \_\_\_\_\_
- tipo de montaje, \_\_\_\_\_
- tipo de base, \_\_\_\_\_
- tipo de acoplamiento con la carga. \_\_\_\_\_

15.4.1.2 Motores eléctricos

	<u>Principal</u>		<u>Auxiliares</u>	
	si	no	si	no
- el motor es diseñado especialmente para servicio de elevador,	_____	_____	_____	_____
- potencia del motor kW (HP),	_____	_____	_____	_____
- demanda máxima de potencia,	_____	_____	_____	_____
- tipo de motor,	_____	_____	_____	_____
- fabricante del motor,	_____	_____	_____	_____
- tensión nominal,	_____	_____	_____	_____



Principal

Auxiliares

- masa (kg),
- para motor principal de rotor devanado,
  - . volts de circuito abierto en el rotor
  - . resistencia secundaria en ohms (para 100% de par de en conexión "Y" - balanceada
  - . corriente secundaria a plena carga y corto circuito
  - . eficiencia a plena carga (rotor en - corto-circuito
  - . par de arranque - (kg/m) en el primer paso de resistencias

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

15.4.1.3 Equipo principal de fuerza

- carga máxima en kVA incluyendo el equipo de control,
- interruptor principal, A continuos,
- capacidad interruptiva del interruptor principal a 480 V

_____	_____
_____	_____
_____	_____

15.4.1.4 Equipo de control

a) Generalidades:

- número de gabinetes de control,
- tipo (NEMA) de los gabinetes,

_____	_____
_____	_____

- localización de cada gabinete,
- capacidad en VA del transformador de control,
- tensión de control,
- tipo de relevadores de sobre-carga (en las 3 fases),
- resistencias secundarias:
  - . material de construcción
  - . tipo de construcción
  - . tipo NENA
  - . valor de ohms
  - . número de derivaciones por fase incluyendo los extremos
  - . localización
  - . tipo de cubierta

b) Interruptores de límite:

- cantidad,
- tipo,
- marca,
- localización,
- A continuos,
- A de cierre,
- A a la tensión de operación.



d) Cable de acero para soporte.

- cantidad de hilos, \_\_\_\_\_
- calibre de cada hilo, \_\_\_\_\_
- material de la cubierta. \_\_\_\_\_

15.4.2 Datos físicos

15.4.2.1 Cubo

- recorrido \_\_\_\_\_ m  
\_\_\_\_\_ ft
- distancia requerida desde la parada superior hasta la parte superior del cubo, \_\_\_\_\_ m  
\_\_\_\_\_ ft
- profundidad de la fosa \_\_\_\_\_ m  
\_\_\_\_\_ ft
- altura requerida del cuarto de máquinas. \_\_\_\_\_ m  
\_\_\_\_\_ ft
- distancia entre los rieles de la cabina (entre caras internas del hongo) \_\_\_\_\_ m  
\_\_\_\_\_ ft
- distancia entre los rieles del contapeso (entre caras internas del hongo) \_\_\_\_\_ m  
\_\_\_\_\_ ft
- los rieles deben ser soportados desde:
  - . placa superior \_\_\_\_\_
  - . fondo \_\_\_\_\_
- dimensiones y tipo de los rieles de la cabina, \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- material de los rieles de la cabina, \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- dimensiones y tipo de los rieles del contrapeso, \_\_\_\_\_
- materiales de los rieles del contrapeso, \_\_\_\_\_

15.4.2.2 Máquina

- fabricante, \_\_\_\_\_
- tipo y número de modelo, \_\_\_\_\_
- velocidad de la polea - de tracción, \_\_\_\_\_ r/min
- diámetro de la polea de tracción o tambor, \_\_\_\_\_ cm  
\_\_\_\_\_ in
- número de ranurados para el cable, \_\_\_\_\_
- número de cuerdas del tornillo sinfn, \_\_\_\_\_
- diámetro del tornillo sinfn \_\_\_\_\_ cm  
\_\_\_\_\_ in
- diámetro de la rueda helicoidal (corona), \_\_\_\_\_ cm  
\_\_\_\_\_ in
- tipo de la chumacera de empuje, \_\_\_\_\_
- tipo de la chumacera radial, \_\_\_\_\_
- tipo de freno, \_\_\_\_\_
- diámetro del disco del freno, \_\_\_\_\_ cm  
\_\_\_\_\_ in

- tipo de acoplamiento entre la máquina y el motor, \_\_\_\_\_

. materiales de construcción:

- cuerpo, \_\_\_\_\_

- tornillo sinfín, \_\_\_\_\_

- rueda helicoidal, \_\_\_\_\_

- flecha, \_\_\_\_\_

- camisas de las chumaceras, \_\_\_\_\_

- polea de tracción o tambor, \_\_\_\_\_

- cople, \_\_\_\_\_

. masa de la máquina completa con freno, base motor eléctrico y polea de tracción \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ lb

. pieza más pesada que será manejada durante las operaciones de reparación \_\_\_\_\_

. masa de la pieza \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ lb

15.4.2.3 Polea de deflexión

- diámetro, \_\_\_\_\_

- tipo de chumaceras, \_\_\_\_\_

- tipo de lubricación, \_\_\_\_\_

Materiales:

- polea, \_\_\_\_\_

- chumaceras, \_\_\_\_\_

- soportes, \_\_\_\_\_

15.4.2.4 Regulador de velocidad

- fabricante, \_\_\_\_\_
- tipo y número de modelo, \_\_\_\_\_
- materiales. \_\_\_\_\_

15.4.2.5 Cables

- tamaño y tipo del cable de tracción, \_\_\_\_\_
- número de cables de tracción, \_\_\_\_\_
- material del cable de tracción, \_\_\_\_\_
- tipo y tamaño del cable del regulador, \_\_\_\_\_
- material del cable del regulador, \_\_\_\_\_
- tipo y tamaño del cable del selector de piso (si se utiliza), \_\_\_\_\_
- material del cable del selector de piso, \_\_\_\_\_

15.4.2.6 Controlador

- fabricante, \_\_\_\_\_
- tipo y número de modelo, \_\_\_\_\_
- tipo de contactores, \_\_\_\_\_

15.4.2.7

Cabina

- tipo de relevadores,
- tipo de contactor de tiempo,
- etapas de los resistores del devanado de motor,
- material de los resistores,

- tipo y dimensiones de la parte superior del marco de la cabina,
- tipo y dimensiones de las canales de los paracaídas,
- tipo y dimensiones de las canales laterales del marco de la cabina,
- material y espesor de la plataforma,
- tipo de las zapatas de los guidores de la cabina,
- tipo y materiales del paracaídas,
- material y espesor de las paredes de la cabina,
- tipo del operador de la puerta,
- tipo, dimensiones, materiales y construcción de las puertas de la cabina,

- tipo de la mapara de emergencia, \_\_\_\_\_
- peso de la cabina y del marco de la cabina, \_\_\_\_\_ kg  
\_\_\_\_\_ lb

15.4.2.8 Contrapeso

- tipo y dimensiones del marco, \_\_\_\_\_
- tipo y dimensiones de los pesos, \_\_\_\_\_
- tipo y materiales de las zapatas de los guidores, \_\_\_\_\_
- dimensiones y números de varillas de tensión de contrapeso, \_\_\_\_\_
- peso del contrapeso. \_\_\_\_\_ kg  
\_\_\_\_\_ lb

15.4.2.9 Amortiguadores

- tipo, número y dimensiones de los amortiguadores de la cabina, \_\_\_\_\_
- materiales de los amortiguadores de la cabina, \_\_\_\_\_
- tipo, número y dimensiones de los amortiguadores del contrapeso, \_\_\_\_\_
- material de los amortiguadores del contrapeso. \_\_\_\_\_

GENERADORES DE VAPOR PARA 160 Y 350 MW

ESPECIFICACION

CFE X4000-01

127 de 191

	<u>Días requeridos por la Comisión</u>	<u>Garantía del Concursante</u>
Visitas exteriores de motores eléctricos.	90**	_____
Visitas exteriores e interiores de los tableros eléctricos de control y protección.	90**	_____
Dibujo indicando el valor y localización de los elementos mecánicos derivados del anclaje del equipo.	90**	_____
Curvas de comportamiento del motor.	60**	_____
Dibujo detallado con dimensiones, mostrando planta de la cabina del elevador, del cubo, cuarto de máquinas con localización y datos pertinentes del equipo, puertas de la cabina y de piso, cargas, reacciones y secciones en elevador, dubo, fosa, pesos del cuarto de máquinas, indicadores, tipos de materiales, localización y detalles de las ménsulas de los rieles.	60**	_____
Dibujo mostrando dimensiones de las puertas de la cabina y de piso, marcos de las puertas, plantas y elevaciones de las puertas, indicadores, tipo de material, operadores, etc.	60**	_____
Diagrama mostrando el circuito de los operadores de las puertas.	60**	_____
Diagrama mostrando tablero de operación, indicador de posición, marco certificado, botones de presión, indicadores, tipo de material, etc.	60**	_____
Diagrama de cableado y de interconexión de los cables.	60**	_____
Catálogo de colores normalmente usado por el Concursante	120**	_____

Lista de partes de repuesto, Lista de partes de repuesto recomendadas, incluyendo precios unitarios.

120\*\*

Memoria de cálculos y diseño mostrando el cálculo de los elementos mecánicos para las condiciones de diseño (incluyendo sismo) especificadas; junto con una descripción de cualquier suposición o aproximación utilizada lo suficientemente detallada para permitir una verificación independiente.

90\*\*

Garantía de suministro de refacciones o partes de repuesto, para futuras reparaciones cuando menos por un periodo de diez (10) años.

90\*\*

Nota:

\* Calendario antes del embarque.

\*\* Después del convenio pedido.

En algunas ocasiones se requiera información adicional para desarrollar el diseño. Cuando lo anterior sea necesario, Comisión solicitará en su oportunidad dichos datos e información con tiempo de entrega de común acuerdo.

15.5 Precios del Generador

Los precios deben ser firmes durante un periodo de 135 días.

Partida	D e s c r i p c i ó n
---------	-----------------------

1	Lote de generador(es) de vapor como se especifica en el capítulo 4 de acuerdo con todas las condiciones establecidas en las especificaciones incluyendo partes de repuesto, herramientas especiales, LAB fábrica, supervisión de montaje y puesta en servicio y pruebas.
---	--

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

1.1	Precio va incluido en el total de la partida 1, por un lote de partes de repuesto, de acuerdo al capítulo 10.
-----	---

Precio en Pesos Mexicanos : \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

GENERADORES DE VAPOR PARA 160 Y 350 MW

ESPECIFICACION

CFE X4000-01

129 de 191

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

1.1.1 Precio va incluido en el total de la partida 1.1, por un lote de partes de repuesto para los componentes de los sistemas de control.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

1.2 Precio ya incluido en el total de la partida 1, por un lote de herramientas especiales.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

1.3 Precio ya incluido en el total de la partida 1 por los servicios de supervisión, montaje, apoyo técnico y puesta en servicio de un generador de vapor.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

1.4 Precio va incluido en el total de la partida 1 por los componentes para los sistemas de control para un generador de vapor, según inciso 8.2.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

1.5 Precio ya incluido en el total de la partida 1, por los componentes para el sistema de control, protección y supervisión de quemadores para un generador de vapor, según inciso 8.3.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

1.6 Precio ya incluido en el total de la partida 1, por los sistemas e instrumentación miscelánea para un generador de vapor, según inciso 8.4.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

1.7 Incremento en precio por cada 1% de aumento del flujo de vapor de diseño a la salida del sobrecalentador hasta un máximo de 5%.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

1.8 Incremento en precio por cada 1% de aumento del flujo de vapor de diseño a la salida del recalentador hasta un máximo de 5%.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_  
con letra

1.9 Reducción en precio por cada 1% de disminución del flujo de vapor de diseño a la salida del sobrecalentador hasta un máximo de 5%.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_  
con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_  
con letra

1.10 Reducción en precio por cada 1% de disminución del flujo de vapor de diseño a la salida del recalentador hasta un máximo de 5%.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_  
con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_  
con letra

1.11 Precio ya incluido en la partida 1, de programas de capacitación sobre el equipo componentes de los sistemas de control.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_  
con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_  
con letra

1.12 Precio ya incluido en el total de la partida 1, por los servicios de supervisión de montaje y puesta en servicio de la instrumentación y control del generador de vapor.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_  
con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

1.13 Precio ya incluido en el total de la partida 1, por las pruebas a cargo del Proveedor.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra.

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

1.14 Precio por metro de aumento o disminución de cable prefabricado para interconexión de gabinetes de detección de flama de quemadores.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

1.15 Precio por metro de aumento o disminución de cable prefabricado para interconexión de gabinetes de detección de flama para pilotos.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

2 Fletes (Precios opcionales)

Fletes para la partida 1, no incluyendo los costos de los equipos, desde fábrica Proveedor hasta los siguientes puntos:

a) LLB flete marítimo a puerto de entrada ( \_\_\_\_\_ ).

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

b) LAB carros de ferrocarril, punto de entrada ( \_\_\_\_\_ ).

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

c) LAB en el sitio de la central.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

d) LAB en el punto de embarque ( \_\_\_\_\_ ).

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

3 Precios que se aplicarán en el caso de requerir la Comisión un aumento en el número de hombres, de tiempos y de horas en los servicios de supervisión, en las condiciones establecidas en el capítulo 11.

3.1 Para supervisión de montaje del generador de vapor.

a) Por cada día calendario basado en una semana de 45 horas.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

b) Por cada hora se servicio de supervisión adicional en el sitio de trabajo.

- de lunes a sábado.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

- en domingos.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

- en días feriados mexicanos.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

b) Por cada hora de servicio de supervisión adicional en el sitio de trabajo.

- de lunes a sábado

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

- en domingos

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

- en días feriados mexicanos

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

) Por cada viaje redondo para un (1) supervisor adicional incluyendo los gastos de ida y regreso a la central.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )

con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

c) Por cada viaje redonde para un (1) supervisor adicional incluyendo los gastos de ida y regreso a la central.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

Nota:

Precios que serán aplicados en el caso de disminución en el número de días calendario requeridos, el cual resultará como un crédito a la Comisión.

Por cada día calendario basado en una semana de 45 horas.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

3.2 Para supervisión de puesta en servicio.

a) Por cada día calendario basado en una semana de 45 horas.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

Nota: Precios que serán aplicados en el caso de disminución en el número de días calendario requeridos, el cual resultará como un crédito a la Comisión.

Por cada día calendario basado en una semana de 45 horas.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

15.5.1 Precios del elevador

15.5.1.1 Precio del equipo y refacciones

Partida

1

Un (1) elevador por generador de vapor para carga y pasajeros, operado eléctricamente de 1820 kg de capacidad, completo, incluyendo cabina con puertas corredizas de una hoja, sistema de ventilación luces interiores, estructura exterior y puertas en cada piso, máquina completa de engranaje silencioso y tornillo sinfín, sistema de suspensión y tracción con motor y polea, rieles, paracaídas, amortiguadores, contra-peso, tablero de operación, partes de repuesto especificado así como supervisión de montaje, puesta en operación, pruebas y mantenimiento, así como refacciones y herramientas especiales sin incluir fletes, según lo especificado.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
con letra

15.5.1.2 Precio detallado para equipo incluido en importe total en la partida 1

1 Precio de maquinaria, incluyendo motor eléctrico, freno y poleas de tracción y deflectora.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

2 Precio del tablero de control, con todos los contactos y relevadores.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

3 Precio de las partes de repuesto, de acuerdo al inciso E.7.2.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

4 Precio por instalación (montaje y pruebas)

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

15.5.1.3 Fletes (opcionales)

Precio de los fletes de acuerdo con el parrafo 7.1.J de la especificación CFE L0000-03, desde LAB fábrica al sitio.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

15.5.1.4 Supervisión

- 1 Precios por supervisión de montaje y arranque de acuerdo a lo indicado en este Apéndice

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

- 2 Precio por adición o reducción en los siguientes conceptos de los servicios de supervisión de montaje.

2a. Por día calendario.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

2b. Por viaje redondo.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

2c. Por cada hora extra.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

2d. Domingos y días festivos mexicanos.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

3 Precio por adición o reducción en los siguientes conceptos de los servicios de supervisión.

3a. Precio total de la oferta por día calendario.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

3b. Por viaje redondo.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

3c. Por cada hora extra.

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

3d. Domingos y días festivos mexicanos

Precio en Pesos Mexicanos: \$ \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

Precio en moneda del país de origen: \_\_\_\_\_

( \_\_\_\_\_ )  
(con letra)

15.6 Programa de Entrega del Equipo

A continuación el Concursante confirmará y garantizará los plazos de entrega requeridos de sus respectivos embarques, contados en semanas a partir de la fecha de la orden, de acuerdo a lo indicado en Características Particulares y en el inciso 12.7.

Plazos de entrega de embarques

	1o.	2o.	3o.	4o.	Ultimo
	s e m a n a s				
Unidad 1	_____	_____	_____	_____	_____
Unidad 2	_____	_____	_____	_____	_____
Unidad 3	_____	_____	_____	_____	_____
Unidad 4	_____	_____	_____	_____	_____

15.7 Descripción del Equipo de Importación

El Concursante debe cumplir con lo indicado en la tabla C1.

15.8 Descripción del Equipo de Fabricación Mexicana

El Concursante debe cumplir con lo indicado en la tabla C2.

TABLA C1 - Equipo de importación

Descripción del componente o proceso de Fab. (Ver notas 1 y 2)	Lugar de fabricación	Información para embarque		Punto de entrega (indicar)	Tipo de entrega (indicar) <sup>3</sup>	Costo del equipo en el punto de entrega (moneda cotizada)
		Masa incluy. embalaje (kg)	Dimensiones (m)			

- Notas: 1.- Describir tal como se indicar en la factura o remesa correspondiente
- 2.- Marcar con asterisco (\*) el equipo que se requiera que CFE importe directamente.
- 3.- Especificar tipo de entrega como sigue: I.- Para exfabricar (EX WORKS)  
 II.- Para libre a bordo (LAB), (FOB). III.- Para costo y flete (CyF) (C&F)  
 IV.- Para costo seguro y flete (CSF), (CIF).
- 4.- Use hojas adicionales en caso necesario, utilizando para ello el mismo formato.

TOTAL

GENERADOR DE VAPOR PARA 160 Y 350 MW

ESPECIFICACION

CFE X4000-01

142 de 191

196

810061  
 REV. 8/25/56  
 900871

TABLA C2 - Fabricación mexicana

Descripción del componente o proceso de Fab. mexicana	Lugar de fabricación	Información para embarque		Punto de entrega (LAB)	Costo del componente o proceso de fabricación mexicana (pesos mex. equivalentes a la fecha del concurso)	Costo equivalente del componente o proceso de fabricación en el país de origen de la tecnología 1 (Pesos mex. equivalentes a la fecha del concurso)
		Masa incluyendo embalaje (kg)	Dimensiones (m)			

Notas: 1/ Esta columna es aplicable solamente cuando el suministro es parcialmente de fabricación mexicana y parcialmente de importación

T O T A L

2/ Use hojas adicionales en caso necesario, utilizando para ello el mismo formato.

GENERADORES DE VAPOR PARA 160 Y 350 MW

ESPECIFICACION

CFE X4000-01

143 de 191

247

15.9 Tipo de Cambio

Los precios solicitados en Pesos Mexicanos, tienen por objeto facilitar el análisis - de las ofertas recibidas. Los precios de las ofertas serán firmes en la moneda del país de origen del Concursante y no se afectarán por eventuales variaciones del tipo de cambio posteriores a la colocación de la orden de compra.

A continuación el Concursante indicará el tipo de cambio que ofrece y garantiza firme durante 135 días.

Un peso mexicano = \_\_\_\_\_ US DLLS.

Un peso mexicano = \_\_\_\_\_ (\*)

(\*) Moneda del país de origen del Concursante \_\_\_\_\_

15.10 Responsabilidad

El concursante confirma y garantiza que acepta todos los términos y condiciones que se indican en esta especificación y en la Especificación CFE L0000-03.

FIRMAS

(Compañía y Puesto del Representante)

(Nombre del Testigo)

(Firma)

(Nombre del Testigo)

(Firma)

Fecha

## A P E N D I C E A

## VALVULAS DE CONTROL DE SERVICIOS AUXILIARES

## A.1 Requisitos de Diseño

## A.1.1 Dimensiones

El Proveedor debe efectuar todos los cálculos necesarios para seleccionar las válvulas tomando en cuenta lo siguiente:

- a) La válvula se debe dimensionar para obtener una regulación adecuada a mínimo y máximo flujo.

La capacidad de la válvula tiene que ser suficiente para admitir el 110% del flujo máximo establecido.

- b) Los interiores seleccionados han de tener una ganancia aproximadamente constante sobre todo el rango de control de flujo.

Cuando se requieran interiores de capacidad reducida, se deben obtener disminuyendo el diseño del diámetro de la válvula, y no la carrera del vástago o el puerto.

Este último diseño puede usarse siempre y cuando no se altere el rango de control de flujo, la estabilidad dinámica o el cierre hermético de la válvula cuando se requiera.

- c) La velocidad de salida para servicios de líquidos en una fase, no debe exceder de 12 m/s.
- d) En los casos donde se requieran más de dos válvulas, puede usarse el diseño de ángulo de inserto.
- e) La velocidad para vapores húmedos o gases con arrastre de líquidos no debe exceder de 30 m/s; para vapor seco o sobrecalentado y gases, no debe exceder del 35% de la velocidad sónica.
- f) El diseño de la válvula debe quedar en cualquiera de los siguientes tamaños:

- 19.1 mm

- 25.4

- 38.1

- 50.8

- 76.2

- 101.6

- 152.4 mm
- 203
- 254
- 305

Las dimensiones de cara a cara de las válvulas para estos tamaños normalizados deben cumplir con la norma ANSI B16.10.

g) El tipo de conexión de las válvulas debe ser:

- hasta 2070 kPa ( $21.1 \text{ kg/cm}^2$ ):           bridadas,
- mayor de 2070 kPa ( $21.1 \text{ kg/cm}^2$ ):       soldadas.

#### A.1.2 Nivel de ruido

Las válvulas no deben crear niveles de ruido mayores a 85 dBA, bajo las condiciones de operación especificadas.

Si es necesario pueden utilizarse dispositivos de atenuación de ruido o diferentes arreglos de tuberías para satisfacer los requisitos establecidos.

#### A.2 Cuerpo de la Válvula

##### A.2.1 Conexiones

- a) Cuando el diseño de las válvulas sea bridado, éste debe estar de acuerdo con la norma ANSI B16.5.
- b) Otros tipos de conexión pueden ser como sigue:
  - 50 mm y menores:           caja para soldar,
  - 76 mm y mayores:       soldado a tope.

Las válvulas clase 600 ( $4135 \text{ kPa}$ ,  $42 \text{ kg/cm}^2$ ) de conexiones con caja para soldar y soldadas tope, deben tener una dimensión entre extremos igual a la dimensión cara a cara de las válvulas bridadas clase 600.

##### A.2.2 Tipo de cuerpo

- a) Válvulas de globo: el flujo a través de la válvula debe ser en un solo sentido.
- b) Válvulas de ángulo: diseño normalizado. Donde el Proveedor lo crea necesario, puede suministrar boquilla de expansión a la salida para reducir daños por cavitación o evaporación interna.
- c) Válvulas de 3 vías: diseño normalizado del Proveedor.

## A.3 Bonete de la Válvula

- a) El bonete de la válvula tiene que ser diseño normalizado del Proveedor, (sin cuello de extensión) y del mismo material del cuerpo. Los pernos deben cumplir con los requisitos del código ANSI B16.5.
- b) Los bonetes se tienen que suministrar con toma para lubricación, - la cual podrá llevar válvula de aislamiento o tapón de acero inoxidable.
- c) El prensaestopas y anillo de sello deben de ser de acero inoxidable. La brida de empaque y los pernos deben ser de una material - igual o superior al material del bonete.

## A.4 Partes Internas

- a) Las partes internas deben ser de un diseño normalizado del Proveedor, tipo jaula. El diseño puede ser no balanceado utilizado tapones guiados por la misma jaula o con guías superiores, o balanceado con tapón tipo pistón y jaula con puertos caracterizados. Para todos los servicios se prefiere usar el diseño indicado. Los tapones configurados pueden utilizarse en las siguientes aplicaciones: flujo hacia arriba, hasta 1373 kPa (14 kg/cm<sup>2</sup>); flujo hacia abajo hasta 689 kPa (7 kg/cm<sup>2</sup>) limitado por la fuerza del actuador para tamaños de 76 mm y mayores. No hay límite para válvulas de 51 mm y menores.
- b) Cuando la jaula no retenga el anillo de asiento, aquél puede ser - integral o roscado al cuerpo de la válvula, con soldadura de sello mayor de 689 kPa (7 kg/cm<sup>2</sup>).
- c) El diseño de interiores para condiciones de caída de presión alta o aplicaciones de bajo nivel de ruido debe ser diseño normalizado del Proveedor dentro de las siguientes restricciones. Los párrafos (2), (3), (4) y (5) se aplican en caso de interiores con piloto interno.
  - no debe usarse el diseño de chorros opuestos mayores de 3434 kPa (35 kg/cm<sup>2</sup>) o 152 mm en tamaño tipo jaula,
  - el resorte del piloto debe ser capaz de mantener abierto el puerto del piloto con una diferencia de 344 kPa (3.5 kg/cm<sup>2</sup>) entre la cámara de balance y la presión de salida,
  - la capacidad de relevo de la cámara de balance debe ser de - 1000 . de su volúmen como mínimo,
  - para servicio de líquidos, el fluido que va hacia la cámara - de balance debe tener una velocidad controlada; y en todos los servicios, el fluido no debe incidir en el vástago.

- los interiores serán del tipo jaula con puertos caracterizados. Los tapones han de ser de cara recta solamente. No debe utilizarse tapones configurados.

- d) La máxima fuga permisible en el asiento debe estar dentro de los requisitos de la norma FC1-70-2 basada en el tipo de interiores que se especifican. Los requisitos para fugas clase V deben aplicarse a todos los interiores con piloto integral, a todas las válvulas clasificadas como válvulas de corte principal y donde se especifique.

## A.5

## Actuador

- a) El diseño del actuador debe ser el adecuado para lograr la acción de abertura, cierre y completa modulación de la válvula, sin que se presenten oscilaciones o perturbaciones ocasionadas por turbulencias en el fluido y sin utilizar amortiguamiento viscoso por separado. Para lograr este objetivo, el Proveedor debe asegurar que el actuador desarrolle por lo menos 1.5 veces la fuerza necesaria requerida durante la modulación de la válvula, y 1.25 veces la fuerza requerida para el cierre completo de la válvula.

Para interiores con piloto interno, el actuador también debe ser capaz de cerrar un tapón desbalanceado del mismo tamaño contra una diferencial de 689 kPa (7 kg/cm<sup>2</sup>).

- b) Los actuadores de diafragma y resorte, deben ser diseño normalizado del Proveedor.
- c) El diseño del actuador de diafragma a la abrazadera del vástago de la válvula ha de ser tipo tuerca dividida, con ranuras para pernos en el maneral, si se tiene éste. La caja del diafragma será diseño normalizado del Proveedor, capaz de resistir la máxima presión de suministro de aire sin sufrir daños. El actuador ha de diseñarse para obtener el máximo amortiguamiento, utilizando el criterio menor tamaño/máxima presión. El actuador de 20.6 a 103 kPa (0.21 a 1.05 kg/cm<sup>2</sup>) se ha de suministrar solamente si se normaliza para las condiciones de diseño.
- d) Los operadores de pistón han de ser diseño normalizado del Proveedor. Estos pueden ser de doble acción o con aire o resorte de retorno.

La presión mínima de diseño debe ser de 550 kPa (5.6 kg/cm<sup>2</sup>). Todos los actuadores de pistón de acción modulante, tienen que suministrarse con posicionador.

Debe preverse el tanque de volumen adecuado para obtener la posición deseada en falla.

- e) Cuando así se especifique, se debe suministrar un actuador manual (volante). El volante se puede montar en la parte superior o lateral y diseñar para operación directa, con manivela o engranes. La fuerza que tenga que aplicarse en el borde del volante para operar los, debe ser menor de 265 N (27 kgf) (a tracción o a empuje).

Los volantes deben limitar la carrera de la válvula en la dirección requerida y se deben poder desacoplar totalmente en la posición neutral. Los volantes no deben tener como finalidad única limitar la carrera de la válvula.

- f) Todos los actuadores han de tener acoplada una escala que indique la posición de la válvula.

## A.6

## Accesorios

- a) Cuando así se requiera, se deben suministrar todos los accesorios, tales como posicionadores, transductores, interruptores límite y - válvulas solenoide piloto.
- b) Es necesario que las cubiertas para dispositivos eléctricos sean a prueba de intemperie. Siempre que sea posible el conduit para conexiones eléctricas, debe ser de 13 mm de diámetro NPT, como mínimo.
- c) Las cubiertas para dispositivos neumáticos deben ser a prueba de - intemperie; las conexiones han de ser de 6.4 mm de diámetro NPT.
- d) Las conexiones para conduit que utiliza la Comisión deben ser de - 19.1 mm de diámetro NPT.
- e) Dentro de las limitaciones de diseño, el Proveedor debe tratar de instalar los accesorios y tubos de manera que sean accesibles para su mantenimiento, y que queden protegidos y cubiertos para evitar que se dañen durante el manejo, la operación o el mantenimiento.

Los accesorios no deben estar soportados por niples con relaciones entre su longitud y su diámetro mayores de 5.

- f) Los accesorios y soportes se tienen que fijar por medio de pernos, espárragos o tornillos con tuercas y roldanas antivibración. Los barrenos de los componentes deben coincidir y los tornillos pasar libremente.

Las partes y componentes que tengan que forzarse por su ensamble causarían el rechazo de la parte, la componente o de toda la válvula según sea el caso. El montaje de los interruptores límite, debe evitar que sufran deslizamientos sobre la posición ajustada.

- g) Deben proporcionarse posicionadores, los cuales deben ser ajustables sobre toda la carrera del vástago de la válvula. Su acción -

tiene que ser del tipo reversible y su capacidad preferiblemente modificable mediante ajustes o cambios usando partes normalizadas para permitir su caracterización.

Se tiene que suministrar una derivación que deje pasar la señal - del controlador directamente al diafragma de la válvula, permitiendo el mantenimiento del posicionador.

No se debe proveer una derivación en el posicionador de las válvulas, cuando:

- se tengan posicionadores con rango dividido,
- se tengan válvulas con actuador de diafragma cuyo rango sea distinto a 20.6 a 103 kPa (0.21 a 1.05 kg/cm<sup>2</sup>),

los posicionadores tienen que proveerse con manómetros que indiquen presión, de entrada, salida y suministro.

- h) Los dispositivos que requieran aire de suministro, deben surtirse con una combinación de filtro y regulador de presión, capaces de admitir una presión de aire de suministro de 550 a 687 kPa (5.6 a 7 kg/cm<sup>2</sup>).
- i) Deben suministrarse los interruptores de límite, para indicar los estados de cierre, abertura o posición intermedia de la válvula.
- j) Los tubos y conectores deben tener las dimensiones y espesores estándar del Proveedor para las condiciones de operación.

#### A.7

##### Materiales

- a) Todos los materiales deben cumplir con su especificación correspondiente.
- b) Las partes no metálicas de la válvula deben diseñarse para un tiempo promedio de vida de 20 000 horas para servicio modulante y/o 1 000 ciclos para servicio en dos posiciones.
- c) El material para aceros inoxidable endurecidos por precipitación ha de limitarse a ASTM A564, Grado 630 (17-4 PH) o fundición equivalente.
- d) Todos los materiales de acero inoxidable austenítico han de suministrarse en la condición de tratado térmico de solución. El acero inoxidable austenítico no ha de calentarse a más de 176°C excepto para efectuar el tratamiento térmico de solución o soldaduras.

- e) Los materiales del cuerpo deben estar de acuerdo con las normas - ASTM, como sigue:
- acero al carbono fundido: A 216 WCB,
  - acero al carbono forjado: A 105,
  - acero aleado: 2 1/4% de cromo, 1% molibdeno: A 217 grado WC9,
  - acero inoxidable fundido: A 351, grado CF8 o CF8M,
  - acero inoxidable forjado: A 182, grado F304 o F316.
- f) El acabado de las superficies para válvulas fundidas ha de cumplir con el estándar de calidad para fundiciones de acero, MSS-58-55.
- g) El material para el vástago de las válvulas puede ser como sigue (ASTM):
- A 479: tipo 410 tratado a Rockwell C-25-32,
  - A 564: tipo 630 endurecido a  $593 \pm 8^\circ\text{C}$ ,
  - A276: grado 316, condición B (cromado para condiciones de operación a más de  $426^\circ\text{C}$ ).

#### A.8 Identificación

Para identificar una válvula se deben fundir, estampar o grabar en una placa de acero inoxidable, los siguientes datos como mín. mo:

- marca y modelo del Proveedor,
- clase del material,
- tamaño y clase del cuerpo,
- presión y temperatura nominal de diseño,
- presión al cierre de la válvula,
- ajuste de banco,
- rango de resorte,
- una flecha o referencia de entrada y salida que indique la dirección del flujo a través de la válvula. Dicha flecha se debe fundir o estampar en el cuerpo de la válvula,
- adicionalmente, las válvulas con conexiones soldadas deben incluir diámetro y cédula de las conexiones.

## A P E N D I C E B

## DOCUMENTOS GENERALES DE INGENIERIA

## B.1 Generalidades

- a) El Proveedor debe proporcionar la documentación de acuerdo con su práctica normal para sistemas de complejidad similar. Si embargo, los dibujos deben tener suficiente alcance y detalles para permitir que la Comisión los revise y los comente.

La documentación debe incluir la siguiente información:

La apariencia general del sistema, conexiones de campo, arreglo de alambrado, accesibilidad para mantenimiento y futuras adiciones.

- b) Todos los dibujos del Proveedor, incluyendo los de sus proveedores, deben llevar la identificación del proyecto en, o cerca del, cuadro de referencia o título. Los números que la Comisión asigne a cada dibujo deben aparecer en cada uno de éstos y además se debe utilizar para referencias cruzadas, el número de dibujo asignado por el Proveedor. Todas las referencias a instrumentos deben incluir el número de identificación asignado por la Comisión.
- c) Toda la documentación que suministre el Proveedor se debe revisar continuamente para que refleje los cambios que surjan durante el desarrollo del proyecto.

Durante el arranque, el Proveedor debe revisar periódicamente toda la documentación para incluir las modificaciones hechas en el campo.

- d) Los dibujos deben indicar, de una manera clara, todas las partes de los componentes de los sistemas de control, incluyendo el equipo y las interconexiones suministrados por otros. La identificación y operación de contactos, interconexiones y otros equipos, deben indicarse junto a cada equipo. Todos los contactos de entradas y salidas deben mostrarse con número de identificación de Comisión y números de dibujos de referencia.

## B.2 Índice de Instrumentos

El Proveedor debe suministrar con su oferta un índice de instrumentos en el que se listen todos los instrumentos proporcionados por él, cuya responsabilidad de montaje, alambrado, suministro de energía, etc., corresponda a la Comisión. La información mínima que debe incluirse en este índice para cada instrumento incluye:

- a) Número de identificación del Proveedor.
- b) Número de identificación de la Comisión (este número se proporcionará posteriormente. El Proveedor debe dejar una columna en blanco). El número de Comisión será el que se marque en el instrumento y en los dibujos del Proveedor.

- c) Servicio(s).
- d) Rango de la escala o de calibración del instrumento.
- e) Marca y número de modelo.
- f) Cantidad suministrada.
- g) Referencia de interconexión.
- h) Referencia a la hoja de datos u otro documento, en el que aparezcan las especificaciones generales del instrumento.
- i) Localización del instrumento.

La identificación de los instrumentos suministrados por el Proveedor, debe apegarse a la norma ISA S5.1.

#### B.3 Diagramas Funcionales (Diagramas de Bloques)

Para cada sistema de control el Proveedor debe suministrar diagramas funcionales en los que se presente la operación funcional de cada circuito y cada componente de éstos sin necesidad de recurrir a otros dibujos, instructivos, etc.

Estos documentos los debe modificar el Proveedor según se requiera para reflejar el avance del diseño.

#### B.4 Lista de Cables

- a) El Proveedor debe proporcionar una lista de cables, en la que se incluya el número de conductores y el calibre del alambre, para todas las conexiones que él no suministra. Esta lista debe especificar todos los arreglos especiales de blindaje e instalación que deban efectuarse para asegurar la operación adecuada del equipo.
- b) El Proveedor debe suministrar una lista adicional para todos los cables prefabricados que él proporcionar. Esta lista debe incluir un número de identificación, la localización de los puntos iniciales y finales, una descripción de servicio y la longitud de los cables.

#### B.5 Hojas de Datos de Instrumentos

- a) La información que contienen las hojas de datos debe incluir todos los datos de diseño de los instrumentos: marca, número de modelo, número de identificación de la Comisión, materiales de construcción, rango de señales de entrada y salida, suministro de energía, exactitud y repetibilidad, sensibilidad y tipo de cubierta.
- b) La información que contienen las hojas de datos debe incluir todos los datos de diseño de los transmisores: marca y número de modelo,

número de identificación de la Comisión, exactitud de señal del transmisor, tipo de elemento (bourdon, fuelle, etc.), material del elemento, tipo de compensación y especificación nominal de presión.

**B.6 Hojas de Datos de las Válvulas de Control y Seguridad**

El Proveedor debe suministrar las hojas de datos de las válvulas de control y seguridad.

**B.7 Lista de Equipo**

Además de índice de instrumentos, el Proveedor debe suministrar lista completa del equipo.

**B.8 Diagramas de Interconexión**

Todo el alambrado que vaya a ser instalado en campo debe ser mostrado claramente en diagramas de interconexión (de entradas y salidas). Estos dibujos deben tener suficiente espacio para permitir la adición de los números de cable asignados por Comisión. Estos números deben mostrarse contiguos a los del Proveedor.

**B.9 Diagramas Lógicos**

Los diagramas lógicos deben mostrar claramente las interacciones entre los sistemas de control y otros sistemas periféricos y la interconexión y operación interna de los sistemas.

**B.10 Dibujos Dimensionales**

- a) El Proveedor debe proporcionar dibujos dimensionales de montaje y contorno de todo el equipo que él suministre y que vaya a ser montado por otros.
- b) Lista de puntos de ajuste. El Proveedor debe entregar una lista de puntos de ajuste de toda la instrumentación y equipo que tenga la función de control y protección.
- c) Dibujos típicos de instalación. El Proveedor debe entregar dibujos típicos de instalación de toda la instrumentación que él suministre, incluyendo: bastidor, localización y tipo de conexiones.
- d) Diagrama de circuito de instrumentos. El Proveedor debe entregar dibujos de interconexión de los instrumentos suministrados por él.

**B.11 Manuales de Instrucciones**

- a) Los manuales de instrucciones deben contener, sin que esto sea limitativo, la siguiente información: instrucciones de operación, todos los dibujos del sistema, descripciones de sistema y ajustes específicos de calibración, e instructivos de mantenimiento para cada componente y/o ensamble, y deben encuadernarse adecuadamente de modo que

sea posible remover o agregar documentos sin destruir la encuadernación.

- b) Los manuales deben listar el número de identificación del Proveedor y la marca y número de modelo para cada componente estándar.
- c) Además de los manuales encuadernados que se especifican en los -- puntos C.12.1 y C.12.2, cada partida de equipo montado en el campo, se debe empacar con una copia de su instructivo estándar. Este debe mostrar dimensiones de contorno y montaje y requisitos de claros, desempaque e instalación.
- d) Los manuales encuadernados, deben incluir una lista de cada tarjeta de circuito impreso, o cualquier otra componente enchufable, -- con una relación de las acciones específicas que deba efectuar el personal de mantenimiento antes de remover esa tarjeta o componente, para evitar disturbios en la operación de la unidad o daños al equipo.

#### B.12 Diagramas Esquemáticos de Alambrado

El Proveedor debe suministrar sus diagramas estándar esquemáticos de alambrado.

## A P E N D I C E C

## ESPECIFICACION GENERAL DE INSTRUMENTACION

## C.1

## Indicadores

- a) Conexiones terminales: tornillos atrás del instrumento.
- b) Arreglo: capacidad para arreglo horizontal agrupados por subsistemas.
- c) Unidades: sistema internacional (SI).
- d) Factores de escala: indicados.
- e) Ajuste de cero: externo accesible.
- f) Escala: impresa con unidades del sistema internacional y factores de escala.
- g) Leyenda de identificación: la requerida en español.

## C.2

## Registradores (miniatura con gráfica de rollo)

- a) Tamaño: nominal 76 mm de ancho x 152 mm de alto ó 152 x 152 mm.
- b) Plumas: máximo 3.
- c) Capacidad de gráfica: 30 días mínimo.
- d) Sistema de tinta: cápsula de cartucho.
- e) Suministro de tinta y gráficas: para dos años.
- f) Velocidad de gráfica: 25 mm/h.
- g) Motor de gráfica: 120 V CA, 60 Hz.
- h) Tamaño de gráfica y escala: nominal 102 mm.

## C.3

## Instrumentos Misceláneos

## C.3.1

## Válvulas solenoide

- a) Bobinas: 120 V CA, y/o 125 V CD para funciones de disparo y protección.
- b) Aislamiento de la bobina y terminales: adecuado para 210°C.
- c) Cubierta: adecuada para el servicio con entrada de 13 mm para conduit.

- d) Solenoides de CD: 105 a 140 V CD operación continua.
- e) Solenoides de CA: 96 a 132 V CA momentánea, y 108 a 132 V CA operación continua.
- f) Terminales de la bobina: alambrados a caja terminal a través de conduit.
- g) Montaje: que se pueda desconectar el cable y conduit sin causar desalineamiento u operación incorrecta.
- h) Construcción: servicio pesado, con bobina y conexiones completamente encapsuladas y selladas contra humedad.

### C.3.2 Interruptores de presión y temperatura

- a) Cubierta NEMA tipo 4 con puntos de ajuste cubiertos.
- b) Interruptores: fijos rígidamente a la caja, bastidor o gabinete para que pueda quitarse el alambrado y tubería sin desmontar el instrumento.
- c) Interruptores de presión y temperatura: instalados de forma que la conexión se efectúe en tablillas terminales.
- d) Los contactos de salida deben estar eléctricamente aislados con un rango nominal de 0.5 A, 125 V CD y 5 A, 120 V CA, inductivos o como lo requiera el servicio.
- e) En circuitos de baja impedancia que cuenten con dispositivos electromecánicos montados en ambientes protegidos, la tensión mínima aceptable en cualquier contacto es de 12 V.
- f) Los contactos para circuitos de control externo deben tener una capacidad interruptiva congruente con la norma NEMA ICS parte 2-125.
- g) Los interruptores de presión se deben construir para servicio pesado con los ajustes protegidos mediante una cubierta removible. Los contactos eléctricos deben ser de accionamiento rápido y calibrados para los servicios que se requieran.
- h) Siempre que sea posible, los interruptores se deben instalar en el equipo antes de su embarque y protegerlos adecuadamente para evitar daños durante el traslado y su almacenaje. Las levas de operación, palancas y conexiones, deben ser de diseño sencillo, robusto y confiable. Los contactos deben ser DPDT.

### C.3.3 Interruptores límite

- a) Cubierta: adecuada al servicio con cuatro contactos, dos normalmente abiertos y dos normalmente cerrados.

- b) Contactos DPDT: sin contactos comunes normalmente abiertos y normalmente cerrados con actuadores de resorte y acción instantánea.
- c) Los interruptores de posición deben ser de construcción para servicio pesado. Los contactos eléctricos deben ser de accionamiento rápido.
- d) Debe considerarse el uso de interruptores de proximidad herméticamente sellados.

## C.3.4

## Manómetros

- a) Tipo amortiguador de líquido, carátula de 114 mm blanca con números negros, caja de fenol y protección contra ruptura de elemento.
- b) En las carátulas no deben usarse leyendas: el servicio debe indicarse en español por medio de una placa fija a la caja.
- c) Sellos químicos para instrumentos que se usan en líquidos viscosos o líquidos con sólidos en suspensión.
- d) Que resistan las condiciones de vibración que se presentan.

## C.3.5

## Termómetros

- a) Tipo bimetalico con carátula de 127 mm.
- b) Vástago: acero inoxidable de 6 mm.

## A P E N D I C E D

## INSTRUMENTACION GENERAL

## D.1 Instrumentos Neumáticos de campo

Las siguientes características deben incorporarse como aplicables a todos los instrumentos neumáticos de campo incluidos en esta especificación:

- a) Señales 20.6 A 0.4 kPa (0.21 a 1.06 kg/cm<sup>2</sup>).
- b) Accesorios: filtro-regulador y manómetro.
- c) Ajuste de cero: accesible sin quitar la cubierta.
- d) Montaje: soporte para tubo de 51 mm (2 pg).
- e) Conexiones a proceso: 13 mm (1/2 pg) NPT.
- f) Conexiones de salida y suministro: 6 mm (1/4 pg) NPT.
- g) Estilo: tipo indicador o con manómetro de salida.

## D.1.1 Controladores de nivel (tipo desplazador)

- a) Modos de control: proporcional (más integral si la aplicación lo requiere).
- b) Perillo de punto de ajuste interna, atrás de la puerta.
- c) Acción de control reversible.
- d) Longitud del desplazador: adecuada a la aplicación.
- e) Material del desplazador: acero inoxidable 304 ó 316.
- f) Varilla: acero inoxidable serie 300
- g) Montaje: caja externa (se prefiere) o desplazador interno.
- h) Orientación de montaje y conexiones: adecuada a la aplicación.
- i) Manómetro: aire de suministro y salida.

## D.1.2 Controles de presión, temperatura o control receptor

- a) Punto de ajuste: interno.
- b) Modos de control: proporcional (más integral y/o derivativo según lo requiera el proceso).
- c) Transferencia auto/manual: sin cambios bruscos.

- d) Escala: estándar del fabricante.
- e) Indicadores neumáticos: suministro y salida.
- f) Indicadores de proceso: variable y punto de ajuste.
- g) Interruptor auto/manual: si lo requiere la aplicación.
- h) Acción de control: reversible en campo.

## D.1.3

## Convertidores (corriente neumático)

- a) Entrada/salida: 4 a 20 mA CD/20.6 a 104 kPa (0.21 a 1.06 kg/cm<sup>2</sup>).
- b) Cubierta: adecuada al ambiente y servicio especificados.
- c) Montaje: sobrepuesto.
- d) Accesorios: filtro regulador y manómetro.

## A P E N D I C E E

## ESPECIFICACION DEL ELEVADOR

## E.1 General

Este apéndice establece las características y requerimientos que deben reunir los elevadores de pasajeros y de carga destinados a proporcionar servicio a los generadores de vapor de las centrales termoeléctricas de 160 y 350 MW.

## E.2 Alcance del Suministro

El Proveedor debe suministrar un elevador para servicio de pasajeros y carga para cada uno de los generadores de vapor incluyendo mano de obra, materiales, supervisión y servicio, así como accesorios, dispositivos de seguridad y de más partes que forman el equipo completo, además debe llevar a cabo todas las operaciones y maniobras requeridas para instalar y dejar funcionando correctamente el elevador en el sitio de la central.

El Proveedor debe ser totalmente responsable por el diseño y la operación de la totalidad del equipo suministrado bajo esta especificación, así como del suministro de todo el equipo y material requeridos para lograr una instalación completa.

## E.2.1 Suministros Incluidos

El trabajo que debe ser suministrado para la central termoeléctrica, consistirá en:

- a) Un elevador de pasajeros, operado eléctricamente, incluyendo cabina, con piso de madera recubierto con losetas vinílicas, pasamanos, puertas corredizas operadas con motor, luces interiores, ventilador eléctrico y tablero de operación y preparaciones para montar equipo de comunicación en el interior de la cabina, lámparas de salida para emergencia y puertas en cada piso y estructura exterior de perfiles de acero soldado.
- b) Sistema de tracción de tipo de engranaje silencioso, de tornillo sin fin de acero especial, rueda helicoidal con corona de bronce fosforado, polea, rieles, polea de desviación y motor eléctrico, colocados sobre el cubo.
- c) Sistema de suspensión y rieles de guía.
- d) Tablero de protección así como de control de arranque y paro automático.
- e) Dispositivos de seguridad, tales como: paracaídas, interruptores límite, amortiguadores, cerraduras, campanillas de alarma para conectarlas al tablero principal de la estación, interruptor principal, en el cuarto de máquinas del elevador, regulador de velocidad centrífugo.

- f) Contrapeso para equilibrar el peso de la cabina más el 50% de la carga especificada, completo con suspensión y guías.
- g) Tablero de revisión y pruebas con botón de emergencia, botones de subir y bajar, cableado necesario, control automático por medio de botones de contacto momentáneo.
- h) Montaje y puesta en operación.
- i) Todos los dibujos, procedimientos de fabricación y de montaje, reportes de pruebas e instructivos de mantenimiento según lo especificado.
- j) Entrega, supervisión para descarga y almacenaje del equipo, previo a la instalación.
- k) Asas de levantamiento y andamios requeridos para la instalación del elevador.
- i) Cuarto de máquinas del elevador, estructuras del cubo y cubiertas del mismo.
- m) Pasillos, escaleras de acceso y plataforma de acceso, pertenecientes a casa de máquinas y generador de vapor.
- n) Estructuras de apoyo y soporte sen el cuarto de máquinas.
- o) Estructura de acero para soportes de los rieles.
- p) Pruebas del equipo.
- q) Acabado final del equipo.
- r) Mantenimiento del equipo según lo posteriormente especificado así como las partes de repuesto necesarias.
- s) Herramientas especiales (si se requieren).

## E.2.2

## Suministros no incluidos

- a) Alumbrado, calefacción, ventilación y salida a contacto para el cuarto de máquinas.
- b) Luces en el cubo y en fosa, así como cableado para alarma desde una caja en el cuarto de máquinas del elevador hasta el cuarto de control.
- c) Fosa elevador.
- d) Suministro de energía eléctrica a 480 V + 10%, 3 fases 60 Hz hasta el interruptor principal en el cuarto de máquinas del elevador.

- e) Suministro de energía eléctrica a 120 V monofásica 60 Hz., para el sistema de alumbrado, hasta un interruptor en el cuarto de máquinas del elevador.

**E.3 Características Generales**

El elevador debe ser suministrado de acuerdo a este apéndice y estar diseñado en base a lo siguiente:

Tipo: Elevador de pasajeros y carga, con cuarto de máquinas elevado, con tracción de engranes.

Capacidad: 1820 kg.

Velocidad: 60 m/min  
196.8 pies/min

Recorrido desde el piso inferior hasta el nivel de la plataforma del domo de generador de vapor.

Dimensiones de interior de la cabina: ancho 2.43 m  
fondo 1.82 m

Ancho de la puerta 1.20 m  
Altura de la puerta 2.10 m  
Altura interior de la cabina 2.45 m  
Dimensiones del cubo 3.25 x 2.85 m

Las paradas del elevador deben ser principalmente las siguientes:

- 1a. Planta baja.
- 2a. 1er. nivel de quemadores.
- 3a. 2º nivel de quemadores.
- 4a. Nivel del economizador.
- 5a. Nivel de recalentadores primarios.
- 6a. nivel del domo.

Los niveles específicos para cada central se señalan en el croquis No. 1, adjunto.

**E.3.1 Motores eléctricos**

Tensión nominal : 460 V  
Numero de fases : 3  
Frecuencia : 60 Hz  
Cubierta : A prueba de anteo totalmente guarnecida.  
Vida de las chumaceras : 100,000 h

Controles:

Tensión nominal : 120 V  
Frecuencia : 60 Hz

#### E.4 Características de Construcción

El elevador debe ser diseñado, instalado y probado de acuerdo a las normas ANSI A17.1 Standard Safety Code for Elevators, Dub Waiters and Escalators y NEMA, todo el equipo eléctrico debe cumplir además con lo indicado en este Apéndice.

##### E.4.1 Plataforma de la cabina y marco de la cabina

La plataforma de la cabina debe tener un marco fabricado de perfiles de acero estructural. El marco debe contar con miembros intermedios y las dimensiones y espaciamientos de todos los componentes estructurales deben ser diseñados para soportar la capacidad nominal del elevador.

Todos los miembros estructurales deben ser de acero ASTM-A36. En la parte superior de la plataforma de acero, se debe fijar un piso de madera sobre el cual se debe colocar losetas de vinil homogéneo, seleccionadas por el Proveedor y que deben estar firmemente unidas al piso, con el acanalado necesario para las puertas de la cabina. La parte inferior del piso debe ser a prueba de fuego como lo requiere la norma ANSI A2.2. Se deben fijar en la parte inferior de las canales de los paracaídas, placas de acero para los amortiguadores.

El marco de la cabina debe consistir de miembros estructurales diseñados por el Proveedor y firmemente anclados a la plataforma y parte superior de la cabina con el contravento adecuado que permita la eliminación de deformaciones en las paredes de la cabina. El marco de la cabina y la plataforma de la cabina deben estar diseñados y contruidos cumpliendo con la clasificación de carga especificada en Características Particulares.

##### E.4.2 Cabina

Las paredes de la cabina deben ser de lámina metálica, apoyadas en un marco rígido de acero estructural, techo de lámina de acero y canales de acero estructural con bandas antifriccionantes, estas bandas deben tener un tamaño y localización determinadas por el Proveedor.

Las paredes verticales deben consistir de una lámina de acero, calibre 14 mínimo, de 1.82 m (6 ft) de altura y una lámina superior de acero, mínimo de 0.61 m (2 ft) de alto, para dar una altura total de la cabina de 2.43 m (8 ft), estas láminas se deben ensamblar de manera que se obtengan superficies inferiores lisas, no deberán usarse remaches en su construcción. Se debe instalar un pasamanos de acero, alrededor del interior de la cabina colocado a una altura de 0.9 (3 ft) sobre el piso.

La cubierta superior de la cabina debe ser de lámina de acero calibre 16 como mínimo y debe estar suficientemente reforzada para soportar y distribuir el peso de dos personas. En la cubierta superior (techo) de la cabina se instalarán una o dos puertas para salida de emergencia, de acuerdo con la norma ANSI A17.1. Las puertas de seguridad deben estar provistas con interruptores de entrelace para evitar la operación del elevador si no están cerradas.

La cabina debe estar provista con ventilación mecánica consistente de un ventilador accionado con motor, arreadado para introducir aire a la cabina a través de una persiana localizada en el techo de la cabina.

Se debe suministrar una base de hule para el ventilador y el motor que evite la transmisión de vibración a la estructura de la cabina.

La persiana de anillos concéntricos debe tener una forma tal que permita la difusión uniforme del aire sobre el área de la cabina.

El ventilador debe tener una capacidad no menor de  $14.15 \text{ m}^3$  ( $500 \text{ ft}^3$ ) de aire por minuto. Se debe poner un interruptor en el tablero de operación de la cabina para el control del ventilador.

El circuito eléctrico de alumbrado y los contactos de la cabina deben estar conectados a 1 interruptor de luces den el tablero de operación de la cabina; a la caja terminal por debajo de la cabina, y al alumbrado exterior en el cubo, por medio de cable flexible. Para el alumbrado de la cabina, se debe tener un luminario fluorescente de 2x38W, slimline, en una caja adecuada para dar un nivel de iluminación de 150 luces en la cabina.

Se debe tener un guarda-lámparas desmontable de alambre duro.

La cabina debe estar provista con contactos duplex colocados en las partes superior e inferior de la misma.

A la cara interior de las láminas de acero de las paredes y del techo, y a todas las superficies exteriores de metal se debe dar una (1) caja de recubrimiento primario y dos (2) capas de acabado, el cuál será aplicado para obtener un acabado liso, final de acuerdo con la especificación D-8500-01.

El Proveedor debe suministrar guardas de piso a todos lo largo de la cabina y a la entrada de la misma.

#### E.4.3 Puertas de la cabina

Las puertas de la cabina, se deben localizar de acuerdo a lo indicado en las Características Particulares. Las puertas deben ser corredizas, de desplazamiento horizontal y deben ser operadas eléctricamente con motor.

Deben ser tipo tambor con propiedades acústicas, con un recubrimiento primario y un acabado aprobado por la Comisión.

Las puertas deben estar suspendidas por gomas de hule o plástico con dos puntos de suspensión y barra de suspensión tipo plea, arreglada para operación eléctrica.

Las puertas deben ser guiadas en la base por medio de zapatas corredizas no metálicas sobre un acanalado suave en la solera de la puerta. Las puertas deben estar diseñadas y reforzadas para operación eléctrica y debe tener resistencia al fuego de 0.75 h.

Las puertas al abrirse deben dar un ancho libre de acceso de 1.20 m.

Las entradas a los diferentes niveles deben estar provistas con puertas de las dimensiones indicadas en Características Particulares. Las puertas de piso deben ser corredizas de desplazamiento horizontal, tipo tambor, con propiedades acústicas y de acuerdo con los requisitos indicados para las puertas de la cabina, antes especificadas.



## E.4.5. Tablero de operación del elevador

- a) El tablero de operación empotrado en la cabina debe incluir un banco de interruptores de botón numerados que corresponderán a las paradas existentes, un interruptor para la luz de la cabina, un botón de alarma conectado a un contacto auxiliar en la fose del elevador, un interruptor para control del ventilador y preparaciones para montar un teléfono que será suministrado por Comisión.

Los contactos de alarma estarán cerrados en condiciones normales y se deben abrir al indicarse condición de alarma.

La campana de alarma debe conectarse en el cuarto de control.

- b) Debe suministrarse botones de llamada en los diferentes niveles de servicio para operación remota del elevador. Este sistema debe ser independiente de los dispositivos de seguridad y emergencia.
- c) Todas las instrucciones y terminología para el tablero de operación, botones de llamada y del sistema de control del motor deben ser en idioma español.
- d) Secuencia del recorrido del elevador.

El sistema se debe diseñar de modo que esté disponible en cualquier nivel y una o más llamadas se registren, ya sea en la cabina o en un nivel, la cabina debe desplazarse en la dirección de la primera llamada recibida tan pronto como el dispositivo de entrelace de las puertas esté cerrado. En el trayecto, las llamadas registradas en el sentido en el que se desplaza la cabina, debe atenderse en la secuencia que se alcancen los niveles y no en el orden en el que se registraron las llamadas.

- e) El tiempo de espera al llegar a un nivel debe ser de 10 s. transcurrido este tiempo se debe cancelar la llamada y continuará su recorrido.
- f) Después de contestar la llamada más lejana en el sentido de la trayectoria inicial, se debe invertir el sentido y responderá las llamadas que se han registrado en el sentido opuesto; estas se atenderán también en la secuencia que se alcancen los niveles y no en el orden en que se registraron las llamadas.
- g) En cada uno de los niveles debe suministrarse un indicador luminoso de la localización y el sentido en el que se desplaza la cabina; este indicador debe instalarse en la parte superior de la puerta en la pared del cubo.
- h) Cuando el elevador haya atendido todas las llamadas la cabina debe regresar al nivel de quemadores automáticamente.

- i) El elevador en reposo debe tener las puertas cerradas.
- j) Adicionalmente, el tablero de operación debe tener un interruptor de paro de emergencia y contendrá también un interruptor con llave para operación con dos posiciones para uso o con sin elevadoristas
- Bajo la posición de control (con elevadorista), el personal que opere el elevador debe tener la opción de mantener las puertas abiertas o cerradas el tiempo deseado.

#### E.4.6 Nivelador automático

El elevador debe estar provisto con un dispositivo nivelador, que automáticamente colocará la cabina en el nivel de parada. Este nivelador debe ser completamente automático e independiente del dispositivo de operación, debe corregir para sobre-nivel o bajo-nivel. La cabina debe ser mantenida a nivel independientemente de la carga y del alargamiento del cable.

#### E.4.7 Interruptor límite automático

El elevador debe estar equipado con interruptores límite automáticos, arreglados para detener la cabina en las paradas terminales independientes del dispositivo de operación regular de la cabina. Se deben tener interruptores límite en los extremos del cubo, operados por medio de la cabina y regulados para parar y evitar la operación, si la cabina viajara más allá de la zona y paro normal.

#### E.4.8 Máquina motriz

La máquina de tracción consistente de motor con reductor de velocidad acoplado, freno y polea de mando colocados en una placa-base rígida. La cubierta de los engranes del reductor de velocidad debe estar dividida horizontalmente con respecto al eje longitudinal de la flecha, para permitir el acceso del tornillo sinfín. Debe contar con conexiones para drenaje, tubería de derrame o indicadores de nivel de aceite. El tornillo sinfín debe ser de acero y la rueda helicoidal con corona de bronce fosforado. La transmisión de la polea y el engrane desmontables deben estar fijados a una carcasa de fierro; la polea debe estar provista con el acanalado adecuado para los cables. La flecha de la polea de acero con alto contenido de carbón debe estar provista con chumaceras de manguito anti-fricción de gran capacidad.

Los tornillos que asegurarán el engrane de la corona debe estar ajustados en orificios rimados para asegurar un ajuste sin holgura. La flecha del tornillo sinfín debe estar montada en por lo menos dos (2) chumaceras radiales y una (1) chumacera de empuje axial de doble acción, sobrada, diseñada para tomar el esfuerzo final del tornillo sinfín en ambas direcciones. La chumacera de empuje axial puede ser removida sin desmantelar la máquina. Las chumaceras incluirán un adecuado medio de lubricación. La rueda del freno debe estar montada firmemente en la flecha del tornillo sinfín y maquinada para lograr una superficie lisa adecuada. La flecha del tornillo sinfín y la polea del freno debe estar dinámicamente balanceados. El freno debe ser de aplicación por resorte, con relevador eléctrico y diseñado para aplicarse instantánea y automáticamente en el caso de una falla de energía.

**E.4.9 Amortiguadores**

Se deben instalar los amortiguadores de resorte necesarios por debajo de la cabina y del contrapeso. Se debe suministrar, si es necesario, puntales de tubo y estabilizadores para los amortiguadores.

**E.4.10 Paracaídas y regulador de velocidad**

Se debe suministrar, de acuerdo con las normas aplicables, un paracaídas que actuando en conjunto con un regulador de velocidad trabe la cabina firmemente contra los rieles, si esta alcanza una velocidad de descenso excesiva. El paracaídas debe estar montado en el marco inferior de la cabina y debe ser operado por medio de un regulador de velocidad centrífugo colocado en la parte superior del cubo. El paracaídas debe estar arreglado de manera que detenga a la cabina y se aplique después de que el freno haya funcionado cuando exista una falla de energía en el motor.

Se debe proveer de acuerdo con los códigos un medio para reestablecer este dispositivo sin que se requieran herramientas especiales o la necesidad de trabajar en la parte inferior de la plataforma de la cabina. La polea, cuñas y engranes expuestos de cada regulador de velocidad debe contar con una cubierta protectora.

**E.4.11 Guidores**

La cabina y el contrapeso deben estar equipados con guidores. Estos guidores deben estar montados en la parte superior e inferior del marco de la cabina y del contrapeso.

**E.4.12 Lubricación de los rieles**

Los lubricadores de los rieles deben estar instalados en la parte superior e inferior de la cabina y del contrapeso. Estos lubricadores distribuirán el aceite uniformemente a los rieles, la velocidad de alimentación se regulará por medio de tornillos reguladores.

**E.4.13 Contrapeso**

El contrapeso debe estar diseñado para una operación suave y económico y debe consistir en un marco de acero estructural remachado o soldado y los contrapesos de fierro fundido, necesarios. Los contrapesos deben ser sujetados dentro del marco por no menos de dos (2) varillas de tensión, pasando a través de orificios hechos en los pesos y deben tener un peso igual al peso de la cabina más aproximadamente un 50% de la carga útil.

Las varillas de tensión deben estar equipadas con tuercas de seguridad. Se deben colocar guidores renovables para el contrapeso en su parte inferior y superior. El contrapeso debe ser guiado en forma adecuada mediante rieles de acero maquinado fijados debidamente a la estructura de soporte de conformidad con el código antes mencionado.

**E.4.14 Pantalla de protección del contrapeso**

La pantalla de protección del contrapeso debe ser una pantalla metálica, suficiente

mente robusta de aproximadamente 2.45 m (8 ft) de alto, localizada en el fondo del cubo.

#### E.4.15 Cables de suspensión y del regulador de velocidad

Los cables de suspensión deben ser de acero especial para elevadores, de alto grado de tracción teniendo un coeficiente de seguridad que corresponda a la norma ANSI A17. Sección 212.

Los cables deben estar firmemente sujetos de ambos extremos mediante asas. Se debe suministrar, por lo menos cuatro (4) cables de suspensión para el elevador.

Los cables del regulador de velocidad debe ser de acero especialmente diseñado para elevadores, con un diámetro no menor de 0.95 cm (3/8 pg).

Los dos extremos deben ser firmemente sujetos juntos a la cabina y se deben fijar al mecanismo de operación del paracaídas.

El cable del regulador de velocidad debe pasar por la polea del regulador de velocidad y por un dispositivo de tensión en el fondo del cubo.

#### E.4.16 Rieles de la cabina y del contrapeso

Los rieles de la cabina y del contrapeso deben ser de perfiles T de placas de acero A-36. Los rieles para la cabina debe tener una sección de masa no menor de 22.32 kg por metro lineal (15 lb por ft) y los contrapesos deben tener una sección de masa no menor de 11.90 kg por metro lineal (8 lb por ft).

Los extremos de los rieles deben ser ranurados y lenguetados.

#### E.4.17 Ménsulas

El Proveedor debe suministrar todas las ménsulas requeridas para la sujeción a la estructura de soporte.

#### E.4.18 Vigas de soportes de la máquina

Las vigas de soportes de la máquina motriz del Proveedor debe apoyarse en ambos extremos, en las paredes del cubo o estructura de soporte suministrados por la Comisión.

#### E.4.19 Cableado

El Proveedor debe suministrar e instalar todo el cableado para el elevador desde los interruptores termomagnéticos ubicados en el cuarto de máquinas del elevador.

Todos los cables deben tener aislamiento y cubierta exterior resistente al fuego y a la humedad. Los cables eléctricos viajeros hasta la cabina deben ser extra-flexibles y estar debidamente suspendidos, (para evitar deformaciones en los conductores individuales), con cajas de derivación localizadas a la mitad del cubo y en la cabina. Este cable debe ser tipo E0 (de acuerdo a NEC), especial para alumbrado y control de elevadores.

## E.4.20

## Dispositivos de emergencia, inspección y seguridad

- a) Dispositivos de emergencia y llaves deben instalarse para abrir las puertas de los pisos tal como lo requieren y permiten los códigos de seguridad en vigor.
- b) Los siguientes dispositivos de inspección y acceso al techo de la cabina deben suministrarse e instalarse de acuerdo a la norma ANSI A17.1, 1a. y 1c. inclusive.
- un interruptor de inspección operado con llave con dos posiciones, normal e inspección, localizado en la cabina,
  - un interruptor de acceso de resorte operado con llave con tres posiciones: sube, apagado y baja, montados en los pisos terminales,
  - una caja de operación en el techo de la cabina localizada entre el crucero y la puerta del cubo, con interruptor de "paro de emergencia", un interruptor de selección botón de seguridad, botones, "subir", "bajar",
  - un interruptor de emergencia alto para detener el elevador en el foso.
- c) El acceso al techo de la cabina se logrará moviendo dicha cabina a la estación terminal por medio del dispositivo de operación regular. Con la puerta abierta, se debe colocar el interruptor de inspección en la posición "inspección" que debe modificar la operación normal del elevador como sigue:

Los dispositivos de operación normal (cabina y niveles) se bloquean. Los interruptores de acceso se activan. Se desconecta el nivelador automático.

El interruptor terminal de acceso se debe colocar en la posición baja y la cabina se debe desplazar hacia abajo a la distancia deseada para permitir el acceso al techo de la cabina, esto sucede con las puertas de piso abierta. Se debe suministrar un dispositivo para limitar el movimiento hacia abajo del elevador en la estación terminal piso superior.

Con el interruptor de acceso en la posición de abierto y la llave de operación del interruptor removida, debe entonces permitirse el acceso a la parte superior, del techo de la cabina y al dispositivo de operación de techo.

La operación desde el dispositivo de operación de techo será posible cuando el interruptor de selección sea girado a la posición "manual techo cabina" esto hace a los interruptores de acceso inoperantes y transfiere el control al techo de la cabina. El movimiento de la cabina debe ser simultáneo, con la presión continua

de los botones en dirección apropiada y el botón de seguridad.

La operación desde el techo de la cabina no debe ser posible a no ser que todos los contactos eléctricos de las puertas estén cerrados.

- d) El acceso al foso del elevador se debe hacer con una operación semejante con el dispositivo de acceso de la terminal inferior.
- e) Las puertas deben tener un dispositivo que evite el cierre cuando una persona está en el plano de deslizamiento de las puertas, las puertas deben cerrar hasta hacer contacto con el obstáculo y se deben abrir automáticamente, deben cerrar nuevamente una vez transcurrido el tiempo de espera especificado.

E.4.21 Equipo eléctrico

E.4.21.1 Generalidades

El equipo eléctrico debe consistir de un motor principal, los motores auxiliares, frenos operados eléctricamente, controles, resistencias, interruptores de límite y termomagnéticos, transformadores, relés de sobrecarga, fusibles, gabinetes, el alambrado y tubo conduit necesario para completar el elevador con su control.

El equipo eléctrico suministrado con el elevador debe ser adecuado para recibir alimentación eléctrica de un sistema de 480 V + 10%, 3 fases, 60 Hz C.A. y sus tensiones eléctricas nominales se indican en las Características Particulares.

E.4.21.2 Motores

El motor principal del elevador debe ser del tipo de rotor devanado o jaula de ardilla para alto par y baja corriente de arranque, y equipado con lo siguiente:

- a) Freno por corriente de Foucault acoplado.
- b) Freno mecánico por medio de resorte que se libera por solenoide, para detener la cabina cuando está en reposo.
- c) Reductor de velocidad tipo helicoidal, acoplado.
- d) Tacómetro-generador que genere una tensión proporcional a la velocidad.
- e) Ventilador y filtros acoplado.

Los motores deben tener la capacidad suficiente para mover las cargas sin utilizar más del 90% de la potencia nominal. El factor de servicio debe ser de 1. Los motores deben estar provistos de cojinetes tipo antifricción diseñados específicamente para servicio en elevadores y también deben tener extensiones adecuadas a la flecha.

La construcción y selección de los motores debe hacerse de acuerdo con las normas NEMA MG1, MG2 y NOM J-75.

Todos los motores de 50 HP o mayores deben estar protegidos contra humedad con calentadores y con tratamiento adecuado para las condiciones ambientales especificadas. Los calentadores deben ser de 240 V nominales y deben operar a 120 V 1 fase, 60 Hz. Los motores deben tener cubierta abierta a prueba de goteo totalmente guarnecido con aislamiento clase B para una elevación máxima de temperatura de 80°C medida por el método de resistencia, sobre una temperatura ambiente de 40°C máxima de 30°C promedio.

Los motores deben ser capaces de entregar su capacidad total durante 30 minutos cuando la tensión en las terminales del motor sea de  $\pm 10\%$  de la tensión.

El Proveedor debe suministrar las siguientes curvas de comportamiento:

- a) Curva, tiempo-velocidad cuando el motor está acelerando la carga conectada (para motores de 50 HP o mayores a 100% de la tensión nominal).
- b) Curva de corriente-tiempo seguro (curva de calentamiento del motor o curva destructiva) para rotor bloqueado y con un arranque normal a la temperatura de operación en el caso de motores integrales.
- c) Curva de velocidad-par, para motores de 50 HP y mayores.
- d) Vistas exteriores del motor mostrando la localización de las cajas de terminales principales, auxiliares y de conexión para calentadores de espacio y detectores de temperatura, así como detalles de montaje y de conexiones.

#### E.4.22 Equipo de control

El equipo de control debe ser totalmente de tipo magnético con controles localizados convenientemente en la cabina y con los contactores, relés y arrancadores montados en lugar accesibles para mantenimiento.

El equipo de control automático debe ser del tipo reversible, para seleccionar los movimientos desde la cabina y las entradas en los pisos. Los controles y los motores deben ser adecuados para el uso con los frenos y la carga especificados. Las resistencias que se usen deben ser del tipo irrompible para servicio en elevadores.

Un interruptor termomagnético principal de 3 polos, 600 V y el de alumbrado de 1 polo, 120 V deben tener caja tipo NEMA 1.

La tensión de control debe ser de  $120 \pm 10\%$  V. El Proveedor debe proporcionar transformadores de control para reducir la tensión disponible de  $480 \pm 10\%$  V.

El circuito eléctrico para cada uno de los motores debe contar con un arrancador magnético con relés bimetálicos de sobrecarga en cada fase (3 fases).

Todos el equipo eléctrico, como relés e interruptores de límite (incluyendo sus partes mecánicas) cuya función sea controlar o limitar los movimientos de la carga, deben ser protegidos contra condensaciones y humedad.



### E.5.3 Rieles de la cabina y del contrapeso

Los rieles deben ser instalados a plomo con una tolerancia de 0.32 cm (1/8 pg) y deben ser firmemente sujetos a la estructura cubo en medio de ménsulas robustas de acero. Los extremos de los rieles deben ser lenguetados y ranurados, formando juntas macho-hembra y conectados con placas de empalme de acero. Se deben proveer placas de empalme para los rieles posteriores de los extremos de los rieles correctamente maquinados para formar uniones lisas.

Los rieles deben ser colocados de manera que no se provoque una distorsión de ida a una carga excéntrica o por aplicación de los paracaldas. Los rieles también deben asentarse adecuadamente en la fosa y se deben extender hasta la superficie inferior de la losa superior.

### E.5.4. Pintura y protección

Todo el material estructural debe ser limpiado con chorro de arena o cepillo de alambre para remover cualquier incrustación, partícula de soldadura o materia extraña presente.

Todas las superficies maquinadas deben limpiarse y protegerse contra la corrosión durante su embarque, transportación y almacenamiento de acuerdo a la superficie CFE - - D8500-01.

Todo el material estructural después que ha sido limpiado debe recibir una capa de recubrimiento primario y dos capas de acabado. El acabado se aplicará de acuerdo a la especificación D-8500-01. En trabajos remachados, las superficies de contacto deben ser totalmente limpiadas pero no recubiertas antes de su ensamble.

El equipo suministrado, debe estar liso y libre de materia extraña tal como incrustaciones, arena, burbujas, restos de soldadura, astillas y viruta de metal, aceite, grasa, materia orgánica y herrumbre superficial.

El Proveedor debe suministrar empaques adecuados para el producto terminado, que prevenga la contaminación y daño del producto durante el embarque, transporte y almacenamiento. Se debe suministrar cuando sea necesario instrucciones de manejo especial y almacenamiento, en el exterior del paquete.

### E.6 Pruebas y Control de Calidad

#### E.6.1 Pruebas

La Comisión o sus representantes autorizados deben tener libre acceso a los talleres del Proveedor durante la fabricación para inspeccionar el equipo.

El inspector de Comisión tiene la autoridad para rechazar el equipo, si no cumple con las condiciones indicadas en esta especificación o bien si las copias de certificados de inspección y/o pruebas no satisfacen los requerimientos de las mismas.

Para demostrar el funcionamiento correcto y suave del elevador, la máquina y el regulador de velocidad debe probarse en fábrica de acuerdo con los procedimientos norma-

les del Proveedor mismo que deben ser aprobados por la Comisión. Después de terminar la instalación del Proveedor debe llevar a cabo las siguientes pruebas, en presencia de un representante de la Comisión.

- a) Prueba de funcionamiento para demostrar una operación correcta y suave de todo el equipo (vacío y con carga).
- b) Prueba de balanceo.
- c) Prueba del paracaídas con carga máxima.
- d) Prueba del sistema de cableado para aislamiento a tierra y entre conductores.
- e) Todas las otras pruebas requeridas por las autoridades correspondientes.

Las pruebas deben realizarse de conformidad con la especificación ANSI A17.1 o procedimiento equivalente, propuesto por el Proveedor y aprobado por la Comisión.

#### E.6.2 Control de calidad

El inspector autorizado de la Comisión debe revisar y aprobar en su caso la lista de inspección que debe elaborar el fabricante previo al inicio de la fabricación, en dicha lista se deben indicar pruebas que deben cubrir y finalmente los registros que el Proveedor deben proporcionar a la Comisión.

El Proveedor debe enviar junto con su oferta una descripción de procedimiento de control de calidad que normalmente se sigue en la fabricación de este equipo, el Proveedor debe suministrar dentro de los 30 días después de recibir la orden el procedimiento de pruebas y el de inspección de control de calidad detallado y el programa para llevar a cabo estas actividades. La misma información debe suministrarse para todos los materiales y equipos.

El Proveedor debe ser responsable totalmente por el servicio y el equipo suministrado.

El precio debe incluir el costo para inspección de control de calidad y pruebas.

#### E.6.3 Aceptación, pruebas e instrucciones

El Proveedor debe suministrar a la Comisión los instructivos que cubran la instalación del sistema de lubricación y la prueba del equipo. Adicionalmente debe suministrar dibujos impresos o ilustraciones marcadas para identificar cada parte y localizarla en el conjunto del equipo. Las instrucciones también incluirán las recomendaciones del Proveedor de todos los tipos de lubricantes requeridos.

#### E.6.4 Garantía

- a) El elevador debe ser garantizado por el Proveedor de estar libre de defectos en su diseño, fabricación, material y operación a su

máxima capacidad. Cualquier defecto que aparezca dentro de los 18 meses de la fecha de aceptación debe ser corregido por cuenta del Proveedor.

- b) El Proveedor debe suministrar a la Comisión certificados escritos de la garantía del equipo. Debe enviarse a la Comisión una copia del certificado antes de embarcar el equipo.

#### E.7 Mantenimiento y Refacciones

##### E.7.1 Mantenimientos

El Proveedor debe dar mantenimiento y reparación al equipo que suministre para el elevador por un período de doce (12) meses a partir de la terminación y aceptación de su trabajo, según lo indicado. Este servicio debe incluir un examen periódico de la instalación, realizado por empleados competentes y adiestrados, debiendo incluir además todos los ajustes necesarios, engrasado, aceitado, limpieza y partes para mantener una operación correcta, excepto aquellas partes que se hagan necesarias debidas al mal uso, accidentes o negligencias que no hayan sido causados por el Proveedor.

##### E.7.2 Refacciones

El Proveedor debe suministrar:

- a) Un (1) juego de recubrimiento para las zapatas de la cabina (en número suficiente para reemplazar los recubrimientos de todas las zapatas de la cabina).
- b) Un (1) juego de recubrimiento para las zapatas del contrapeso (en número suficiente para reemplazar los recubrimientos de todas las zapatas del contrapeso).
- c) Dos (2) relevadores de piso, completos.
- d) Dos (2) juegos de contactos (cada juego debe tener el número suficiente para reemplazar todos los contactos de los contactores del controlador).
- e) Dos (2) interruptores de entrelace para las puertas de piso.
- f) Dos (2) resortes para el cerrado de resorte en el piso.
- g) Un (1) interruptor límite.
- h) Un (1) juego de chumaceras de la maquinaria. (consistiendo en: una chumacera de empuje completa y recubrimiento de reemplazo para todas las chumaceras radiales).
- i) Un (1) juego de zapatas para los frenos.
- j) Doce (12) escobillas para los anillos de deslizamiento del motor eléctrico.

- k) Cinco (5) unidades de botones de llamado.
- l) Cuatro (4) unidades de luces de estación de llamado.
- m) Ocho (8) contactos para el selector de piso.

La adquisición de uno o más lotes de partes de repuesto, queda a opción de la Comisión.

El importe de las partes de repuesto (E.7.2) no se debe considerar para fines de evaluación de ofertas.

## APENDICE F

## SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PARA DETECTORES DE FLAMA DE GENERADORES DE VAPOR

## F.1 DESCRIPCION

El sistema tiene por objeto suministrar aire para enfriamiento a los detectores de flama, tanto de quemadores como de pilotos, evitando que se dañen por exceso de temperatura. Es aplicable a cualquier generador de vapor.

El sistema consta de dos ventiladores de enfriamiento de detectores de flama (VEDF): el normal, que opera con C.A. y el de emergencia, que opera con C.D. del banco de baterías o de la fuente ininterrumpible de la central.

Los dos VEDF succionan normalmente del ducto igualador de las descargas de los ventiladores del tiro forzado, cada uno a través de una compuerta manual y un filtro, descargando a través de una compuerta de no retorno. Ambas descargas se unen a un ducto común, que entrega el aire al anillo de aire de enfriamiento para detectores de flama localizado en el hogar.

Para cuando existe falla o paro de los ventiladores de tiro forzado, el sistema cuenta con una toma de aire directamente de la atmósfera, a través de una compuerta de no retorno, por donde succionan el aire los VEDF.

Como respaldo adicional, el sistema de enfriamiento de los detectores de flama cuenta con un suministro de aire, mediante aire comprimido de la central.

## F.2 OPERACION

El arranque manual para cualquier VEDF se puede efectuar desde el tablero en el cuarto de control. La operación automática se inicia, para cualquier VEDF, colocando al interruptor de control localizado en el cuarto de control en posición AUTO, cumpliendo además la condición de que exista una presión diferencial baja, entre el hogar del generador de vapor y la descarga de los VEDF, con un valor igual o menor a 49 mbar, la cual se detecta por los interruptores de presión (PDSL-01 y PDSL-02) redundantes. El disparo de cualquier VEDF produce un arranque incondicionado del otro VEDF que se encuentre de reserva.

El paro de cualquier VEDF se efectúa sólo de forma manual, condicionado a que la temperatura de metales de caldera, detectada por cualquier elemento sensor de temperatura de metales más cercano al hogar, sea menor o igual a 60°C.

Sólo bajo condiciones anormales, designadas como "Problemas Eléctricos, Corto Circuito o Sobrecorriente", se debe producir un paro en cualquier VEDF no iniciado manualmente.

La apertura de la compuerta de aire para enfriamiento se debe efectuar por la acción manual del operador o automáticamente cuando cualquiera de los ventiladores de tiro forzado esté operando. El "cierre", manual o automático, se debe efectuar cuando ambos ventiladores del tiro forzado no estén operando.

La apertura de la válvula de respaldo para el suministro de aire de enfriamiento, proveniente del aire comprimido de la central (VRAC), se efectúa manualmente desde el tablero de control o automáticamente, cuando se detecte muy baja presión (menos de 4 mbar) después de 10 segundos ajustables.

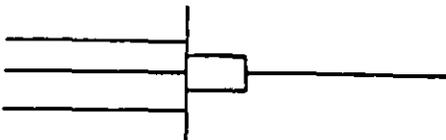
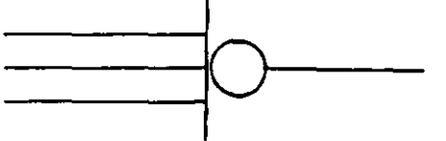
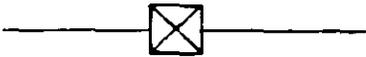
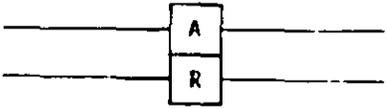
El "cierre" de la VRAC se efectúa en forma manual, condicionado a que la temperatura de metales de caldera sea menor o igual a 60°C, o que cualquier VEDF esté operando.

### F.3 ANEXOS

- A) Diagrama S-01: Diagrama Lógico de Control, Simbología.
- B) Diagrama N-01: Diagrama Lógico de Control, Notas Generales.
- C) Diagrama de Flujo Sistema de Enfriamiento para Detectores de Flama de Generador de Vapor.
- D) Diagrama 01: Diagrama Lógico de Control, Ventilador de Enfriamiento, Detector de Flama "Normal".
- E) Diagrama 02: Diagrama Lógico de Control, Ventilador de Enfriamiento, Detector de Flama "Emergencia".
- F) Diagrama 03: Diagrama Lógico de Control, Compuerta de Aire para Enfriamiento.
- G) Diagrama 04: Diagrama Lógico de Control, Válvula de Aire Auxiliar.

ANEXO A

DIAGRAMA S-01 - DIAGRAMA LOGICO DE CONTROL, SIMBOLOGIA

Función	Símbolo	Descripción
Entrada manual	 <p>ABRIR HS-158 (AX)</p>	La lógica se inicia cuando el conmutador 158 en el tablero auxiliar se opera a la posición "abrir". Este símbolo representa tanto acción momentánea como mantenida.
Entrada de proceso	 <p>NIVEL DOMO ALTO LSH-157</p>	La lógica se inicia cuando el interruptor de nivel del domo opera por alto nivel.
Y (and)		Una función que tiene dos o más entradas y que produce una salida sólo cuando todas las entradas están presentes. No existe salida cuando alguna entrada no se encuentra presente.
U (or)		Una función que tiene dos o más entradas y -- que produce una salida cuando una o más entradas están presentes. No existe salida cuando ninguna entrada está presente.
No (not)		Una función que tiene una entrada y que produce una salida cuando la entrada no está presente no existe salida cuando la entrada está presente.
Retardo de tiempo (on delay)	 <p>10 SEG.</p>	Una función que tiene una entrada y que produce una salida después de que la entrada ha estado presente continuamente durante un tiempo previamente ajustado. No existe salida cuando la entrada no está presente se indica el tiempo (mostrado), o el rango de ajuste.
Memoria de tiempo (off delay)	 <p>0-1 MIN.</p>	Una función que tiene una entrada y que produce una salida cuando la entrada está presente. La salida continua existiendo durante un tiempo previamente ajustado después de que la entrada desaparece. Se indica el tiempo o el rango de ajuste (mostrado).
Memoria		Una función que tiene dos entradas y una o dos salidas. La salida de ajuste (A) está presente cuando la entrada de ajuste está presente y continua existiendo hasta que se presenta la entrada de reajuste (R). La salida de reajuste puede mostrarse y usarse si se requiere en la lógica. Esta salida se produce sólo

**Función**

**Símbolo**

**Descripción**

cuando la salida de ajuste no está presente. Se usan notas en el diagrama si se requiere que la memoria se reajuste al ocurrir pérdida de energía o si se requiere alguna acción específica cuando se presenten las entradas A y R simultáneamente.

Acción de salida



La acción descrita entre las barras paralelas es consecuencia de la lógica. En este ejemplo la bomba recibe la señal de arranque cuando la lógica se cumple.

Luces



La luz roja en la consola de la caldera se ilumina cuando la lógica se cumple. El código de colores:

R (rojo) Indica condiciones de operación, de flujo o crecientes.

V (verde) Indica condiciones de no operación de flujo detenido o decreciente.

A (ambar) Indica condiciones automáticas de esfera o intermedias.

B (blanca) Indica condiciones de disparo manual o por protección.

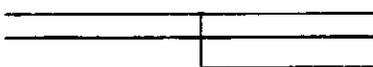
Z (azul) Indica condiciones especiales.

Anunciador



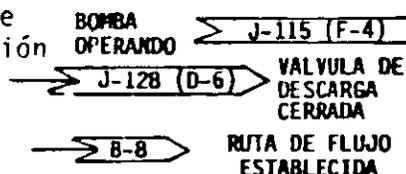
Una ventana del cuadro de alarmas del tablero de registradores opera cuando la lógica se cumple. En el diagrama se indica si la ventana es común a más de una entrada lógica.

Línea de conexión



Las líneas llenas indican conexiones lógicas. Sólo se utilizan flechas cuando se requieran para aclaración. La distribución y los cruces de líneas se hacen como se muestra.

Señales de continuación



Este símbolo se usa para enviar la señal de lógica a otro diagrama. En el ejemplo se recibe una señal del diagrama J-115 coordenadas F4 y se envía otra señal al diagrama J-128 coordenadas D-6. La flecha pequeña es para continuar la lógica a otro lugar del mismo diagrama, en el que el empleo de una conexión sería molesta. En el ejemplo se envía una señal a las coordenadas 8-8.

Función	Símbolo	Descripción
Especial		<p>Una función que produce una salida bajo condiciones especiales definidas dentro o al lado del símbolo. El rectángulo puede ser de cualquier tamaño. Este símbolo se usa para funciones especiales y para sustituir grupos complejos de símbolos lógicos que representen funciones más fácilmente comprendidas mediante el uso de enunciados.</p>
<p>Entrada a registro de secuencia de eventos</p>		<p>RSE Señal de entrada al registrador de secuencia de eventos cuando la lógica se cumple. En los diagramas se indica si actúa en paralelo con una alarma.</p>

## ANEXO B

## DIAGRAMA N-01 - DIAGRAMA LOGICO DE CONTROL, NOTAS GENERALES

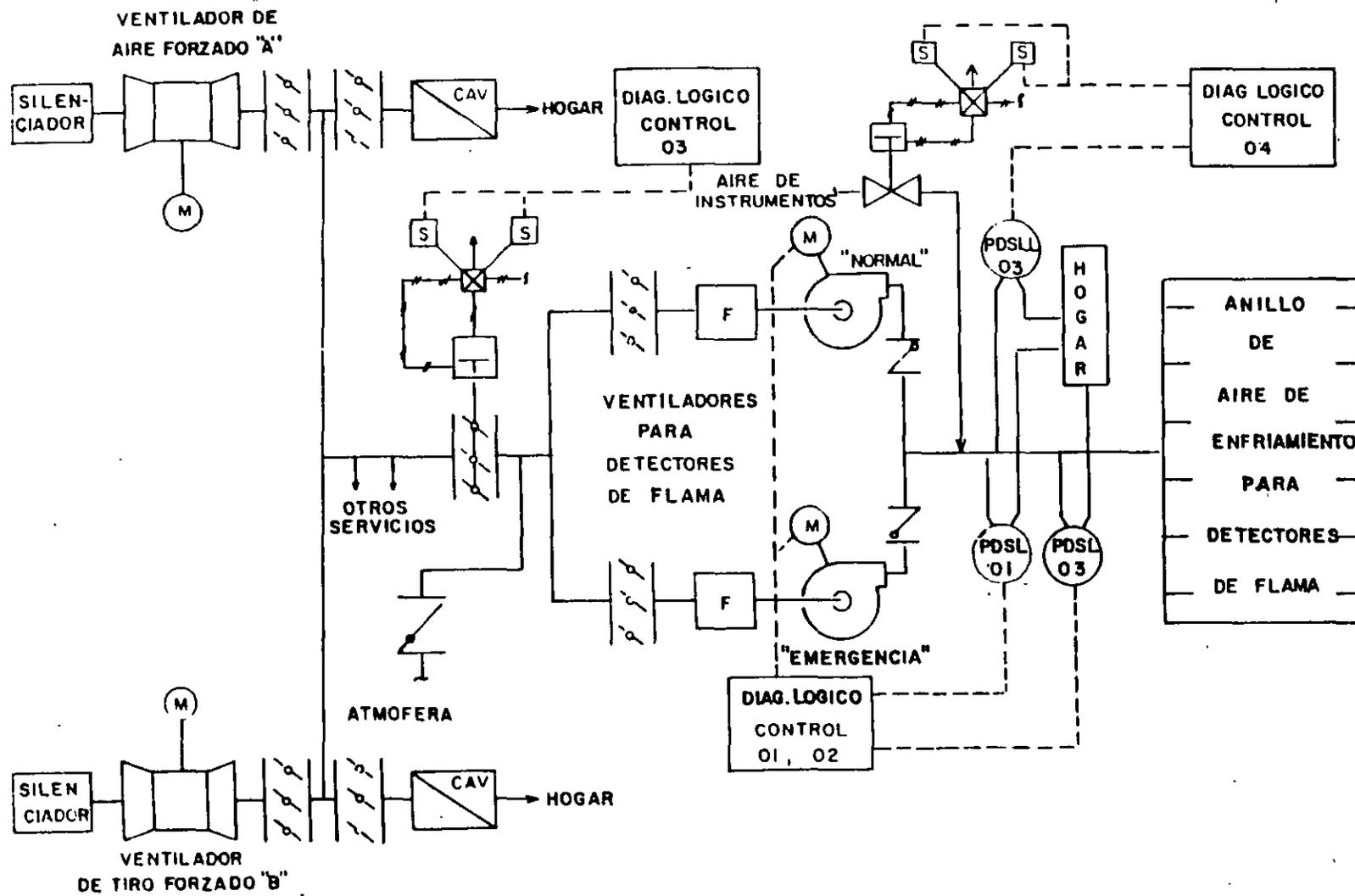
- 1 Los símbolos lógicos representan funciones del sistema y no necesariamente reflejan dispositivos o el arreglo de los circuitos. Los diagramas lógicos de control no implican inherentemente estados energizados, desenergizados u otros estados de operación de los circuitos.
- 2 El equipo de proceso cambiará de estado al iniciarse un cambio, y permanecerá en ese estado hasta que se inicie un cambio a otro estado.
- 3 El equipo de proceso permanecerá en, o regresará a, su estado original. Después de ocurrir una pérdida y restablecimiento de energía, a menos que se indique de otra manera.
- 4 No se muestran las interconexiones de seguridad inherentes al equipo, tales como las interconexiones de disparo libre (trip free) de los interruptores de circuito y las de los arrancadores reversibles.
- 5 Algunas acciones de protección se muestran también como permisivas de arranque. El diseño de disparo libre (trip free) impide la operación del equipo cuando existe una acción de protección, incluso cuando no se proporcionan permisivas de arranque.
- 6 Los puntos de ajuste finales para instrumentos se muestran en la lista de puntos de ajuste. Los puntos de ajuste mostrados en los diagramas lógicos de control son aproximados, a excepción de los "timers".
- 7 Para detalles de protecciones eléctricas del equipo por sobrecorriente, corto circuito, protección diferencial y bajo voltaje en el bus de alimentación, referirse a los dibujos esquemáticos eléctricos.
- 8 No se muestra la lógica de permisivas de memoria, restablecimiento y arranque asociadas con los dispositivos de protección eléctrica. Los interruptores de circuito de los sistemas auxiliares eléctricos se restablecen colocando el conmutador correspondiente del cuarto de control, en la posición de disparo. Los circuitos de los sistemas auxiliares mecánicos se restablecen mediante la operación de un interruptor en el centro de control de motores o tablero de distribución correspondiente.
- 9 No se muestran los interruptores de prueba de los tableros de distribución. Estos interruptores funcionan únicamente cuando el interruptor de circuito correspondiente está en la posición de prueba.
- 10 Todos los controles de circuito, excepto las interconexiones de seguridad con otros equipos, funcionan cuando se coloca el interruptor de circuito en la posición de prueba. Esto se hace para permitir la prueba del circuito.

- 11 No se muestra la lógica que hace que las luces de posición de las válvulas y compuertas estén ambas iluminadas cuando el equipo se encuentra en posición intermedia.
- 12 No se muestran en la lógica los interruptores de posición y par que paran los actuadores motorizados de válvulas y compuertas al final de la carrera. El tipo de válvulas y las acciones requeridas se indicarán en el diagrama lógico correspondiente cuando estén disponibles.
- 13 Todos los instrumentos y accesorios marcados (\*), son suministrados por el proveedor del equipo.
- 14 Los equipos que operan de la misma manera, se muestran en un solo diagrama lógico. La instrumentación de cada equipo se representa en una tabla. En el diagrama lógico se muestra el primer renglón o primera columna de esta tabla.
- 15 Los equipos se identifican por el número asignado en el proyecto, en la lista de equipo.
- 16 Las alarmas de arranque automático operan sólo si el equipo de reserva arranca realmente. Por simplicidad no se muestra en el diagrama lógico está (inteco - nex).
- 17 El conmutador de control de válvulas no invertirá el viaje cuando las válvulas esten en movimiento.

800616 RIV 3/0506 300001

### ANEXO C

## DIAGRAMA DE FLUJO SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PARA DETECTORES DE FLAMA DEL GENERADOR DE VAPOR



GENERADORES DE VAPOR DE 160 Y 350 MW

ESPECIFICACION

CFE X4000-01

187 de 191

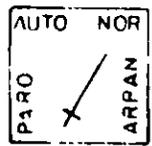
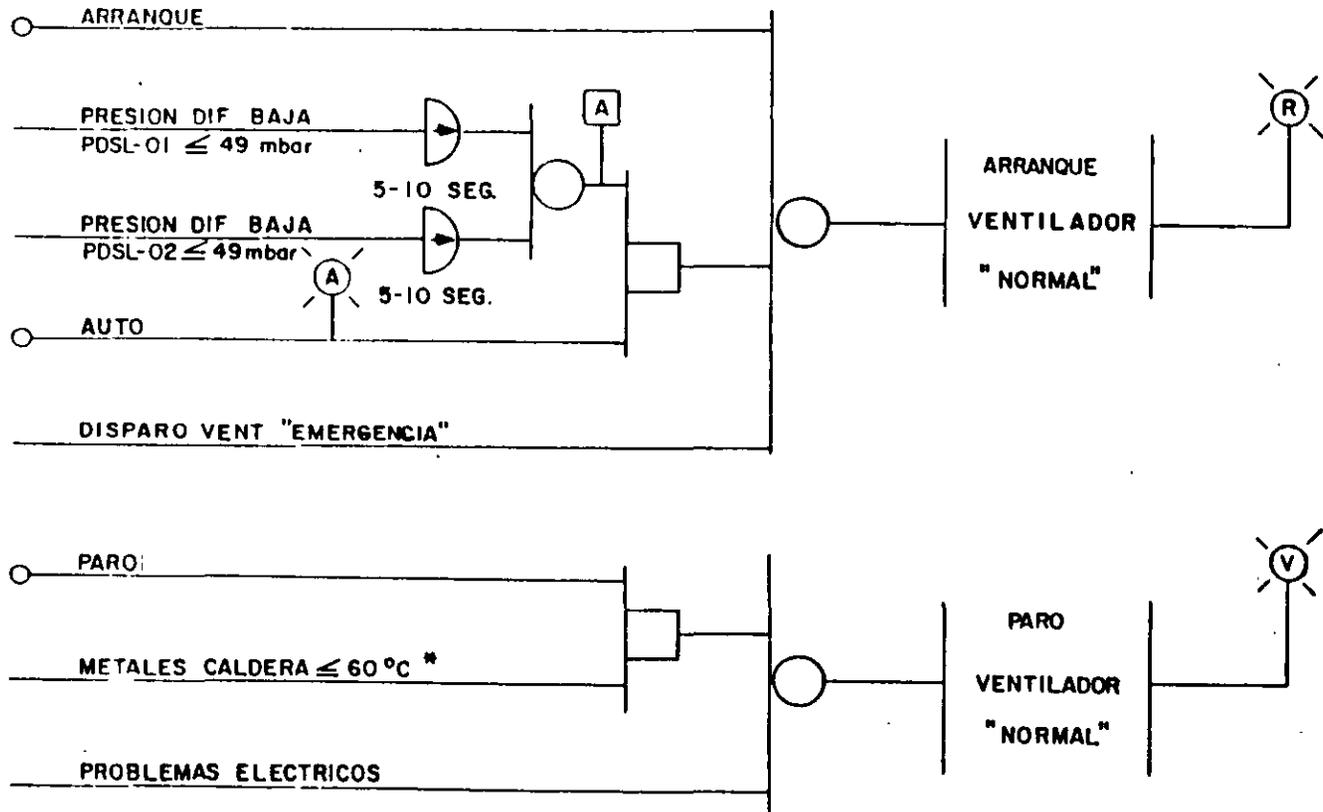
911008

18/01/91

766

### ANEXO D

#### DIAGRAMA 01: DIAGRAMA LOGICO DE CONTROL, VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO DETECTOR DE FLAMA "NORMAL"



COMUTADOR DE CONTROL  
 CON RESORTE DE RETORNO  
 DE ARRANQUE A NORMAL  
 Y DE PARO A AUTO

EL PUNTO MAS CERCANO AL HOGAR

GENERADORES DE VAPOR PARA 160 Y 350 MW

ESPECIFICACION  
 CFE X4000-01

188 de 191

800616

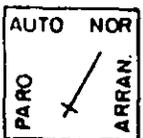
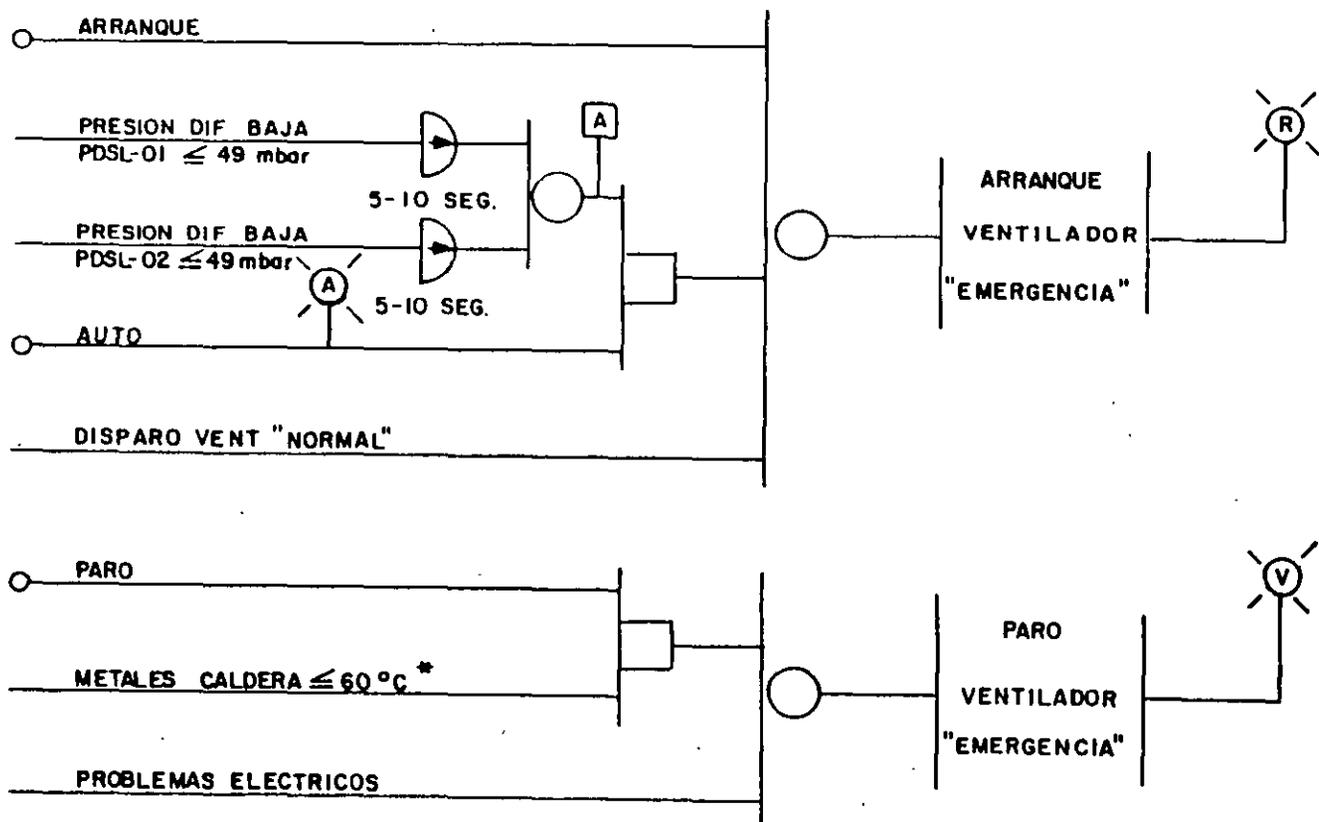
REV

870504

193

### ANEXO E

#### DIAGRAMA 02: DIAGRAMA LOGICO DE CONTROL, VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO DETECTOR DE FLAMA "EMERGENCIA"



CONMUTADOR DE CONTROL  
CON RESORTE DE RETORNO  
DE ARRANQUE A NORMAL  
Y DE PARO A AUTO

\* EL PUNTO MAS CERCANO AL HOGAR

GENERADORES DE VAPOR PARA 160 Y 350 MW

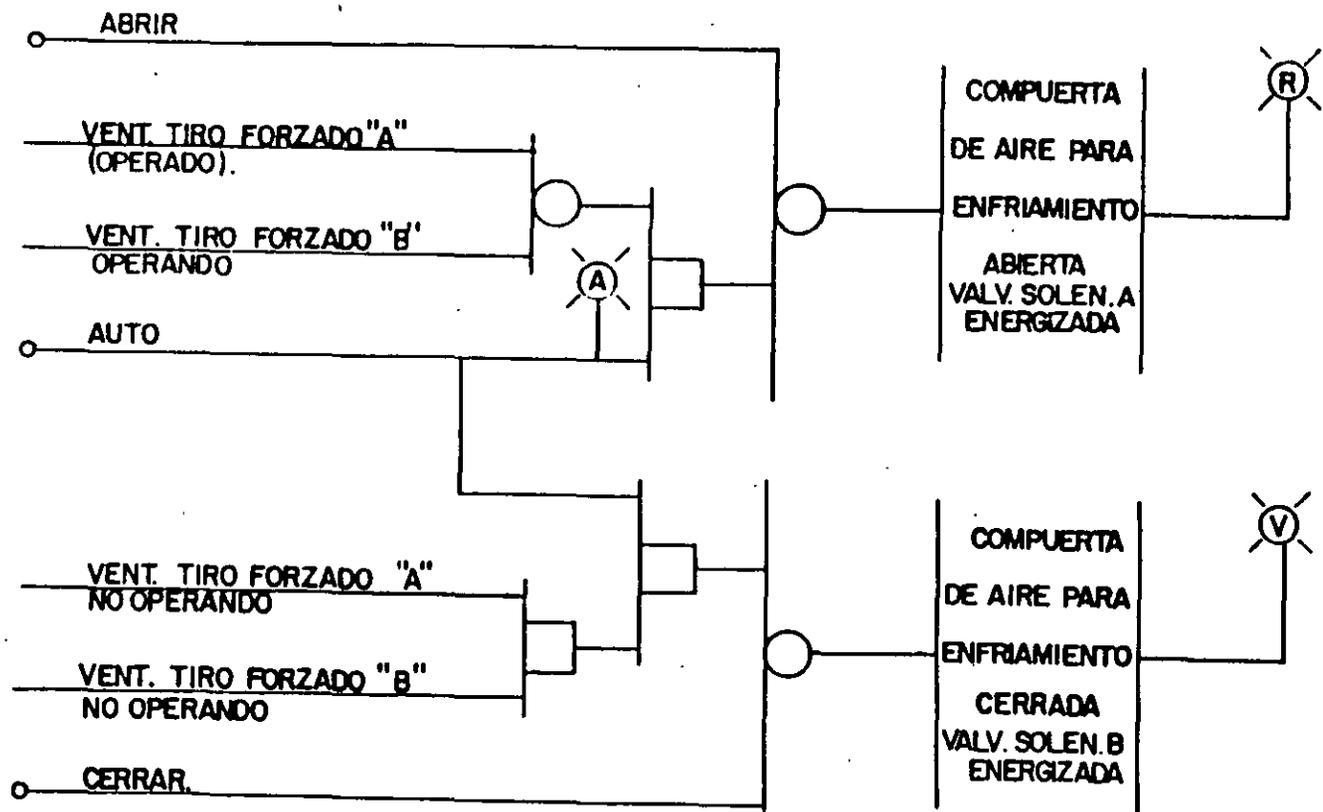
ESPECIFICACION

CFE X4000-01

189 de 191

ANEXO F

DIAGRAMA 03: DIAGRAMA LOGICO DE CONTROL, COMPUERTA DE AIRE PARA ENFRIAMIENTO



COMUTADOR DE CONTROL  
 CON RESORTE DE RETORNO  
 DE ARRANQUE A NORMAL  
 Y DE PARO A AUTO.

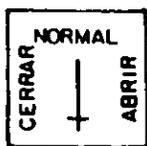
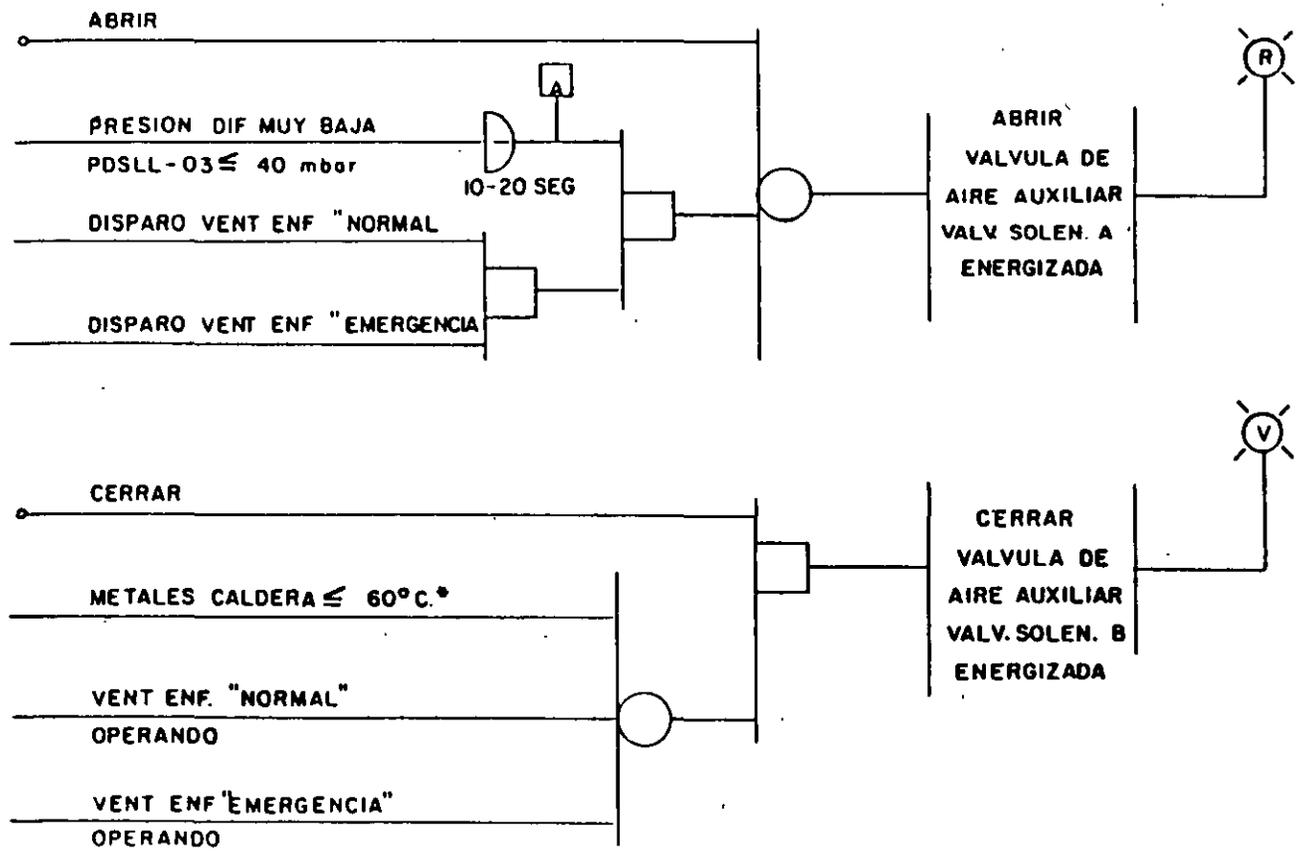
GENERADORES DE VAPOR PARA 160 Y 350 MW

ESPECIFICACION  
 CFE X4000-01

800616 919163 423 470506 000801

### ANEXO G

#### DIAGRAMA 04: DIAGRAMA LOGICO DE CONTROL, VALVULA DE AIRE AUXILIAR



CONMUTADOR DE CONTROL  
CON RESORTE DE RETORNO  
A LA POSICION NORMAL.

EL PUNTO MAS CERCANO AL HOGAR

GENERADORES DE VAPOR PARA 160 Y 350 MW

ESPECIFICACION

CFE X4000-01

191 de 191

195



# COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

## CARACTERISTICAS PARTICULARES PARA LOS GENERADORES DE VAPOR DE LA CENTRAL TERMoeLECTRICA DE \_\_\_\_\_

Nombre del proyecto

Correspondientes a la especificación CFE X4000-01

1 de 3

CARACTERISTICAS GENERALES DEL PROYECTO	
	PLANTA NUEVA <input type="checkbox"/> AMPLIACION <input type="checkbox"/>
Capacidad de cada unidad _____	
Número de unidades _____	Tipo de enfriamiento _____
Ubicación _____	

DESCRIPCION DEL SITIO						
Datos geográficos				Características del terreno		
Altitud (msnm)	Longitud (grados)	Latitud (grados)	Zona climática	Capacidad de carga t/m <sup>2</sup>	Aceleración horizontal máx.	
CONDICIONES AMBIENTALES <sup>1</sup>						
Presión barométrica kPa (mm Hg)	Agua de enfriamiento para auxiliares		Temperatura de diseño, °C			Humedad relativa de diseño %
	naturaleza	temperatura de diseño °C	bulbo seco verano	bulbo seco invierno	bulbo húmedo	
Vías de comunicación (breve descripción) _____						

<sup>1)</sup> Se anexa Rosa de los Vientos

DTF - 116

CARACTERISTICAS DEL EQUIPO						
Boquillas en:	Fuerzas, N			Momentos, N-m		
	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
Salidas del sobrecalentador						
Salidas del recalentador						
Entradas al recalentador						
Entrada al evaporizador						
CHIMENEA	Altura			Velocidad mínima de salida de gases		
	m			m/s		



# COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

## CARACTERISTICAS PARTICULARES PARA LOS GENERADORES DE VAPOR DE LA CENTRAL TERMoeLECTRICA DE \_\_\_\_\_

Nombre del proyecto

Correspondientes a la especificación CFE X4000-01

2 de 3

Para costos de operación y mantenimiento			Parte proporcional de tiempo en operación para el CPC, referida a la capacidad nominal		
Vida útil de la central (años)	tasa de interés anual (%)	Amortización anual (%)	al 50% (1)	al 75 %	al 100%
			a =	b =	c =

(1) Cuando el valor de "a" sea diferente de cero significa que se requieren garantizados, al 50% de la capacidad nominal, los datos que se solicitan en cuestionario para este valor.

FACTORES DE EVALUACION Y PENALIZACION			
Diferencia en demanda máxima de potencia en auxiliares	\$/kW	Diferencia en el consumo promedio de energía por cada kW de incremento en auxiliares	\$/kW
Por diferencia en el consumo de agua de repuesto	\$/m <sup>3</sup>	Por diferencia en el consumo promedio de combustible	\$/kJ x 10 <sup>6</sup>
Por efecto en el CTU debido al incremento de agua de atemperación	\$/kJ/kWh	Por diferencia en la capacidad a la salida del sobrecalentador y del recalentador	\$/10000 kg/h

DTF - 116

PROGRAMA DE ENTREGA DEL EQUIPO					(semanas)
Unidad	1a Entrega	2a Entrega	3a Entrega	4a Entrega	5a Entrega
1					
2					
3					
4					



# COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

## CARACTERISTICAS PARTICULARES PARA LOS GENERADORES DE VAPOR DE LA CENTRAL TERMoeLECTRICA DE \_\_\_\_\_

Nombre del proyecto

Correspondientes a la especificación CFE X4000-01

3 de 3

### FACTORES DE PENALIZACION

Diferencia en demanda máxima de potencia auxiliares.	\$/kW	Diferencia en el consumo promedio de energía por cada kW de incremento en auxiliares.	\$/kW
Por diferencia en el consumo de agua de impuesto.	\$/m <sup>3</sup> /Hr	Por diferencia en el consumo promedio de combustible.	\$/kJ x 10 <sup>6</sup> / Hr
Por ciento en el CTU debido al incremento de agua de atemperación.	\$/kJ/kWh	Por diferencia en la capacidad a la salida del sobrecalentador y del recalentador.	\$/1000 kg/h

DTF - 116

Los factores de penalización arriba indicados, serán incrementados si los precios cotizados no son firmes. El valor a aplicar por cualquier penalización se determinará en base a la siguiente fórmula:

$$F.P.f. = F.P.e. \frac{P_f}{P_o}$$

donde,

F.P.f. = Factor de penalización que se aplicará el Proveedor.

F.P.e. = Factor de penalización especificado.

P<sub>f</sub> = Precio final (conforme a la fórmula de ajuste pactada).

P<sub>o</sub> = Precio de la oferta del Proveedor.

198



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

**DIPLOMADO EN INGENIERIA DE CALDERAS Y  
RECIPIENTES SUJETOS A PRESION**

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

**TEMA: EXAMENES NO DESTRUCTIVOS**

**EXPOSITOR: ING. MANUEL CABRERA MORENO  
1996**

## EXAMENES NO DESTRUCTIVOS

- 1) Extensión de la inspección o examinación. (¿ Qué se requiere?)
- 2) Método de inspección aplicable
- 3) Método y técnicas del método aplicables
- 4) Calificación del método y técnicas a emplear
- 5) Criterios de aceptación/rechazo conforme al método a usar.
- 6) Calificación y certificación del personal que aplicará el método
- 7) Medidas de seguridad correlativas.

Definir también en que parte del proceso se va a aplicar la examinación, forma de registrar y/o avalar los resultados, y los procedimientos de operación estándar que se van a utilizar.

### VISUAL

Equipo necesario	Aplicable para	Ventajas	Limitaciones
Lupas, proyectores, equipo de medición, micrómetros, comparadores ópticos, fuentes de luz	Detección de defectos superficiales	Rápido, económico, requiere poco entrenamiento y poco equipo especializado	Limitado a las condiciones de la superficie y a la agudeza visual del inspector

### PRUEBAS DE FUGA

Equipo necesario	Aplicable para	Ventajas	Desventajas
Depende del método a emplear. Generalmente se usa equipo capaz de inducir una presión diferencial y dispositivos de detección de fugas. Algunas aplicaciones requieren medios o fluidos especiales.	Soldaduras con defectos que se extienden a través del volumen de la soldadura.	Inspección en tiempo real. Resultados inmediatos Algunas aplicaciones no requieren experiencia previa para realizarlas.	Algunos métodos requieren instalaciones especiales. Las inspecciones son lentas. Aplicaciones que requieren de alta sensibilidad son muy costosas y requieren personal altamente entrenado en la aplicación.

## RADIOGRAFIA (Rayos gamma)

Equipo necesario	Aplicable para	Ventajas	Limitaciones
Fuente, cámara y proyector de rayos gamma, películas, portapelícula, pantallas de plomo, penetrómetros, equipo de revelado, visores para las películas, equipo para monitorear radiación.	La mayoría de los defectos en metal base y soldaduras tales como fracturas, poros, falta de fusión y/o penetración, inclusión de escoria, corrosión, socavados, defectos de armado, espesores de pared.	Registros permanentes que permiten evaluación por terceras personas. La fuente puede accesar cualquier parte de los equipos. La fuente no requiere de electricidad para producir los rayos gamma	La radiación presenta grandes riesgos de seguridad, requiere de áreas especiales y un monitoreo constante de la exposición tanto del equipo como del personal. La potencia de la fuente decae con el tiempo. Las fuentes tienen una energía constante de salida y no puede ajustarse. Requiere de licencias especiales y costosas. Requiere de personal altamente entrenado para su aplicación e interpretación.

## RADIOGRAFIA ( Rayos X)

Equipo necesario	Aplicable para	Ventajas	Limitaciones
Máquina generadora de rayos X, fuente de energía eléctrica y el mismo equipo que para los rayos gamma	Misma que los rayos gamma. Util hasta ciertos espesores.	Niveles de energía ajustables, mejor calidad que las radiografías por rayos gamma. Mismas que las de los rayos gamma.	Alto costo inicial del equipo. No se considera portátil. Mismas que las de los rayos gamma.

## ULTRASONIDO

Equipo necesario	Aplicable para	Ventajas	Limitaciones
<p>Instrumento generador de pulsos y lector de ecos capaz de excitar un material piezoeléctrico para generar energía ultrasónica dentro de un espécimen y una pantalla de rayos catódicos capaz de desplegar las magnitudes de energía sonora recibida.</p> <p>Patrones para calibración. Líquidos acoplantes</p>	<p>La mayoría de las discontinuidades tales como fracturas, falta de fusión/penetración, escoria, espesores.</p>	<p>Muy sensible a los defectos tipo planar.</p> <p>Los resultados se conocen de inmediato.</p> <p>Equipo portátil.</p> <p>La mayoría de los equipos no requieren fuentes de energía externa.</p> <p>Alta penetración.</p>	<p>La superficie debe acondicionarse para el acoplante y el transductor.</p> <p>Requiere medios acoplantes.</p> <p>No es adecuado para examinar partes pequeñas o delgadas.</p> <p>Requiere patrones de referencia.</p> <p>Requiere personal altamente entrenado en la aplicación e interpretación.</p> <p>No provee registros permanentes.</p>

## LIQUIDOS PENETRANTES

Equipo necesario	Aplicable para	Ventajas	Limitaciones
<p>Penetrantes coloreados o fluorescentes.</p> <p>Reveladores y equipo limpiador.</p> <p>Solventes y emulsificadores.</p> <p>Fuente de luz ultravioleta si se usan penetrantes fluorescentes.</p>	<p>Discontinuidades superficiales.</p> <p>Fracturas y poros.</p>	<p>Equipo portátil y barato.</p> <p>Los resultados se conocen de inmediato y son fácilmente interpretables.</p> <p>No requiere energía eléctrica</p> <p>Requiere personal poco entrenado en la aplicación e interpretación</p>	<p>Solo es aplicable en materiales no porosos.</p> <p>La superficie debe limpiarse antes y después de la inspección.</p> <p>Pinturas y recubrimientos enmascaran fallas relevantes.</p> <p>No provee registros permanentes.</p>

## PARTICULAS MAGNETICAS

Equipo necesario	Aplicable para	Ventajas	Limitaciones
<p>Sujetadores, yugos, bobinas adecuadas para inducir el magnetismo en los especímenes.</p> <p>Fuente de energía eléctrica.</p> <p>Polvos magnéticos.</p> <p>Algunas aplicaciones requieren instalaciones especiales y luz ultravioleta.</p>	<p>Discontinuidades superficiales.</p> <p>Poros y bolsas subsuperficiales.</p> <p>Fracturas.</p>	<p>Relativamente rápido y económico.</p> <p>Los resultados se conocen de inmediato.</p> <p>Equipo considerado portátil.</p>	<p>Solo es aplicable en materiales magnéticos.</p> <p>Las superficies deben limpiarse antes y después de la inspección.</p> <p>El grosor de pinturas y recubrimientos pueden enmascarar fallas relevantes.</p> <p>Algunas aplicaciones requieren desmagnetización después de los ensayos.</p> <p>Requiere fuentes de energía externas.</p> <p>Requiere personal entrenado en la aplicación e interpretación.</p> <p>No provee registros permanentes.</p>

## EMISION ACUSTICA

Equipo necesario	Aplicable para	Ventajas	Desventajas
<p>Sensores de emisión.</p> <p>Amplificar electrónico.</p> <p>Procesador de señales, puentes de frecuencia, filtros.</p> <p>Sistemas para la evaluación de la señal acústica, monitores, grabadoras, grabadoras X-Y</p>	<p>Fracturas internas debidas al enfriamiento.</p> <p>Iniciación de fracturas. Índice de crecimiento.</p>	<p>Vigilancia continua y en tiempo real.</p> <p>Puede realizarse en forma remota.</p> <p>Equipos portátiles.</p> <p>Produce registros permanentes.</p>	<p>Requiere que los transductores se acoplen al espécimen.</p> <p>Los especímenes deben encontrarse "en uso" o esforzados.</p> <p>El ruido debe filtrarse.</p> <p>Requiere personal entrenado en la aplicación e interpretación.</p>

## CORRIENTES DE EDDY (PARASITAS)

Equipo necesario	Aplicable para	Ventajas	Limitaciones
<p>Un instrumento capaz de inducir campos electromagnéticos dentro de un espécimen y capaz de sentir y evaluar las corrientes eléctricas resultantes o inducidas mediante un detector o transductor. Patrones para calibración. Energía eléctrica.</p>	<p>Discontinuidades superficiales y algunas subsuperficiales tales como fracturas, falta de fusión/penetración, poros, escoria. Espesores, contenido de aleantes, variaciones en el tratamiento térmico.</p>	<p>Bajo costo. Relativamente rápido Permite la automatización para la inspección de piezas simétricas. No requiere acopladores. Los detectores no necesitan estar en contacto con el espécimen.</p>	<p>Solo es aplicable en materiales conductores La configuración geométrica puede enmascarar fallas relevantes debido a variaciones de sensibilidad. Requiere fuentes de energía externas. Requiere personal entrenado en la aplicación e interpretación. No provee registros permanentes. Requiere patrones de referencia.</p>

## MEDICION DE FERRITA

Equipo necesario	Aplicable para	Ventajas	Limitaciones
<p>Ferritescope (Twin City Testing Corp) Ferrite Content Meter (Institute Dr. Forster) Severn Gage (Severn Engineering Corp) Patrones para calibración s/marca</p>	<p>Formación de ferrita en depósitos de soldadura en aceros inoxidables. Medición de ferrita en fase delta y sigma.</p>	<p>Equipos portátiles. Inspección en tiempo real. Resultado inmediato</p>	<p>Equipos con alto costo inicial. Solo es aplicable a depósitos de soldadura en aceros austeníticos. Las inspecciones son lentas. Requiere personal entrenado en la aplicación e interpretación</p>

## METALOGRAFIA (Se considera destructiva)

Equipo necesario	Aplicable para	Ventajas	Desventajas
Cámaras, películas, pulidores, soluciones grabadoras y fluidos especiales.	Composición del metal base y del metal depositado Extensión de zonas afectadas por el calor. Corrosión interna Grados de afectación de metal base y soldaduras por tratamientos térmicos.	Determinación profunda del estado real del espécimen. El método funciona en equipos y materiales nuevos o en uso.	Se requieren instalaciones especiales. Equipos no portátiles Las examinaciones son lentas. Requieren personal altamente entrenado en la aplicación. Los materiales y/o equipos deben limpiarse a profundidad antes y después del ensayo.



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

**DIPLOMADO EN INGENIERIA DE CALDERAS Y  
RECIPIENTES SUJETOS A PRESION**

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

**TEMA: INSPECCION DE CALDERAS Y RECIPIENTES A PRESION  
(INSPECCION EN SERVICIO O INSPECCION DE CERTIFICADO)**

**EXPOSITOR: ING. MANUEL CABRERA MORENO  
1996**

# **INSPECCION DE CALDERAS Y RECIPIENTES A PRESION (INSPECCION EN SERVICIO O INSPECCION DE CERTIFICADO)**

## **1-100 INTRODUCCION**

La inspección de calderas y recipientes a presión se debe hacer en el momento de la instalación y posteriormente, en períodos regulares según lo estipule la reglamentación local y/o jurisdiccional. Es esencial que las inspecciones sean a fondo y completas. A continuación se dan las directrices e instrucciones para tales inspecciones. Algunos pasos que esta guía recomienda, ciertos reglamentos locales puede hacerlos obligatorios. La reglamentación local puede ordenar efectuar inspecciones periódicas tanto internas como externas. El inspector debe tener un conocimiento profundo de la reglamentación aplicable.

El inspector debe conocer a fondo los defectos y las causas de accidentes y deterioro de calderas y recipientes a presión. Debe ser consciente y cuidadoso en sus observaciones, tomando el tiempo necesario para examinar exhaustivamente. No debe aceptar ni avalar declaraciones respecto a condiciones no observadas por él y, en caso de que la inspección no pueda realizarse a profundidad, él debe consignar esta situación en su informe.

## **I-101 CONDICIONES GENERALES EN LA INSTALACION**

El Inspector debe observar cuidadosamente las condiciones de la instalación completa, incluyendo su mantenimiento, como guía para formarse una opinión de la atención que el equipo recibe.

## **I-102 PRECAUCIONES PARA ENTRAR A UNA CALDERA O RECIPIENTE A PRESION**

Antes de entrar a una caldera o recipiente a presión para inspección, el propietario o usuario debe asegurar, que existe ventilación adecuada en el interior, que está libre de vapores dañinos y que se puede entrar al equipo en forma segura. En todos los casos, deben seguirse las reglas de seguridad así como la reglamentación local aplicable. El Inspector debe acordar con el representante del propietario o usuario, las precauciones de seguridad apropiadas que se van a tomar antes de entrar en el recipiente. Una persona de su confianza debe permanecer en el exterior de la caldera o recipiente a presión mientras que el Inspector esté en el interior. Procedimientos adicionales para la inspección interna de calderas se describen en la sección I-302 y para recipientes a presión en la sección I-502.

## **I-200 INSPECCION EXTERNA DE CALDERAS**

### **I-201 INTRODUCCION**

La inspección externa de una caldera se efectúa para determinar si ésta se encuentra en condiciones seguras para operar.

Al entrar al local donde se encuentra la caldera, deben observarse la limpieza general y los accesos a la caldera y sus aparatos auxiliares.

Deben revisarse las válvulas, tuberías y accesorios de la caldera en cuanto al cumplimiento con los requisitos locales, jurisdiccionales y del Código ASME.

## **I-202 EVIDENCIAS DE FUGA**

Cualquier fuga de agua o de vapor debe investigarse. Las fugas originadas atrás de aislamiento, de cubiertas, de soportes o mamposterías, o las huellas de tales fugas, se deben investigar a fondo e iniciar las acciones correctivas necesarias.

## **I-203 INSPECCION EXTERNA DE CALDERAS DE POTENCIA**

### **I-203.1 MANOMETRO**

El inspector debe anotar la presión indicada por el manómetro y compararla con otro manómetro en el mismo sistema o, de ser necesario, con un manómetro patrón. El Inspector debe observar la lectura durante otras pruebas; por ejemplo, cuando se reduzca la presión para probar el control de corte de combustible por bajo nivel de agua. Los manómetros defectuosos deben reemplazarse inmediatamente.

### **I-203.2 INDICADOR DE NIVEL DE AGUA**

- a. El Inspector debe observar, durante la purga en su forma normal, el indicador de nivel y observar la rapidez del retorno del agua al indicador. Una respuesta lenta puede significar que existen obstrucciones en las conexiones de la tubería a la caldera y se deben tomar acciones correctivas de inmediato.
- b. Durante la prueba del indicador de nivel, las conexiones de agua y vapor deben purgarse por separado para asegurar que ambas se encuentran libres y comprobar que el operario cuenta con una indicación exacta del nivel de agua en la caldera.

### **I-203.3 VALVULAS DE SEGURIDAD Y DE ALIVIO**

- a. Cuando la presión de calibración sea inferior a 400 psig (27.6 bar), las válvulas de seguridad pueden probarse elevando la presión en la caldera hasta la presión de disparo, y luego dejarla que baje para comprobar las presiones de recierre y purga. Si esto no es practicable, el operario de la caldera debe probar que la válvula opera libremente mediante la palanca de levantamiento, siempre y cuando la presión de la caldera esté al 75% o más de la presión de calibración. Este último, es el único método de prueba practicable en el caso de que la caldera cuente con varias válvulas de seguridad, a menos que se haga una prueba de acumulación.
- b. Cuando la presión de calibración sea superior a 400 psig (27.6 bar), se requiere evidencia que las válvulas fueron probadas sometiénolas a presión o desarmadas rehabilitadas, probadas y de que las presiones de disparo y purga se verificaron adecuadamente, dentro de un período de tiempo aceptable para el Inspector. En forma alterna, el propietario o usuario puede elegir hacer la prueba como se indica en (a).
- c. Cuando la válvula tenga tubo de descarga, el Inspector debe determinar si el tubo está libre de acuerdo a los requisitos del Código de la ASME.

- d. Cuando la inspección revele que alguna válvula de seguridad presenta fugas o que no opera en forma apropiada, falla al abrir o cerrar o que muestre signos de atorarse, la caldera se sacará de servicio y la válvula debe repararse o reemplazarse.
- e. El Inspector debe revisar la placa de datos de la válvula de seguridad o de alivio para verificar que la presión de ajuste es correcta y que la capacidad es adecuada. El Inspector debe comprobar que las presiones de ajuste y purga estén estampadas apropiadamente. (Ver Apéndice A para presiones diferenciales recomendadas entre presión de ajuste de válvula de seguridad y presión de operación de la caldera)
- f. Cuando se conectan calderas con diferente presión de trabajo máxima permisible, tal que el vapor pueda fluir hacia las unidades de baja presión y la calibración mínima de las válvulas de seguridad varíe más del 6%, las unidades de baja presión, si es necesario, se protegerán añadiendo capacidad adicional a la válvula de seguridad en el lado de presión más bajo del sistema. La capacidad adicional de la válvula de seguridad se basará en la cantidad máxima de vapor que pueda fluir hacia el sistema de presión más baja.

#### **I-203.4 CONTROL DE CORTE DE COMBUSTIBLE POR BAJO NIVEL DE AGUA O CONTROL DE ALIMENTACION**

- a. El Inspector debe observar la prueba de estos controles después de que se haya abierto el drenaje y que se haya observado la respuesta. Después de cerrar el drenaje, deben observarse la rapidez del retorno a la condición normal, el silencio de la alarma y el paro de la bomba de alimentación. Una respuesta lenta puede significar que existan obstrucciones en las conexiones de la tubería a la caldera.
- b. En el caso de que los controles estén inoperantes o que la indicación del nivel de agua no sea correcta, la caldera debe sacarse de servicio hasta que se haya corregido esta condición insegura.

#### **I-203.5 TUBERIAS, CONEXIONES Y ACCESORIOS**

- a. El Inspector debe realizar un cuidadoso examen de la tubería a fin de asegurarse de que está soportada adecuadamente y que está provista para la expansión.
- b. La tubería y accesorios de vapor y agua se examinarán en cuanto a existencia de fugas. Las fugas u otros defectos se deben corregir. Para evitar golpe de ariete, la ubicación de las diferentes válvulas de cierre y drenaje, será tal que el agua no pueda acumularse cuando las válvulas se cierran.
- c. Se debe observar la existencia de vibración excesiva y tomar acciones correctivas.
- d. Deben observarse cuidadosamente las conexiones entre las calderas individuales y el cabezal principal de vapor a fin de determinar si los cambios de posición en la caldera, por asentamiento o por otras causas, han creado tensiones excesivas en la tubería o en las conexiones de la caldera.

- e. Deben revisarse las conexiones y accesorios de tubería para determinar si son de la clasificación adecuada para las condiciones de servicio a las cuales están sujetos.

#### **I-203.6 TUBERIA DE PURGA**

El Inspector debe observar el purgado de la caldera en forma normal y verificar la libertad de la tubería para expandirse o contraerse, asegurándose que no exista vibración excesiva

#### **I-203.7 REVISION DE DOCUMENTOS**

- a. El Inspector debe efectuar una revisión de la bitácora, los registros de mantenimiento y de tratamiento de agua de alimentación de la caldera para asegurarse que las pruebas a la caldera y sus controles se hayan efectuado en forma adecuada y regular.
- b. Debe consultar al usuario o al propietario con respecto a las reparaciones que se hayan hecho desde la última inspección. Tales reparaciones deben analizarse en cuanto a cumplimiento con lo requisitos aplicables. Las reparaciones deben efectuarse de acuerdo con los requisitos del Capítulo III de este Código.

#### **I-203.8 CONCLUSIONES**

- a. Durante todas las pruebas, el Inspector debe observar las prácticas actuales de operación y mantenimiento y hacer una determinación respecto a su aceptabilidad.
- b. Cualquier defecto o deficiencia que se observe en el estado, en la operación o en las prácticas de mantenimiento deben tratarse con el usuario o propietario al momento, y hacerle las recomendaciones para su corrección.

### **I-204 INSPECCION EXTERNA DE CALDERAS DE CALEFACCION**

#### **I-204.1 MANOMETROS**

El Inspector debe anotar la presión que indique el manómetro y compararla con la de otros manómetros del sistema, observando la respuesta del manómetro principal durante las pruebas, tales como pruebas de las válvulas de alivio y seguridad o pruebas de corte de combustible por bajo nivel de agua de las calderas de vapor. Los manómetros defectuosos deben reemplazarse de inmediato.

#### **I-204.2 VALVULA(S) DE SEGURIDAD Y DE ALIVIO**

Las válvulas de seguridad y de alivio son dispositivos muy importantes en una caldera. Debe comprobarse su operación libre por medio de la palanca de prueba. Si se encuentra que la válvula no opera, que está defectuosa en cualquier forma o que continúa con fuga después de haberla disparado, debe enviarse con el fabricante a reparación o reemplazarla. Debe verificarse, mediante la placa de datos de la válvula, que la presión de calibración sea correcta y la capacidad de desfogue adecuada. (Ver en el Apéndice A los diferenciales de presión recomendados entre la presión de ajuste de la válvula de seguridad o de alivio y la presión de operación de la caldera).

### **I-204.3 INDICADOR DE NIVEL DE AGUA (CALDERAS DE VAPOR)**

El Inspector debe asegurarse de que el nivel de agua indicado sea el correcto, probándolo como sigue:

- a. Cierre la válvula inferior del cristal de nivel, abra el grifo de drenaje y vacíe el cristal.
- b. Cierre el grifo de drenaje y abra la válvula inferior del cristal de nivel. El agua debe regresar al cristal del indicador de inmediato.
- c. Cierre la válvula superior del cristal indicador, abra el grifo de drenaje y permita que el agua fluya hasta que corra libremente.
- d. Cierre el grifo de drenaje y abra la válvula superior del cristal medidor. El agua debe regresar al cristal indicador de inmediato.

Si el retorno del agua es lento, la operación debe repetirse. Una respuesta lenta pudiera indicar una obstrucción en las conexiones de la tubería a la caldera. Cualquier fuga en estas conexiones debe corregirse inmediatamente para evitar daños a los accesorios o una falsa indicación del nivel de agua.

### **I-204.4 PRESOSTATOS (CALDERAS DE VAPOR)**

El Inspector debe cerciorarse de que cada caldera de vapor con combustión automática, esté protegida contra una sobrepresión, por no menos de dos controles operados por presión, uno de los cuales puede ser un control de operativo.

### **I-204.5 CONTROL DE CORTE DE COMBUSTIBLE POR BAJO NIVEL DE AGUA Y CONTROLES DE NIVEL**

- a. El Inspector debe observar la simulación de una condición de bajo nivel de agua por medio de la operación de estos controles con el quemador de operación. La operación de estos controles debe cortar el combustible al quemador. Deben observarse, el retorno a la condición normal, especialmente el reencendido del quemador, el silencio de la alarma o el paro de la bomba de alimentación. Una respuesta lenta pudiera indicar una obstrucción en las conexiones a la caldera. En caso de que no opere el corte de combustible por bajo nivel de agua o el nivel de agua indicado no sea correcto, la caldera debe sacarse de servicio hasta que la condición insegura haya sido corregida.
- b. La operación de controles sumergidos para corte de combustible por bajo nivel de agua, montados directamente en la envolvente de la caldera de vapor debe probarse reduciendo cuidadosamente el nivel de agua de la caldera. Esta prueba debe hacerse hasta que se esté seguro que el indicador de nivel de agua funciona correctamente.
- c. En calderas de agua caliente, frecuentemente no es posible probar el control mediante indicación de corte. Cuando el control sea de tipo flotador montado externamente, la cámara del flotador debe drenarse para revisar posibles acumulaciones de sedimento.



**I-204.6****REVISION DE DOCUMENTOS**

- a. El inspector debe revisar la bitácora de la caldera, los registros de mantenimiento y de tratamiento del agua con el fin de asegurarse de que las pruebas a la caldera y a sus controles hayan sido hechas en forma regular y adecuada.
- b. Debe consultarse al usuario o propietario con respecto a las reparaciones, de haberlas; que se hayan hecho desde la última inspección. Todas las reparaciones deben comprobarse en cuanto a cumplimiento con los requisitos aplicables. Las reparaciones deben efectuarse de acuerdo con los requisitos del Capítulo III de este Código.

**I-204.7****CONCLUSIONES**

- a. Durante todas las pruebas, el Inspector debe observar las prácticas actuales de operación y mantenimiento, determinando su aceptabilidad.
- b. Todos los defectos o deficiencias en el estado, en la operación o en las prácticas de mantenimiento de la caldera, deben tratarse con el usuario o propietario al instante y hacerle las recomendaciones para su corrección.

**I-300 INSPECCION INTERNA DE CALDERAS. -POTENCIA Y CALEFACCION****I-300.1 INTRODUCCION**

Las condiciones a ser observadas por el Inspector, normalmente, son comunes tanto para calderas de potencia como de calefacción. Con esto en mente, en esta Sección se hace la subdivisión únicamente para los casos de interés por tipo o uso.

**I-300.2 PREPARACION Y PRECAUCIONES PARA INSPECCION INTERNA**

**Al preparar una caldera para inspección interna, no debe extraerse el agua, sino que hasta que el refractario se haya enfriado suficientemente para evitar daños a la caldera.**

- a. El usuario o propietario debe preparar la caldera para inspección interna como sigue:
  - 1.- Deben bloquearse el sistema de ignición y de suministro de combustible.
  - 2.- Debe desalojarse toda el agua y el lado del agua debe lavarse perfectamente.
  - 3.- Deben removerse, como lo requiera el Inspector, las tapas de los 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. La caldera se enfriará y limpiará totalmente.
  - 4.- Deben removerse los emparrillados de las calderas para combustión interna.
  - 5.- Para determinar la condición de la caldera, debe removerse el aislamiento y el enladrillado de los cabezales, del horno, de los soportes y de otras partes como sea requerido por el Inspector. (Ver 1-303.1).
  - 6.- A solicitud del Inspector, debe desmontarse el manómetro para su verificación.

- 7.- Se evitará la entrada de vapor o agua caliente a la caldera por medios que el Inspector apruebe o desconectando la tubería en el punto más conveniente.
- 8.- 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 las válvulas de corte de los sistemas de agua y vapor, colocarles etiquetas de precaución y candados, y abrir las válvulas o grifos de drenaje entre las válvulas de corte que se han cerrado. Deben cerrarse las válvulas de alimentación, colocarles etiquetas de precaución y candados, y abrir los grifos ubicados entre las dos válvulas cerradas. Después de drenar la caldera, se deben cerrar las válvulas de purga, colocarles etiquetas de precaución y candados. Opcionalmente, pueden taparse o quitarse secciones de tubería. Cuando sea práctico, las tuberías de purga se desconectarán entre las partes presurizadas y las válvulas. Deben abrirse todas las líneas de drenaje y de ventilación.
  - b. El Inspector no debe ingresar a la caldera hasta que se encuentre satisfecho con las medidas de seguridad tomadas. El Inspector debe asegurarse que todas las válvulas de ventilación y drenaje se encuentren abiertas. La temperatura de la caldera debe ser tal que el personal de inspección no se exponga a calor excesivo.
  - c. Si una caldera ha estado fuera de servicio y contiene una atmósfera de gas inerte, se deben seguir las medidas precautorias descritas en el párrafo 1-502.1
  - d. Si una caldera no se ha preparado adecuadamente para la inspección interna, el Inspector debe declinar hacer la inspección.

### **I-303 GENERAL**

#### **I-303.1 AISLAMIENTO Y REFRACTARIO**

Normalmente no es necesario, para la inspección de una caldera, quitar el material de aislamiento, la mampostería refractaria o partes fijas a menos que se sospechen defectos o deterioros comúnmente encontrados en el tipo particular de caldera que se está inspeccionando. Cuando haya evidencia de fuga en la cubierta, el Inspector la hará quitar, para que esa área pueda ser inspeccionada a fondo. Tal inspección puede requerir remoción de material aislante, de refractario o de partes fijas de la caldera. Puede ser necesario y justificable barrenar y/o cortar algunas partes para determinar la causa de la fuga.

#### **I-302.2 ALUMBRADO**

El Inspector debe acercarse tanto como sea práctico a las partes de la caldera, tanto internas como externas, con el propósito de hacer el mejor examen posible. Para alumbrarse se usará preferentemente una lámpara de mano de pilas eléctricas en vez de una extensión. Cuando se use una extensión portátil en un espacio confinado, no debe operarse a más de 12 volts.

### **I-303.3 INCRUSTACIONES, ACEITE, ETC**

- a. El Inspector debe examinar todas las superficies metálicas expuestas del lado del agua que presenten depósitos causados por tratamiento de agua, incrustaciones, aceite u otras sustancias. Es particularmente adversa la presencia de aceite o incrustaciones en los tubos de calderas de tubos de agua o en las placas que están expuestas al fuego de cualquier caldera, ya que causan un efecto de aislamiento que propicia el sobrecalentamiento, debilitación y posible falla del metal por abombamiento o ruptura.
- b. Aún pequeñas cantidades de aceite son peligrosas, por lo que de inmediato se deben tomar medidas de limpieza de las superficies afectadas y evitar mayor contaminación.
- c. Las incrustaciones y otros depósitos deben removerse por medios químicos o mecánicos.

### **I-303.4 TIRANTES Y PERNOS TIRANTES**

- a. El Inspector debe examinar todos los tirantes, ya sean diagonales o transversales, para determinar si están o no están en tensión pareja. Se deben examinar todos los extremos fijos para determinar si existen grietas en la zona donde están barrenados para remaches o pernos. Los tirantes o pernos tirantes que no estén en tensión o ajuste deben repararse. Los tirantes rotos se deben sustituir.
- b. El Inspector debe probar los pernos tirantes de los hogares golpeando cada perno con un martillo y, donde sea práctico, un martillo y otra herramienta pesada, la cual debe sostenerse en el extremo opuesto para hacer la prueba más efectiva. Un perno que no está roto da un sonido de timbre y un perno roto da un sonido hueco. Los tirantes con barrenos testigo deben examinarse buscando la existencia de fugas lo cual indica un perno roto o agrietado. Los tirantes rotos deben sustituirse.

### **I-303.5 REGISTROS DE HOMBRE Y BOQUILLAS**

- a. Deben inspeccionarse los registros de hombre, así como las boquillas y otras conexiones bridadas o atornilladas y sus placas de refuerzo dentro de la caldera en cuanto a la presencia de defectos, tanto internos como externos. Cuando sea posible, la inspección debe realizarse desde el interior de la caldera observando que las uniones soldadas a la caldera estén hechas apropiadamente.
- b. El Inspector debe examinar las boquillas que contengan conexiones externas, tales como las conexiones de columnas de agua, los dispositivos de corte de combustible por bajo nivel de agua, las boquillas para tubos secos o las boquillas para válvulas de seguridad para asegurarse que están libres de obstrucciones.

### **I-303.6 SUPERFICIES EXPUESTAS AL FUEGO-ABOMBAMIENTO Y AMPOLLADO**

- a. El abombamiento puede ser causado por el sobrecalentamiento del metal en todo su espesor, reduciendo con eso la resistencia del metal, el cual luego es deformado por la presión dentro de la caldera. Los abombamientos también pueden ser causados por fatigas dependientes del tiempo o por diferenciales de temperatura en el metal.

- b. La formación de ampollas puede ser causada por defectos en el metal, tal como una laminación donde el lado expuesto al calor se sobrecalienta, pero el lado opuesto retiene su resistencia por el efecto refrigerante del agua de la caldera.
- c. El sobrecalentamiento es una de las causas más serias del deterioro de una caldera. Puede ocasionar la oxidación de partes metálicas, deformaciones o propiciar la posible ruptura de partes sometidas a presión, como los tubos. Los tubos pueden llegar a dañarse por mala circulación, taponamiento por vapor o incrustaciones.
- d. El Inspector debe observar si alguna parte de la caldera durante la operación se ha deformado por abombamiento o ampollado. Es necesario prestar atención especial a las superficies del tubo o de placas expuestas al fuego.

Sí se encuentran abombamientos o ampollas de tamaño tal que debiliten la placa o el tubo severamente, la caldera debe permanecer fuera de servicio hasta que se hagan las reparaciones apropiadas, especialmente cuando se advierta la presencia de fugas a causa de esos defectos.

Las ampollas deben removerse y determinar el espesor remanente, y si se requiere, hacer las reparaciones pertinentes. Los abombamientos en los tubos de agua siempre deben repararse apropiadamente. Los abombamientos en las placas, que no sea extensos, pueden obligarse a volver a su lugar. De otro modo, deben parcharse las áreas afectadas.

#### **I-303.7 CUARTEADURAS**

- a. Las cuarteaduras pueden resultar por defectos presentes en el material en el momento de la construcción. También pueden causar cuarteaduras, el diseño o las condiciones de operación. La fatiga del metal causada por flexiones continuas puede causar cuarteaduras, y estas, pueden ser aceleradas por la corrosión. Las cuarteaduras por fuego son causadas por diferencial térmico, cuando el efecto refrigerante del agua no es adecuado para transferir el calor proveniente de las superficies metálicas expuestas al fuego. Algunas cuarteaduras pueden resultar de la combinación de todas las mencionadas.
- b. Las cuarteaduras en las placas de la envolvente comúnmente son peligrosas, excepto aquellas causadas por fuego que corren desde la orilla hacia dentro de los agujeros de los remaches en las juntas circunferenciales. Un número limitado de estas cuarteaduras por fuego no afecta la operación segura de la caldera. Sin embargo, se deben reparar.
- c. El Inspector debe examinar las áreas donde es más probable que aparezcan cuarteaduras tales como los ligamentos que están entre los agujeros para tubos en domos de calderas de tubos de agua, entre los agujeros para tubos en el espejo de tubos de calderas de tubos de humo, las que proceden de y entre agujeros para los remaches, en bridas donde puede haber flexión repetida de la placa durante la operación y alrededor de las conexiones soldadas de tubos de cédula y de tubos flux.

//

- d. Las calderas con juntas traslapadas pueden cuartearse en la junta longitudinal donde las placas se sobreponen. Si hay evidencia de fugas u otras anomalías en ese punto, el Inspector debe examinarlo a fondo y, si es necesario, ordenar que se le hagan muescas y ranuras al sitio para determinar si existen cuarteaduras en la costura. **Se prohíben las reparaciones de cuarteaduras en juntas traslapadas sobre uniones longitudinales.**
- e. Cuando se sospeche la existencia de cuarteaduras, puede ser necesario someter la caldera a una prueba hidrostática para determinar su localización. Opcionalmente, pueden localizarse mediante la examinación no destructiva (END) adecuada.

### **I-303.8 CORROSION**

- a. La corrosión causa deterioro de las superficies metálicas. Puede afectar áreas grandes o puede localizarse en forma de picaduras. Las picaduras superficiales y aisladas no se consideran serias si no están activas.
- b. Las causas más comunes de corrosión en calderas son la presencia de oxígeno libre y sales disueltas. Si encuentra corrosión activa, el Inspector debe aconsejar al usuario o propietario que obtenga asistencia técnica con respecto a la acción correctiva.
- c. Para estimar los efectos que sobre la presión de trabajo permisible de la caldera ejerce la corrosión severa entendida sobre áreas grandes, se debe determinar el espesor del metal sano remanente por medio de examinación ultrasónica o mediante barrenado.

### **I-303.9 RANURAS**

- a. Las ranuras son una de las formas de deterioro del metal causado por corrosión localizada y que puede ser acelerado por concentración de esfuerzos. Esto es especialmente significativo en áreas adyacentes a juntas remachadas.
- b. El Inspector debe examinar tan exhaustivamente como la construcción lo permita, todas las superficies bridadas, particularmente las bridas de tapas sin tirantes. Las ranuras son comunes en los radios de esquina de tales tapas, ya que el ligero movimiento en las tapas de este tipo causa concentraciones de esfuerzos.
- c. Algunos tipos de calderas tienen construcción con bridas invertidas las cuales tienen propensión a ranurarse y pueden ser de difícil el acceso para su examen. El Inspector debe utilizar un espejo, introducido por una abertura de inspección examinando tanto como sea posible. Alternativamente pueden examinarse por el método ultrasónico.
- d. Las ranuras suelen ser progresivas y cuando se descubran, debe evaluarse su efecto en forma cuidadosa y tomarse acciones correctivas.

### **I-303.10 TUBOS DE HUMO**

- a. En calderas horizontales, las superficies del lado del fuego de los tubos de humo normalmente se deterioran más rápidamente en los extremos cercanos al fuego. El Inspector debe examinar los extremos de los tubos para determinar si hay reducción grave del espesor. En calderas tubulares verticales, las superficies de los tubos se afectan por la combustión más fácilmente en los extremos superiores. El Inspector debe examinar exhaustivamente los extremos de los tubos expuestos en la zona de combustión para determinar si existen reducciones graves del espesor.
- b. El Inspector debe efectuar un examen tan exhaustivo como sea posible sobre la corrosión y las picaduras en las superficies del lado del agua de los tubos. En calderas verticales de tubos humo la corrosión y el picado excesivo se advierten con frecuencia en y arriba del nivel de agua.
- c. Las incrustaciones excesivas sobre la superficie del lado del agua deben ser removidas antes de que la caldera vuelva a ponerse en servicio.

### **I-303.11 TUBOS DE AGUA**

- a. Las superficies de los tubos deben examinarse cuidadosamente para descubrir corrosión, erosión, abombamientos, cuarteaduras o cualquier indicio de soldaduras defectuosas. Los tubos pueden adelgazarse por la 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. Hay una tendencia del combustible y las cenizas a alojarse en los puntos de unión y en espacios restringidos del lado del fuego, tales como donde se usan coples o nipples cortos para unir domos o cabezales. Tales depósitos propician la corrosión en presencia de humedad. Estas zonas deben limpiarse a fondo para ser examinada por el inspector.

### **I-303.12 TUBERIAS, CONEXIONES Y ACCESORIOS**

- a. El inspector debe examinar a fondo la tubería para asegurarse que tenga el soporte adecuado y pueda expandirse. Deben examinarse las tuberías de agua, vapor y sus accesorios buscando indicios de fuga. Las fugas u otros defectos deben corregirse. Para evitar el golpe de ariete, la ubicación de las válvulas de cierre y de drenaje debe ser tal que no se llegue a acumular el agua cuando las válvulas sean cerradas.
- b. Deben buscarse indicios de vibración excesiva y tomarse las acciones correctivas.
- c. Debe observarse cuidadosamente la disposición de las conexiones entre las calderas individuales y el cabezal principal de vapor para determinar si algún cambio de posición de la caldera, por asentamientos u otras causas, ha impuesto esfuerzos excesivos sobre las tuberías o sobre las conexiones de la caldera.
- d. Deben revisarse las conexiones y accesorios de la tubería para determinar si son de la capacidad adecuada para las condiciones máximas de servicio a las cuales están sujetos.

### **I-303.13 TUBERIAS DE PURGA**

El inspector debe prestar atención especial a las conexiones y accesorios de la tubería de purga. La expansión y contracción por cambios rápidos de temperatura y posibles golpes de ariete pueden causar tensión excesiva sobre todo el sistema de purga. El inspector debe asegurarse que la tubería esté bien soportada y que descargue a un punto seguro.

### **I-303.14 COLUMNA DE AGUA**

El inspector debe observar cuidadosamente la tubería de la columna de agua para asegurarse que el agua no puede acumularse en la conexión de vapor. La tubería de vapor debe drenar hacia la columna de agua. La conexión de agua a la columna debe drenar hacia la caldera. Se debe revisar la posición de la columna de agua para asegurarse que está situada de acuerdo con los requisitos del Código de la ASME.

### **I-303.15 DISPOSITIVOS AUTOMATICOS DE CORTE DE COMBUSTIBLE POR BAJO NIVEL DE AGUA Y DE ALIMENTACION DE AGUA**

El Inspector debe examinar los dispositivos automáticos de corte de combustible por bajo nivel de agua y de agua de alimentación para asegurarse de que estén bien instalados. El inspector debe hacer desarmar los dispositivos de control tipo flotador y que se examinen las varillas y conexiones del flotador en cuanto a desgaste. La cámara del flotador debe examinarse para asegurarse que esté libre de sedimentos o acumulaciones. Cualquier corrección que sea necesaria, debe efectuarse antes de que el dispositivo vuelva a montarse. El Inspector debe verificar que los instructivos de operación se encuentren disponibles.

### **I-303.16 MAMPARAS DEL LADO DEL FUEGO EN CALDERAS DE TUBOS DE AGUA**

El Inspector debe observar que las mamparas estén en su lugar. La ausencia de mamparas adecuadas o mamparas defectuosas, con frecuencia, causa altas temperaturas, lo cual puede traer como resultado sobrecalentamientos en sectores de la caldera. El Inspector debe observar la localización y condición de los arcos de combustión para asegurarse de que no provoquen golpes de la flama en alguna parte de la caldera que pudiera traer como resultado el sobrecalentamiento.

### **I-303.17 ZONAS DE SOBRECALENTAMIENTO**

El Inspector debe cerciorarse de que cualquier calentamiento anormal causado por una instalación inapropiada o defectuosa o por la operación inadecuada del equipo de combustión sea corregida antes de que la caldera vuelva a ponerse en servicio .

### **I-303.18 CALDERAS SUSPENDIDAS - EXPANSION Y CONTRACCION**

El Inspector debe examinar todos los soportes y mampostería de las calderas suspendidas, especialmente en los puntos en donde la estructura de la caldera se encuentre cercana a muros falsos o al piso, con el propósito de asegurarse que las cenizas u hollín depositados no bloqueen la caldera y produzcan esfuerzos excesivos en su estructura al restringir su movimiento en condiciones de operación.

### **I-303.19 VALVULAS DE SEGURIDAD Y ALIVIO - CALDERAS DE POTENCIA**

- a. Las válvulas de seguridad y de alivio son dispositivos muy importantes en una caldera. Por lo tanto, el Inspector debe examinarlas cuidadosamente en cada inspección. No debe haber acumulaciones de herrumbre, incrustaciones o cualquier sustancia extraña en el cuerpo de la válvula que interfiera su libre operación. Se recomienda que las válvulas de seguridad calibradas para abrir a más de 400 psig (27.6 bar), sean desmontadas de la caldera, probadas y recalibradas en una instalación de pruebas equipada adecuadamente o por el fabricante, a menos que, el propietario elija se prueben en condiciones de operación como se describe en I-203.3. Cuando la válvula tenga tubo de descarga, el Inspector debe verificar, con la válvula en operación sí, de acuerdo con los requisitos del código ASME, la abertura del tubo de descarga está libre.
- b. Las válvulas de seguridad calibradas para abrir a o abajo de 400 psig (27.6 bar) y que no se prueben en condiciones de operación, deben desmontarse de la caldera, probarse y recalibrarse, si se requiere, por el fabricante de la válvula o por el propietario si tiene una instalación de prueba de válvulas de seguridad equipada adecuadamente. Después de cualquier recalibración, la válvula debe volver a sellarse, incluyendo la marca de identificación de la organización responsable de la recalibración de la válvula.
- c. El Inspector debe verificar la placa de datos de las válvulas de seguridad o de alivio, para confrontar que la presión de calibración sea correcta y que la capacidad sea adecuada. El Inspector debe confirmar que la presiones de calibración y de purga estén estampadas apropiadamente.
- d. Se recomienda que, en condiciones normales de operación, las válvulas de seguridad instaladas en calderas de potencia, con presión de operación de 400 psig (27.6 bar) o menor, sean probadas una vez cada mes manualmente y mediante presión una vez al año. La frecuencia de prueba de las válvulas de seguridad instaladas en calderas de potencia donde la presión de operación sea mayor a 400 psig (27.6 bar), debe determinarse a partir de la experiencia adquirida en la operación cotidiana de la instalación.

### **I-303.20 VALVULAS DE SEGURIDAD Y DE ALIVIO - CALDERAS DE CALEFACCION**

- a. El Inspector debe verificar en estas válvulas que la presión de calibración y la capacidad de desfogue sean adecuadas. Cualquiera de estas válvulas que muestre evidencia de fuga o deterioro debe ser reparada por el fabricante o sustituirse. Se debe verificar que estén adecuadamente selladas o que sean de tipo no recalibrable. Deben revisarse los soportes de la tubería de descarga.
- b. Una condición común e insegura encontrada tanto en válvulas de seguridad como en válvulas de alivio es la falla para abrir a la presión de calibración, causada por la acumulación de depósitos corrosivos entre el disco y el asiento. Si se observa esta condición, la válvula debe ser reparada por el fabricante o sustituida.

- c. Se recomienda que las válvulas de seguridad o de alivio, montadas en calderas de vapor o de calefacción por agua caliente, sean probadas manualmente, en condiciones normales de operación, una vez al mes y anualmente mediante presión.

#### **I-303.21 MANOMETROS**

- a. El Inspector debe determinar, cuando se requiera, que todos los manómetros se desmonten y prueben y sus lecturas sean comparadas contra las de un manómetro patrón o las de una balanza de pesos muertos.
- b. El Inspector debe observar el manómetro ubicado en la zona de vapor y determinar si éste se encuentra expuesto a alta temperatura proveniente de una fuente externa o a calor interno por falta de protección mediante un sifón o una trampa apropiada. Debe verificarse el soplado de la conexión y accesorios para el manómetro.

#### **I-303.22 ROLADO DE TUBOS**

Cuando los tubos hayan sido sustituidos o vueltos a rolar, el Inspector debe calificar la mano de obra empleada. Cuando se tiene fácil acceso a los tubos, éstos pueden estar sobrerrolados. En caso contrario, los tubos con acceso difícil pueden estar subrerrolados.

#### **I-303.23 PRUEBA HIDROSTATICA**

- a. Si el Inspector requiere mayor información respecto a fugas en una caldera o evaluar la gravedad de un defecto, puede requerir 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 con la calibración más baja.
- c. La presión de prueba hidrostática no debe exceder 1-1/2 veces la presión de trabajo máxima permisible (PTMP)(MAWP por sus siglas en inglés). Para la prueba, el resorte de la válvula no debe ser comprimido para evitar que la válvula se abra. La válvula o válvulas de seguridad debe(n) ser removida(s) o cada disco debe sostenerse cerrado mediante una mordaza de prueba. Pueden utilizarse tapones para este propósito. La temperatura del agua para aplicar una prueba hidrostática no debe ser menor a 70 °F (21 °C) y la temperatura máxima no debe exceder de 120 °F (49 °C). Si una prueba es conducida a 1-1/2 veces la MAWP y el propietario para la prueba especifica una temperatura mayor que 120 °F (49 °C), la presión debe reducirse hasta la MAWP y la temperatura hasta 120 °F (49 °C) para una examinación precisa.

#### **I-303.24 REVISION DE DOCUMENTOS**

El inspector debe revisar la bitácora de la caldera y los registros de mantenimiento y tratamiento del agua para verificar que a la caldera y sus controles se le han hecho pruebas en forma regular. El usuario o propietario debe ser consultado respecto a las reparaciones que se hayan hecho desde la última inspección. El inspector debe verificar que tales reparaciones se hayan hecho cumpliendo con los requisitos aplicables. Todas las reparaciones deben efectuarse conforme a los requisitos del capítulo III de este código.

## **I-303.25 CONCLUSIONES**

Todos los defectos o deficiencias que se observen en el estado, en la operación o en las prácticas de mantenimiento de la caldera y equipo auxiliar deben ser tratadas por el Inspector con el usuario o propietario al instante y, si es necesario, hacerle las recomendaciones para la corrección de tales defectos o deficiencias.

## **I-400 INSPECCION DE RECIPIENTES A PRESION**

### **I-401 INTRODUCCION**

Existen en uso diversos tipos de recipientes a presión, con diseños y construcción complejos, muchos de los cuales tienen funciones múltiples y presiones de operación variables. Estos se utilizan para contener o procesar gases o líquidos que pueden o no tener diversos grados de cualidades corrosivas o erosivas. La siguiente guía de inspección solo proporciona orientación general ya que sería difícil cubrir adecuadamente procedimientos de inspección para todos.

Para hacer una evaluación precisa y confiable del recipiente que se va a inspeccionar, el Inspector debe conocer las condiciones de operación y el contenido normal del recipiente. El inspector también debe conocer la fecha de la última vez que el recipiente fue inspeccionado internamente y determinar si la frecuencia entre inspecciones es adecuada. Si el recipiente está sujeto, por requisitos jurisdiccionales, a inspecciones certificadas, el Inspector debe cerciorarse que el recipiente tenga un certificado vigente.

### **I-401.1 INSPECCION GENERAL**

La metodología de inspección descrita no pretende incluir a todos los recipientes, sino que comprende las características comunes para la mayoría de los recipientes y aquellas que se consideran más importantes. El inspector debe complementar ésta lista con las partidas adicionales que sean necesarias para el recipiente cada particular.

El Inspector debe examinar cuidadosamente la superficie de cuerpos y tapas en cuanto a cuarteaduras, ampollamiento, abombamientos y otras evidencias de deterioro, prestando particular atención al faldón, a las placas de desgaste de los soportes y a los radios de esquina de las cabezas. Si 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 originales de diseño.

El Inspector debe revisar en busca de fracturas u otros defectos las uniones por soldadura y las zonas adyacentes afectadas por el calor. Puede auxiliarse mediante la examinación por partículas magnéticas o por líquidos penetrantes.

En recipientes remachados, debe examinar la condición de las cabezas de remaches, la cubrejunta, las placas y la orilla calafateada. Si existe sospecha de corrosión en el cuerpo de los remaches, pueden ser útiles la prueba del martillo o la radiografía por puntos tomada en ángulo con respecto al eje del cuerpo del remache.

El Inspector debe examinar las superficies de las entradas de hombre y de las boquillas, poniendo atención especial en las soldaduras de tales partes y sus refuerzos en busca de deformaciones, cuarteaduras u otros defectos. Generalmente, los barrenos testigos de las placas de refuerzo deben permanecer abiertos a fin de proporcionar evidencia visual de fugas, y evitar la acumulación de presión en la cavidad. Debe examinar las caras de las bridas en cuanto a deformación y la condición de las superficies para asentar los empaques.

## **I-401.2      TECNICAS DE INSPECCION**

Las partes de un recipiente que deben inspeccionarse con mayor cuidado, dependen de su tipo y sus condiciones de operación. El Inspector debe estar familiarizado con las condiciones de operación y con las causas potenciales y características de defectos y deterioros.

Un examen visual cuidadoso es, con mucho, el método de inspección aceptado universalmente. Pueden usarse para complementar la inspección visual otros medios tales como: el examen por partículas magnéticas útil para determinar cuarteaduras y otras discontinuidades alargadas en materiales magnéticos; el examen con líquidos penetrantes fluorescentes o tinturas para descubrir grietas, poros o agujeros pasantes que se extiendan a la superficie del material y para delinear imperfecciones superficiales en materiales no magnéticos; el examen radiográfico, la medición ultrasónica de espesores y detección de defectos; el examen por medio de corrientes parásitas; el análisis metalográfico; la emisión acústica; la prueba del martillo sin estar presurizado y las pruebas de presión.

La preparación de las superficies es muy importante para un examen visual apropiado y para la aplicación, en forma satisfactoria, de cualquier procedimiento auxiliar como los enunciados arriba. El tipo de preparación superficial depende de las circunstancias particulares, pero pueden ser necesarios el cepillado con alambre, cincelado, soplado con arena, esmerilado, o una combinación de todos estos procedimientos.

## **I-402      INSPECCION EXTERNA DE RECIPIENTES A PRESION**

### **I-402.1      INTRODUCCION**

- a. La inspección externa de los recipientes a presión se efectúa para determinar si su condición es segura para operación continua.
- b. En recipientes para procesos en donde la corrosión es la preocupación principal y al cual se le efectúan exámenes periódicos para determinar espesores, el Inspector debe estudiar los reportes de tales exámenes.
- c. El inspector debe asegurarse que el recipiente esté sellado o marcado apropiadamente para cumplir con la sección aplicable del Código ASME.
- d. Cualquier fuga de gas, vapor o líquido, debe investigarse. Fugas con origen atrás de cubiertas aisladas, soportes o mamposterías o las huellas de fugas ocurridas en el pasado, deben investigarse removiendo lo necesario hasta establecer el origen. No deben tolerarse las fugas y al momento deben tomarse acciones para su corrección

- e. El Inspector debe revisar que exista una tolerancia adecuada para la expansión y contracción del recipiente sobre sus soportes, tal como la proporcionada por agujero de pernos con ranura o soportes tipo silleta sin obstrucciones.

### **I-402.2 MANOMETRO**

El inspector debe observar la presión indicada por el manómetro y compararla con la de otros manómetros en el mismo sistema. Si el manómetro no está montado sobre el recipiente, el Inspector debe cerciorarse que el manómetro esté conectado al sistema e instalado de tal manera que indique puntualmente la presión real dentro del recipiente.

### **I-402.3 VALVULAS DE ALIVIO**

- a. Cuando sea practicable, debe(n) probarse la(s) válvula(s) de alivio aumentando la presión de trabajo hasta la de calibración de la válvula a fin de verificar su operación a la presión de calibración. Si esto no es practicable y la válvula está equipada con una palanca de prueba, deben revisarse el libre movimiento del vástago y del disco de la válvula, mediante el uso de esta palanca. Esta prueba no se debe realizar a menos que la presión en el recipiente sea cuando menos el 75% de la presión de calibración de la válvula y que el contenido del recipiente pueda descargarse seguramente a la atmósfera o que la descarga de la válvula sea mediante tubería a un lugar seguro.
- b. Muchos recipientes a presión contienen líquidos o gases peligrosos o costosos, lo que hace poco práctica la prueba en servicio de la(s) válvula(s) de alivio. En estos casos, la(s) válvula(s) debe(n) removerse del servicio durante la inspección interna o en periodos acordados entre el propietario y el Inspector.
- c. Cuando la inspección descubra válvulas de alivio defectuosas, deben sacarse de servicio el recipiente o recipientes que dependan de dichas válvulas hasta que sean reparadas o sustituidas, salvo que se tomen medidas especiales que el Inspector acepte, para permitir que el recipiente continúe en operación sobre una base temporal.
- d. El Inspector debe quedar satisfecho con la capacidad de alivio de la(s) válvula(s) del recipiente y de que la presión de calibración y la capacidad de alivio estén estampadas en el cuerpo o placa de datos de la(s) válvula(s), según se requiera en la sección aplicable del Código ASME. (Ver en el Apéndice A los diferenciales de presión recomendados entre la presión de calibración de la válvula de alivio y la presión de operación del recipiente).
- e. El Inspector debe asegurarse que no haya válvulas de corte entre el recipiente y el dispositivo de protección o entre el dispositivo de protección y la descarga, a menos que estén en conformidad con UG-135 (e) y los Apéndices M-5 y M-6 de la Sección VIII, División 1 del Código ASME. Las válvulas de corte que requieran enclavamiento o sellado en posición abierta, solo deben ser operadas de acuerdo con procedimientos escritos que cuenten con la aceptación previa del Inspector.

#### **I-402.4 DISCOS DE RUPTURA**

- a. El Inspector debe revisar el marcado de los discos de ruptura a fin de asegurarse que la presión y la temperatura de ruptura estampada sean las correctas para las condiciones de servicio destinadas.
- b. Cuando un disco de ruptura esté instalado entre el recipiente y una válvula de seguridad o de alivio con carga por resorte, el espacio entre el disco de ruptura y la válvula debe estar provisto de un manómetro, un grifo de prueba, libre desfogue o un indicador testigo, tal que puedan detectarse fugas o la ruptura.
- c. Cuando un disco de ruptura esté instalado en la descarga de una válvula de seguridad o de alivio con carga por resorte, la válvula debe ser de un diseño tal que no falle al abrir a su presión de calibración, al margen de cualquier contrapresión que pueda acumularse entre la válvula y el disco de ruptura. Adicionalmente, el espacio entre la válvula y el disco de ruptura, debe estar ventilado o drenado para evitar acumulaciones de presión, causadas por fugas pequeñas.
- d. En todos los casos donde los discos de ruptura estén instalados en combinación con válvulas de seguridad o de alivio, para determinar la capacidad de descarga de tales combinaciones, el Inspector debe consultar los requisitos de la Sección VIII, División 1 del Código ASME.

#### **I-402.5 ENTRADA DE HOMBRE, ABERTURAS DE INSPECCION Y OTROS CIERRES**

El Inspector debe revisar en busca de anomalías, deformaciones o fugas en estas áreas especialmente en dispositivos que se abren y cierran periódicamente durante el proceso. En los cierres de acción rápida, debe revisarse la existencia y funcionamiento de enclavamientos de seguridad, indicadores o alarmas.

#### **I-402.6 DRENAJES**

El inspector debe revisar que existan drenajes donde se requiera. Cuando existan y sea práctico, el Inspector debe hacer que el drenaje sea abierto para verificar su funcionamiento.

#### **I-402.7 TUBERIAS**

El Inspector debe revisar las tuberías fijadas al recipiente en cuanto a soportes inadecuados y provisión para la expansión tal que no se causen cargas excesivas sobre la envolvente.

#### **I-402.8 CONTROLES DE SEGURIDAD**

El Inspector debe verificar la eficacia de cualquier dispositivo instalado para seguridad del recipiente, mediante su operación o análisis de procedimientos y registros.

#### **I-402.9 REVISION DE DOCUMENTOS**

El Inspector debe revisar la bitácora del recipiente, su registro de mantenimiento, el registro de razón de corrosión o cualquier otra prueba efectuada. El usuario o propietario deben ser consultados respecto a las reparaciones que se hayan hecho desde la última inspección. El Inspector debe analizar tales reparaciones para verificar el cumplimiento de los requisitos

aplicables. Todas las reparaciones deben efectuarse en concordancia con el Capítulo III de este código.

#### **I-402.10 CONCLUSIONES**

Cualquier defecto o deficiencia en el estado, mal uso del recipiente o en las prácticas de mantenimiento, debe ser tratado por el Inspector con el usuario o propietario al momento y, si es necesario, hacerle recomendaciones para la corrección de tal defecto o deficiencia.

### **I-500 INSPECCION INTERNA DE RECIPIENTES A PRESION**

#### **I-500.1 INTRODUCCION**

- a. La siguiente guía proporciona un procedimiento general, recomendado, para la inspección interna de recipientes a presión. Dado que los recipientes a presión varían desde tipos muy simples en diseño, materiales y servicios hasta sofisticados y complejos, habrá ocasiones donde se requiera una examinación más detallada.
- b. Los recipientes a presión que contienen sustancias no corrosivas pueden requerir sólo de inspección externa. Algunos recipientes pueden carecer de registros de hombre u otras aberturas de inspección. En estos casos el Inspector puede utilizar métodos de examinación no destructiva para determinar la condición del recipiente.

#### **I-501.1 MODOS DE DETERIORO Y FALLAS**

Las impurezas de los fluidos que se manejan dentro de los recipientes pueden reaccionar con los metales, tal que, pueden propiciar la corrosión.

En ciertas partes de los recipientes son comunes los esfuerzos invertidos (cargas cíclicas), especialmente en puntos de altos esfuerzos secundarios. Pueden ocurrir fallas por fatiga si el esfuerzo es alto y las inversiones son frecuentes. Las fallas por fatiga también pueden resultar por cambios cíclicos de temperatura y presión.

Las uniones por soldadura de metales que tienen diferente coeficiente de expansión térmica, pueden ser afectadas por fatiga térmica.

Pueden ocurrir deformaciones si el equipo se somete a temperaturas por encima de aquellas para las cuales está diseñado. Ya que los metales se debilitan 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 haber ocurrido cambios en las propiedades estructurales y/o cambios químicos en el metal, los cuales pueden debilitar el equipo permanentemente. Ya que la deformación depende del tiempo, de la temperatura y del esfuerzo, los valores reales o estimados de estas cantidades, deben ser usados en todas las evaluaciones.

A temperaturas inferiores a las de congelación, el agua y las sustancias químicas contenidas en los recipientes pueden congelarse y causar falla. Los aceros al carbono y de baja aleación pueden ser afectados por fractura frágil a temperatura ambiente. Ciertas fallas se han atribuido a la fractura frágil de aceros que fueron expuestos a temperaturas por debajo de su temperatura de transición y que también se expusieron a presiones mayores al 20 % de la presión de prueba hidrostática. Sin embargo la mayoría de las fracturas frágiles han ocurrido

durante la primera aplicación de un nivel particular de esfuerzo (esto es, la primera prueba hidrostática o sobrecarga).

Por lo tanto, además de las condiciones de operación excesivas por abajo de la temperatura de transición, también se debe evaluar el potencial para una falla por fractura frágil, cuando se haga la prueba hidrostática o neumática o se agregue cualquiera otra carga adicional. Debe prestarse atención especial a los aceros de baja aleación (particularmente los de 2-1/4 % Cr, 1%-Mo) puesto que son propensos a fragilización por revenido. [La fragilización por revenido se define como la pérdida de ductilidad y tenacidad al impacto causada por tratamiento térmico posterior a soldadura o por servicio en alta temperatura, arriba de 700 °F (371 °C)].

Otras formas de deterioro incluyen, pero no se limitan a, la grafitización, ataque por hidrógeno a alta temperatura, precipitación de carburos, ataque intergranular y fragilización. El deterioro también puede ser causado por fuerzas mecánicas tales como choque térmico, cambios cíclicos de temperatura, vibración, ondas de presión, temperatura excesiva, cargas externas y materiales o fabricación defectuosos.

### **1-501.2 CORROSION**

La corrosión es una de las condiciones más comunes encontradas en los recipientes a presión. Donde se detecte corrosión activa o excesiva, se deben tomar acciones correctivas.

El inspector debe examinar a fondo el recipiente en busca de los siguientes tipos de corrosión:

- a. **Picaduras-** Las picaduras poco profundas, aisladas o dispersas sobre áreas pequeñas no debilitan considerablemente al recipiente. Sin embargo, eventualmente pueden causar fugas. Si es posible, se deben dar los pasos para eliminar la causa o tratarla mediante recubrimientos protectores.
- b. **Corrosión en Línea-** Esta es una condición en la que las picaduras están casi o conectadas unas con otras formando una banda o línea estrecha. La corrosión en línea ocurre frecuentemente en la zona de intersección del faldón o soportes y el fondo del recipiente, o en la interfase líquido-vapor.
- c. **Corrosión Generalizada-** Esta corrosión abarca áreas considerables del recipiente. Cuando ocurre, debe darse atención especial a la determinación de una presión de trabajo segura del recipiente, relacionada directamente con el espesor remanente del material.

Los esfuerzos deben dirigirse a determinar el espesor sano remanente en el material base, utilizando examinación no destructiva, como el método ultrasónico, o, de no ser posible, mediante barrenado. La nueva presión de trabajo máxima permisible debe basarse en el estado actual del recipiente.

- d. **Ranurado-** Este tipo de corrosión es una forma de deterioro del metal causada por corrosión localizada y que puede ser acelerada por concentración de esfuerzos. Las ranuras pueden encontrarse junto a las uniones de solapa remachadas o soldadas, en las caras de las bridas, especialmente en las bridas de tapas sin tirantes.
- e. **Corrosión Galvánica-** Dos metales disímiles en contacto uno con otro y un electrólito (por ejemplo, una película de agua conteniendo oxígeno, nitrógeno y bióxido de carbono en solución) forman una celda electrolítica. La corriente eléctrica fluyendo a través de éste circuito puede causar una rápida corrosión del metal menos noble (el que tiene mayor potencial de electrodo). Este mecanismo de corrosión es más activo cuando la diferencia entre los potenciales de electrodo de los dos metales es grande.

La corrosión galvánica también puede existir con cambios relativamente menores en la composición de la aleación (esto es, entre un aporte de soldadura y el metal base). Los recubrimientos naturales (p.ej. una capa de óxido sobre aluminio) o recubrimientos protectores pueden inhibir la corrosión galvánica, pero en todos los casos, los metales o aleaciones deben seleccionarse sobre la base de su resistencia intrínseca a la corrosión. En calderas y recipientes a presión, la corrosión galvánica se observa más en remaches, soldaduras y en conexiones, tanto bridadas como atornillables.

### **1-501.3 EROSION**

El inspector debe observar la acción causada por abrasivos y corrientes de alta velocidad las cuales pueden haber erosionado las superficies del metal.

### **1-501.4 MELLADURAS**

Las melladuras son deformaciones causadas por contacto con objetos obtusos, de tal manera que el espesor del metal es disminuido físicamente. En ocasiones, las melladuras pueden repararse mediante la acción mecánica de empujar hacia afuera la deformación.

### **1-501.5 DISTORSION**

Los recipientes deben examinarse visualmente buscando indicios de distorsión. Si se observan distorsiones se deben revisar las dimensiones generales del recipiente para determinar la extensión y severidad de la deformación.

### **1-501.6 CORTES O ESTRIAS**

Los cortes o estrías son causados por contacto con objetos agudos que cortan el metal y disminuyen su espesor. Los cortes o estrías causan concentraciones de esfuerzos altas y dependiendo de su extensión, puede ser necesario reparar el área con soldadura o parches. El esmerilado puede ser útil para eliminar algunos cortes y estrías poco importantes.

**1-502.1 PREPARACION Y MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA INSPECCION INTERNA**

Cuando se va a efectuar una inspección interna, el propietario o usuario, debe preparar el recipiente según las indicaciones del inspector. Normalmente incluye lo siguiente:

- a. Cuando se trate de un recipiente que opera a alta temperatura, se debe dejar enfriar a una velocidad tal que no se causen daños al recipiente.
- b. El recipiente debe drenarse totalmente y debe purgarse de cualquier gas tóxico, inflamable o cualquier otro contaminante que haya estado contenido dentro del recipiente. La ventilación mecánica, como sopladores o ventiladores, para renovar el aire debe ponerse en funcionamiento después de haber sido purgado y se mantendrá hasta que todas las bolsas de "aire mortal" que contengan gas tóxico, inflamable o inerte sean barridas.  
Durante la purga y ventilación de recipientes que contengan gases inflamables, la concentración de vapores en aire puede pasar por los límites de inflamabilidad de la mezcla antes que se obtenga una atmósfera segura. Deben tomarse las medidas necesarias y asegurarse que no haya fuentes de ignición durante estas operaciones.
- c. Los tapas y cubiertas deben removerse como lo requiera el inspector a fin de permitirle un examen completo de las superficies interiores.
- d. El recipiente debe estar suficientemente limpio para permitir la inspección visual de todas las superficies internas y externas del material base.
- e. Si el inspector no tiene información para evaluar su exactitud, los manómetros deben ser removidos y probados.
- f. Si el inspector no tiene información para avalar que operan apropiadamente o tiene dudas de su efectividad, las válvulas de alivio deben removerse y probarse.
- g. Cuando un recipiente esté conectado en un sistema con presencia de líquidos o gases, se debe aislar cerrando, etiquetando la precaución y encadenando las válvulas de cierre. Si hay presencia de materiales tóxicos o inflamables, como seguridad adicional se pueden remover o taponar secciones de tubería antes de ingresar al recipiente. Los medios usados para aislar el recipiente a inspeccionar, deben satisfacer al Inspector.
- h. En recipientes tipo rotatorio o que cuenten con partes móviles, antes de ingresar al recipiente, se deben tomar precauciones de seguridad adicionales, tales como, remover los fusibles, enclavar los controles y/o bloquear mecánicamente las partes móviles.
- i. Antes de ingresar a recipientes que hayan tenido atmósfera inerte, tóxica o inflamable, debe comprobarse la sanidad de la atmósfera del recipiente, por personal calificado, utilizando instrumentos o indicadores apropiados.

Antes de ingresar al recipiente, se debe efectuar una prueba de contenido de oxígeno independientemente de la preparación o contenido previos. El inspector no debe permitir el ingreso o la permanencia en el recipiente a menos que el contenido de oxígeno esté entre 19 y el 23 % en volumen. La ventilación debe continuar si el contenido de oxígeno está afuera de estos límites.

Cuando sea necesario, se debe proporcionar la ropa de protección que sea adecuada para las condiciones del interior del recipiente. Si se juzga necesario, también debe estar disponible equipo de respiración y cuerdas.

Desde afuera del recipiente, una persona responsable debe mantener contacto visual y verbal permanente con el inspector que esté dentro del recipiente y debe ser capaz de responder a cualquier contingencia o comportamiento raro.

- j. Si el recipiente no ha sido preparado apropiadamente para una inspección interna, el inspector debe declinar hacer la inspección.

#### **1-502.2 AISLAMIENTO Y FORROS**

Para una inspección, normalmente, no es necesario remover el material de aislamiento o forro a menos que se sospeche la existencia de defectos o deterioro comúnmente encontrados en recipientes de tipo o uso similar al que se inspecciona. Cuando en la cubierta o en el forro existan huellas de fuga, se debe remover lo necesario para hacer una búsqueda completa.

#### **1-502.3 ALUMBRADO**

El inspector debe acercarse tanto como sea práctico a las partes del recipiente, tanto internas como externas, para hacer el mejor examen posible. Para alumbrado, se recomienda usar una lámpara de mano en vez de una luz de extensión. Cuando se use en espacios confinados una extensión de luz portátil, no debe operarse a más de 12 volts.

#### **1-502.4 MANOMETROS**

- a. Se debe verificar la exactitud de los manómetros necesarios para la operación segura del recipiente, comparando sus lecturas con las de un manómetro patrón o con las de una balanza de pesos muertos, a criterio del inspector.
- b. El inspector debe observar el manómetro ubicado en la zona de vapor para determinar si está, por falta de protección mediante una trampa o sifón apropiados, expuesto a temperaturas altas procedentes de fuentes de calor externas o internas. El inspector debe verificar que se hayan soplado las conexiones que conducen al manómetro.

#### **1-502.5 VALVULAS DE ALIVIO**

- a. El inspector debe verificar que todas las válvulas estén marcadas para las condiciones de servicio y conforme a los requisitos de la sección aplicable del Código ASME. A su criterio, la válvula debe removerse y probarse a su satisfacción.
- b. Si existe un procedimiento vigente para desmontar y probar las válvulas con cierta frecuencia, deben revisarse los registros de tales pruebas en cada inspección.

- c. El inspector debe asegurarse de que todos los conductos estén libres de materiales extraños y otras obstrucciones.

#### **1.502.6 DISCOS DE RUPTURA**

El inspector debe verificar que los discos de ruptura estén marcados para las condiciones de servicio y satisfagan los requisitos de la sección aplicable del Código ASME. El inspector debe asegurarse que las tuberías hacia y desde el disco no presenten obstrucciones.

#### **1.502.7 SOPORTES**

Se deben examinar buscando la existencia de distorsión, grietas o fracturas en la soldaduras, a criterio del inspector, las uniones para fijación de patas, silletas, faldones u otros soportes.

#### **1-502.8 ENTRADAS DE HOMBRE Y OTRAS ABERTURAS**

- a. El Inspector debe examinar a fondo las entradas de hombre, las boquillas bridadas o roscadas y sus placas de refuerzo, ubicadas dentro del recipiente en cuanto a la existencia de grietas, deformación u otros defectos. Debe revisar la tornillería y tuercas en busca de defectos o corrosión.
- b. Siempre que sea posible, la inspección se debe hacer desde el interior del recipiente para determinar la condición de las soldaduras de las conexiones al recipiente.
- c. En conexiones roscadas, el Inspector debe verificar el agarre del número de roscas.
- d. El Inspector debe examinar a fondo, como sea posible, las boquillas que conecten con accesorios o controles externos, para asegurarse que están libres de obstrucciones.

#### **1-502.9 CERRAMIENTOS ESPECIALES**

El Inspector debe revisar, en lo relativo a su eficiencia y desgaste, los cerramientos especiales conocidos como de actuación o apertura rápida que en la operación del recipiente se utilizan frecuentemente, incluyendo los de autoclaves. También debe realizar una revisión en cuanto a grietas en áreas de alta concentración de esfuerzos.

#### **1-502.10 PRUEBAS DE PRESION**

- a. Cuando existan dudas respecto a la gravedad de defectos o condiciones de deterioro encontradas en un recipiente, el Inspector puede requerir una prueba de presión. Las pruebas de presión, normalmente, no son necesarias como parte de una inspección periódica. Sin embargo, se debe hacer una prueba cuando la inspección detecte formas de deterioro raras y difíciles de evaluar que, posiblemente, afecten la seguridad del recipiente y también después de ciertas reparaciones.
- b. Para comprobar la hermeticidad, la presión de prueba no necesita ser mayor que la presión de ajuste de la válvula de alivio que tiene la calibración más baja.
- c. La presión de prueba no debe exceder de 1-1/2 veces la presión de trabajo máxima permisible, corregida por temperatura. Cuando la presión de prueba original haya tomado en cuenta la tolerancia por corrosión, la presión de prueba puede ajustarse aún más, sobre la base de la tolerancia por corrosión restante.

- d. Durante las pruebas de presión, cuando la presión de prueba exceda la presión de ajuste de la válvula de alivio que tiene la calibración más baja, la válvula o válvulas de alivio deben removerse o sostener cerrado cada disco de válvula mediante una mordaza de prueba y no por aplicación de carga adicional al resorte de la válvula.
- e. La temperatura del agua para efectuar la prueba hidrostática no debe ser menor a 60 °F (15.6 °C) salvo que, el propietario proporcione información sobre las características de dureza del material del recipiente y se acepte una temperatura de prueba más baja. La temperatura no debe exceder de 120 °F (49 °C) a menos de que el propietario especifique el requisito de una temperatura de prueba más alta. Si la prueba se conduce a 1- 1/2 veces la MAWP y el propietario especifica una temperatura del agua mayor que 120 °F (49 °C), la presión debe reducirse hasta la MAWP y la temperatura hasta 120 °F (49 °C), para un examen preciso.
- f. Cuando no sea posible una prueba hidrostática o cuando se prohíba la contaminación del recipiente por otro medio, se pueden usar otros métodos de prueba, siguiendo las medidas de precaución de la sección aplicable del código ASME. En tal caso, debe existir un acuerdo entre el propietario y el Inspector respecto al método de prueba.

#### **I-502.11 REVISION DE DOCUMENTOS**

El Inspector debe revisar la bitácora del recipiente, el registro de mantenimiento, el registros de razón de corrosión y otros resultados de exámenes. El Inspector debe consultar al usuario o propietario sobre las reparaciones efectuadas desde la última inspección interna. El Inspector debe revisar los registros de tales reparaciones para verificar el cumplimiento de los requisitos aplicables.

#### **I-502.12 CONCLUSIONES**

El Inspector debe tratar con el propietario o usuario cualquier defecto o deficiencia en el estado, las prácticas de mantenimiento o mal uso del recipiente a presión y, si es necesario, recomendará las acciones correctivas. Todas las reparaciones deben efectuarse de acuerdo con los requisitos del Capítulo III de este Código.

### **I-600 INSPECCION EXTERNA DE CALENTADORES DE AGUA QUE SUMINISTRAN AGUA POTABLE CALIENTE PARA OTROS PROPOSITOS DIFERENTES A LA CALEFACCION DE ESPACIO**

#### **I-601 GENERAL**

Al entrar el Inspector al cuarto o área del calentador de agua, debe observar el estado general de conservación de la Unidad y el área circundante. Las fugas existentes, o sus huellas, en el calentador o en sus accesorios deben ser evaluadas y reparadas.

## **I-602 PROCEDIMIENTO DE INSPECCION**

### **I-602.1 TERMOMETRO**

Cuando lo especifique el Código de construcción, el único dispositivo externo que indica la operación interna es el termómetro. Un termómetro defectuoso debe sustituirse al instante.

### **I-602.2 VALVULAS DE ALIVIO Y SEGURIDAD**

Debe probarse, por medio de la palanca de prueba, la libre operación de las válvulas de alivio con presión-temperatura asignadas oficialmente o de las válvulas seguridad. El Inspector debe atestiguar esta prueba. En el caso de que la válvula no opere, sea de capacidad inadecuada o tenga una presión de calibración incorrecta, la Unidad debe ponerse fuera de servicio hasta que la condición insegura sea corregida y la válvula sea reparada o sustituida.

### **I-602.3 MONTAJE VALVULAS DE ALIVIO Y SEGURIDAD**

El Inspector debe verificar que la válvula de alivio o la válvula de presión-temperatura, estén montadas apropiadamente y de acuerdo con el código de construcción, sin ninguna válvula entre la unidad y la válvula.

### **I-602.4 DRENAJE DE LA VALVULA DE ALIVIO - TUBERIA DE DESCARGA**

- a. Las válvulas de alivio deben descargar en forma segura.
- b. La tubería de descarga, si se usa, debe ser de la misma medida que la descarga de la válvula.
- c. Cuando el disco esté por abajo de la salida de la válvula, se debe disponer de un drenaje de la línea.

### **I-602.5 CONEXIONES PARA ALIMENTACION DE AGUA**

- a. El abastecimiento de agua al calentador debe ser mediante una boquilla independiente de otros servicios.
- b. Debe estar instalada una válvula reductora de presión cuando la presión de alimentación del agua al calentador sea superior al 75% de la presión de trabajo máxima permisible del calentador.

### **I-602.6 TANQUES DE EXPANSION**

- a. Sí se instala tanque de expansión, para instalaciones nuevas, éste debe cumplir los requisitos de la Sección VIII, División 1 del código ASME.
- b. La presión de trabajo máxima permisible del tanque de expansión no debe ser menor que la presión de trabajo máxima permisible del calentador.
- c. En o cerca del tanque de expansión, se debe instalar un drenaje.
- d. Se debe instalar una válvula de corte entre el tanque de expansión y el calentador.

### **I-602.7 VALVULAS DE CORTE**

Debe haber instaladas válvulas de corte, tanto en la entrada como en la salida del calentador de agua, de tal manera que la Unidad pueda ser aislada cuando sea necesario.

### **I-602.8 VALVULA DE DRENAJE DE FONDO**

- a. El Inspector debe atestiguar la prueba de la válvula de drenaje de fondo para asegurar su correcto funcionamiento.
- b. Los drenajes de fondo deben descargar a sitios seguros.
- c. La tubería de descarga, si se encuentra instalada, debe tener capacidad plena, ser de la misma medida en todo su recorrido y descargar hasta un punto seguro.

### **I-602.9 CONTROLES**

Cuando sea práctico, el Inspector debe atestiguar el funcionamiento de todos y cada uno de los controles del calentador.

El calentador de agua se debe sacar del servicio si algún control se encuentra defectuoso o inoperante, hasta que la deficiencia sea corregida.

Cualquier dispositivo de control que muestre evidencia de haber sido abierto o manipulado, se debe considerar como sospechoso de operación incorrecta y el Inspector debe atestiguar y verificar su funcionamiento.



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

**DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE CALDERAS Y  
RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN**

**MÓDULO III: INGENIERÍA DE SOPORTE A CALDERAS Y  
RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN**

**TEMA:**

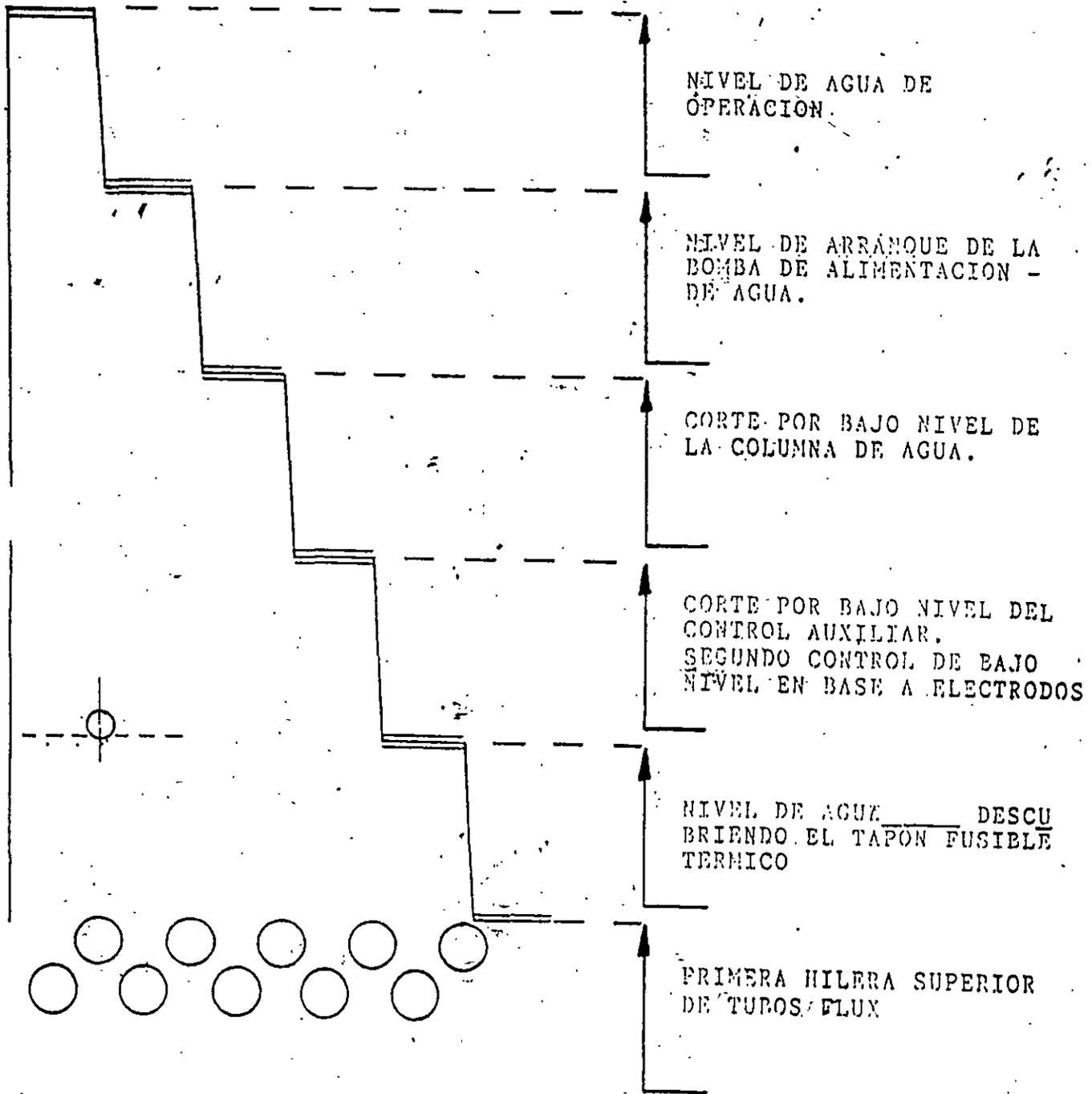
**CUIDADO EN CALDERAS**

**EXPOSITOR ING. GIL ZARATE AGUILAR  
PALACIO DE MINERÍA  
1997**

- Llenar la caldera de agua, utilizando la bomba eléctrica colocando el interruptor del tablero de la caldera en posición "manual".
- Cuando empiece a salir agua por la válvula de venteo parar la bomba eléctrica y cerrar dicha válvula.
- Utilizando la bomba manual (de pistón) elevar la presión de acuerdo al tipo de caldera, esta presión se debe mantener el tiempo necesario para que el inspector observe los tubos flux y el cuerpo de presión.
- Cuando el inspector libere el tiempo de la prueba, abrir las válvulas de la purga de fondo hasta que llegue el nivel en el cristal a 2  $\frac{1}{2}$  pulg., arriba de la conexión inferior.
- Instalar: La(s) válvula(s) de seguridad, controles de presión y flotador del control de nivel.
- Desinstalar la bomba manual (de pistón)
- Tapar la caldera por ambos lados cambiando sus empaques y sellos.

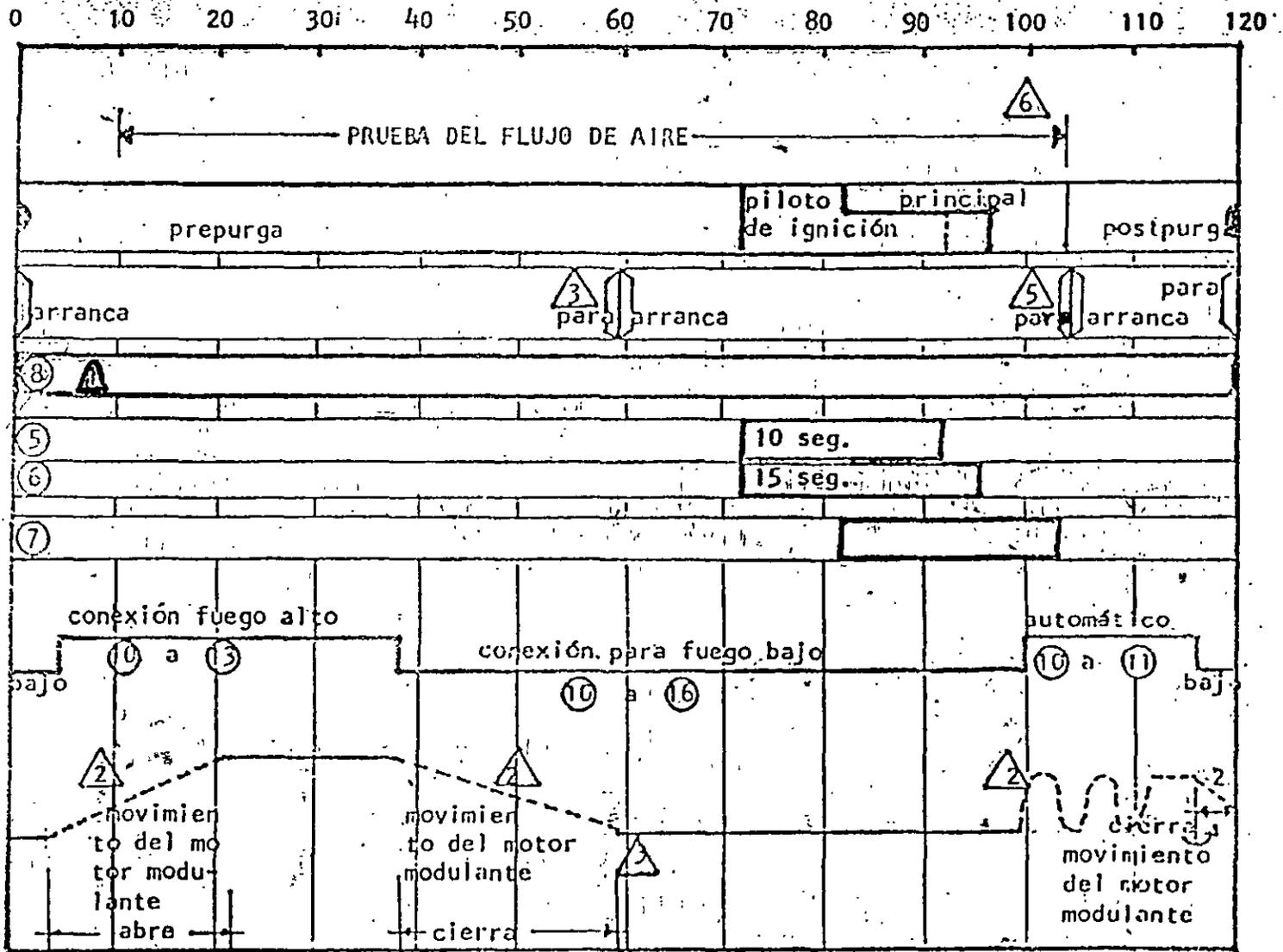
## ***PRUEBA HIDROSTÁTICA ANTE LA S.T. Y P.S.***

- Verifique que exista agua en el tanque de condensados. La temperatura del agua no debe ser menor a 15.6° C (60° F) ni mayor a 49° C (120° F).
- Verifique que exista el voltaje adecuado en el tablero de la caldera y en el arrancador de la bomba de agua.
- Retirar las válvulas de las purgas y salida principal de vapor y taponear.
- Retirar la(s) válvula(s) de seguridad y taponear la(s) salidas.
- Retirar los controles de presión y el flotador del control de nivel, taponear las salidas.
- Verifique que las válvulas de succión y descarga de la bomba de agua esten abiertas.
- La válvula de venteo debe estar abierta.
- En la línea de descarga de la bomba de agua conectar una bomba manual (de pistón).



SECUENCIA DEL PROGRAMADOR CB-20

tiempo en segundos



1 números encerrados en un círculo son terminales del programador

2 la pendiente depende del motor modulante

3 el paro del programador es a los 60 segundos, antes del cierre del interruptor de fuego bajo

5 paro del programador para el periodo de operación con el quemador encendido

6 el interruptor de flujo de aire debe permanecer cerrado durante el periodo de operación

# SECUENCIA DE OPERACIÓN DE CONTROL DE FLAMA MODULANTE

- Arranca la caldera a través del interruptor de encendido.
- Hay un tiempo de prebarrido del ventilador.
- Llega la chispa eléctrica (T. de ignición) y abre la primera válvula solenoide del piloto.
- La fotocelda registra la flama del piloto.
- Se abre la válvula principal de combustible al recibir la señal de la fotocelda.
- Se retira el piloto.
- El quemador modula al existir demanda.
- Al existir demanda logra presión requerida
- Regresa a flama baja.
- Se apaga la caldera.
- Entra postbarrido.
- Caldera lista para empezar nuevo ciclo.



**EQUIVALENCIA DE CONTROLES DE FLAMA DE ACUERDO A DISTINTOS FABRICANTES**

<b>HONEYWELL</b>	<b>FIREYE</b>	<b>CONTROL DE FLAMAS (NACIONAL)</b>
RA890 F	TIPO 29RF5 MODELO 6015	TAC15RL
RA890 G		TAC15RL
R4795 A		TAC5415BNR
R4140 L	TIPO 26RJ8 MODELO 6018	
R4140 G		
* CB-20	* CB - 1	
BC 7000	FLAME-MONITOR	

\* Modelos exclusivos para calderas marca Cleaver Brooks.

**CONTROLES DE FLAMA MÁS COMUNES PARA CALDERAS MARCA HONEYWELL**

Modelo	Servicio	Tiempo de respuesta a falla de flama	Base	Fotocelda	Amplificador	Pre-purga Seg.	Post-purga Seg.	Combustible
RA890F1346	Una o dos flamas	3.0 segundos	Q270A1024	C7013A1003 Rectificación	Integrado			Diesel
				Varilla detectora				Gas
RA890G1260	Una o dos flamas	3.0 segundos	Q270A1024	C7027A1023 (Ultravioleta)	Integrado			Gas
R4795A1016	Una o dos flamas	0.8 segundos	Q270A1024	C7013A1003 Rectificación	R7289A1012 (verde)	7.0		Diesel
				C7027A1023 (Ultravioleta)	R7290A1019 (Violeta)			Gas
R4140L1147	Modulante (Levas)	2 a 4 segundos	Q520A1089	C7015A1076 (Infraroja)	R7248A1004 (Rojo)	60	15	Líquido
R4140G1171	Modulante (Levas)	2 a 4 segundos	Q520A1089	C7027A1023 (Ultravioleta)	R7249A1003 (Violeta)	70	25	Gas
* CB-20 (R4140G1023)	Modulante (Levas)	2 a 4 segundos	Q520A1170	C7015A1118 (Infraroja)	R7248A1046 (Rojo)	72	16	Todos
BC7000L1000	Modulante (Electrónico)	2 a 4 segundos	Q520A1089	De acuerdo a el modulo programado puede utilizar detección infrarroja o ultravioleta.				Todos
* CB-70 (BC7000L1018)	Modulante (Electrónico)	2 a 4 segundos	Q520A1170	De acuerdo a el modulo programado puede utilizar detección infrarroja o ultravioleta.				Todos

\* Modelo exclusivo calderas marca Cleaver Brooks.



BURNER TYPE AND INPUT	OIL BURNER				COMMERCIAL/INDUSTRIAL GAS HEATING EQUIPMENT					ATMOSPHERIC BURNERS	RECOMMENDED CONTROLS
	MAX MAIN BURNER HOURLY INPUT				MECHANICAL-DRAFT BURNERS						
	3 gph OR LESS	OVER 3 gph TO 7 gph	OVER 7 gph TO 30 gph	OVER 30 gph	OVER 400,000 TO 2,500,000 Btuh	OVER 2,500,000 TO 5,000,000 Btuh	OVER 5,000,000 TO 12,500,000 Btuh	OVER 12,500,000 Btuh			
<b>CONTROL AND SYSTEM SPECIFICATIONS</b>											
<b>INTERLOCKS/LIMITS</b>											
Control (Temperature or Pressure)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		L404A, L400A, L400BA, L411A, L408A, L804A, L800SA, PA404A, P455
High Limit(s) (Temperature or Pressure)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		L404AC, L400BAE, L407B
High Oil Pressure				Yes							L604TW
Low Oil Pressure											L604V
High Oil Temperature		Yes—Must Provide Safety Shutdown									
Low Oil Temperature		Yes—Must Provide Safety Shutdown									
Absorbing Medium (Steam or Air)		Yes—Must Provide Safety Shutdown if Interlock Opens									L404B
Releasing Cup Drive											Integral to burner
Manual Supervisory Control											
High Gas Pressure						Yes	Yes	Yes			C645B, C437D,G, C637B, C437H,J
Low Gas Pressure						Yes	Yes	Yes			C645A, C437E,K, C637B, C437F,K
Valve Seal Overtravel						Optional	Yes	Yes			Integral to V4035D,E
High Fire Switch											Integral to M941C,D
Low Fire Switch											
High Furnace Pressure											
Low Water Conductivity (Boilers)	Boilers	Boilers	Boilers	Boilers	Boilers	Boilers	Boilers	Boilers			RW7000
Winged Firing Head											Integral to burner
Supervise Purge Air					Apply	Yes	Yes	Yes			C645A,C,D, S437A, S637A, C437
Proven Combustion Air				Yes	Yes	Yes	Yes	Yes			Auxiliary starter contact and/or C645, C437
Induced Draft Fan Starts Before Forced Draft Fan											
Outlet Dampers (when used)											Integral to equipment
<b>PILOT VALVE TRAINING</b>											
Approved Safety Shutoff Valve(s)		1	1	1	One	One	One	One	One		V4046C, V4036A,B, V8046C, V8036A
Manual Shutoff Valve		1	1	1	One	One	One	One	One		
N.O. Vent Valve											
Gas Pressure Regulator					Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		
<b>MAIN VALVE TRAINING</b>											
Approved Safety Shutoff Valve(s)		Two	Two	Two	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		Gas: See Table I
Firing Rate Valve						Yes	Yes	Yes			V51E with Orly M941, V8055, V4062 with V5055
Manually Operated Leak Test Valve(s)					Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		
Manual Shutoff Valve					Two	Two	Two	Two	Two		
N.O. Vent Valve								Yes			
Gas Pressure Regulator					Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		
<b>AUXILIARY EQUIPMENT</b>											
Alarm on Burner Shutdown											
Combustibles/Oxygen Analyzer											
Firing Rate Controller						Yes	Yes	Yes			L91, P455, L604, L800B, L600B, T875, T915, T901
Lead-Lag System											
Drift Control System											
<b>APPROVED SAFETY CONTROL SPECIFICATIONS</b>											
Purge Timing		90 sec	90 sec	90 sec	90 sec	90 sec	90 sec	90 sec	90 sec		S427B,C or integral to Flame Safeguard Control
Purge Air Changes		Four	Four	Four	Four	Four	Four	Four	Four		
High Fire Purge Proving Circuit				Yes		Yes	Yes	Yes			
Low Fire Start Circuit						Yes	Yes	Yes			
Continuous Pilot					Optional						Optional
Intermittent Pilot	Optional				Optional						Optional
Interrupted Pilot		Yes	Yes	Yes or	Optional	Yes	Yes	Yes	Yes		Optional
Proved Pilot	Optional	Yes, if used	Yes, if used	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		
Pilot Flame-Establishing Period		10 sec	10 sec	10 sec	15 sec	10 sec	10 sec	10 sec	10 sec		
Direct Spark Ignition		Optional	Optional	Optional							
Main Flame-Establishing Period	90 sec	18 sec	18 sec	18 sec	18 sec	18 sec	18 sec	18 sec	18 sec		
Supervise Main Flame		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		
Flame Failure Response Time	90 sec	4 sec max	4 sec max	4 sec max	4 sec max	4 sec max	4 sec max	4 sec max	4 sec max		
Action on Flame Failure		Lockout or Recycle Once	Lockout or Recycle Once	Lockout	Lockout or Recycle Once	Lockout	Lockout	Lockout	Lockout		
Action on Limit Opening	Lockout	Lockout	Lockout	Lockout	Lockout	Lockout	Lockout	Lockout	Lockout		
Postpurge Timing				15 sec							
<b>RECOMMENDED APPROVED SAFETY CONTROL</b>	R4890 R8184 R8185 R8404 R4795 R7795	R4890 R7795 R8184 R8185 R8404	R4890 R7795 R8184 R8185 R8404	R4140L BC7000/ PM720L	R4785 R7785 R4140 BC7000/ PM720	R7785C,D R4140 BC7000/ PM720	R4140L BC7000/ PM720L	R4140L BC7000/ PM720L	R4890 R4795 R7795 R4140 BC7000/ PM720		

SSOV = Safety Shutoff Valve.

On boilers, manual reset is required on limit action; where the manual reset is not integral to the limit, announcement is required.

Required if fans are not integral with the burner motor shaft; lockout, or recycle once, upon 1 of combustion air.

Same as mechanical-draft burners.

- 10) Revisar que la válvula de venteo este abierta.
- 11) Si tiene atomización revisar que la presión del aire o vapor sea la adecuada.
- 12) Pruebe el restablecimiento de todos los arranques y controles que tienen dispositivos de restablecimiento manual.
- 13) Verifique el funcionamiento del piloto de gas.
- 14) Verifique la secuencia del control de flama y modulación.
- 15) Verifique el funcionamiento de la fotocelda.
- 16) Arranque en fuego bajo y calentamiento.
- 17) Revise la protección por alta presión de vapor.
- 18) Abra lentamente la válvula de salida de vapor.
- 19) Revise la protección por bajo nivel de agua.
- 20) Caldera lista para su operación normal.

## ***PROCEDIMIENTO PARA LA PUESTA EN MARCHA DE CALDERAS Y PRECAUCIONES DURANTE EL PROCESO DE ARRANQUE***

- 1) Revisar que haya Energía eléctrica en el tablero de control de la caldera (voltaje adecuado).
- 2) Revisar el sentido de la rotación del ventilador, bomba de agua y en su caso de la bomba de combustible que sea el adecuado.
- 3) Revisar que todas las válvulas de alimentación de agua y combustible esten abiertas.
- 4) Revisar que la presión de agua a la entrada del equipo suavizador sea la adecuada.
- 5) Revisar que el tanque de condensados tenga agua.
- 6) Revisar que el nivel de agua dentro de la caldera sea el adecuado.
- 7) Revisar que la presión del combustible sea la adecuada.
- 8) Revisar que las válvulas de purga de fondo, columna de nivel, cristal de nivel y superficie esten cerradas.
- 9) Revisar que la válvula de salida de vapor este cerrada.

**Alimentación de combustible (Gas L.P. o Gas Natural, Diesel, Gasóleo, combustóleo)**

- 1.- Tanque de almacenamiento general
- 2.- Bomba de trasiego
- 3.- Tanque de día
- 4.- Bomba de alimentación caldera
- 5.- Precalentador (vapor y/o eléctrico)
- 6.- Quemador

- Chimenea

- Puertos de muestreo
- Plataforma (si es necesario)

- Alimentación Eléctrica

- Tablero de la caldera
- Motor de bomba de agua

- Purgas

- Cristal de nivel
- Control de nivel
  - de fondo
  - de superficie

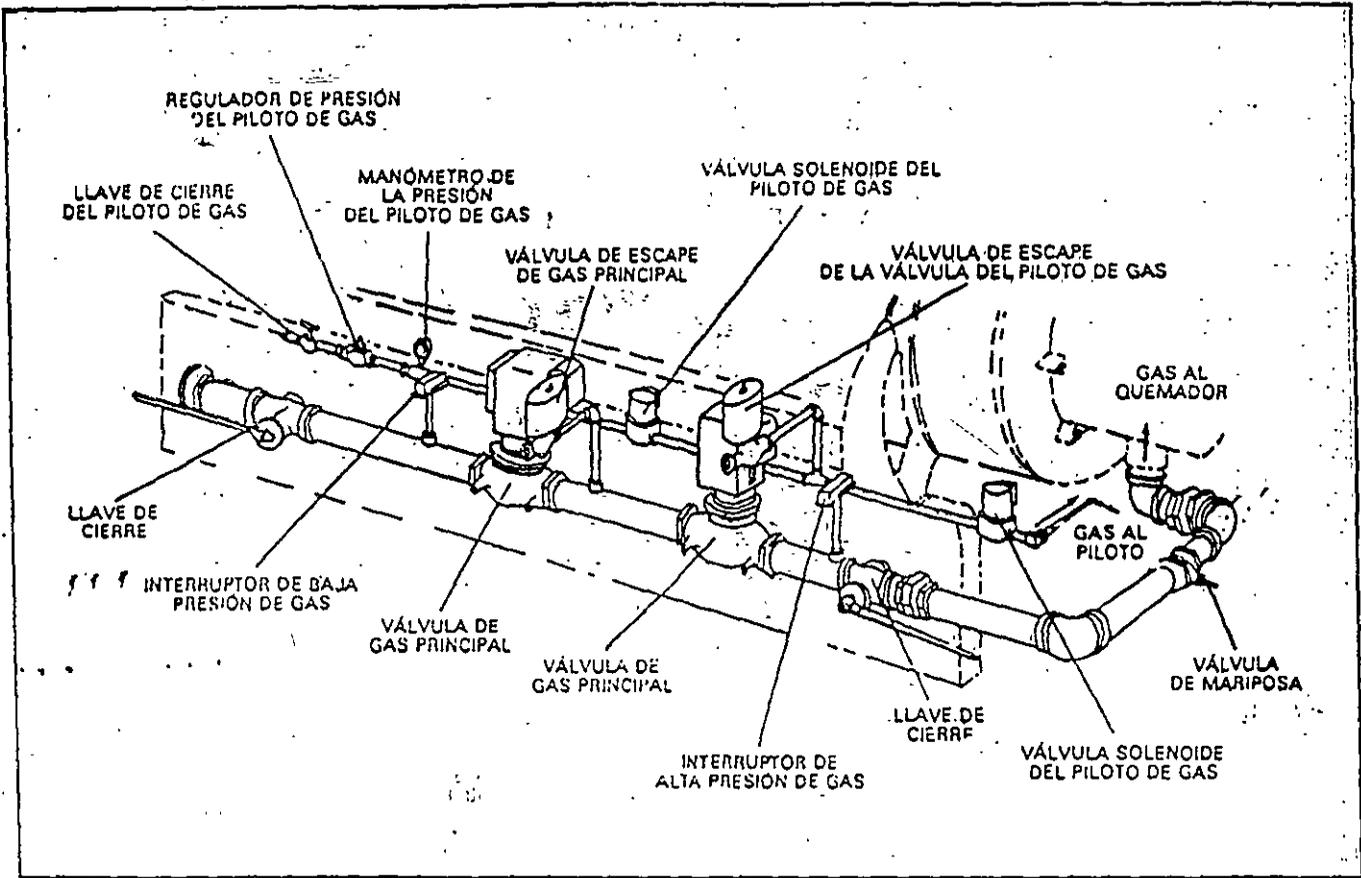
- Salida de Vapor

IV.- Contratar operadores o fogoneros que estén capacitados para manejar el equipo instalado.

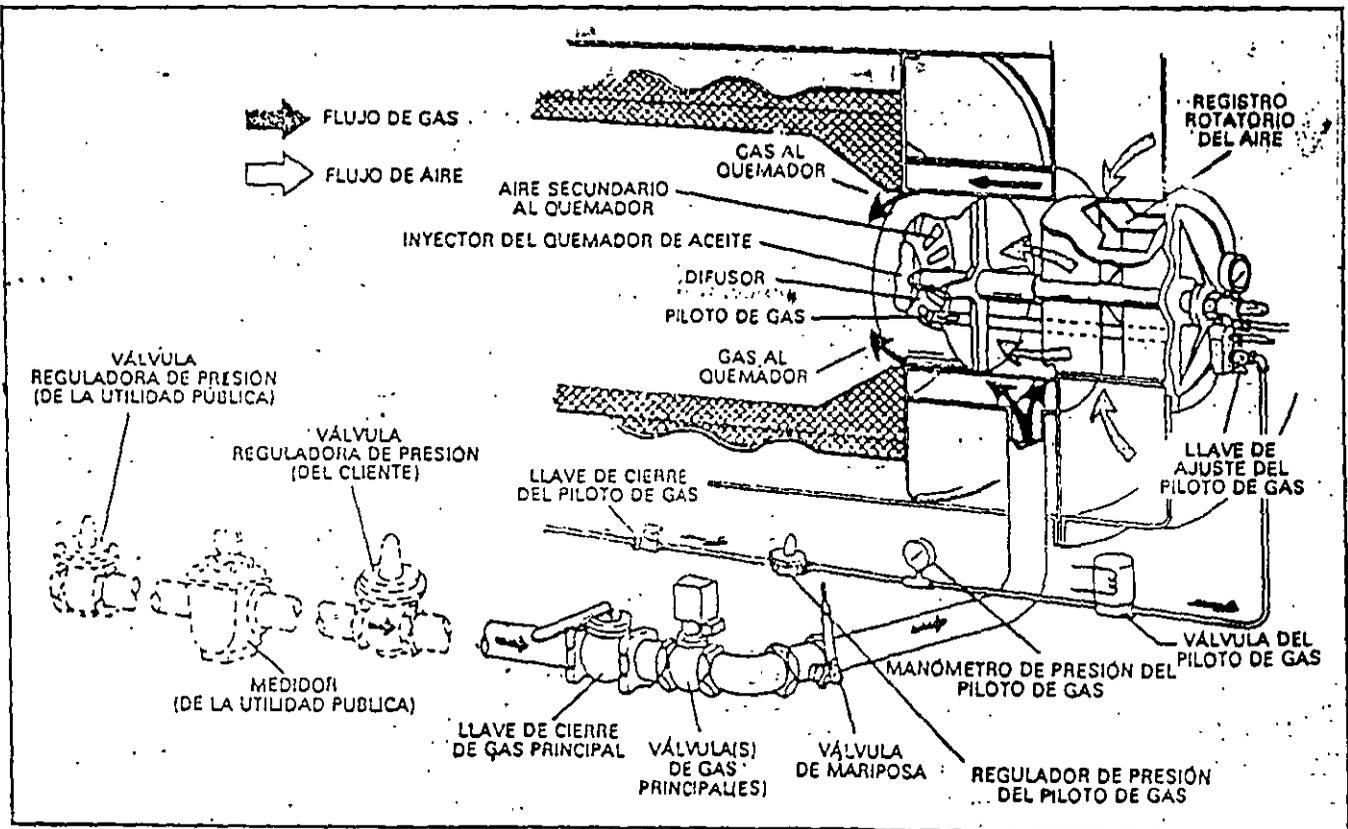
**V.- ACTIVIDADES A REALIZAR ANTES DE INICIAR EL PROCESO DE ARRANQUE DE LA CALDERA**

Destape la caldera por ambos lados para :

- Revisar el estado en que se encuentran los refractarios, que no hayan sufrido daños durante el traslado y montaje de la Caldera.
- Revisar una prueba hidrostática a 1.5 veces su presión de trabajo para comprobar que no haya fugas, deberá de estar presente un inspector de la S.T. y P.S. para validar dicha prueba y se hace de la siguiente manera.
- Verifique que exista agua en el tanque de condensados. La temperatura del agua no debe ser menor de 15.6 °C (60 °F) ni mayor a 49 °C (120 °F).



CONJUNTO BÁSICO DEL GAS



FLUJO DEL AIRE SECUNDARIO CON EL CONJUNTO DE GAS

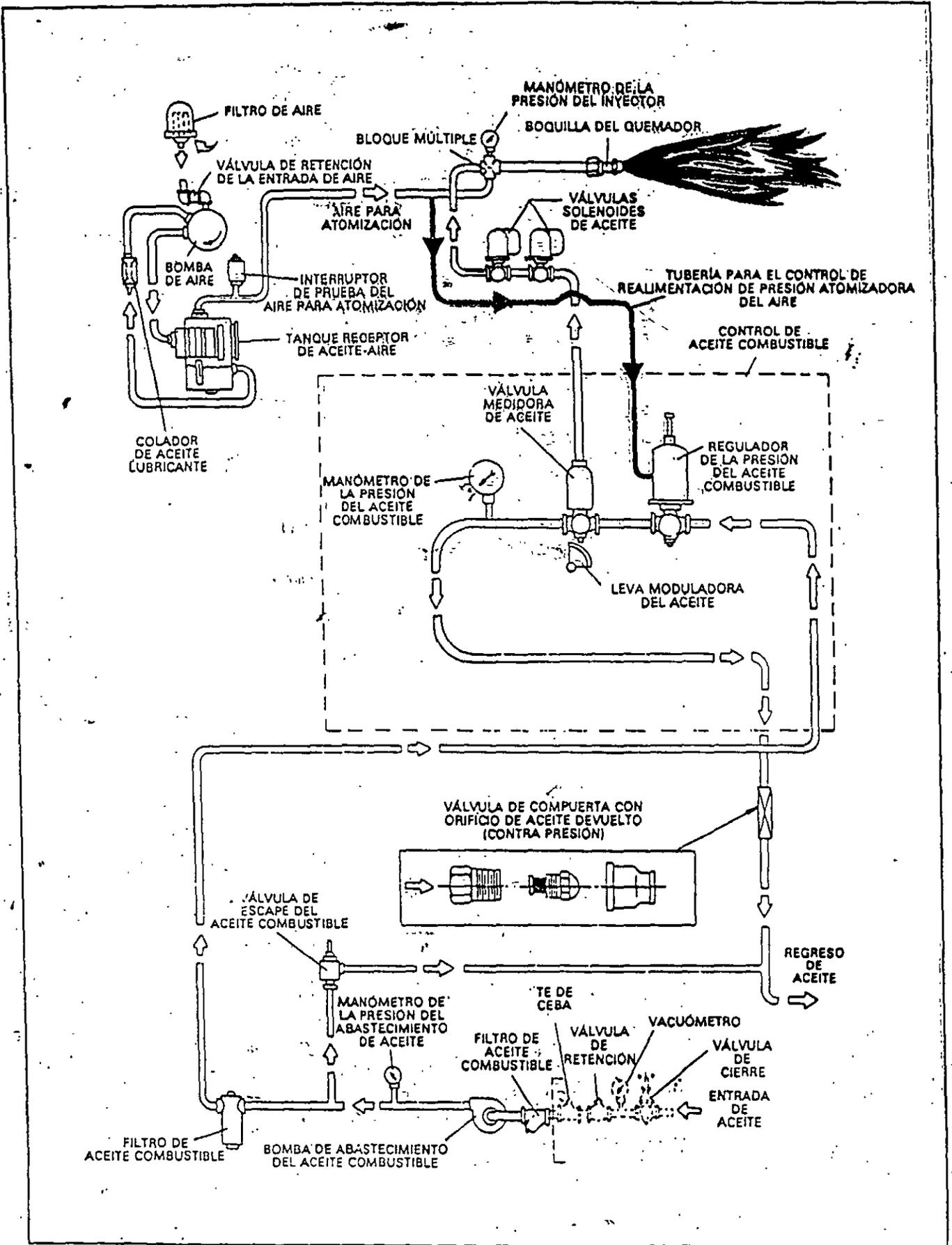


DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL FLUJO DE ACEITE LIVIANO

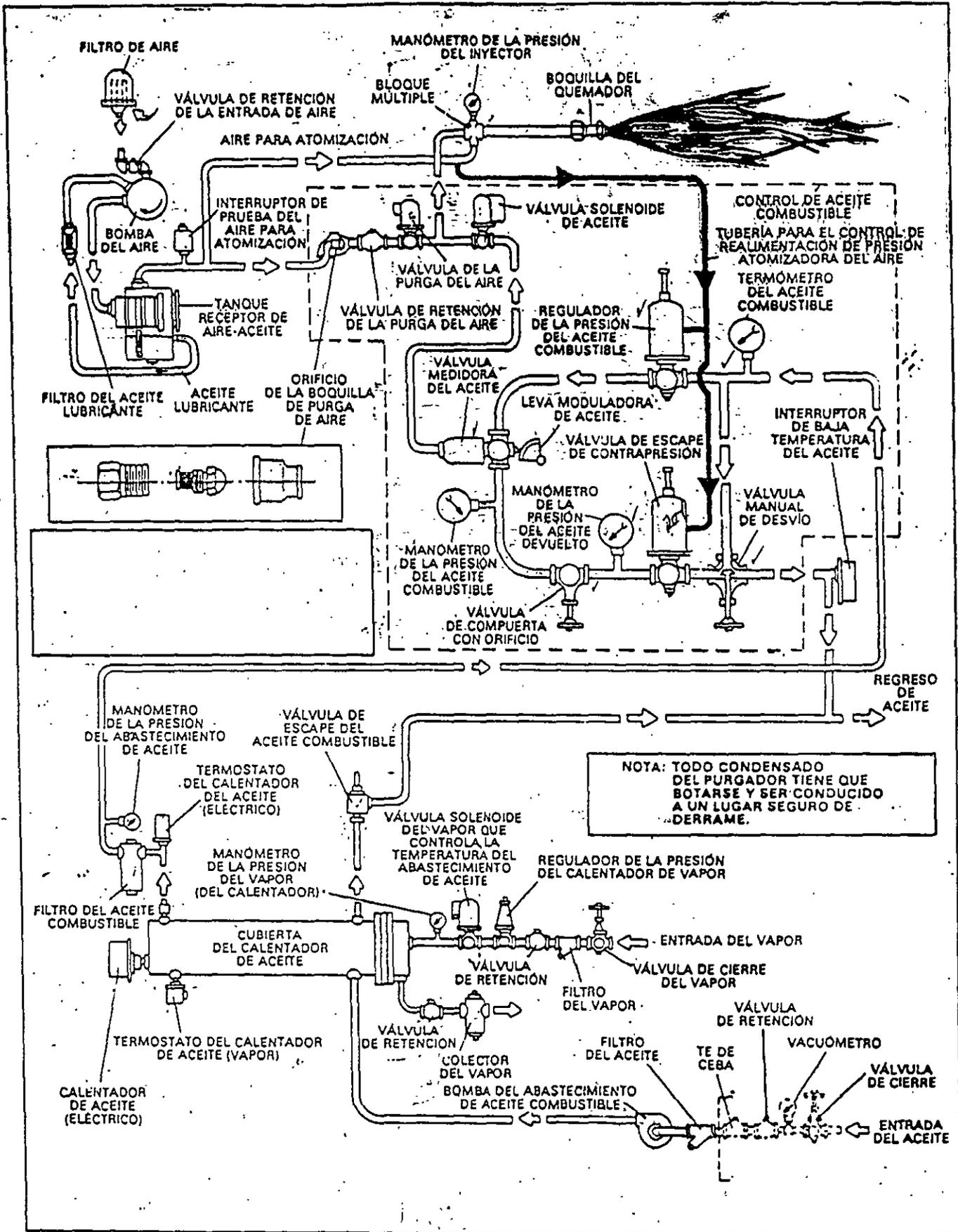


DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL FLUJO DE ACEITE PESADO, NÚMERO 6 (CALENTADO POR VAPOR-ELECTRICIDAD)

# PARÁMETROS PARA ANOTAR EN UNA BITÁCORA POR TURNO

1. Fecha.
2. Hora.
3. Presión de vapor.
4. Temperatura de gases productos de la combustión.
5. Temperatura del agua de alimentación.
6. Temperatura de combustible (solo si se utiliza combustóleo).
7. Presión de combustible (alimentación y retorno).
8. Purgas: De fondo, columna y cristal de nivel.
9. Tratamiento interno.
10. Tratamiento externo.
11. Consumo de combustible.
12. Pruebas de paro por: alta presión de vapor, bajo nivel de agua y falla de flama.
13. Mantenimientos rutinarios.
14. Análisis de gases.
15. Observaciones.
16. Nombre y firma del fogonero.

# CERTIFICADO DE CARBURACIÓN

## IET IMPULSORA ELECTRO TÉRMICA, S.A. DE C.V.

Certifica que ha efectuado trabajo técnico de carburación en la caldera:

Marca: CALBSA Modelo: CFD-100  
 Serie: CI 95019 Capacidad: 100 C.C.  
 Combustible utilizado: DIESEL Año de construcción: 1995

Instalada en la empresa: I.M.S.S. "GABRIEL MANCERA"  
 Ubicada en la calle y No. XOLAZOQUI GABRIEL MANCERA Colonia:   
 Estado: D.F. Entidad:  C.P.   
 Tel.(s):  Fax:

Obteniendo como resultado el siguiente **análisis volumétrico de gases de combustión:**

Lecturas			Valores de acuerdo a la norma: NOM-085-ECOL-1994		
CO <sub>2</sub> Bióxido de Carbono:	10.9	%	Valor mínimo aceptable:	*10	%
CO Monóxido de Carbono:	33	PPM	Valor máximo aceptable:	400	PPM
O <sub>2</sub> Oxígeno libre:	6.3	%	Valor máximo aceptable:	10.5	%
Exceso de aire:	40	%	Valor máximo aceptable:	60	%
Temperatura de los gases de combustión:	174	°C	Valor máximo aceptable:	*240	°C
Eficiencia del quemador:	86.9	%	Valor mínimo aceptable:	*85	%

Se utiliza un **analizador de gases de celdas electroquímicas** marca Bacharach Modelo 300 autorizado por **SEMARNAP**.

Observaciones: \*ESTOS VALORES DEPENDEN DEL DISEÑO PROPIO DEL FABRICANTE DE LA CALDERA Y DEL QUEMADOR.

PERITO EN CALDERAS NO. CRP-005 DEL COLEGIO DE INGENIEROS MECÁNICOS Y ELECTRICISTAS.

IL ZARATE AGUILAR  
Nombre y firma del perito responsable

México, D.F. a 15 de AGOSTO de 1996

18.

NOM-085-ECOL-1994 (D.O. 2 - DIC - 1994)

TABLA 5

1o. ENERO DE 1998 EN ADELANTE

CAPACIDAD DEL EQUIPO DE COMBUSTIÓN MJ/h	TIPO DE COMBUSTIBLE EMPLEADO	DENSIDAD DE HUMO	PARTÍCULAS (PST) mg/m <sup>3</sup> (kg/10 <sup>6</sup> kcal) (1) (2)			BIÓXIDO DE AZUFRE ppm V (Kg/10 <sup>6</sup> kcal) (1) (2)			ÓXIDOS DE NITRÓGENO ppm V (Kg/10 <sup>6</sup> kcal) (1)			EXCESO DE AIRE DE COMBUSTIÓN % volumen (5)
		Número de mancha u opacidad	ZMCM	ZC (3)	RP	ZMCM	ZC(3)	RP	ZMCM	ZC(4)	RP	
Hasta 5,250	Combustible o gasoleo	3	NA	NA	NA	550 (2.04)	1,100 (4.08)	2,200 (8.16)	NA	NA	NA	50
	Otros líquidos	2	NA	NA	NA	550 (2.04)	1,100 (4.08)	2,200 (8.16)	NA	NA	NA	
	Gaseosos	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
De 5,250 a 43,000	Líquidos	NA	75 (0.106)	350 (0.497)	450 (0.639)	550 (2.04)	1,100 (4.08)	2,200 (8.16)	190 (0.507)	190 (0.507)	375 (1.0)	40
	Gaseosos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	190 (0.486)	190 (0.486)	375 (0.959)	
De 43,000 a 110,000	Líquidos	NA	60 (0.085)	300 (0.426)	400 (0.568)	550 (2.04)	1,100 (4.08)	2,200 (8.16)	110 (0.294)	110 (0.294)	375 (1.0)	30
	Gaseosos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	110 (0.281)	110 (0.281)	375 (0.959)	
Mayor de 110,000	Sólidos	NA	60 (0.090)	250 (0.375)	350 (0.525)	550 (2.16)	1,100 (4.31)	2,200 (8.16)	110 (0.309)	110 (0.309)	375 (1.052)	25
	Líquidos	NA	60 (0.085)	250 (0.355)	350 (0.497)	550 (2.04)	1,100 (4.08)	2,200 (8.16)	110 (0.294)	110 (0.294)	375 (1.0)	
	Gaseosos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	110 (0.281)	110 (0.281)	375 (0.959)	

**TABLA 6**  
**MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE GASES DE COMBUSTIÓN**

CAPACIDAD DEL EQUIPO DE COMBUSTIÓN MJ/h	PARÁMETRO	FRECUENCIA MÍNIMA DE MEDICIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN	TIPO DE COMBUSTIBLE
Hasta 5,250 (147 C.C.)	Densidad de humo	1 vez cada 3 meses	puntual (3 muestras); mancha de hollín	líquido y gas
	CO <sub>2</sub> , CO, O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>	1 vez cada 3 meses	puntual (3 muestras); ver anexo 3	líquido y gas
	SO <sub>2</sub>	1 vez cada 3 meses	medición indirecta a través de certificados de calidad de combustibles que emita el proveedor	líquido
De 5,250 (147 C.C.) a 43,000 (1204 C.C.)	Partículas suspendidas totales	una vez por año	isocinético (mínimo durante 60 minutos); 2 muestras definitivas (2)	líquido
	NO <sub>x</sub>	una vez por año	continuo (4); quimiluminiscencia o equivalente	líquido y gas
	SO <sub>2</sub>	una vez por año	medición indirecta a través de certificados de calidad de combustibles que emita el proveedor	líquido
	CO <sub>2</sub> , CO, O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>	diario	puntual (3 muestras); ver anexo 3 o equivalente	líquido y gas
De 43,000 a 110,000 (1204 a 3080 C.C.)	Partículas suspendidas totales	una vez por año	isocinético (mínimo durante 60 minutos); 2 muestras definitivas	líquido
	NO <sub>x</sub>	una vez cada 6 meses	continuo (4); quimiluminiscencia o equivalente	líquido y gas
	SO <sub>2</sub>	una vez por año	medición indirecta a través de certificados de calidad de combustibles que emita el proveedor	líquido
	CO <sub>2</sub> , CO, O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>	una vez por turno	puntual (3 muestras); ver anexo 3 o equivalente	líquido y gas
Mayor de 110,000 (3080 C.C.)	Partículas suspendidas totales	1 vez cada 6 meses	isocinético (mínimo durante 60 minutos); 2 muestras definitivas	sólido, líquido
	NO <sub>x</sub>	permanente (3)	continuo (4); quimiluminiscencia o equivalente	sólido, líquido y gas
	O <sub>2</sub>	permanente	continua; campo magnético o equivalente, con registrador como mínimo o equivalente	líquido y gas
	SO <sub>2</sub>	una vez por año	medición indirecta a través de certificados de calidad de combustibles que emita el proveedor	sólido, líquido

**NOTAS:**

(1) Ver 6.1.1.4

(2) Ver 6.1.1.5

(3) El monitoreo continuo de NO<sub>x</sub> será permanente en las zonas metropolitanas de las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey; con una duración de cuando menos 7 días una vez cada tres meses en las zonas críticas; y con una duración de cuando menos 7 días una vez cada seis meses en el resto del país.

(4) Ver 4.13

**ANEXO 3**  
**CONTAMINANTES Y SUS MÉTODOS DE EVALUACIÓN**  
**PARA FUENTES FIJAS Y MÉTODOS EQUIVALENTES**

CONTAMINANTE	MÉTODO DE EVALUACIÓN	MÉTODO EQUIVALENTE							
Densidad de humo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• huella o mancha de hollín</li> <li>• opacidad</li> </ul>	----							
Partículas suspendidas totales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• isocinético</li> </ul>	----							
Óxidos de nitrógeno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• quimiluminiscencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• infrarrojo no dispersivo</li> </ul>							
Óxidos de carbono	<ul style="list-style-type: none"> <li>• infrarrojo no dispersivo</li> <li>• celdas electroquímicas*</li> <li>• orsat (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y CO)</li> </ul>	----							
Oxígeno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• celdas electroquímicas</li> <li>• paramagnéticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• orsat (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y CO)</li> <li>• óxidos de zirconio (celdas electroquímicas)</li> </ul>							
SO <sub>2</sub>	medición indirecta a través de certificados de calidad de combustibles que emita el proveedor	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">Capacidad del equipo de combustión MJ/h</td> <td>Hasta 5,250:</td> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vía húmeda (torino)</li> <li>• infrarrojo no dispersivo</li> <li>• celdas electroquímicas</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td></td> <td>Mayores de 5,250:</td> </tr> <tr> <td></td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vía húmeda</li> <li>• infrarrojo no dispersivo</li> </ul> </td> </tr> </table>	Capacidad del equipo de combustión MJ/h	Hasta 5,250:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vía húmeda (torino)</li> <li>• infrarrojo no dispersivo</li> <li>• celdas electroquímicas</li> </ul>		Mayores de 5,250:		<ul style="list-style-type: none"> <li>• vía húmeda</li> <li>• infrarrojo no dispersivo</li> </ul>
Capacidad del equipo de combustión MJ/h	Hasta 5,250:								
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vía húmeda (torino)</li> <li>• infrarrojo no dispersivo</li> <li>• celdas electroquímicas</li> </ul>								
	Mayores de 5,250:								
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vía húmeda</li> <li>• infrarrojo no dispersivo</li> </ul>								

Se calcula el valor dado que no se obtiene por medición directa.

NOM-085-ECOL-1994 (D.O. 2 - DIC - 1994)

TABLA 4

1994 al 31 de diciembre de 1997

CAPACIDAD DEL EQUIPO DE COMBUSTIÓN MJ/h	TIPO DE COMBUSTIBLE EMPLEADO	DENSIDAD DEL HUMO Número de mancha u opacidad	PARTICULAS (PST) mg/m <sup>3</sup> (kg/10 <sup>6</sup> kcal) (1) (2)			BIOXIDO DE AZUFRE ppm V (Kg/10 <sup>6</sup> kcal) (1) (2)			ÓXIDOS DE NITRÓGENO ppm V (Kg/10 <sup>6</sup> kcal) (1) (2)			EXCESO DE AIRE DE COMBUSTION % volumen (4)
			ZMCM	ZC	RP	ZMCM	ZC(5)	RP	ZMCM	ZC(3)	RP	
Hasta 5,250 (147 C.C.)	Combustoleo o gasoleo	4	NA	NA	NA	1100 (4.08)	2100 (7.80)	2600 (9.81)	NA	NA	NA	60
	Otros líquidos	3	NA	NA	NA	1100 (4.08)	2100 (7.81)	2600 (9.81)	NA	NA	NA	
	Gaseosos	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
De 5,250 a 43,000 (147 a 1204 C.C.)	Líquidos	NA	100 (0.142)	425 (0.604)	600 (0.852)	1100 (4.08)	2100 (7.80)	2600 (9.81)	220 (0.588)	300 (0.801)	400 (1.064)	50
	Gaseosos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	220 (0.563)	300 (0.767)	400 (1.023)	
De 43,000 a 110,000 (1204 a 3080 C.C.)	Líquidos	NA	100 (0.142)	425 (0.604)	550 (0.781)	1100 (4.08)	2100 (7.81)	2600 (9.81)	180 (0.481)	300 (0.801)	400 (1.069)	40
	Gaseosos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	180 (0.460)	300 (0.767)	400 (1.023)	
Mayor de 110,000 (3080 C.C.)	Sólidos	NA	70 (0.105)	325 (0.496)	435 (0.664)	1100 (4.32)	2100 (8.24)	2600 (9.81)	160 (0.449)	280 (0.785)	400 (1.122)	30
	Líquidos	NA	70 (0.099)	325 (0.462)	500 (0.710)	1100 (4.12)	2100 (7.81)	2600 (9.81)	160 (0.427)	280 (0.748)	400 (1.069)	
	Gaseosos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	160 (0.409)	280 (0.716)	400 (1.023)	



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

**DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE CALDERAS Y  
RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN**

**MODULO III: INGENIERÍA DE SOPORTE A CALDERAS Y  
RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN**

**TEMA:**

**EXÁMENES NO DESTRUCTIVOS**

**PALACIO DE MINERÍA  
1997**



## EXAMENES NO DESTRUCTIVOS

- 1) Extensión de la inspección o examinación. (¿ Qué se requiere?)
- 2) Método de inspección aplicable
- 3) Método y técnicas del método aplicables
- 4) Calificación del método y técnicas a emplear
- 5) Criterios de aceptación/rechazo conforme al método a usar.
- 6) Calificación y certificación del personal que aplicará el método
- 7) Medidas de seguridad correlativas.

Definir también en que parte del proceso se va a aplicar la examinación, forma de registrar y/o avalar los resultados, y los procedimientos de operación estándar que se van a utilizar.

### VISUAL

Equipo necesario	Aplicable para	Ventajas	Limitaciones
Lupas, proyectores, equipo de medición, micrómetros, comparadores ópticos, fuentes de luz	Detección de defectos superficiales	Rápido, económico, requiere poco entrenamiento y poco equipo especializado	Limitado a las condiciones de la superficie y a la agudeza visual del inspector

### PRUEBAS DE FUGA

Equipo necesario	Aplicable para	Ventajas	Desventajas
Depende del método a emplear. Generalmente se usa equipo capaz de inducir una presión diferencial y dispositivos de detección de fugas Algunas aplicaciones requieren medios o fluidos especiales.	Soldaduras con defectos que se extienden a través del volumen de la soldadura	Inspección en tiempo real. Resultados inmediatos Algunas aplicaciones no requieren experiencia previa para realizarlas.	Algunos métodos requieren instalaciones especiales. Las inspecciones son lentas. Aplicaciones que requieren de alta sensibilidad son muy costosas y requieren personal altamente entrenado en la aplicación.

## RADIOGRAFIA (Rayos gamma)

Equipo necesario	Aplicable para	Ventajas	Limitaciones
Fuente, cámara y proyector de rayos gamma, películas, portapelícula, pantallas de plomo, penetrómetros, equipo de revelado, visores para las películas, equipo para monitorear radiación.	La mayoría de los defectos en metal base y soldaduras tales como fracturas, poros, falta de fusión y/o penetración, inclusión de escoria, corrosión, socavados, defectos de armado, espesores de pared.	Registros permanentes que permiten evaluación por terceras personas. La fuente puede acceder cualquier parte de los equipos. La fuente no requiere de electricidad para producir los rayos gamma	La radiación presenta grandes riesgos de seguridad, requiere de áreas especiales y un monitoreo constante de la exposición tanto del equipo como del personal. La potencia de la fuente decae con el tiempo. Las fuentes tienen una energía constante de salida y no puede ajustarse. Requiere de licencias especiales y costosas. Requiere de personal altamente entrenado para su aplicación e interpretación.

## RADIOGRAFIA ( Rayos X)

Equipo necesario	Aplicable para	Ventajas	Limitaciones
Máquina generadora de rayos X, fuente de energía eléctrica y el mismo equipo que para los rayos gamma	Misma que los rayos gamma. Util hasta ciertos espesores	Niveles de energía ajustables, mejor calidad que las radiografías por rayos gamma. Mismas que las de los rayos gamma.	Alto costo inicial del equipo. No se considera portátil. Mismas que las de los rayos gamma.

## ULTRASONIDO

Equipo necesario	Aplicable para	Ventajas	Limitaciones
<p>Instrumento generador de pulsos y lector de ecos capaz de excitar un material piezoeléctrico para generar energía ultrasónica dentro de un espécimen y una pantalla de rayos catódicos capaz de desplegar las magnitudes de energía sonora recibida.</p> <p>Patrones para calibración. Líquidos acoplantes</p>	<p>La mayoría de las discontinuidades tales como fracturas, falta de fusión/penetración, escoria, espesores.</p>	<p>Muy sensible a los defectos tipo planar.</p> <p>Los resultados se conocen de inmediato.</p> <p>Equipo portátil.</p> <p>La mayoría de los equipos no requieren fuentes de energía externa.</p> <p>Alta penetración.</p>	<p>La superficie debe acondicionarse para el acoplante y el transductor.</p> <p>Requiere medios acoplantes.</p> <p>No es adecuado para examinar partes pequeñas o delgadas.</p> <p>Requiere patrones de referencia.</p> <p>Requiere personal altamente entrenado en la aplicación e interpretación.</p> <p>No provee registros permanentes.</p>

## LIQUIDOS PENETRANTES

Equipo necesario	Aplicable para	Ventajas	Limitaciones
<p>Penetrantes coloreados o fluorescentes.</p> <p>Reveladores y equipo limpiador.</p> <p>Solventes y emulsificadores.</p> <p>Fuente de luz ultravioleta si se usan penetrantes fluorescentes.</p>	<p>Discontinuidades superficiales.</p> <p>Fracturas y poros.</p>	<p>Equipo portátil y barato.</p> <p>Los resultados se conocen de inmediato y son fácilmente interpretables.</p> <p>No requiere energía eléctrica</p> <p>Requiere personal poco entrenado en la aplicación e interpretación</p>	<p>Solo es aplicable en materiales no porosos.</p> <p>La superficie debe limpiarse antes y después de la inspección.</p> <p>Pinturas y recubrimientos enmascaran fallas relevantes.</p> <p>No provee registros permanentes.</p>

## CORRIENTES DE EDDY (PARASITAS)

Equipo necesario	Aplicable para	Ventajas	Limitaciones
<p>Un instrumento capaz de inducir campos electromagnéticos dentro de un espécimen y capaz de sentir y evaluar las corrientes eléctricas resultantes o inducidas mediante un detector o transductor.</p> <p>Patrones para calibración.</p> <p>Energía eléctrica.</p>	<p>Discontinuidades superficiales y algunas subsuperficiales tales como fracturas, falta de fusión/penetración, poros, escoria.</p> <p>Espesores, contenido de aleantes, variaciones en el tratamiento térmico.</p>	<p>Bajo costo.</p> <p>Relativamente rápido</p> <p>Permite la automatización para la inspección de piezas simétricas.</p> <p>No requiere acopladores.</p> <p>Los detectores no necesitan estar en contacto con el espécimen.</p>	<p>Solo es aplicable en materiales conductores</p> <p>La configuración geométrica puede enmascarar fallas relevantes debido a variaciones de sensibilidad.</p> <p>Requiere fuentes de energía externas.</p> <p>Requiere personal entrenado en la aplicación e interpretación.</p> <p>No provee registros permanentes.</p> <p>Requiere patrones de referencia.</p>

## MEDICION DE FERRITA

Equipo necesario	Aplicable para	Ventajas	Limitaciones
<p>Ferritescope (Twin City Testing Corp)</p> <p>Ferrite Content Meter (Institute Dr. Forster)</p> <p>Severn Gage (Severn Engineering Corp)</p> <p>Patrones para calibración s/marca</p>	<p>Formación de ferrita en depósitos de soldadura en aceros inoxidable.</p> <p>Medición de ferrita en fase delta y sigma.</p>	<p>Equipos portátiles.</p> <p>Inspección en tiempo real.</p> <p>Resultado inmediato</p>	<p>Equipos con alto costo inicial.</p> <p>Solo es aplicable a depósitos de soldadura en aceros austeníticos.</p> <p>Las inspecciones son lentas.</p> <p>Requiere personal entrenado en la aplicación e interpretación</p>

## PARTICULAS MAGNETICAS

Equipo necesario	Aplicable para	Ventajas	Limitaciones
<p>Sujetadores, yugos, bobinas adecuadas para inducir el magnetismo en los especímenes.</p> <p>Fuente de energía eléctrica.</p> <p>Polvos magnéticos.</p> <p>Algunas aplicaciones requieren instalaciones especiales y luz ultravioleta.</p>	<p>Discontinuidades superficiales.</p> <p>Poros y bolsas subsuperficiales.</p> <p>Frácturas.</p>	<p>Relativamente rápido y económico.</p> <p>Los resultados se conocen de inmediato.</p> <p>Equipo considerado portátil.</p>	<p>Solo es aplicable en materiales magnéticos.</p> <p>Las superficies deben limpiarse antes y después de la inspección.</p> <p>El grosor de pinturas y recubrimientos pueden enmascarar fallas relevantes.</p> <p>Algunas aplicaciones requieren desmagnetización después de los ensayos.</p> <p>Requiere fuentes de energía externas.</p> <p>Requiere personal entrenado en la aplicación e interpretación.</p> <p>No provee registros permanentes.</p>

## EMISION ACUSTICA

Equipo necesario	Aplicable para	Ventajas	Desventajas
<p>Sensoras de emisión.</p> <p>Amplificador electrónico</p> <p>Procesador de señales, puentes de frecuencia, filtros.</p> <p>Sistemas para la evaluación de la señal acústica, monitores, grabadoras.</p> <p>grabadoras X-Y</p>	<p>Fracturas internas debidas al enfriamiento.</p> <p>Iniciación de fracturas.</p> <p>Indice de crecimiento.</p>	<p>Vigilancia continua y en tiempo real.</p> <p>Puede realizarse en forma remota.</p> <p>Equipos portátiles.</p> <p>Produce registros permanentes.</p>	<p>Requiere que los transductores se acoplen al espécimen.</p> <p>Los especímenes deben encontrarse "en uso" o esforzados.</p> <p>El ruido debe filtrarse.</p> <p>Requiere personal entrenado en la aplicación e interpretación.</p>

## METALOGRAFIA (Se considera destructiva)

Equipo necesario	Aplicable para	Ventajas	Desventajas
Cámaras, películas, pulidores, soluciones grabadoras y fluidos especiales.	Composición del metal base y del metal depositado Extensión de zonas afectadas por el calor. Corrosión interna Grados de afectación de metal base y soldaduras por tratamientos térmicos.	Determinación profunda del estado real del espécimen. El método funciona en equipos y materiales nuevos o en uso.	Se requieren instalaciones especiales. Equipos no portátiles Las examinaciones son lentas. Requieren personal altamente entrenado en la aplicación. Los materiales y/o equipos deben limpiarse a profundidad antes y después del ensayo.



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

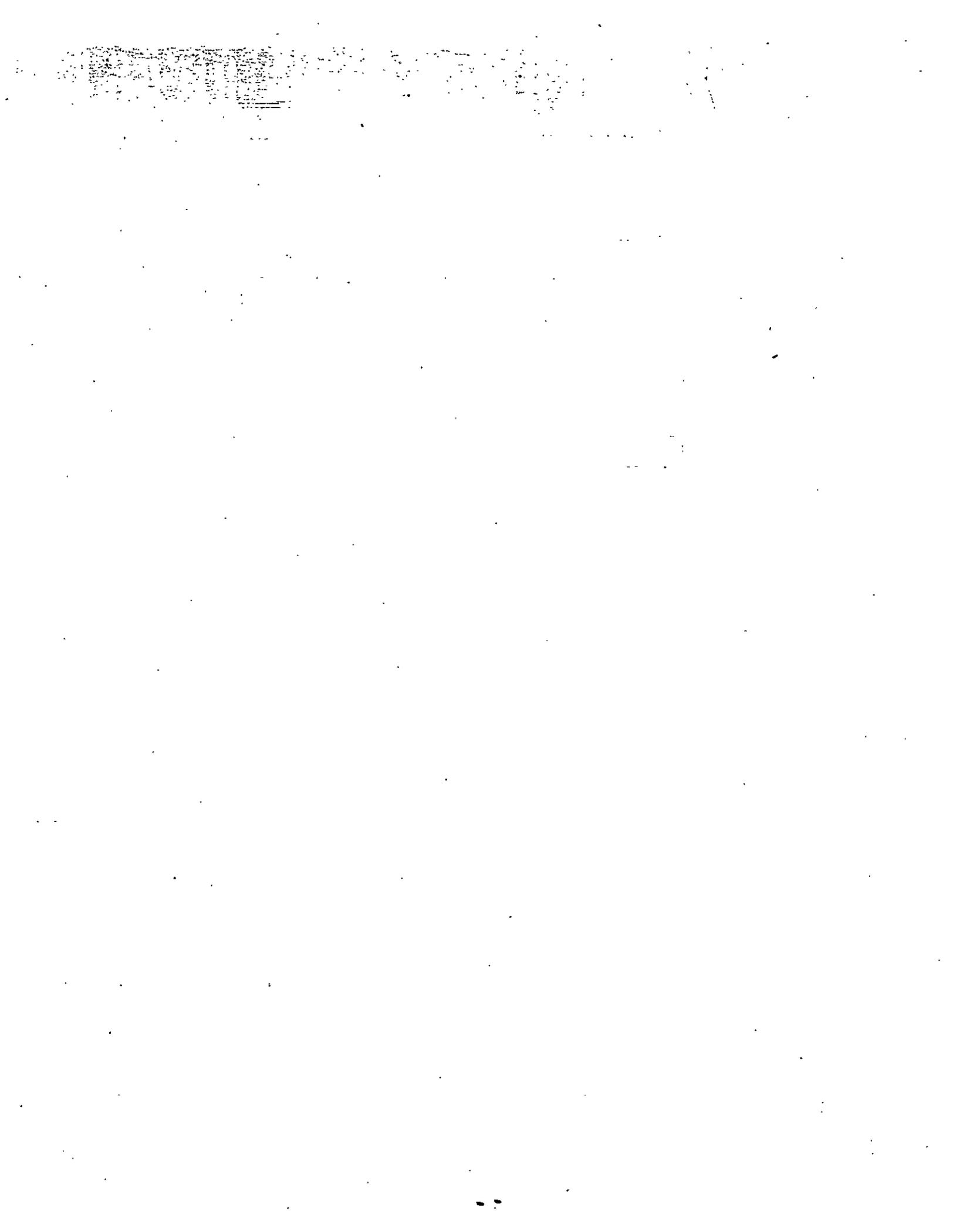
**DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE CALDERAS Y  
RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN**

**MODULO III: INGENIERÍA DE SOPORTE A CALDERAS Y  
RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN**

**TEMA:**

**INSPECCION DE CALDERAS Y RECIPIENTES A PRESION  
(INSPECCION EN SERVICIO O INSPECCION DE CERTIFICADO)**

**EXPOSITOR ING. MANUEL CABRERA MORENO  
PALACIO DE MINERÍA  
1997**



# **INSPECCION DE CALDERAS Y RECIPIENTES A PRESION (INSPECCION EN SERVICIO O INSPECCION DE CERTIFICADO)**

## **1-100 INTRODUCCION**

La inspección de calderas y recipientes a presión se debe hacer en el momento de la instalación y posteriormente, en periodos regulares según lo estipule la reglamentación local y/o jurisdiccional. Es esencial que las inspecciones sean a fondo y completas. A continuación se dan las directrices e instrucciones para tales inspecciones. Algunos pasos que esta guía recomienda, ciertos reglamentos locales puede hacerlos obligatorios. La reglamentación local puede ordenar efectuar inspecciones periódicas tanto internas como externas. El inspector debe tener un conocimiento profundo de la reglamentación aplicable.

El inspector debe conocer a fondo los defectos y las causas de accidentes y deterioro de calderas y recipientes a presión. Debe ser consciente y cuidadoso en sus observaciones, tomando el tiempo necesario para examinar exhaustivamente. No debe aceptar ni avalar declaraciones respecto a condiciones no observadas por él y, en caso de que la inspección no pueda realizarse a profundidad, él debe consignar esta situación en su informe.

## **I-101 CONDICIONES GENERALES EN LA INSTALACION**

El Inspector debe observar cuidadosamente las condiciones de la instalación completa, incluyendo su mantenimiento, como guía para formarse una opinión de la atención que el equipo recibe.

## **I-102 PRECAUCIONES PARA ENTRAR A UNA CALDERA O RECIPIENTE A PRESION**

Antes de entrar a una caldera o recipiente a presión para inspección, el propietario o usuario debe asegurar, que existe ventilación adecuada en el interior, que está libre de vapores dañinos y que se puede entrar al equipo en forma segura. En todos los casos, deben seguirse las reglas de seguridad así como la reglamentación local aplicable. El Inspector debe acordar con el representante del propietario o usuario, las precauciones de seguridad apropiadas que se van a tomar antes de entrar en el recipiente. Una persona de su confianza debe permanecer en el exterior de la caldera o recipiente a presión mientras que el Inspector esté en el interior. Procedimientos adicionales para la inspección interna de calderas se describen en la sección I-302 y para recipientes a presión en la sección I-502.

## **I-200 INSPECCION EXTERNA DE CALDERAS**

### **I-201 INTRODUCCION**

La inspección externa de una caldera se efectúa para determinar si ésta se encuentra en condiciones seguras para operar

Al entrar al local donde se encuentra la caldera, deben observarse la limpieza general y los accesos a la caldera y sus aparatos auxiliares

Deben revisarse las válvulas, tuberías y accesorios de la caldera en cuanto al cumplimiento con los requisitos locales, jurisdiccionales y del Código ASME.

**I-202 EVIDENCIAS DE FUGA**

Cualquier fuga de agua o de vapor debe investigarse. Las fugas originadas atrás aislamiento, de cubiertas, de soportes o mamposterías, o las huellas de tales fugas, se deben investigar a fondo e iniciar las acciones correctivas necesarias.

**I-203 INSPECCION EXTERNA DE CALDERAS DE POTENCIA**

**I-203.1 MANOMETRO**

El inspector debe anotar la presión indicada por el manómetro y compararla con otro manómetro en el mismo sistema o, de ser necesario, con un manómetro patrón. El Inspector debe observar la lectura durante otras pruebas; por ejemplo, cuando se reduzca la presión para probar el control de corte de combustible por bajo nivel de agua. Los manómetros defectuosos deben reemplazarse inmediatamente.

**I-203.2 INDICADOR DE NIVEL DE AGUA**

- a. El Inspector debe observar, durante la purga en su forma normal, el indicador de nivel y observar la rapidez del retorno del agua al indicador. Una respuesta lenta puede significar que existen obstrucciones en las conexiones de la tubería a la caldera y se deben tomar acciones correctivas de inmediato.
- b. Durante la prueba del indicador de nivel, las conexiones de agua y vapor deben purgarse por separado para asegurar que ambas se encuentran libres y comprobar que el operario cuenta con una indicación exacta del nivel de agua en la caldera.

**I-203.3 VALVULAS DE SEGURIDAD Y DE ALIVIO**

- a. Cuando la presión de calibración sea inferior a 400 psig (27.6 bar), las válvulas de seguridad pueden probarse elevando la presión en la caldera hasta la presión de disparo, y luego dejarla que baje para comprobar las presiones de recierre y purga. Si esto no es practicable, el operario de la caldera debe probar que la válvula opera libremente mediante la palanca de levantamiento, siempre y cuando la presión de la caldera esté al 75% o más de la presión de calibración. Este último, es el único método de prueba practicable en el caso de que la caldera cuente con varias válvulas de seguridad, a menos que se haga una prueba de acumulación.
- b. Cuando la presión de calibración sea superior a 400 psig (27.6 bar), se requiere evidencia que las válvulas fueron probadas sometiéndolas a presión o desarmadas rehabilitadas, probadas y de que las presiones de disparo y purga se verificaron adecuadamente, dentro de un periodo de tiempo aceptable para el Inspector. En forma alterna, el propietario o usuario puede elegir hacer la prueba como se indica en (a).
- c. Cuando la válvula tenga tubo de descarga, el Inspector debe determinar si el tubo está libre de acuerdo a los requisitos del Código de la ASME.
- d. Cuando la inspección revele que alguna válvula de seguridad presenta fugas o que no opera en forma apropiada, falla al abrir o cerrar o que muestre signos de atorarse, la caldera se sacará de servicio y la válvula debe repararse o reemplazarse.

- e. El Inspector debe revisar la placa de datos de la válvula de seguridad o de alivio para verificar que la presión de ajuste es correcta y que la capacidad es adecuada. El Inspector debe comprobar que las presiones de ajuste y purga estén estampadas apropiadamente. (Ver Apéndice A para presiones diferenciales recomendadas entre presión de ajuste de válvula de seguridad y presión de operación de la caldera)
- f. Cuando se conectan calderas con diferente presión de trabajo máxima permisible, tal que el vapor pueda fluir hacia las unidades de baja presión y la calibración mínima de las válvulas de seguridad varíe más del 6%, las unidades de baja presión, si es necesario, se protegerán añadiendo capacidad adicional a la válvula de seguridad en el lado de presión más bajo del sistema. La capacidad adicional de la válvula de seguridad se basará en la cantidad máxima de vapor que pueda fluir hacia el sistema de presión más baja.

#### **I-203.4 CONTROL DE CORTE DE COMBUSTIBLE POR BAJO NIVEL DE AGUA O CONTROL DE ALIMENTACION**

- a. El Inspector debe observar la prueba de estos controles después de que se haya abierto el drenaje y que se haya observado la respuesta. Después de cerrar el drenaje, deben observarse la rapidez del retorno a la condición normal, el silencio de la alarma y el paro de la bomba de alimentación. Una respuesta lenta puede significar que existan obstrucciones en las conexiones de la tubería a la caldera.
- b. En el caso de que los controles estén inoperantes o que la indicación del nivel de agua no sea correcta, la caldera debe sacarse de servicio hasta que se haya corregido esta condición insegura.

#### **I-203.5 TUBERIAS, CONEXIONES Y ACCESORIOS**

- a. El Inspector debe realizar un cuidadoso examen de la tubería a fin de asegurarse de que está soportada adecuadamente y que está provista para la expansión.
- b. La tubería y accesorios de vapor y agua se examinarán en cuanto a existencia de fugas. Las fugas u otros defectos se deben corregir. Para evitar golpe de ariete, la ubicación de las diferentes válvulas de cierre y drenaje, será tal que el agua no pueda acumularse cuando las válvulas se cierran.
- c. Se debe observar la existencia de vibración excesiva y tomar acciones correctivas.
- d. Deben observarse cuidadosamente las conexiones entre las calderas individuales y el cabezal principal de vapor a fin de determinar si los cambios de posición en la caldera, por asentamiento o por otras causas, han creado tensiones excesivas en la tubería o en las conexiones de la caldera.
- e. Deben revisarse las conexiones y accesorios de tubería para determinar si son de la clasificación adecuada para las condiciones de servicio a las cuales están sujetos.

#### **I-203.6 TUBERIA DE PURGA**

El Inspector debe observar el purgado de la caldera en forma normal y verificar la libertad de la tubería para expandirse o contraerse, asegurándose que no exista vibración excesiva

### **I-203.7 REVISION DE DOCUMENTOS**

- a. El Inspector debe efectuar una revisión de la bitácora, los registros de mantenimiento de tratamiento de agua de alimentación de la caldera para asegurarse que las pruebas a la caldera y sus controles se hayan efectuado en forma adecuada y regular.
- b. Debe consultar al usuario o al propietario con respecto a las reparaciones que se hayan hecho desde la última inspección. Tales reparaciones deben analizarse en cuanto a cumplimiento con los requisitos aplicables. Las reparaciones deben efectuarse de acuerdo con los requisitos del Capítulo III de este Código.

### **I-203.8 CONCLUSIONES**

- a. Durante todas las pruebas, el Inspector debe observar las prácticas actuales de operación y mantenimiento y hacer una determinación respecto a su aceptabilidad.
- b. Cualquier defecto o deficiencia que se observe en el estado, en la operación o en las prácticas de mantenimiento deben tratarse con el usuario o propietario al momento, y hacerle las recomendaciones para su corrección.

## **I-204 INSPECCION EXTERNA DE CALDERAS DE CALEFACCION**

### **I-204.1 MANOMETROS**

El Inspector debe anotar la presión que indique el manómetro y compararla con la de otros manómetros del sistema, observando la respuesta del manómetro principal durante las pruebas, tales como pruebas de las válvulas de alivio y seguridad o pruebas de corte de combustible por bajo nivel de agua de las calderas de vapor. Los manómetros defectuosos deben reemplazarse de inmediato.

### **I-204.2 VALVULA(S) DE SEGURIDAD Y DE ALIVIO**

Las válvulas de seguridad y de alivio son dispositivos muy importantes en una caldera. Debe comprobarse su operación libre por medio de la palanca de prueba. Si se encuentra que la válvula no opera, que está defectuosa en cualquier forma o que continúa con fuga después de haberla disparado, debe enviarse con el fabricante a reparación o reemplazarla. Debe verificarse, mediante la placa de datos de la válvula, que la presión de calibración sea correcta y la capacidad de desfogue adecuada. (Ver en el Apéndice A los diferenciales de presión recomendados entre la presión de ajuste de la válvula de seguridad o de alivio y la presión de operación de la caldera).

### **I-204.3 INDICADOR DE NIVEL DE AGUA (CALDERAS DE VAPOR)**

El Inspector debe asegurarse de que el nivel de agua indicado sea el correcto, probándolo como sigue:

- a. Cierre la válvula inferior del cristal de nivel, abra el grifo de drenaje y vacíe el cristal.
- b. Cierre el grifo de drenaje y abra la válvula inferior del cristal de nivel. El agua debe regresar al cristal del indicador de inmediato.
- c. Cierre la válvula superior del cristal indicador, abra el grifo de drenaje y permita que el agua fluya hasta que corra libremente.

- d. Cierre el grifo de drenaje y abra la válvula superior del cristal medidor. El agua debe regresar al cristal indicador de inmediato.

Si el retorno del agua es lento, la operación debe repetirse. Una respuesta lenta pudiera indicar una obstrucción en las conexiones de la tubería a la caldera. Cualquier fuga en estas conexiones debe corregirse inmediatamente para evitar daños a los accesorios o una falsa indicación del nivel de agua.

#### **I-204.4 PRESOSTATOS (CALDERAS DE VAPOR)**

El Inspector debe cerciorarse de que cada caldera de vapor con combustión automática, esté protegida contra una sobrepresión, por no menos de dos controles operados por presión, uno de los cuales puede ser un control de operativo.

#### **I-204.5 CONTROL DE CORTE DE COMBUSTIBLE POR BAJO NIVEL DE AGUA Y CONTROLES DE NIVEL**

- a. El Inspector debe observar la simulación de una condición de bajo nivel de agua por medio de la operación de estos controles con el quemador de operación. La operación de estos controles debe cortar el combustible al quemador. Deben observarse, el retorno a la condición normal, especialmente el reencendido del quemador, el silencio de la alarma o el paro de la bomba de alimentación. Una respuesta lenta pudiera indicar una obstrucción en las conexiones a la caldera. En caso de que no opere el corte de combustible por bajo nivel de agua o el nivel de agua indicado no sea correcto, la caldera debe sacarse de servicio hasta que la condición insegura haya sido corregida.
- b. La operación de controles sumergidos para corte de combustible por bajo nivel de agua, montados directamente en la envoltura de la caldera de vapor debe probarse reduciendo cuidadosamente el nivel de agua de la caldera. Esta prueba debe hacerse hasta que se esté seguro que el indicador de nivel de agua funciona correctamente.
- c. En calderas de agua caliente, frecuentemente no es posible probar el control mediante indicación de corte. Cuando el control sea de tipo flotador montado externamente, la cámara del flotador debe drenarse para revisar posibles acumulaciones de sedimento.

#### **I-204.6 REVISION DE DOCUMENTOS**

- a. El inspector debe revisar la bitácora de la caldera, los registros de mantenimiento y de tratamiento del agua con el fin de asegurarse de que las pruebas a la caldera y a sus controles hayan sido hechas en forma regular y adecuada.
- b. Debe consultarse al usuario o propietario con respecto a las reparaciones, de haberlas; que se hayan hecho desde la última inspección. Todas las reparaciones deben comprobarse en cuanto a cumplimiento con los requisitos aplicables. Las reparaciones deben efectuarse de acuerdo con los requisitos del Capítulo III de este Código.

#### **I-204.7 CONCLUSIONES**

- a. Durante todas las pruebas, el Inspector debe observar las prácticas actuales de operación y mantenimiento, determinando su aceptabilidad.

- 7
- b. Todos los defectos o deficiencias en el estado, en la operación o en las prácticas de mantenimiento de la caldera, deben tratarse con el usuario o propietario al instante. Hacerle las recomendaciones para su corrección.

## **I-300 INSPECCION INTERNA DE CALDERAS. -POTENCIA Y CALEFACCION**

### **I-300.1 INTRODUCCION**

Las condiciones a ser observadas por el Inspector, normalmente, son comunes tanto para calderas de potencia como de calefacción. Con esto en mente, en esta Sección se hace la subdivisión únicamente para los casos de interés por tipo o uso.

### **I-300.2 PREPARACION Y PRECAUCIONES PARA INSPECCION INTERNA**

**Al preparar una caldera para inspección interna, no debe extraerse el agua, sino que hasta que el refráctario se haya enfriado suficientemente para evitar daños a la caldera.**

- a. El usuario o propietario debe preparar la caldera para inspección interna como sigue:
- 1.- Deben bloquearse el sistema de ignición y de suministro de combustible.
  - 2.- Debe desalojarse toda el agua y el lado del agua debe lavarse perfectamente.
  - 3.- Deben removerse, como lo requiera el Inspector, las tapas de los 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. La caldera se enfriará limpiará totalmente.
  - 4.- Deben removerse los emparrillados de las calderas para combustión interna.
  - 5.- Para determinar la condición de la caldera, debe removerse el aislamiento y el enladrillado de los cabezales, del horno, de los soportes y de otras partes como sea requerido por el Inspector. (Ver 1-303.1).
  - 6.- A solicitud del Inspector, debe desmontarse el manómetro para su verificación.
  - 7.- Se evitará la entrada de vapor o agua caliente a la caldera por medios que el Inspector apruebe o desconectando la tubería en el punto más conveniente.
  - 8.- 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 las válvulas de corte de los sistemas de agua y vapor, colocarles etiquetas de precaución y candados, y abrir las válvulas o grifos de drenaje entre las válvulas de corte que se han cerrado. Deben cerrarse las válvulas de alimentación, colocarles etiquetas de precaución y candados, y abrir los grifos ubicados entre las dos válvulas cerradas. Después de drenar la caldera, se deben cerrar las válvulas de purga, colocarles etiquetas de precaución y candados. Opcionalmente, pueden taparse o quitarse secciones de tubería. Cuando se práctico, las tuberías de purga se desconectarán entre las partes presurizadas y las válvulas. Deben abrirse todas las líneas de drenaje y de ventilación.

- b. El Inspector no debe ingresar a la caldera hasta que se encuentre satisfecho con las medidas de seguridad tomadas. El Inspector debe asegurarse que todas las válvulas de ventilación y drenaje se encuentren abiertas. La temperatura de la caldera debe ser tal que el personal de inspección no se exponga a calor excesivo.
- c. Si una caldera ha estado fuera de servicio y contiene una atmósfera de gas inerte, se deben seguir las medidas precautorias descritas en el párrafo 1-502.1
- d. Si una caldera no se ha preparado adecuadamente para la inspección interna, el Inspector debe declinar hacer la inspección.

## **I-303 GENERAL**

### **I-303.1 AISLAMIENTO Y REFRACTARIO**

Normalmente no es necesario, para la inspección de una caldera, quitar el material de aislamiento, la mampostería refráctaria o partes fijas a menos que se sospechen defectos o deterioros comúnmente encontrados en el tipo particular de caldera que se está inspeccionando. Cuando haya evidencia de fuga en la cubierta, el Inspector la hará quitar, para que esa área pueda ser inspeccionada a fondo. Tal inspección puede requerir remoción de material aislante, de refráctario o de partes fijas de la caldera. Puede ser necesario y justificable barrenar y/o cortar algunas partes para determinar la causa de la fuga.

### **I-302.2 ALUMBRADO**

El Inspector debe acercarse tanto como sea práctico a las partes de la caldera, tanto internas como externas, con el propósito de hacer el mejor examen posible. Para alumbrarse se usará preferentemente una lámpara de mano de pilas eléctricas en vez de una extensión. Cuando se use una extensión portátil en un espacio confinado, no debe operarse a más de 12 volts.

### **I-303.3 INCRUSTACIONES, ACEITE, ETC**

- a. El Inspector debe examinar todas las superficies metálicas expuestas del lado del agua que presenten depósitos causados por tratamiento de agua, incrustaciones, aceite u otras sustancias. Es particularmente adversa la presencia de aceite o incrustaciones en los tubos de calderas de tubos de agua o en las placas que están expuestas al fuego de cualquier caldera, ya que causan un efecto de aislamiento que propicia el sobrecalentamiento, debilitación y posible falla del metal por abombamiento o ruptura.
- b. Aún pequeñas cantidades de aceite son peligrosas, por lo que de inmediato se deben tomar medidas de limpieza de las superficies afectadas y evitar mayor contaminación.
- c. Las incrustaciones y otros depósitos deben removerse por medios químicos o mecánicos.

### **I-303.4 TIRANTES Y PERNOS TIRANTES**

- a. El Inspector debe examinar todos los tirantes, ya sean diagonales o transversales, para determinar si están o no están en tensión pareja. Se deben examinar todos los extremos fijos para determinar si existen grietas en la zona donde están barrenados para remaches o pernos. Los tirantes o pernos tirantes que no estén en tensión o ajuste deben repararse. Los tirantes rotos se deben sustituir.

- b. El Inspector debe probar los pernos tirantes de los hogares golpeando cada perno con un martillo y, donde sea práctico, un martillo y otra herramienta pesada, la cual se sostenga en el extremo opuesto para hacer la prueba más efectiva. Un perno que está roto da un sonido de timbre y un perno roto da un sonido hueco. Los tirantes con barrenos testigo deben examinarse buscando la existencia de fugas lo cual indica un perno roto o agrietado. Los tirantes rotos deben sustituirse.

### **I-303.5 REGISTROS DE HOMBRE Y BOQUILLAS**

- a. Deben inspeccionarse los registros de hombre, así como las boquillas y otras conexiones bridadas o atomilladas y sus placas de refuerzo dentro de la caldera en cuanto a la presencia de defectos, tanto internos como externos. Cuando sea posible, la inspección debe realizarse desde el interior de la caldera observando que las uniones soldadas a la caldera estén hechas apropiadamente.
- b. El Inspector debe examinar las boquillas que contengan conexiones externas, tales como las conexiones de columnas de agua, los dispositivos de corte de combustible por bajo nivel de agua, las boquillas para tubos secos o las boquillas para válvulas de seguridad para asegurarse que están libres de obstrucciones.

### **I-303.6 SUPERFICIES EXPUESTAS AL FUEGO-ABOMBAMIENTO Y AMPOLLADO**

- a. El abombamiento puede ser causado por el sobrecalentamiento del metal en todo su espesor, reduciendo con eso la resistencia del metal, el cual luego es deformado por la presión dentro de la caldera. Los abombamientos también pueden ser causados por fatigas dependientes del tiempo o por diferenciales de temperatura en el metal.
- b. La formación de ampollas puede ser causada por defectos en el metal, tal como una laminación donde el lado expuesto al calor se sobrecalienta, pero el lado opuesto retiene su resistencia por el efecto refrigerante del agua de la caldera.
- c. El sobrecalentamiento es una de las causas más serias del deterioro de una caldera. Puede ocasionar la oxidación de partes metálicas, deformaciones o propiciar la posible ruptura de partes sometidas a presión, como los tubos. Los tubos pueden llegar a dañarse por mala circulación, taponamiento por vapor o incrustaciones.
- d. El Inspector debe observar si alguna parte de la caldera durante la operación se ha deformado por abombamiento o ampollado. Es necesario prestar atención especial a las superficies del tubo o de placas expuestas al fuego.

Si se encuentran abombamientos o ampollas de tamaño tal que debiliten la placa o el tubo severamente, la caldera debe permanecer fuera de servicio hasta que se hagan las reparaciones apropiadas, especialmente cuando se advierta la presencia de fugas a causa de esos defectos.

Las ampollas deben removerse y determinar el espesor remanente, y si se requiere, hacer las reparaciones pertinentes. Los abombamientos en los tubos de agua siempre deben repararse apropiadamente. Los abombamientos en las placas, que no se extienden, pueden obligarse a volver a su lugar. De otro modo, deben parcharse las áreas afectadas.

### 1-303.7 CUARTEADURAS

- a. Las cuarteaduras pueden resultar por defectos presentes en el material en el momento de la construcción. También pueden causar cuarteaduras, el diseño o las condiciones de operación. La fatiga del metal causada por flexiones continuas puede causar cuarteaduras, y estas, pueden ser aceleradas por la corrosión. Las cuarteaduras por fuego son causadas por diferencial térmico, cuando el efecto refrigerante del agua no es adecuado para transferir el calor proveniente de las superficies metálicas expuestas al fuego. Algunas cuarteaduras pueden resultar de la combinación de todas las mencionadas.
- b. Las cuarteaduras en las placas de la envolvente comúnmente son peligrosas, excepto aquellas causadas por fuego que corren desde la orilla hacia dentro de los agujeros de los remaches en las juntas circunferenciales. Un número limitado de estas cuarteaduras por fuego no afecta la operación segura de la caldera. Sin embargo, se deben reparar.
- c. El Inspector debe examinar las áreas donde es más probable que aparezcan cuarteaduras tales como los ligamentos que están entre los agujeros para tubos en domos de calderas de tubos de agua, entre los agujeros para tubos en el espejo de tubos de calderas de tubos de humo, las que proceden de y entre agujeros para los remaches, en bridas donde puede haber flexión repetida de la placa durante la operación y alrededor de las conexiones soldadas de tubos de cédula y de tubos flux.
- d. Las calderas con juntas traslapadas pueden cuartearse en la junta longitudinal donde las placas se sobreponen. Si hay evidencia de fugas u otras anomalías en ese punto, el Inspector debe examinarlo a fondo y, si es necesario, ordenar que se le hagan muescas y ranuras al sitio para determinar si existen cuarteaduras en la costura. **Se prohíben las reparaciones de cuarteaduras en juntas traslapadas sobre uniones longitudinales.**
- e. Cuando se sospeche la existencia de cuarteaduras, puede ser necesario someter la caldera a una prueba hidrostática para determinar su localización. Opcionalmente, pueden localizarse mediante la examinación no destructiva (END) adecuada.

### 1-303.8 CORROSION

- a. La corrosión causa deterioro de las superficies metálicas. Puede afectar áreas grandes o puede localizarse en forma de picaduras. Las picaduras superficiales y aisladas no se consideran senas si no están activas.
- b. Las causas más comunes de corrosión en calderas son la presencia de oxígeno libre y sales disueltas. Si encuentra corrosión activa, el Inspector debe aconsejar al usuario o propietario que obtenga asistencia técnica con respecto a la acción correctiva.
- c. Para estimar los efectos que sobre la presión de trabajo permisible de la caldera ejerce la corrosión severa entendida sobre áreas grandes, se debe determinar el espesor del metal sano remanente por medio de examinación ultrasónica o mediante barrenado.

### **I-303.9 RANURAS**

- a. Las ranuras son una de las formas de deterioro del metal causado por corrosión localizada y que puede ser acelerado por concentración de esfuerzos. Esto es especialmente significativo en áreas adyacentes a juntas remachadas.
- b. El Inspector debe examinar tan exhaustivamente como la construcción lo permita, todas las superficies bridadas, particularmente las bridas de tapas sin tirantes. Las ranuras son comunes en los radios de esquina de tales tapas, ya que el ligero movimiento en las tapas de este tipo causa concentraciones de esfuerzos.
- c. Algunos tipos de calderas tienen construcción con bridas invertidas las cuales tienen propensión a ranurarse y pueden ser de difícil el acceso para su examen. El Inspector debe utilizar un espejo, introducido por una abertura de inspección examinando tanto como sea posible. Alternativamente pueden examinarse por el método ultrasónico.
- d. Las ranuras suelen ser progresivas y cuando se descubran, debe evaluarse su efecto en forma cuidadosa y tomarse acciones correctivas.

### **I-303.10 TUBOS DE HUMO**

- a. En calderas horizontales, las superficies del lado del fuego de los tubos de humo normalmente se deterioran más rápidamente en los extremos cercanos al fuego. El Inspector debe examinar los extremos de los tubos para determinar si hay reducción grave del espesor. En calderas tubulares verticales, las superficies de los tubos se afectan por la combustión más fácilmente en los extremos superiores. El Inspector debe examinar exhaustivamente los extremos de los tubos expuestos en la zona de combustión para determinar si existen reducciones graves del espesor.
- b. El Inspector debe efectuar un examen tan exhaustivo como sea posible sobre la corrosión y las picaduras en las superficies del lado del agua de los tubos. En calderas verticales de tubos humo la corrosión y el picado excesivo se advierten con frecuencia en y arriba del nivel de agua.
- c. Las incrustaciones excesivas sobre la superficie del lado del agua deben ser removidas antes de que la caldera vuelva a ponerse en servicio.

### **I-303.11 TUBOS DE AGUA**

- a. Las superficies de los tubos deben examinarse cuidadosamente para descubrir corrosión, erosión, abombamientos, cuarteaduras o cualquier indicio de soldaduras defectuosas. Los tubos pueden adelgazarse por la 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. Hay una tendencia del combustible y las cenizas a alojarse en los puntos de unión y en espacios restringidos del lado del fuego, tales como donde se usan coples o niples cortos para unir domos o cabezales. Tales depósitos propician la corrosión en presencia de humedad. Estas zonas deben limpiarse a fondo para ser examinada por el inspector.

### **I-303.12 TUBERIAS, CONEXIONES Y ACCESORIOS**

- a. El inspector debe examinar a fondo la tubería para asegurarse que tenga el soporte adecuado y pueda expandirse. Deben examinarse las tuberías de agua, vapor y sus accesorios buscando indicios de fuga. Las fugas u otros defectos deben corregirse. Para evitar el golpe de ariete, la ubicación de las válvulas de cierre y de drenaje debe ser tal que no se llegue a acumular el agua cuando las válvulas sean cerradas.
- b. Deben buscarse indicios de vibración excesiva y tomarse las acciones correctivas.
- c. Debe observarse cuidadosamente la disposición de las conexiones entre las calderas individuales y el cabezal principal de vapor para determinar si algún cambio de posición de la caldera, por asentamientos u otras causas, ha impuesto esfuerzos excesivos sobre las tuberías o sobre las conexiones de la caldera.
- d. Deben revisarse las conexiones y accesorios de la tubería para determinar si son de la capacidad adecuada para las condiciones máximas de servicio a las cuales están sujetos.

### **I-303.13 TUBERIAS DE PURGA**

El inspector debe prestar atención especial a las conexiones y accesorios de la tubería de purga. La expansión y contracción por cambios rápidos de temperatura y posibles golpes de ariete pueden causar tensión excesiva sobre todo el sistema de purga. El inspector debe asegurarse que la tubería esté bien soportada y que descargue a un punto seguro.

### **I-303.14 COLUMNA DE AGUA**

El inspector debe observar cuidadosamente la tubería de la columna de agua para asegurarse que el agua no puede acumularse en la conexión de vapor. La tubería de vapor debe drenar hacia la columna de agua. La conexión de agua a la columna debe drenar hacia la caldera. Se debe revisar la posición de la columna de agua para asegurarse que está situada de acuerdo con los requisitos del Código de la ASME.

### **I-303.15 DISPOSITIVOS AUTOMATICOS DE CORTE DE COMBUSTIBLE POR BAJO NIVEL DE AGUA Y DE ALIMENTACION DE AGUA**

El Inspector debe examinar los dispositivos automáticos de corte de combustible por bajo nivel de agua y de agua de alimentación para asegurarse de que estén bien instalados. El inspector debe hacer desarmar los dispositivos de control tipo flotador y que se examinen las varillas y conexiones del flotador en cuanto a desgaste. La cámara del flotador debe examinarse para asegurarse que esté libre de sedimentos o acumulaciones. Cualquier corrección que sea necesaria, debe efectuarse antes de que el dispositivo vuelva a montarse. El Inspector debe verificar que los instructivos de operación se encuentren disponibles.

### **I-303.16 MAMPARAS DEL LADO DEL FUEGO EN CALDERAS DE TUBOS DE AGUA**

El Inspector debe observar que las mamparas estén en su lugar. La ausencia de mamparas adecuadas o mamparas defectuosas, con frecuencia, causa altas temperaturas, lo cual puede traer como resultado sobrecalentamientos en sectores de la caldera. El Inspector debe observar la localización y condición de los arcos de combustión para asegurarse de que no provoquen golpes de la flama en alguna parte de la caldera que pudiera traer como resultado el sobrecalentamiento.

**I-303.17 ZONAS DE SOBRECALENTAMIENTO**

El Inspector debe cerciorarse de que cualquier calentamiento anormal causado por una instalación inapropiada o defectuosa o por la operación inadecuada del equipo de combustión, sea corregida antes de que la caldera vuelva a ponerse en servicio .

**I-303.18 CALDERAS SUSPENDIDAS - EXPANSION Y CONTRACCION**

El Inspector debe examinar todos los soportes y mampostería de las calderas suspendidas, especialmente en los puntos en donde la estructura de la caldera se encuentre cercana a muros falsos o al piso, con el propósito de asegurarse que las cenizas u hollín depositados no bloqueen la caldera y produzcan esfuerzos excesivos en su estructura al restringir su movimiento en condiciones de operación.

**I-303.19 VALVULAS DE SEGURIDAD Y ALIVIO - CALDERAS DE POTENCIA**

- a. Las válvulas de seguridad y de alivio son dispositivos muy importantes en una caldera. Por lo tanto, el Inspector debe examinarlas cuidadosamente en cada inspección. No debe haber acumulaciones de herrumbre, incrustaciones o cualquier sustancia extraña en el cuerpo de la válvula que interfiera su libre operación. Se recomienda que las válvulas de seguridad calibradas para abrir a más de 400 psig (27.6 bar), sean desmontadas de la caldera, probadas y recalibradas en una instalación de pruebas equipada adecuadamente o por el fabricante, a menos que, el propietario elija se prueben en condiciones de operación como se describe en I-203.3. Cuando la válvula tenga tubo de descarga, el Inspector debe verificar, con la válvula en operación si, de acuerdo con los requisitos del código ASME, la abertura del tubo de descarga esta libre.
- b. Las válvulas de seguridad calibradas para abrir a o abajo de 400 psig (27.6 bar) y que no se prueben en condiciones de operación, deben desmontarse de la caldera, probarse y recalibrarse, si se requiere, por el fabricante de la válvula o por el propietario si tiene una instalación de prueba de válvulas de seguridad equipada adecuadamente. Después de cualquier recalibración, la válvula debe volver a sellarse, incluyendo la marca de identificación de la organización responsable de la recalibración de la válvula
- c. El Inspector debe verificar la placa de datos de las válvulas de seguridad o de alivio, para confrontar que la presión de calibración sea correcta y que la capacidad sea adecuada. El Inspector debe confirmar, que la presiones de calibración y de purga estén estampadas apropiadamente.
- d. Se recomienda que, en condiciones normales de operación, las válvulas de seguridad instaladas en calderas de potencia, con presión de operación de 400 psig (27.6 bar) o menor, sean probadas una vez cada mes manualmente y mediante presión una vez al año. La frecuencia de prueba de las válvulas de seguridad instaladas en calderas de potencia donde la presión de operación sea mayor a 400 psig (27.6 bar), debe determinarse a partir de la experiencia adquirida en la operación cotidiana de la instalación.

**I-303.20 VALVULAS DE SEGURIDAD Y DE ALIVIO - CALDERAS DE CALEFACCION**

- a. El Inspector debe verificar en estas válvulas que la presión de calibración y la capacidad de desfogue sean adecuadas. Cualquiera de estas válvulas que muestre evidencia de fuga o deterioro debe ser reparada por el fabricante o sustituirse. Se debe verificar que estén adecuadamente selladas o que sean de tipo no recalibrable. Deben revisarse los soportes de la tubería de descarga.
- b. Una condición común e insegura encontrada tanto en válvulas de seguridad como en válvulas de alivio es la falla para abrir a la presión de calibración, causada por la acumulación de depósitos corrosivos entre el disco y el asiento. Si se observa esta condición, la válvula debe ser reparada por el fabricante o sustituida.
- c. Se recomienda que las válvulas de seguridad o de alivio, montadas en calderas de vapor o de calefacción por agua caliente, sean probadas manualmente, en condiciones normales de operación, una vez al mes y anualmente mediante presión.

**I-303.21 MANOMETROS**

- a. El Inspector debe determinar, cuando se requiera, que todos los manómetros se desmonten y prueben y sus lecturas sean comparadas contra las de un manómetro patrón o las de una balanza de pesos muertos.
- b. El Inspector debe observar el manómetro ubicado en la zona de vapor y determinar si éste se encuentra expuesto a alta temperatura proveniente de una fuente externa o a calor interno por falta de protección mediante un sifón o una trampa apropiada. Debe verificarse el soplado de la conexión y accesorios para el manómetro.

**I-303.22 ROLADO DE TUBOS**

Cuando los tubos hayan sido sustituidos o vueltos a rolar, el Inspector debe calificar la mano de obra empleada. Cuando se tiene fácil acceso a los tubos, éstos pueden estar sobrerrolados. En caso contrario, los tubos con acceso difícil pueden estar subrrolados.

**I-303.23 PRUEBA HIDROSTATICA**

- a. Sí el Inspector requiere mayor información respecto a fugas en una caldera o evaluar la gravedad de un defecto, puede requerir 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 con la calibración más baja.
- c. La presión de prueba hidrostática no debe exceder 1-1/2 veces la presión de trabajo máxima permisible (PTMP)(MAWP por sus siglas en inglés). Para la prueba, el resorte de la válvula no debe ser comprimido para evitar que la válvula se abra. La válvula o válvulas de seguridad debe(n) ser removida(s) o cada disco debe sostenerse cerrado mediante una mordaza de prueba. Pueden utilizarse tapones para este propósito. La temperatura del agua para aplicar una prueba hidrostática no debe ser menor a 70 °F (21 °C) y la temperatura máxima no debe exceder de 120 °F (49 °C). Si una prueba es conducida a 1-1/2 veces la MAWP y el propietario para la prueba especifica una temperatura mayor que 120 °F (49 °C), la presión debe reducirse hasta la MAWP y la temperatura hasta 120 °F (49 °C) para una examinación precisa.

**I-303.24 REVISION DE DOCUMENTOS**

El inspector debe revisar la bitácora de la caldera y los registros de mantenimiento tratamiento del agua para verificar que a la caldera y sus controles se le han hecho pruebas en forma regular. El usuario o propietario debe ser consultado respecto a las reparaciones que se hayan hecho desde la última inspección. El inspector debe verificar que tales reparaciones se hayan hecho cumpliendo con los requisitos aplicables. Todas las reparaciones deben efectuarse conforme a los requisitos del capítulo III de este código.

**I-303.25 CONCLUSIONES**

Todos los defectos o deficiencias que se observen en el estado, en la operación o en las prácticas de mantenimiento de la caldera y equipo auxiliar deben ser tratadas por el Inspector con el usuario o propietario al instante y, si es necesario, hacerle las recomendaciones para la corrección de tales defectos o deficiencias.

**I-400 INSPECCION DE RECIPIENTES A PRESION**

**I-401 INTRODUCCION**

Existen en uso diversos tipos de recipientes a presión, con diseños y construcción complejos, muchos de los cuales tienen funciones múltiples y presiones de operación variables. Estos se utilizan para contener o procesar gases o líquidos que pueden o no tener diversos grados de cualidades corrosivas o erosivas. La siguiente guía de inspección solo proporciona orientación general ya que sería difícil cubrir adecuadamente procedimientos de inspección para todos.

Para hacer una evaluación precisa y confiable del recipiente que se va a inspeccionar, el Inspector debe conocer las condiciones de operación y el contenido normal del recipiente. El inspector también debe conocer la fecha de la última vez que el recipiente fue inspeccionado internamente y determinar si la frecuencia entre inspecciones es adecuada. Si el recipiente está sujeto, por requisitos jurisdiccionales, a inspecciones certificadas, el Inspector debe cerciorarse que el recipiente tenga un certificado vigente.

**I-401.1 INSPECCION GENERAL**

La metodología de inspección descrita no pretende incluir a todos los recipientes, sino que comprende las características comunes para la mayoría de los recipientes y aquellas que se consideran más importantes. El inspector debe complementar ésta lista con las partidas adicionales que sean necesarias para el recipiente cada particular.

El Inspector debe examinar cuidadosamente la superficie de cuerpos y tapas en cuanto a cuarteaduras, ampollamiento, abombamientos y otras evidencias de deterioro, prestando particular atención al faldón, a las placas de desgaste de los soportes y a los radios de esquina de las cabezas. Si 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 originales de diseño.

El Inspector debe revisar en busca de fracturas u otros defectos las uniones por soldadura y las zonas adyacentes afectadas por el calor. Puede auxiliarse mediante la examinación por partículas magnéticas o por líquidos penetrantes.

112

En recipientes remachados, debe examinar la condición de las cabezas de remaches, la cubrejunta, las placas y la orilla calafateada. Si existe sospecha de corrosión en el cuerpo de los remaches, pueden ser útiles la prueba del martillo o la radiografía por puntos tomada en ángulo con respecto al eje del cuerpo del remache.

El Inspector debe examinar las superficies de la entradas de hombre y de las boquillas, poniendo atención especial en las soldaduras de tales partes y sus refuerzos en busca de deformaciones, cuarteaduras u otros defectos. Generalmente, los barrenos testigos de las placas de refuerzo deben permanecer abiertos a fin de proporcionar evidencia visual de fugas, y evitar la acumulación de presión en la cavidad. Debe examinar las caras de las bridas en cuanto a deformación y la condición de las superficies para asentar los empaques.

#### **I-401.2      TECNICAS DE INSPECCION**

Las partes de un recipiente que deben inspeccionarse con mayor cuidado, dependen de su tipo y sus condiciones de operación. El Inspector debe estar familiarizado con las condiciones de operación y con las causas potenciales y características de defectos y deterioros.

Un examen visual cuidadoso es, con mucho, el método de inspección aceptado universalmente. Pueden usarse para complementar la inspección visual otros medios tales como: el examen por partículas magnéticas útil para determinar cuarteaduras y otras discontinuidades alargadas en materiales magnéticos; el examen con líquidos penetrantes fluorescentes o tinturas para descubrir grietas, poros o agujeros pasantes que se extiendan a la superficie del material y para delinear imperfecciones superficiales en materiales no magnéticos; el examen radiográfico, la medición ultrasónica de espesores y detección de defectos; el examen por medio de corrientes parásitas; el análisis metalográfico; la emisión acústica; la prueba del martillo sin estar presurizado y las pruebas de presión.

La preparación de las superficies es muy importante para un examen visual apropiado y para la aplicación, en forma satisfactoria, de cualquier procedimiento auxiliar como los enunciados arriba. El tipo de preparación superficial depende de las circunstancias particulares, pero pueden ser necesarios el cepillado con alambre, cincelado, soplado con arena, esmerilado, o una combinación de todos estos procedimientos.

#### **I-402      INSPECCION EXTERNA DE RECIPIENTES A PRESION**

##### **I-402.1      INTRODUCCION**

- a. La inspección externa de los recipientes a presión se efectúa para determinar si su condición es segura para operación continua.
- b. En recipientes para procesos en donde la corrosión es la preocupación principal y al cual se le efectúan exámenes periódicos para determinar espesores, el Inspector debe estudiar los reportes de tales exámenes.
- c. El inspector debe asegurarse que el recipiente esté sellado o marcado apropiadamente para cumplir con la sección aplicable del Código ASME.

- d. Cualquier fuga de gas, vapor o líquido, debe investigarse. Fugas con origen atrás cubiertas aisladas, soportes o mamposterías o las huellas de fugas ocurridas en el pasado, deben investigarse removiendo lo necesario hasta establecer el origen. No deben tolerarse las fugas y al momento deben tomarse acciones para su corrección.
- e. El Inspector debe revisar que exista una tolerancia adecuada para la expansión y contracción del recipiente sobre sus soportes, tal como la proporcionada por agujeros de pernos con ranura o soportes tipo silleta sin obstrucciones.

#### **I-402.2 MANOMETRO**

El inspector debe observar la presión indicada por el manómetro y compararla con la de otros manómetros en el mismo sistema. Si el manómetro no está montado sobre el recipiente, el Inspector debe cerciorarse que el manómetro esté conectado al sistema e instalado de tal manera que indique puntualmente la presión real dentro del recipiente.

#### **I-402.3 VALVULAS DE ALIVIO**

- a. Cuando sea practicable, debe(n) probarse la(s) válvula(s) de alivio aumentando la presión de trabajo hasta la de calibración de la válvula a fin de verificar su operación a la presión de calibración. Si esto no es practicable y la válvula está equipada con una palanca de prueba, deben revisarse el libre movimiento del vástago y del disco de la válvula, mediante el uso de esta palanca. Esta prueba no se debe realizar a menos que la presión en el recipiente sea cuando menos el 75% de la presión de calibración de la válvula y que el contenido del recipiente pueda descargarse seguramente a la atmósfera o que la descarga de la válvula sea mediante tubería a un lugar seguro.
- b. Muchos recipientes a presión contienen líquidos o gases peligrosos o costosos, lo que hace poco práctica la prueba en servicio de la(s) válvula(s) de alivio. En estos casos, la(s) válvula(s) debe(n) removerse del servicio durante la inspección interna o en periodos acordados entre el propietario y el Inspector.
- c. Cuando la inspección descubra válvulas de alivio defectuosas, deben sacarse de servicio el recipiente o recipientes que dependan de dichas válvulas hasta que sean reparadas o sustituidas, salvo que se tomen medidas especiales que el Inspector acepte, para permitir que el recipiente continúe en operación sobre una base temporal.
- d. El Inspector debe quedar satisfecho con la capacidad de alivio de la(s) válvula(s) del recipiente y de que la presión de calibración y la capacidad de alivio esten estampadas en el cuerpo o placa de datos de la(s) válvula(s), según se requiera en la sección aplicable del Código ASME. (Ver en el Apéndice A los diferenciales de presión recomendados entre la presión de calibración de la válvula de alivio y la presión de operación del recipiente).
- e. El Inspector debe asegurarse que no haya válvulas de corte entre el recipiente y el dispositivo de protección o entre el dispositivo de protección y la descarga, a menos que estén en conformidad con UG-135 (e) y los Apéndices M-5 y M-6 de la Sección VIII, División 1 del Código ASME. Las válvulas de corte que requieran enclavamiento sellado en posición abierta, solo deben ser operadas de acuerdo con procedimientos escritos que cuenten con la aceptación previa del Inspector.

**I-402.4 DISCOS DE RUPTURA**

- a. El Inspector debe revisar el marcado de los discos de ruptura a fin de asegurarse que la presión y la temperatura de ruptura estampada sean las correctas para las condiciones de servicio destinadas.
- b. Cuando un disco de ruptura esté instalado entre el recipiente y una válvula de seguridad o de alivio con carga por resorte, el espacio entre el disco de ruptura y la válvula debe estar provisto de un manómetro, un grifo de prueba, libre desfogue o un indicador testigo, tal que puedan detectarse fugas o la ruptura.
- c. Cuando un disco de ruptura esté instalado en la descarga de una válvula de seguridad o de alivio con carga por resorte, la válvula debe ser de un diseño tal que no falle al abrir a su presión de calibración, al margen de cualquier contrapresión que pueda acumularse entre la válvula y el disco de ruptura. Adicionalmente, el espacio entre la válvula y el disco de ruptura, debe estar ventilado o drenado para evitar acumulaciones de presión, causadas por fugas pequeñas.
- d. En todos los casos donde los discos de ruptura estén instalados en combinación con válvulas de seguridad o de alivio, para determinar la capacidad de descarga de tales combinaciones, el Inspector debe consultar los requisitos de la Sección VIII, División 1 del Código ASME.

**I-402.5 ENTRADA DE HOMBRE, ABERTURAS DE INSPECCION Y OTROS CIERRES**

El Inspector debe revisar en busca de anomalías, deformaciones o fugas en estas áreas especialmente en dispositivos que se abren y cierran periódicamente durante el proceso. En los cierres de acción rápida, debe revisarse la existencia y funcionamiento de enclavamientos de seguridad, indicadores o alarmas.

**I-402.6 DRENAJES**

El inspector debe revisar que existan drenajes donde se requiera. Cuando existan y sea práctico, el Inspector debe hacer que el drenaje sea abierto para verificar su funcionamiento.

**I-402.7 TUBERIAS**

El Inspector debe revisar las tuberías fijadas al recipiente en cuanto a soportes inadecuados y provisión para la expansión tal que no se causen cargas excesivas sobre la envolvente.

**I-402.8 CONTROLES DE SEGURIDAD**

El Inspector debe verificar la eficacia de cualquier dispositivo instalado para seguridad del recipiente, mediante su operación o análisis de procedimientos y registros.

**I-402.9 ANALISIS DE REGISTROS**

El Inspector debe revisar la bitácora del recipiente, su registro de mantenimiento, el registro de razón de corrosión o cualquier otra prueba efectuada. El usuario o propietario deben ser consultados respecto a las reparaciones que se hayan hecho desde la última inspección. El Inspector debe analizar tales reparaciones para verificar el cumplimiento de los requisitos aplicables. Todas las reparaciones deben efectuarse en concordancia con el Capítulo III de este código.

## **I-402.10 CONCLUSIONES**

Cualquier defecto o deficiencia en el estado, mal uso del recipiente o en las prácticas de mantenimiento, debe ser tratado por el Inspector con el usuario o propietario al momento y, si es necesario, hacerle recomendaciones para la corrección de tal defecto o deficiencia.

## **I-500 INSPECCION INTERNA DE RECIPIENTES A PRESION**

### **I-500.1 INTRODUCCION**

- a. La siguiente guía proporciona un procedimiento general, recomendado, para la inspección interna de recipientes a presión. Dado que los recipientes a presión varían desde tipos muy simples en diseño, materiales y servicios hasta sofisticados y complejos, habrá ocasiones donde se requiera una examinación más detallada.
- b. Los recipientes a presión que contienen sustancias no corrosivas pueden requerir sólo de inspección externa. Algunos recipientes pueden carecer de registros de hombre u otras aberturas de inspección. En estos casos el Inspector puede utilizar métodos de examinación no destructiva para determinar la condición del recipiente.

### **I-501.1 MODOS DE DETERIORO Y FALLAS.**

Los contaminantes en fluidos que se manejan dentro de los recipientes pueden reaccionar con los metales, tal que, pueden propiciar la corrosión.

En ciertas partes de los recipientes son comunes los esfuerzos invertidos (cargas cíclicas especialmente en puntos de altos esfuerzos secundarios. Pueden ocurrir fallas por fatiga si el esfuerzo es alto y las inversiones son frecuentes. Las fallas por fatiga también pueden resultar por cambios cíclicos de temperatura y presión.

Las uniones por soldadura de metales que tienen diferente coeficiente de expansión térmica, pueden ser afectadas por fatiga térmica.

Pueden ocurrir deformaciones si el equipo se somete a temperaturas por encima de aquellas para las cuales está diseñado. Ya que los metales se debilitan 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 haber ocurrido cambios en las propiedades estructurales y/o cambios químicos en el metal, los cuales pueden debilitar el equipo permanentemente. Ya que la deformación depende del tiempo, de la temperatura y del esfuerzo, los valores reales o estimados de estas cantidades, deben ser usados en todas las evaluaciones.

A temperaturas inferiores a las de congelación, el agua y las sustancias químicas contenidas en los recipientes pueden congelarse y causar falla. Los aceros al carbono y de baja aleación pueden ser afectados por fractura frágil a temperatura ambiente. Ciertas fallas se han atribuido a la fractura frágil de aceros que fueron expuestos a temperaturas por debajo de su temperatura de transición y que también se expusieron a presiones mayores al 20 % de la presión de prueba hidrostática. Sin embargo la mayoría de las fracturas frágiles han ocurrido durante la primera aplicación de un nivel particular de esfuerzo (esto es, la primera prueba hidrostática o sobrecarga).

Por lo tanto, además de las condiciones de operación excesivas por abajo de la temperatura de transición, también se debe evaluar el potencial para una falla por fractura frágil, cuando se haga la prueba hidrostática o neumática o se agregue cualquiera otra carga adicional. Debe prestarse atención especial a los aceros de baja aleación (particularmente los de 2-1/4 % Cr, 1%-Mo) puesto que son propensos a fragilización por revenido. [La fragilización por revenido se define como la pérdida de ductibilidad y tenacidad al impacto causada por tratamiento térmico posterior a soldadura o por servicio en alta temperatura, arriba de 700 °F (371 °C)].

Otras formas de deterioro incluyen, pero no se limitan a, la grafitización, ataque por hidrógeno a alta temperatura, precipitación de carburos, ataque intergranular y fragilización. El deterioro también puede ser causado por fuerzas mecánicas tales como choque térmico, cambios cíclicos de temperatura, vibración, ondas de presión, temperatura excesiva, cargas externas y materiales o fabricación defectuosos.

**1-501.2 CORROSION**

La corrosión es una de las condiciones más comunes encontradas en los recipientes a presión. Donde se detecte corrosión activa o excesiva, se deben tomar acciones correctivas.

El inspector debe examinar a fondo el recipiente en busca de los siguientes tipos de corrosión:

- a. **Picaduras-** Las picaduras poco profundas, aisladas o dispersas sobre áreas pequeñas no debilitan considerablemente al recipiente. Sin embargo, eventualmente pueden causar fugas. Si es posible, se deben dar los pasos para eliminar la causa o tratarla mediante recubrimientos protectores.
- b. **Corrosión en Línea-** Esta es una condición en la que las picaduras están casi o conectadas unas con otras formando una banda o línea estrecha. La corrosión en línea ocurre frecuentemente en la zona de intersección del faldón o soportes y el fondo del recipiente, o en la interfase líquido-vapor.
- c. **Corrosión Generalizada-** Esta corrosión abarca áreas considerables del recipiente. Cuando ocurre, debe darse atención especial a la determinación de una presión de trabajo segura del recipiente, relacionada directamente con el espesor remanente del material.

Los esfuerzos deben dirigirse a determinar el espesor sano remanente en el material base, utilizando examinación no destructiva, como el método ultrasónico, o, de no ser posible, mediante barrenado. La nueva presión de trabajo máxima permisible debe basarse en el estado actual del recipiente.

- d. **Ranurado-** Este tipo de corrosión es una forma de deterioro del metal causada por corrosión localizada y que puede ser acelerada por concentración de esfuerzos. Las ranuras pueden encontrarse junto a las uniones de solapa remachadas o soldadas o en las caras de las bridas, especialmente en las bridas de tapas sin tirantes.
- e. **Corrosión Galvánica-** Dos metales disímiles en contacto uno con otro y un electrólito (por ejemplo, una película de agua conteniendo oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono en solución) forman una celda electrolítica.

La corriente eléctrica fluyendo a través de éste circuito puede causar una rápida corrosión del metal menos noble (el que tiene mayor potencial de electrodo). El mecanismo de corrosión es más activo cuando la diferencia entre los potenciales de electrodo de los dos metales es grande.

La corrosión galvánica también puede existir con cambios relativamente menores en la composición de la aleación (esto es, entre un aporte de soldadura y el metal base). Los recubrimientos naturales (p.ej. una capa de óxido sobre aluminio) o recubrimientos protectores pueden inhibir la corrosión galvánica, pero en todos los casos, los metales o aleaciones deben seleccionarse sobre la base de su resistencia intrínseca a la corrosión. En calderas y recipientes a presión, la corrosión galvánica se observa más en remaches, soldaduras y en conexiones, tanto bridadas como atomillables.

### **1-501.3 EROSION**

El inspector debe observar la acción causada por abrasivos y corrientes de alta velocidad las cuales pueden haber erosionado las superficies del metal.

### **1-501.4 MELLADURAS**

Las melladuras son deformaciones causadas por contacto con objetos obtusos, de tal manera que el espesor del metal es disminuido físicamente. En ocasiones, las melladuras pueden repararse mediante la acción mecánica de empujar hacia afuera la deformación.

### **1-501.5 DISTORSION**

Los recipientes deben examinarse visualmente buscando indicios de distorsión. Si se observan distorsiones se deben revisar las dimensiones generales del recipiente para determinar la extensión y severidad de la deformación.

### **1-501.6 CORTES O ESTRIAS**

Los cortes o estrías son causados por contacto con objetos agudos que cortan el metal y disminuyen su espesor. Los cortes o estrías causan concentraciones de esfuerzos altas y dependiendo de su extensión, puede ser necesario reparar el área con soldadura o parches. El esmerilado puede ser útil para eliminar algunos cortes y estrías poco importantes.

## **1-502 GENERAL**

### **1-502.1 PREPARACION Y MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA INSPECCION INTERNA**

Cuando se va a efectuar una inspección interna, el propietario o usuario, debe preparar el recipiente según las indicaciones del inspector. Normalmente incluye lo siguiente:

- a. Cuando se trate de un recipiente que opera a alta temperatura, se debe dejar enfriar a una velocidad tal que no se causen daños al recipiente.
- b. El recipiente debe drenarse totalmente y debe purgarse de cualquier gas tóxico, inflamable o cualquier otro contaminante que haya estado contenido dentro del recipiente. La ventilación mecánica, como sopladores o ventiladores, para renovar el aire debe ponerse en funcionamiento después de haber sido purgado y se mantendrá hasta que todas las bolsas de "aire mortal" que contengan gas tóxico, inflamable o inerte sean barridas.

Durante la purga y ventilación de recipientes que contengan gases inflamables, la concentración de vapores en aire puede pasar por los límites de inflamabilidad de la mezcla antes que se obtenga una atmósfera segura. Deben tomarse las medidas necesarias y asegurarse que no haya fuentes de ignición durante estas operaciones.

- c. Los tapas y cubiertas deben removerse como lo requiera el inspector a fin de permitirle un examen completo de las superficies interiores.
- d. El recipiente debe estar suficientemente limpio para permitir la inspección visual de todas las superficies internas y externas del material base.
- e. Si el inspector no tiene información para evaluar su exactitud, los manómetros deben ser removidos y probados.
- f. Si el inspector no tiene información para avalar que operan apropiadamente o tiene dudas de su efectividad, las válvulas de alivio deben removerse y probarse.
- g. Cuando un recipiente esté conectado en un sistema con presencia de líquidos o gases, se debe aislar cerrando, etiquetando la precaución y encadenando las válvulas de cierre. Si hay presencia de materiales tóxicos o inflamables, como seguridad adicional se pueden remover o taponar secciones de tubería antes de ingresar al recipiente. Los medios usados para aislar el recipiente a inspeccionar, deben satisfacer al Inspector.
- h. En recipientes tipo rotatorio o que cuenten con partes móviles, antes de ingresar al recipiente, se deben tomar precauciones de seguridad adicionales, tales como, remover los fusibles, enclavar los controles y/o bloquear mecánicamente las partes móviles.
- i. Antes de ingresar a recipientes que hayan tenido atmósfera inerte, tóxica o inflamable, debe comprobarse la sanidad de la atmósfera del recipiente, por personal calificado, utilizando instrumentos o indicadores apropiados.

Antes de ingresar al recipiente, se debe efectuar una prueba de contenido de oxígeno, independientemente de la preparación o contenido previos. El inspector no debe permitir el ingreso o la permanencia en el recipiente a menos que el contenido de oxígeno esté entre 19 y el 23 % en volumen. La ventilación debe continuar si el contenido de oxígeno está afuera de estos límites.

Cuando sea necesario, se debe proporcionar la ropa de protección que sea adecuada para las condiciones del interior del recipiente. Si se juzga necesario, también debe estar disponible equipo de respiración y cuerdas.

Desde afuera del recipiente, una persona responsable debe mantener contacto visual y verbal permanente con el inspector que esté dentro del recipiente y debe ser capaz de responder a cualquier contingencia o comportamiento raro.

- j. Si el recipiente no ha sido preparado apropiadamente para una inspección interna, el inspector debe declinar hacer la inspección.

### 1-502.2 AISLAMIENTO Y FORROS

Para una inspección, normalmente, no es necesario remover el material de aislamiento o forro a menos que se sospeche la existencia de defectos o deterioro comúnmente encontrados en recipientes de tipo o uso similar al que se inspecciona. Cuando en la cubierta o en el forro existan huellas de fuga, se debe remover lo necesario para hacer una búsqueda completa.

### 1-502.3 ALUMBRADO

El inspector debe acercarse tanto como sea práctico a las partes del recipiente, tanto internas como externas, para hacer el mejor examen posible. Para alumbrado, se recomienda usar una lámpara de mano en vez de una luz de extensión. Cuando se use en espacios confinados una extensión de luz portátil, no debe operarse a más de 12 volts.

### 1-502.4 MANOMETROS

- a. Se debe verificar la exactitud de los manómetros necesarios para la operación segura del recipiente, comparando sus lecturas con las de un manómetro patrón o con las de una balanza de pesos muertos, a criterio del inspector.
- b. El inspector debe observar el manómetro ubicado en la zona de vapor para determinar si está, por falta de protección mediante una trampa o sifón apropiados, expuesto a temperaturas altas procedentes de fuentes de calor externas o internas. El inspector debe verificar que se hayan soplado las conexiones que conducen al manómetro.

### 1-502.5 VALVULAS DE ALIVIO

- a. El inspector debe verificar que todas las válvulas estén marcadas para las condiciones de servicio y conforme a los requisitos de la sección aplicable del Código ASME. A su criterio, la válvula debe removerse y probarse a su satisfacción.
- b. Si existe un procedimiento vigente para desmontar y probar las válvulas con cierta frecuencia, deben revisarse los registros de tales pruebas en cada inspección.
- c. El inspector debe asegurarse de que todos los conductos estén libres de materiales extraños y otras obstrucciones.

### 1-502.6 DISCOS DE RUPTURA

El inspector debe verificar que los discos de ruptura estén marcados para las condiciones de servicio y satisfagan los requisitos de la sección aplicable del Código ASME. El inspector debe asegurarse que las tuberías hacia y desde el disco no presenten obstrucciones.

### 1-502.7 SOPORTES

Se deben examinar buscando la existencia de distorsión, grietas o fracturas en las soldaduras, a criterio del inspector, las uniones para fijación de patas, silletas, faldones u otros soportes.

### 1-502.8 ENTRADAS DE HOMBRE Y OTRAS ABERTURAS

- a. El Inspector debe examinar a fondo las entradas de hombre, las boquillas bridadas o roscadas y sus placas de refuerzo, ubicadas dentro del recipiente en cuanto a la existencia de grietas, deformación u otros defectos. Debe revisar la tornillería y tuercas en busca de defectos o corrosión.

- 24
- b. Siempre que sea posible, la inspección se debe hacer desde el interior del recipiente para determinar la condición de las soldaduras de las conexiones al recipiente.
  - c. En conexiones roscadas, el Inspector debe verificar el agarre del número de roscas.
  - d. El Inspector debe examinar a fondo, como sea posible, las boquillas que conecten con accesorios o controles externos, para asegurarse que están libres de obstrucciones.

#### 1-502.9 CERRAMIENTOS ESPECIALES

El Inspector debe revisar, en lo relativo a su eficiencia y desgaste, los cerramientos especiales conocidos como de actuación o apertura rápida que en la operación del recipiente se utilizan frecuentemente, incluyendo los de autoclaves. También debe realizar una revisión en cuanto a grietas en áreas de alta concentración de esfuerzos.

#### 1-502.10 PRUEBAS DE PRESION

- a. Cuando existan dudas respecto a la gravedad de defectos o condiciones de deterioro encontradas en un recipiente, el Inspector puede requerir una prueba de presión. Las pruebas de presión, normalmente, no son necesarias como parte de una inspección periódica. Sin embargo, se debe hacer una prueba cuando la inspección detecte formas de deterioro raras y difíciles de evaluar que, posiblemente, afecten la seguridad del recipiente y también después de ciertas reparaciones.
- b. Para comprobar la hermeticidad, la presión de prueba no necesita ser mayor que la presión de ajuste de la válvula de alivio que tiene la calibración más baja.
- c. La presión de prueba no debe exceder de 1-1/2 veces la presión de trabajo máxima permisible, corregida por temperatura. Cuando la presión de prueba original haya tomado en cuenta la tolerancia por corrosión, la presión de prueba puede ajustarse aún más, sobre la base de la tolerancia por corrosión restante.
- d. Durante las pruebas de presión, cuando la presión de prueba exceda la presión de ajuste de la válvula de alivio que tiene la calibración más baja, la válvula o válvulas de alivio deben removerse o sostener cerrado cada disco de válvula mediante una mordaza de prueba y no por aplicación de carga adicional al resorte de la válvula.
- e. La temperatura del agua para efectuar la prueba hidrostática no debe ser menor a 60 °F (15.6 °C) salvo que, el propietario proporcione información sobre las características de dureza del material del recipiente y se acepte una temperatura de prueba más baja. La temperatura no debe exceder de 120 °F (49 °C) a menos de que el propietario especifique el requisito de una temperatura de prueba más alta. Si la prueba se conduce a 1- 1/2 veces la MAWP y el propietario especifica una temperatura del agua mayor que 120 °F (49 °C), la presión debe reducirse hasta la MAWP y la temperatura hasta 120 °F (49 °C), para un examen preciso.
- f. Cuando no sea posible una prueba hidrostática o cuando se prohíba la contaminación del recipiente por otro medio, se pueden usar otros métodos de prueba, siguiendo las medidas de precaución de la sección aplicable del código ASME. En tal caso, debe existir un acuerdo entre el propietario y el Inspector respecto al método de prueba.

## **I-502.11 REVISION DE DOCUMENTOS**

El Inspector debe revisar la bitácora del recipiente, el registro de mantenimiento, el registro de razón de corrosión y otros resultados de exámenes. El Inspector debe consultar al usuario o propietario sobre las reparaciones efectuadas desde la última inspección interna. El Inspector debe revisar los registros de tales reparaciones para verificar el cumplimiento de los requisitos aplicables.

## **I-502.12 CONCLUSIONES**

El Inspector debe tratar con el propietario o usuario cualquier defecto o deficiencia en el estado, las prácticas de mantenimiento o mal uso del recipiente a presión y, si es necesario, recomendará las acciones correctivas. Todas las reparaciones deben efectuarse de acuerdo con los requisitos del Capítulo III de este Código.

## **I-600 INSPECCION EXTERNA DE CALENTADORES DE AGUA QUE SUMINISTRAN AGUA POTABLE CALIENTE PARA OTROS PROPOSITOS DIFERENTES A LA CALEFACCION DE ESPACIO.**

### **I-601 GENERAL**

Al entrar el Inspector al cuartó o área del calentador de agua, debe observar el estado general de conservación de la Unidad y el área circundante. Las fugas existentes, o sus huellas, en el calentador o en sus accesorios deben ser evaluadas y reparadas.

### **I-602 PROCEDIMIENTO DE INSPECCION**

#### **I-602.1 TERMOMETRO**

Cuando lo especifique el Código de construcción, el único dispositivo externo que indica la operación interna es el termómetro. Un termómetro defectuoso debe sustituirse al instante.

#### **I-602.2 VALVULAS DE ALIVIO Y SEGURIDAD**

Debe probarse, por medio de la palanca de prueba, la libre operación de las válvulas de alivio con presión-temperatura asignadas oficialmente o de las válvulas seguridad. El Inspector debe atestiguar esta prueba. En el caso de que la válvula no opere, sea de capacidad inadecuada o tenga una presión de calibración incorrecta, la Unidad debe ponerse fuera de servicio hasta que la condición insegura sea corregida y la válvula sea reparada o sustituida.

#### **I-602.3 MONTAJE VALVULAS DE ALIVIO Y SEGURIDAD**

El Inspector debe verificar que la válvula de alivio o la válvula de presión-temperatura, estén montadas apropiadamente y de acuerdo con el código de construcción, sin ninguna válvula entre la unidad y la válvula.

#### **I-602.4 DRENAJE DE LA VALVULA DE ALIVIO - TUBERIA DE DESCARGA**

a. Las válvulas de alivio deben descargar en forma segura.

b. La tubería de descarga, si se usa, debe ser de la misma medida que la descarga de la válvula.

- c. Cuando el disco esté por abajo de la salida de la válvula, se debe disponer de un drenaje de la línea.

#### **I-602.5 CONEXIONES PARA ALIMENTACION DE AGUA**

- a. El abastecimiento de agua al calentador debe ser mediante una boquilla independiente de otros servicios.
- b. Debe estar instalada una válvula reductora de presión cuando la presión de alimentación del agua al calentador sea superior al 75% de la presión de trabajo máxima permisible del calentador.

#### **I-602.6 TANQUES DE EXPANSION**

- a. Si se instala tanque de expansión, para instalaciones nuevas, éste debe cumplir los requisitos de la Sección VIII, División 1 del código ASME.
- b. La presión de trabajo máxima permisible del tanque de expansión no debe ser menor que la presión de trabajo máxima permisible del calentador.
- c. En o cerca del tanque de expansión, se debe instalar un drenaje.
- d. Se debe instalar una válvula de corte entre el tanque de expansión y el calentador.

#### **I-602.7 VALVULAS DE CORTE**

Debe haber instaladas válvulas de corte, tanto en la entrada como en la salida del calentador de agua, de tal manera que la Unidad pueda ser aislada cuando sea necesario.

#### **I-602.8 VALVULA DE DRENAJE DE FONDO**

- a. El Inspector debe atestiguar la prueba de la válvula de drenaje de fondo para asegurar su correcto funcionamiento.
- b. Los drenajes de fondo deben descargar a sitios seguros.
- c. La tubería de descarga, si se encuentra instalada, debe tener capacidad plena, ser de la misma medida en todo su recorrido y descargar hasta un punto seguro.

#### **I-602.9 CONTROLES**

Cuando sea práctico, el Inspector debe atestiguar el funcionamiento de todos y cada uno de los controles del calentador.

El calentador de agua se debe sacar del servicio si algún control se encuentra defectuoso o inoperante, hasta que la deficiencia sea corregida.

Cualquier dispositivo de control que muestre evidencia de haber sido abierto o manipulado, se debe considerar como sospechoso de operación incorrecta y el Inspector debe atestiguar y verificar su funcionamiento.