

## SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

**NORMA Oficial Mexicana NOM-055-SCT2-2000, Para vía continua, unión de rieles mediante soldadura.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Comunicaciones y Transportes.- Dirección General de Tarifas, Transporte Ferroviario y Multimodal.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-055-SCT2-2000 PARA VIA CONTINUA, UNION DE RIELES MEDIANTE SOLDADURA

AARON DYCHTER POLTOLAREK, Subsecretario de Transporte y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Terrestre, con fundamento en los Artículos 36 fracciones VII y VIII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 38 fracción II, 40 fracción XVI 41, 43 y 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 6 fracción III, y 28 de la Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario; 36 y 42 fracción IV del Reglamento del Servicio Ferroviario; 6 fracción XIII y 21 fracción XVI del Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, y demás ordenamientos jurídicos que resulten aplicables.

### CONSIDERANDO

Que por ser los trabajos de soldadura, de acuerdo con su misma naturaleza, ejecutados en un tiempo perentorio, y requerir sumo cuidado para revisarlos y verificarlos tanto durante el proceso como después de terminados, en el caso particular de soldadura de riel para vías férreas es importante establecer medidas que aseguren de antemano la buena calidad y eviten en lo posible los problemas de detección, sustitución y sobre todo, el riesgo de usar soldadura defectuosa.

Que habiéndose dado cumplimiento al procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la expedición de normas oficiales mexicanas, el Subsecretario de Transporte en su calidad de Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Terrestre, ordenó la publicación en el **Diario Oficial de la Federación** del proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-055-SCT2/2000, Para vía continua, unión de rieles mediante soldadura, publicada el 11 de julio de 2000.

Que durante el plazo de sesenta días naturales, contado a partir del día 11 de julio de 2000, fecha en que se publicó el Proyecto de Norma Oficial Mexicana, no se recibieron comentarios del público en general.

Que previa aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Terrestre, he tenido a bien expedir la siguiente: Norma Oficial Mexicana NOM-055-SCT2-2000, Para vía continua, unión de rieles mediante soldadura

### INDICE

- Prefacio
- Introducción
- 1. Objetivo
- 2. Campo de aplicación
- 3. Referencias
- 4. Definiciones
- 5. Clasificación y designación
- 6. Especificaciones
- 7. Requisitos que se deben cumplir en las soldaduras terminadas
- Apéndice "A"
- 8. Vigilancia
- 9. Sanciones
- 10. Bibliografía
- 11. Concordancia con normas y recomendaciones internacionales
- 12. Vigencia

### PREFACIO

En la elaboración de la presente Norma intervinieron las siguientes dependencias del Ejecutivo Federal, organismos descentralizados y empresas privadas:

- Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

- Dirección General de Tarifas, Transporte Ferroviario y Multimodal.

- Dirección de Transporte Ferroviario.
- Secretaría de Economía.
- Ferrocarriles Nacionales de México.
  - Departamento de Vía.
  - Instituto de Capacitación Ferrocarrilera.
  - Gerencia de Vía y Estructura.
- Industrias Nylco Mexicana, S. A. de C. V.
  - Ingeniería Industrial.
- Cía. Comercial Metalplast.
- UNAM Universidad Nacional Autónoma de México.

### Introducción

Por ser los trabajos de soldadura, de acuerdo con su misma naturaleza, ejecutados en un tiempo perentorio, y requerir sumo cuidado para revisarlos y verificarlos tanto durante el proceso como después de terminados, en el caso particular de soldadura de riel para vías férreas es importante establecer medidas que aseguren de antemano la buena calidad y eviten en lo posible los problemas de detección, sustitución y sobre todo, el riesgo de usar soldadura defectuosa.

### 1. Objetivo

El contenido de esta Norma Oficial Mexicana está dirigido a los trabajos de soldadura en el campo o en planta, para la fabricación de rieles continuos que se tienen a partir de la unión sucesiva por soldadura de rieles elementales, de los cuales sólo se citan algunos aspectos de su calidad, únicamente para fines de referencias e identificación.

### 2. Campo de aplicación

Esta Norma fija las condiciones que deben cumplir los rieles para realizar en ellos uniones soldadas, así como los procedimientos aplicables, el equipo, las características de los materiales, la preparación, la ejecución, las herramientas y los conceptos sometidos a aprobación previa, que serán base para que las empresas concesionarias verifiquen y califiquen el trabajo terminado, con objeto de optimizar sus diversas etapas y evitar errores; así como establecer aspectos técnicos relacionados con su garantía y control durante el periodo del riel.

### 3. Referencias

NOM-B-116, Métodos de Obtención de Dureza Brinell en Productos de Acero.

NOM-E-172, Métodos de Prueba Mecánica para Productos de Acero.

NOM-B-311, Métodos de Prueba de Macroataque para Productos de Acero.

NOM-E-176, Métodos de Análisis Químico para Determinar la Composición del Acero y Fundiciones.

NOM-B-465, Inspección ultrasónica para Métodos de Contacto pulso-eco-haz recto.

Normas de calidad de los Materiales de la SCT Parte 4.02 Vías Férreas.

Reglamento de Conservación de Vía y Estructura para los Ferrocarriles Mexicanos, S.C.T.

### 4. Definiciones

**barra larga:** riel de mayor longitud formado por la unión mediante soldadura de varios rieles elementales nuevos o de recobro.

**cala:** separación entre los extremos de dos rieles preparados y colocados en posición para unirse mediante soldadura aluminotérmica.

**cara activa:** superficie lateral del hongo del riel que da hacia el centro de la vía y que al paso de los trenes se pone en contacto con las cejas de las ruedas guiando su desplazamiento.

**crisol:** recipiente de forma troncocónica de material refractario, que se apoya en un forro o soporte metálico y en el que se efectúa la reacción de la porción aluminotérmica de la soldadura.

**chisporroteo:** gran desprendimiento de partículas en estado incandescente, que se manifiesta en el procedimiento de ejecución de la soldadura eléctrica de rieles en el que por acercamientos sucesivos de sus puntas o electrodos, se forman arcos eléctricos mediante los cuales se produce la fusión del metal, así como las condiciones requeridas para unir adecuadamente los extremos de los rieles.

**injerto:** tramo de riel con longitud no menor de cuatro (4) metros que se suelda intercalado en otro riel en servicio y sustituye una parte dañada o alguna soldadura defectuosa.

**mazarota:** metal de aportación que al terminar la colada en la soldadura aluminotérmica, sobresale del hongo de los rieles soldados y que se elimina inmediatamente después de retirar los moldes.

**pavonado:** alteración superficial que se presenta en el acero de los rieles, la que se manifiesta por una coloración azul oscura producida por fricción o sobrecalentamiento al alcanzar temperaturas comprendidas entre doscientos y cuatrocientos grados centígrados ( 200 y 400°C).

**porción aluminotérmica:** cantidad necesaria y suficiente de material formado por aluminio, óxido de hierro y algunos aditivos que se utilizan para formar el metal de aportación en la soldadura aluminotérmica de rieles.

**preparación de los extremos de los rieles:** conjunto de operaciones tales como corrección de alineación, corte, adaptación de secciones, limpieza y otras más, mediante las cuales se ponen en condiciones de aplicarles el procedimiento de soldadura, ya sea en el campo o en la planta de soldado.

**recalcado:** presión final que se aplica a los rieles en proceso de soldado mediante electrorresistencia, inmediatamente después de haber efectuado el incrustamiento de los extremos.

**riel:** uno de los elementos que forman la superestructura de un sistema de vía férrea, fabricado con una aleación de acero con otros metales, bajo requisitos de composición metalúrgica, geométricos, de resistencia y durabilidad especificados, que permiten el rodamiento cómodo y seguro del equipo, transmitiendo los esfuerzos a través de los durmientes a la infraestructura de la vía.

**riel soldado continuo:** el que está formado por rieles elementales generalmente del mismo calibre, características geométricas y metalúrgicas; unidos sucesivamente por sus extremos, mediante soldadura, los que en esta forma constituyen una nueva estructura que permite mejorar las condiciones de rodamiento del equipo, así como sus posibilidades de comodidad y seguridad.

**sanidad:** condiciones externas que prevalecen en la soldadura terminada y que se manifiestan por el estado de pureza y continuidad del metal de aportación, así como su liga con el metal base de los rieles soldados.

**soldadura de rieles:** unión integral entre 2 rieles en sus extremos contiguos debidamente preparados a una temperatura cercana a la de fusión, con material de aporte o sin él, aplicando procedimientos especialmente diseñados para los materiales que intervienen, de tal forma que permitan al estar terminadas tener la suficiente resistencia, continuidad y capacidad para soportar el tránsito ferroviario como en cualquiera otra sección de los rieles que integran la nueva estructura; puede efectuarse el procedimiento en instalaciones fijas o en el campo.

## 5. Clasificación y designación

### 5.1 Tipos de rieles en que se aplica

**5.1.1** La soldadura se debe utilizar tanto para formar con los rieles estándar de fábrica las barras largas soldadas, como para integrar con éstas los rieles utilizados en el sistema de vía continua, siendo dichos elementos principalmente los incluidos en la cláusula 015 A Rieles de acero al carbono, del capítulo 015 Acero y Productos de Acero, Libro 4 Normas de Calidad de los Materiales SCT, así como los indicados en el Reglamento para la Conservación de Vía y Estructuras para los Ferrocarriles Mexicanos SCT y específicamente los que se indican a continuación:

Denominación del riel

Kilogramo por metro	Designación
44.66	90
49.63	100
55.70	112
57.045	115
67.49	136

**5.1.2** También se aplica en rieles de recobro que son los recuperados de las vías que han estado en servicio, sin incluir los que presentan desgaste excesivo, severas huellas de quemadura por fricción, melladuras, roturas, corrosión, agrietamientos y otros defectos visibles. Deben estar marcados para su clasificación, aprovechamiento y además, tanto su altura como el ancho del hongo no tendrán discrepancias mayores de uno punto seis (1.6) milímetros en los rieles que forman el lote recuperado; deben apartarse los rieles rechazados por defectuosos, permitiéndose sin embargo en los aprovechables hacer algunos cortes para eliminar tramos dañados severamente. Su selección se debe efectuar de acuerdo con lo siguiente:

**5.1.2.1** Longitud mínima de riel será de ocho (8) metros para vía y cuatro (4) metros para injerto.

**5.1.2.2** No deben tener exceso de grasa, aceite, asfalto u óxido.

**5.1.2.3** No se deben soldar rieles de diferente grado de dureza, ni los de enfriamiento controlado con los del sistema de enfriamiento no controlado, ni tampoco los que sean de diferente tipo de aleación.

**5.1.2.4** Cuando se requiera esmerilar la deformación del hongo en la superficie de rodamiento del riel, no se permite que el ancho de ésta, sea mayor de ocho (8) milímetros.

**5.1.2.5** Cuando sea necesario eliminar agujeros para tornillos o uniones del riel, esta operación se hará por corte de la sección en que se encuentran; después de lo cual no deben presentar en los extremos oquedades ni cavidades de tubo.

**5.1.2.6** La naturaleza metalúrgica y geometría de la sección en relación con el procedimiento de soldadura deben ser de acuerdo con lo descrito en el subinciso 5.3.2.2 de este capítulo 5.

### 5.2 Tipo de soldadura

Para los efectos de esta Norma, los tipos de soldadura que se deben utilizar en las uniones de rieles para vías férreas son el aluminotérmico en el que se emplea material de aportación y el eléctrico que no lo lleva, uniéndose en este último las caras extremas de los rieles a presión mediante electrorresistencia a tope. No se debe aplicar ningún otro sistema de soldadura para este fin, sin la autorización correspondiente del organismo a cuyo cargo está la obra.

**5.3** Conceptos básicos que se deben atender previamente para llevar a cabo las uniones de rieles mediante soldadura.

**5.3.1** El responsable de la obra determinará cuál de los procedimientos incluidos en esta Norma, con su variante, es el que se debe aplicar y autorizará en su caso los aspectos especiales que se programan para realizar los trabajos.

**5.3.2** Ambiente de trabajo e insumo.

**5.3.2.1** La soldadura de rieles debe ser efectuada al abrigo de los agentes atmosféricos tales como lluvia, viento violento, frío excesivo o nieve; no se debe realizar en rieles cuya temperatura sea inferior a diez grados centígrados (10°C) a menos que se autoricen procedimientos especiales con postcalentamiento, pero ni aun en este caso se podrán soldar rieles con temperatura inferior a menos tres grados centígrados (-3°C). Además tratándose de trabajos en vía y tramos en curva sólo se soldará a temperaturas ambiente que no discrepen significativamente del promedio del día y de acuerdo con las condiciones ambientales que prevalezcan en la obra; se tendrá buena iluminación, bien sea con luz del día y/o artificial.

**5.3.2.2** Antes de iniciar los trabajos de soldadura, las instalaciones, equipos, materiales, herramientas básicas y personal especializado para la ejecución; deben ser presentados por la empresa o encargado de efectuar los trabajos, para la verificación y aprobación que corresponda por parte del organismo responsable de la obra; con la solicitud de aprobación se deben adjuntar la información, certificaciones de calidad y, en su caso, la de capacitación de soldadores, extendidos recientemente por institución o laboratorio acreditado para el objeto.

**5.3.2.3** Los rieles de lotes que se entreguen para aplicarles el procedimiento, deben cumplir con lo siguiente:

- a) Las características metalúrgicas del acero, así como el calibre de los rieles deben corresponder al procedimiento de soldadura y variante aprobados por el organismo; lo anterior debe ser verificado previamente por la empresa o encargado de efectuar la soldadura y, en caso de alguna discrepancia en el procedimiento programado, no lo llevará a cabo y oportunamente deberá proponer lo que corresponda de acuerdo con el tipo y cantidad de rieles identificados.
- b) En cuanto al alineamiento longitudinal en proyección horizontal en cualquier sentido del riel, sus extremos no deben tener una flecha superior a cero punto ocho (0.8) milímetros en cuerda de un (1) metro, ni de cero punto seis (0.6) milímetros en los cuartos de la misma; lo anterior, determinado mediante la aplicación de una regla metálica de un (1) metro de longitud.
- c) Respecto a la deformación uniforme y ascendente en proyección vertical, a la superficie del hongo en los extremos de un (1) metro de longitud de rieles, sólo se le permitirá una flecha máxima en su punto medio de cero punto ocho (0.8) milímetros determinada mediante una regla metálica del largo mencionado, esta flecha no se debe presentar a menos de cincuenta (50) centímetros del extremo considerado. No se permite ninguna deformación descendente en la banda de rodamiento del riel.
- d) Los rieles a soldar deben ser del mismo calibre y características metalúrgicas, pudiéndose en casos especiales, previa autorización del inspector técnico representante del organismo, realizar soldaduras en rieles con discrepancias en los conceptos citados, las que en su caso deben ajustarse a lo siguiente: el alineamiento en proyección vertical siempre se hará en los hongos con las tolerancias que indique el procedimiento de soldadura, la diferencia de alturas deberá quedar en los patines y no serán mayor de veinticinco (25) milímetros. El alineamiento o coincidencia de secciones en proyección horizontal, se debe efectuar repartiendo la diferencia en el ancho de los hongos siempre que sean menor de dos (2) milímetros, la cual se debe corregir mediante esmerilado; de ser mayor, se alinearán perfectamente las caras activas y la discrepancia se deja hacia fuera de la vía; no se permiten soldaduras en rieles que se discrepen en peso por metro lineal más de veinte por ciento (20%) ni más de seis (6) milímetros en sus bases respectivas. En rieles de repuesto, el alineamiento se hace procurando que coincidan las almas y las diferencias, estando dentro de lo aquí establecido se corrigen por esmerilado. Cuando sea indispensable unir rieles con dimensiones que excedan los límites señalados en este subinciso, se debe colocar entre ambos un tramo con longitud mínima de cuatro (4) metros y características que permitan ajustarse a las limitaciones contenidas en esta Norma.

**5.3.3** Antes de proceder a soldar, tanto los rieles nuevos que cumplan con lo descrito en el subinciso 5.3.2.3 capítulo 5 de esta Norma como los de recobro que satisfagan lo indicado en el inciso 5.1.2 de dicho capítulo, deben ser previamente preparados de acuerdo con lo siguiente:

**5.3.3.1** En los quince (15) centímetros extremos a cada lado de la junta, los rieles deben estar libres de humedad, oxidación, grasa y otros materiales extraños, así también de rebabas, agrietamientos, deformaciones de sección y otras irregularidades que obstaculizan la ejecución de la soldadura.

**5.3.3.2** Si en una longitud de quince (15) centímetros a uno y otro lado de la junta, los rieles presentan defectos como fisuras o agujeros, se deben eliminar mediante el corte indispensable de la longitud afectada. Estos cortes deben ser perpendiculares al eje longitudinal del riel y sensiblemente paralelos los que forman la misma junta, perfectamente planos y hechos con cortadora mecánica, se permite una tolerancia máxima de descuadre en el hongo de un (1) milímetro. El corte con soplete sólo se acepta en casos especiales siempre que se suelde de inmediato el riel, se use tanto el equipo como el procedimiento adecuados y se obtenga la autorización del organismo que tiene a su cargo la ejecución de la obra.

**5.3.3.3** Inmediatamente antes de la ejecución de los trabajos de soldadura, se deben alinear los extremos de los rieles tanto en proyección horizontal, su cara activa, como en proyección vertical, su banda de rodamiento y se sujetan para que se mantengan suficientemente firmes y sin deflecciones, excepto en las superficies de rodamiento en el caso de soldadura aluminotérmica, tal como se indica en los párrafos b, c y d del subinciso 6.1.5.1 en que los extremos formarán un ángulo hacia arriba con contraflecha máxima de un punto cinco (1.5) milímetros, medido utilizando un calibrador y una regla metálica de un (1) metro de longitud, centrada en el plano medio de la junta a soldar.

**5.3.3.4** Se limpiarán mediante cepillado metálico las caras frontales, las laterales, la superficie de rodamiento y la cara inferior del patín en una longitud de quince (15) centímetros de cada extremo de riel para la soldadura aluminotérmica y treinta y cinco (35) centímetros para la soldadura eléctrica. Por lo que toca a sujeción y/o movilidad de los extremos de los rieles se hace conforme al procedimiento y operación de los mecanismos aprobados por el organismo que tiene a su cargo la obra.

## **6. Especificaciones**

### **6.1 Soldadura aluminotérmica**

**6.1.1** En las uniones de rieles soldados por el procedimiento aluminotérmico, se debe aplicar básicamente la reacción fuertemente exotérmica provocada por el encendido de una mezcla de aluminio (Al), finamente dividido y óxido de hierro ( $Fe_2O_3$ ), la que aporta gran cantidad de calor, temperatura cercana a dos mil seiscientos grados centígrados ( $2,600^{\circ}C$ ); el producto de fusión debe ser una aleación con características metalúrgicas y de resistencia que igualen o superen en calidad las de los rieles en que se utiliza.

**6.1.2** El procedimiento metalúrgico de soldadura aluminotérmica que se seleccione para un trabajo determinado, debe ser un sistema completo con las variantes de materiales, equipo especializado y accesorios que permitan adaptarse por lo menos a los calibres y tipos de rieles que se indican en el capítulo 5 de esta Norma y en términos generales, debe cubrir las necesidades para soldar rieles normales de bajo contenido de carbono, rieles duros con alto contenido de carbono y rieles aleados como los que contienen cromovanadio y/o cromomolibdeno, correspondiendo aproximadamente a cada variante las durezas mínimas de doscientos veinte (220), doscientos ochenta (280) y trescientos veinte (320) Brinell, respectivamente. En cuanto al tipo de precalentamiento, cantidad de carga o porción aluminotérmica y demás aspectos, deben ser cubiertas las necesidades de proyecto o programa de obra a ejecutar, en tal forma que el sistema sea operante en todos los casos de obra nueva y de mantenimiento, de acuerdo con el tipo de rieles que intervengan, debiendo garantizar además cuando así se requiera, una buena preparación con ligero precalentamiento o con precalentamiento; en este último caso, la temperatura de los rieles a soldar se elevará hasta aproximadamente novecientos grados centígrados ( $900^{\circ}C$ ).

**6.1.3** Los materiales e implementos utilizados deben cumplir con lo siguiente:

#### **6.1.3.1 Materiales.**

- a) La carga de aportación para soldadura aluminotérmica, debe ser elaborada con materiales especialmente seleccionados y preparados, de acuerdo con las características metalúrgicas y dimensiones del riel por soldar y en términos generales debe estar constituida por aluminio en polvo, óxido de hierro y los adicionales necesarios, para lograr la mayor similitud al acero del riel. Debe tener la cantidad suficiente para asegurar el llenado de la junta sin escoria ni huecos y con el reborde adecuado, que permita un corte funcional y el perfil en demasía que requiera el proyecto. Con estas porciones se debe mostrar mediante pruebas que se logra un procedimiento práctico y seguro, y que el material de aportación derivado del proceso queda integrado en la unión soldada, con una calidad cuando menos igual a la del acero que constituye los rieles.
- b) Las porciones de materiales que forman una carga de soldadura aluminotérmica, deben proporcionarse en bolsas resistentes a prueba de humedad, preferentemente de material plástico y totalmente herméticas. El envase del grupo de materiales, debe contener instrucciones para el uso y presentar una etiqueta con los datos siguientes:
  - Marca de fábrica.
  - Fechas de fabricación y límite para ser usada.
  - Número del lote.
  - Aleación y peso neto de la carga contenida, en gramos.
  - Tipos de riel en que se aplica y precalentamiento requerido.

Separación entre las secciones extremas de rieles a soldar y tolerancia.

- c) El constructor o empresa encargada de efectuar el trabajo, arreglará con el fabricante, las facilidades necesarias para efectuar el muestreo y que le proporcione tanto las porciones de soldadura como los elementos para realizar las soldaduras de prueba y los ensayos de verificación. Previamente al envío de estos materiales a la obra, se tomarán dos (2) muestras de cada mil (1000) cargas o menos; a las muestras obtenidas se les determina su peso neto con aproximación de un (1) gramo, y con ellas se realizan dos juntas soldadas a las cuales primeramente se les efectúa la prueba de dureza Brinell y a continuación se ensayarán a la flexión hasta la ruptura.
- d) Para ser aceptado el lote, las muestras correspondientes deben pasar tanto las pruebas de dureza como las de flexión y, de no ser así, con una sola determinación que no cumpla, se repite en el mismo lote el muestreo, así como las determinaciones y pruebas indicadas en este subinciso; y si vuelve a ocurrir alguna falla, con un solo valor que no cumpla, se rechaza el lote muestreado y se marca como no aceptado, por lo cual se debe separar y no se transportará a la obra.
- e) Las cargas aluminotérmicas con envases rotos no deben ser utilizadas, tampoco las que presentan indicios de estar húmedas, deterioradas, con fecha vencida o incompletas; en este último aspecto, sólo se permite una diferencia en menos cero punto uno por ciento (-0.1%) del peso registrado en la etiqueta como peso neto de la carga.
- f) El transporte de los materiales y accesorios, se hará con todas las precauciones necesarias por tratarse de productos inflamables o elementos que se afectan con la humedad; su almacenamiento se hará en lugares convenientemente ubicados, secos y al abrigo de fenómenos ambientales.

**6.1.3.2** Los implementos, equipos y utensilios; básicamente deben cumplir lo siguiente:

- a) Los moldes deben ser prefabricados con base en arena sílica de alta refractabilidad; las piezas moldeadas se endurecen por insuflación de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y se les somete a un tratamiento de secado. Los moldes deben ser estancos, libres de fisuras y tener un diseño con amplio sistema de alimentación que no propicie obstrucciones, formación de burbujas, ni depósitos de escoria; además, su forma y dimensiones deben ser adecuadas para lograr la conformación correcta de la junta soldada, cuando una mazarota de forma piramidal, invertida con altura de cuatro (4) centímetros y una acanaladura en su parte inferior que facilite el corte para eliminarla; se empacarán en cajas de cartón, protegidos con polietileno para evitar el contacto con la humedad, incluyendo además instrucciones para el uso. Solamente en casos especiales y con la autorización previa del representante técnico del organismo, se pueden usar moldes fabricados en el lugar, para lo cual antes de iniciar su elaboración se solicitará la autorización correspondiente, proporcionando los detalles necesarios.
- b) La pasta de sellado será una mezcla de arena sílica con arcilla refractaria y agua, la cual no debe permitir fugas entre el molde y el riel, permaneciendo sin descomponerse cualquiera que sea el tiempo de precalentamiento o de duración del contacto con el metal fundido; se debe envasar protegiéndola contra la evaporación, para garantizar que durante un tiempo mínimo de seis (6) meses conserve sus condiciones de buena calidad.
- c) El crisol debe ser elaborado con magnesita de alta refractabilidad, y para su utilización deberá mantenerse sobre una funda metálica de forma troncocónica especialmente adaptada, colocando entre ambos, crisol y funda una capa de pasta refractaria. Este crisol debe resistir la reacción y fusión de la carga aluminotérmica y debe renovarse oportunamente cuando manifieste deterioros o exceso de incrustaciones.
- d) La boquilla debe ser una pieza de material refractario, de forma cilíndrica y adaptada a la salida del crisol, parte aguda; con ella se integrará el sistema obturador que controla la salida del metal fundido producto de la reacción aluminotérmica. Este elemento debe revisarse cuidadosamente después de cada colada, para renovarse al presentar deterioros que afecten su funcionamiento.
- e) Los implementos especiales con que se debe contar son equipos mecánicos, para corte de rieles, alineamiento y fijación precalentamiento, esmerilado, desgaste y acabado; por lo que se refiere a utensilios y herramientas se tendrán disponibles marros, limatones, tajaderas, cuñas y otros similares.
- f) No se permite el uso de acoplamientos de equipo, herramientas o utensilios especiales que no sean los diseñados expresamente para el procedimiento seleccionado y aprobado por el organismo a cuyo cargo está la obra. El constructor o empresa encargada de efectuar la soldadura, recabará previamente a la iniciación de los trabajos dicha aprobación y posteriormente será verificada y ratificada en su caso, con la frecuencia que el organismo estime conveniente en función del volumen de trabajo desarrollado.

**6.1.4** Calificación y autorización de soldadores.

**6.1.4.1** Los trabajos de soldadura de rieles tanto aluminotérmica, como de electrorresistencia, deberán ser efectuados por personal especializado, idóneo para ser responsable de la eficiencia, exactitud y precisión con que se desarrollan los procedimientos. Este personal deberá ser seleccionado por la empresa que lleva a cabo los trabajos, y previamente capacitado hasta que se tenga la seguridad que ha adquirido los conocimientos

fundamentales y pueda efectuar soldaduras en rieles sin cometer errores, omisiones o proporcionar peligros de falla, entonces se solicitará al concesionario que tenga a cargo la obra, le efectúe examen teórico-práctico que versará: para el aluminotérmico sobre el procedimiento de soldadura, uso y manejo de moldes, equipos; de precalentamiento y manejo de porciones aluminotérmicas.

Para el eléctrico sobre conocimiento de la planta soldadora, uso y manejo de la máquina soldadora, además para ambos procedimientos, deberá conocer las reglas de protección en la vía. La empresa proporcionará los antecedentes técnicos y de preparación respectivos e indicará la obra o contrato a que corresponde cada persona que proponga.

**6.1.4.2** Para la calificación del personal propuesto, la empresa solicitante proporcionará los equipos, materiales y apoyos que se requieran, con los que efectuará, cada persona a evaluar, en presencia de un representante técnico del organismo, tres (3) operaciones completas de soldadura aluminotérmica en rieles seleccionados para el objeto. Al estar terminadas las soldaduras de prueba, se evaluarán aplicándoles a todas los procedimientos de inspección visual, verificación de alineamientos y geometría, dureza Brinell y sanidad por el ultrasonido; después de lo cual se efectuará a dos (2) de las muestras la prueba de flexión y a la restante la prueba macroscópica, debiéndose desarrollar todas de acuerdo con el criterio establecido en el Apéndice A de esta Norma. Cada soldador evaluado requerirá para ser aprobado, realizar sus tres (3) soldaduras en forma completamente satisfactoria sin presentar irregularidades, y cuando más sólo una de ellas se le permitirán pequeños defectos considerados como tolerables.

**6.1.4.3** Con la calificación aprobatoria mencionada en el subinciso 6.1.4.2, de este inciso, sólo se podrá dar autorización con carácter provisional, la cual tiene validez, únicamente dentro del ámbito de la obra o contrato para el cual fue solicitada.

**6.1.4.4** El constructor o responsable de efectuar los trabajos de soldadura, puede posteriormente solicitar la calificación de soldadores para autorización definitiva, del personal que se le haya otorgado la provisional, y que haya ejecutado cuando menos cincuenta (50) soldaduras sin incurrir en fallas o errores, observando orden y responsabilidad. En la solicitud se incluirá la información de los trabajos desarrollados y la capacitación impartida.

**6.1.4.5** El organismo, mediante un representante técnico evaluará las soldaduras presentadas como trabajo práctico, para acreditar experiencia del soldador provisional que desea autorización definitiva; el resultado será aprobatorio si cuando más tres (3) del mínimo de cincuenta (50) de las soldaduras evaluadas, resultan con defectos leves pero; siempre que el cien por ciento (100 %) sean aceptables.

**6.1.4.6** Al ser aprobatorios los resultados se le comunicarán directamente al interesado con copia a la empresa o dependencia solicitante, otorgándole la constancia formal que acredite estar autorizado definitivamente para efectuar trabajos de soldaduras en rieles, la que tendrá validez únicamente dentro del ámbito de la obra para la cual fue solicitada, siempre que dicha persona no haya interrumpido este tipo de actividades por más de seis (6) meses ni haya causado baja en el concesionario, dependencia o empresa que solicitó la autorización.

**6.1.4.7** Todo el personal que ejecute trabajos de soldadura en rieles, deben de contar tanto con su autorización vigente, como con la aprobación de materiales, equipos y herramientas y presentarlas cuando se lo soliciten los inspectores del concesionario; de lo contrario, no podrá efectuar este tipo de trabajos.

**6.1.4.8** Los errores técnicos, omisiones, faltas a las condiciones de trabajo de los soldadores, repercuten en forma muy importante en la calidad de este tipo de obras, por lo cual al ocurrir éstos, la inspección del concesionario formulará los reportes correspondientes y dado el caso suspenderá la autorización, bien sea con opción a solicitar refrendo o la cancelará debidamente, avisándole oficialmente al constructor o empresa que ejecuta los trabajos.

#### **6.1.5 Preparación de la junta.**

**6.1.5.1** Una vez que han sido acondicionados los extremos de los rieles a soldar, en lo que se refiere a la limpieza, eliminación de agujeros, fisuras y ajuste de alineamientos, como se describe en el inciso 5.3.3, numeral 5 de esta Norma, se procede a colocarlos en posición para iniciar el procedimiento de soldadura, para lo cual se debe observar lo siguiente:

- a) Para la alineación de los rieles que forman la junta, bien sea que estén colocados sobre bloques de madera o en los durmientes, se deben utilizar dispositivos mecánicos para alineamiento rápido y preciso. Cuando se trate de rieles sujetos a durmientes, se deben aflojar las fijaciones en cuando menos seis durmientes a cada lado de la junta y se volverán a apretar no antes de cuarenta (40) minutos después de efectuada la soldadura.
- b) Los extremos deben quedar perfectamente alineados en plano horizontal y por el lado interior del hongo, lo cual se verificará colocando en dicho lado, centrada en la junta, una regla metálica de un (1) metro de longitud, adosada quince (15) milímetros debajo de la superficie de rodamiento, sin registrarse deflexión alguna.

- c) En cuanto al alineamiento vertical, ambos extremos de los rieles en la junta deben ajustarse simétricamente apuntando algo hacia arriba para formar una contraflecha máxima de uno punto cinco (1.5) milímetros, medida con calibrador y una regla metálica de un (1) metro de longitud, apoyada sobre la superficie de rodamiento en el hongo con su centro en el plano medio de la junta. Esta elevación es necesaria para comprobar la deformación al enfriarse la soldadura y deberá evaluarse frecuentemente este efecto para hacer los ajustes necesarios y lograr que las uniones soldadas ya terminadas, se hagan colineales a los rieles que conectan y con las deflexiones tolerables indicadas en el subinciso 7.1.1.1.

**6.1.5.2** Durante la preparación de la junta se deben tomar las siguientes precauciones:

- a) Cuando autorice el representante del concesionario efectuar cortes con soplete, al terminar éstos, se limpiará limando la cara del corte y se efectuará inmediatamente después la soldadura.
- b) En las operaciones de alineación, se deben evitar golpes o choques que puedan dañar principalmente los patines de los rieles, por lo cual al efectuarla no se permite el uso de herramientas como marros, martillos, cuñas de acero y herramientas similares.
- c) Los trabajos de mantenimiento en vía activa, se efectuarán tratando de evitar hasta donde sea posible la dilatación o contracción rápida de los rieles, a menos que pueda controlarse con mecanismos adecuados que los mantenga en posición con el espaciamiento de la junta.

**6.1.6** Ejecución.

**6.1.6.1** La iniciación de esta parte del procedimiento, se lleva a cabo hasta que han sido atendidos los conceptos básicos contenidos en el numeral 5 y efectuada la preparación de la junta como se describe en el inciso 6.1.5 numeral 6 de esta Norma. Se realiza de acuerdo con lo siguiente:

- a) La colocación del molde sobre ambos extremos de los rieles a soldar, se debe hacer centrándolo perfectamente en el espacio dejado entre ellos para la soldadura; de tal manera que el plano medio de ésta coincida con el plano transversal de simetría del molde, después de lo cual se procederá al sellado de la zona de contacto entre el molde y el riel, con la pasta refractaria correspondiente. Esta operación se debe llevar a cabo apegándose estrictamente a las instrucciones proporcionadas por el fabricante de moldes para soldadura; así también, es imperativo contar con todos los elementos y accesorios para el montaje del molde, vaciado y eliminación de impurezas como está previsto en esta Norma. Se deben tener las precauciones de verificar, antes de colocar el molde que, no haya obstrucciones en sus orificios de colado y de salida de los gases, ni residuos de pasta en la cámara de colado, en igual forma, se debe comprobar la correcta posición del molde después del procedimiento.
- b) Durante la preparación del crisol, debe ponerse especial atención de limpiarlo, fijarlo perfectamente en el forro metálico y, en su caso, colocarle la boquilla de magnesita que sirve de soporte al clavo de obturación; el sellado de éste, se hará de acuerdo con instrucciones del fabricante y para el objeto se utilizará el total de magnesita que se incluye en la porción de soldadura, previa verificación de que se encuentra en buen estado. Bien sea que se trate de crisol nuevo o usado, una vez que se ha montado se verifica que esté seco y de lo contrario, se le debe eliminar la humedad inclusive de la boquilla y arcilla selladora, utilizando para ello, el calentador durante un mínimo de seis (6) minutos; después de lo cual se revisa su funcionamiento y la colocación del clavo de obturación, para que quede cubierto perfectamente con el material refractario previsto para el objeto. Previa autorización del organismo que tiene a su cargo la obra, se podrán utilizar crisoles con dispositivo auténtico para el destapado, así también, el efectuar algún precalentamiento con el uso de coladas preliminares.
- c) El precalentamiento de los extremos de los rieles por soldar, se lleva a cabo para completar la preparación de la junta y debe ser el suficiente para lograr mayor uniformidad en la temperatura, mediante esta operación también, se mantendrán secas la cámara de reacción y la pasta de sellado; al respecto la temperatura de los extremos a soldar se elevará hasta novecientos grados centígrados (900 °C) aproximadamente, correspondiendo a una coloración de rojo cereza claro en el patín y alma, así como rojo cereza sombreado en el hongo. El precalentamiento se debe efectuar utilizando equipo aprobado, la zona precalentada debe quedar perfectamente repartida respecto al plano de simetría de los rieles y al plano medio del espacio entre los extremos de los mismos. La flama producida por el soplete debe ser reductora, de coloración azul, con longitud adecuada para que sobresalga alrededor de quince (15) centímetros de las chimeneas del molde sin que lo deteriore; en ningún momento aparecerá la flama a través de las juntas de los moldes ni tendrá efectos de oxidación en el material del riel.

Se debe tener especial cuidado al apreciar la temperatura de precalentamiento por la coloración que toman los rieles en las siguientes circunstancias: a través de los elementos de protección visual, en los túneles y cuando cambian condiciones de iluminación, se podrá controlar prácticamente por el tiempo que dure. Debe evitarse el enfriamiento rápido de las juntas recién soldadas, protegiéndolas

en esta etapa contra efectos de lluvia, vientos y otros factores casuales que afecten el enfriamiento normal.

- d) Durante la operación de precalentamiento, el crisol preparado y perfectamente obturado, se deberá mantener limpio y seco para que en estas condiciones se vierta la porción aluminotérmica previamente identificada, homogeneizada y verificado su buen estado de conservación.
- e) El crisol cargado, se colocará en el soporte apeándose en todas las instrucciones del fabricante de la porción y al haberse alcanzado la temperatura de precalentamiento en la junta, inmediatamente se colocará en posición de vaciado centrándolo, debiendo quedar en forma de crisol aproximadamente treinta y cinco (35) milímetros de la parte superior del molde.
- f) Para iniciar la reacción exotérmica se introduce totalmente en la porción una luz de bengala encendida, con lo que se iniciará la reacción química con gran desprendimiento de calor que produce acero fundido y escoria que sobrenada. Cuando se trate de crisoles con descarga manual, ésta no debe efectuarse hasta que la reacción termine y la escoria o residuos se haya separado del metal de aportación, cuando esta operación de que la escoria no caiga dentro del molde; se vigilará cuidadosamente el término de la reacción, manifestada por la salida de humos y la vibración en el crisol, en relación con las indicaciones respectivas de tiempo por parte del fabricante, y oportunamente se accionará el clavo de obturación iniciando el vaciado al molde.

**6.1.6.2** Tomando en cuenta que el periodo que transcurre inmediatamente después del vaciado, es sustancial para lograr soldaduras de buena calidad se deberá atender lo siguiente:

- a) Durante los primeros tres (3) minutos después de efectuado el vaciado de la soldadura, los rieles no deben tener ninguna clase de vibración ni movimiento; transcurrido este periodo y el lapso recomendado por el fabricante de la carga utilizada, se retira el recipiente de escoria y el molde, empezando primero por la parte que cubre la banda de rodamiento y las caras del hongo, lo cual en términos generales se efectuará después de dejar enfriar la soldadura durante aproximadamente cuatro (4) minutos dependiendo del medio ambiente.
- b) Enseguida se debe quitar el exceso de soldadura, cuidando de dejar sobre el hongo, un reborde de cero punto cinco a uno punto cero (0.5 a 1.0) milímetros en el caso de hacer la eliminación con tajadera o herramienta similar aprobada, se deben controlar los golpes en sentido longitudinal del riel, para evitar daños en la unión soldada; perfectamente este exceso de metal debe ser separado por corte con equipo mecánico. Para la terminación de esta etapa, se deberán cortar las partes restantes de las toberas y se limpiará perfectamente el cordón y el resalto inferior del patín de partículas de acero; en el caso de haberse utilizado tensores para el alineamiento, éstos se mantendrán en posición durante veinte (20) minutos como mínimo después de terminada la colada.

**6.1.7** Terminada la ejecución de la soldadura de los rieles como se describe en el inciso 6.1.6 de este Capítulo, se deben efectuar las operaciones necesarias para adaptar y restituir en la zona afectada, el perfil del hongo del riel de acuerdo con su sección original, lo cual se llevará a cabo básicamente mediante dos etapas de esmerilado como sigue:

**6.1.7.1** Esmerilado de desbaste, mediante el cual se deben rebajar los rebordes de soldadura que permanezcan después del corte de la mazarota, el que se debe iniciar cuarenta y cinco (45) minutos después de dicho corte.

**6.1.7.2** Esmerilado de terminación, mediante el cual se debe lograr en forma lo más perfecta posible, la uniformidad y continuidad de la superficie de rodamiento y cara activa en el hongo del riel. Esta etapa se realiza a la temperatura ambiente y tratándose de vía en servicio, las cuñas de alineamiento se habrán removido previamente y el riel se encontrará completo y correctamente sujeto en su nivelación y alineamiento especificado en el proyecto, o establecido por el Organismo a cargo de la obra; cuando se trata de trabajo en planta o riel a lo largo de la vía, se conservarán las cuñas de alineamiento durante estas operaciones y se retirarán al terminarlas. Los resultados de soldadura, rebaba y otras imperfecciones, deben ser esmeriladas y eliminadas las aristas vivas, pero esta operación no debe extenderse a más de veinte (20) centímetros a cada lado del plano medio de la junta soldada.

**6.1.7.3** El trabajo de esmerilado se debe llevar a cabo con el equipo y el personal capacitado, previamente aprobados por el concesionario, en el caso de cometerse errores significativos de operación de procedimiento como el sobrecalentamiento detectado por la apariencia de pavonado de la zona afectada, la soldadura será rechazada y debe reemplazarse de inmediato por el constructor o encargado de realizar los trabajos.

**6.1.8** Control durante la ejecución e identificación de la soldadura

**6.1.8.1** Durante la ejecución de los trabajos de soldadura, el constructor o empresa encargada de realizarlos, llevará un control de calidad y además tendrá en cada frente de trabajo un supervisor idóneo, quien deberá conocer perfectamente los detalles de los proyectos, normas, manuales, instructivos, así como las recomendaciones del fabricante de los insumos y llevará el registro al día de las soldaduras que cada soldador a su cargo realiza, incluyendo los datos más significativos de sus etapas de ejecución; en caso de irregularidades, las reportará oportunamente al inspector del concesionario, a fin de que se tomen las medidas correctivas que procedan.

**6.1.8.2** Las soldaduras terminadas y aceptadas deben marcarse como sigue: con caracteres de troquel en la cara exterior del hongo del riel, a una distancia no mayor de treinta (30) centímetros, el número de registro del soldador y logotipo del constructor o empresa encargada de ejecutar los trabajos.

**6.1.8.3** La soldadura terminada que manifieste errores visibles o deficiencias francas en su calidad que la cataloguen como inaceptable de acuerdo con lo descrito en el inciso 7.1.2 Capítulo 7 de esta Norma, se debe marcar para ser sustituida.

**6.1.8.4** El paso de trenes sobre vía con soldaduras recién ejecutadas, queda prohibido y no se debe permitir hasta en tanto no hayan transcurrido como mínimo cuarenta (40) minutos después de terminada la colada más reciente.

## **6.2 Soldadura eléctrica de rieles por presión a tope**

**6.2.1** La unión de rieles soldados a presión o a tope por el procedimiento de electrorresistencia, se debe basar fundamentalmente en el efecto evaluado por la ley de Joule, utilizando el calor generado por la resistencia y choque de electrones al pasar por los extremos de los rieles, corriente eléctrica controlada y regulando el calentamiento mediante contactos sucesivos de dichos extremos, los lleva hasta su función local y reblandecimiento, en cuyas condiciones se deben presionar de punta, colinealmente hasta lograr la incrustación y recalado de la junta.

**6.2.2** La variante del procedimiento que debe aplicarse, es aquella cuya temperatura para soldar se obtiene primeramente por precalentamiento mediante toques o contactos leves de los extremos de los rieles, seguidos de un contacto a presión débil, bajo tensión eléctrica que permita alcanzar rápidamente la temperatura de fusión con desprendimiento de partículas incandescentes y formación de una delgada capa de metal líquido en el momento de efectuar la soldadura.

**6.2.3** Los aspectos básicos de integración y funcionalidad para los grupos de mecanismos con que debe integrarse la planta soldadora, deben ser de acuerdo con lo siguiente:

**6.2.3.1** Las instalaciones que constituyen la planta soldadora, contarán cuando menos con los siguientes elementos:

- a) Entrega de corriente trifásica del orden de catorce mil (14,000) voltios y una subestación reductora con capacidad mínima de setecientos cincuenta (750) kilovatios, para abatir la tensión a cuatrocientos (400) voltios, aproximadamente.
- b) Instalaciones viales de aprovisionamiento constituidas esencialmente por una conexión a la vía férrea principal, vías de abastecimiento de riel, de servicio y de la salida de rieles soldados.
- c) Área para instalaciones y almacenamiento constituida por un terreno con dimensiones no menores de seiscientos (600) metros de largo por sesenta (60) metros de ancho, dependiendo de la capacidad de producción integrado con las instalaciones viales.
- d) Para la alimentación de la cadena de producción, se contará cuando menos con una grúa o cargador móvil con extensión y balancín, montada sobre sistemas de suspensión y traslado sobre rieles, la cual tendrá una plataforma acoplada.
- e) Para el manejo del riel en las instalaciones, se tendrá una mesa de transferencia con almacenamiento adecuado a la capacidad y tipo de producción y una transportadora motorizada para el traslado longitudinal en la línea de trabajo.
- f) Un jalador empujador provisto tanto de rodillos motores como de apoyo, con capacidad suficiente para mover en ambos sentidos barras de riel hasta de sesenta y siete punto cuarenta y nueve (67.49) kilogramos por metro, designación ciento treinta y seis (136) entre la unidad soldadora y las plataformas que las transportan.
- g) La máquina de soldar debe estar provista de adaptaciones para soldar rieles hasta de sesenta y siete punto cuarenta y nueve (67.49) kilogramos por metro, designación ciento treinta y seis (136), debiendo estar integrada con un transformador de soldado de cuando menos cuatrocientos (400) kilovatios, para corriente de cuatrocientos ochenta (480) voltios y sesenta (60) hertzios control electrónico, cilindro de impacto y sujetadores hidráulicos del riel, tanto para posición horizontal como para posición vertical, con operación individual y provistos de volante para su manejo; además contará con cuchillas de corte o desbaste para los calibres de riel que se citan en este apartado, así como sistemas hidráulicos, neumático y de refrigeración para los mecanismos de la planta.
- h) Máquinas y accesorios para esmerilado con guía de operación para la banda de rodamiento, también esmeriladoras para desbaste y acabado de soldaduras para el patín y alma.
- i) Sistema ajustable de prensas o gatos hidráulicos para rectificar los desalineamientos vertical y horizontal por soldadura en las barras largas de rieles.
- j) Equipo de verificación por métodos indirectos, para evaluación de la sanidad de la soldadura provisto de registro con graficador.

**6.2.3.2** El funcionamiento y operatividad de las instalaciones y mecanismos, deben ser verificados antes de iniciar la soldadura de rieles, a fin de que el Organismo pueda autorizar, si procede, la utilización de la planta soldadora, sin que la observación de este requisito, reste responsabilidad al constructor, quien al respecto atenderá lo siguiente:

- a) Oportunamente presentará al Organismo, información que contenga los datos básicos descriptivos del procedimiento, sistemas de operación, capacidad en cuanto a tipo de riel, volumen de producción y otros aspectos que le permitan juzgar las condiciones y efectividad de la instalación para soldadura de rieles.
- b) Considerando que la planta soldadora funciona en su mayor parte programada o en forma semiautomática, se tomarán únicamente para fines de referencia y previamente a la realización de las soldaduras de prueba y control de operación, los siguientes registros de tiempo en segundos correspondientes a: precalentamiento, contacto a presión, contacto sin presión, interrupción por separación de piezas y números de impulsos; así también en cuanto a la operación de la soldadura, tiempo de chisporroteo, recalado, corriente después del recalado, retorno del cabezal móvil o terminación del proceso.
- c) Para las verificaciones de operación y funcionamiento al poner en marcha la instalación, se tomarán en forma aleatoria tres (3) especímenes a los cuales se les efectuará primeramente la prueba de dureza Brinell y a continuación se les efectuará la de flexión hasta la ruptura, llevando a cabo finalmente en cada muestra, un análisis macroscópico para determinar su sanidad interna. Las muestras ensayadas, deberán pasar todas las pruebas y los requisitos establecidos en el numeral 7 de esta Norma, para que se pueda iniciar la producción, de lo contrario se harán en las instalaciones los ajustes necesarios para corregir defectos detectados y se repetirá el muestreo y ensayo de verificación, hasta que se cumplan los requisitos de calidad para soldaduras aquí señalados, así como los establecidos en el numeral 7 de esta Norma, después de lo cual se ratificará y registrarán los datos básicos de operación citados en el apartado b) de este subinciso.

**6.2.4** A partir de la recepción en planta de los rieles por soldar, éstos serán identificados y clasificados para acomodarlos en estibas, de donde se alimentará la mesa de transferencia, de acuerdo con el proyecto y/o programa de ejecución que definirá el tipo, número de rieles por tira, orden de colocación, y se iniciará un proceso de soldadura a partir de la corrección de defectos que presenten de acuerdo con lo descrito en el numeral 7 de esta Norma. Para su manejo y movilización se utilizará el equipo adecuado, el que en su caso será previamente aprobado por el Organismo.

**6.2.5** La preparación de los rieles y sus extremos se llevará a cabo para que cumplan lo descrito en el subinciso 5.3.3.3, Capítulo 5 de esta Norma; éstas operaciones deberán efectuarse en la mesa o mesas de transferencia y/o al principio de la línea de trabajo, y realizarse inmediatamente antes de iniciar la soldadura.

#### **6.2.6 Ejecución**

**6.2.6.1** Antes de introducir el riel preparado a la máquina soldadora, las áreas de contacto de las mordazas de corriente, deberán limpiarse cepillándolas hasta lograr brillo metálico, así también a las mordazas de sujeción se les eliminarán las salpicaduras de soldadura y otros residuos, repitiendo esta operación cuando menos al iniciar cada turno de trabajo.

**6.2.6.2** El montaje, centrado y alineamiento de los rieles en la máquina soldadora deberá efectuarse de tal forma que sus secciones frontales coincidan totalmente y se cumplan con los requisitos geométricos establecidos en el subinciso 5.3.2.3, Capítulo 5 de esta Norma.

**6.2.6.3** Se deberá llevar a cabo un precalentamiento de los extremos de los rieles hasta una temperatura de ochocientos (800) grados centígrados bajo condiciones de duración o número de contactos previamente establecido y comprobada su eficiencia mediante las muestras de prueba que se citan en el subinciso 6.2.3.2 de este Capítulo.

**6.2.6.4** La formación del arco eléctrico con desprendimiento de partículas incandescentes, debe ser la adecuada para que los extremos de los rieles alcancen la temperatura de mil cien grados centígrados (1100°C), se logre que el acero de las puntas adquiera un estado plástico moldeable, se eliminen las impurezas y se mantengan entre las puntas condiciones que propicien el instrumento sin inclusión de burbujas u otros materiales extraños. Esta parte del procedimiento será verificada en su condición final, mediante las pruebas indicadas en el subinciso 6.2.3.2 de este Capítulo.

**6.2.6.5** Las operaciones de incrustamiento y recalado, se deberán llevar a cabo en el instante final de la formación del arco o chisporroteo y se harán con la duración e intensidad de fuerza suficiente para lograr que los dos rieles queden integrados formando una sola pieza, con un reborde en la unión.

**6.2.6.6** El reborde sobrante en la unión soldada después del recalado, deberá ser eliminado de inmediato y en caliente, utilizando una cortadora provista de una cuchilla que tenga el perfil correspondiente al calibre y tipo de riel soldado, la cual dejará en la junta un reborde remanente con altura comprendida entre cero punto cuatro y cero punto ocho (0.4 y 0.8) milímetros, el que será esmerilado antes de que se enfríe la soldadura.

**6.2.6.7** Una vez eliminado el reborde sobrante de la soldadura como se indica en el subinciso 6.2.6.6 anterior, se aplicará el proceso de esmerilado de toda la unión soldada, excepto en el alma, hasta lograr renacer al máximo la sección original con su acabado.

Debe evitarse efectuar estas operaciones entre los cuatrocientos y doscientos grados centígrados (400 y 200°C) y no propiciar el pavonado del metal.

**6.2.6.8** Después de realizado el corte del reborde en la junta soldada, se verifican los alineamientos de los tramos de los rieles que une y en caso de presentarse desalineamiento, éste se debe corregir durante el enfriamiento, cuando la temperatura de la junta se encuentre de seiscientos a cuatrocientos grados centígrados (600 a 400°C) o bien cuando haya bajado de doscientos grados centígrados (200°C); para el objeto se utilizará el sistema de prensa o gatos hidráulicos citados en el apartado (i) del subinciso 6.2.3.1 de esta Norma, hasta lograr que se cumpla con el contenido del subinciso 7.1.1.1 de la misma. No debe llevarse a cabo la rectificación de desalineamiento, cuando la temperatura de la junta respectiva se encuentre entre cuatrocientos y doscientos grados centígrados (400 y 200°C), temperaturas entre las cuales se propician deformaciones plásticas.

**6.2.6.9** Recomendaciones generales

- a) Deberá evitarse el precalentamiento excesivo que afecta con temperatura elevada, una profundidad considerable de los extremos de los rieles a uno y otro lado de la junta, preparando innecesariamente un mayor espesor de metal que al contraerse por solidificación genera microporosidad sumamente perjudicial.
- b) Durante la etapa final de calentamiento de las caras de los rieles por soldar, se procurará que el control del procedimiento sea el adecuado para propiciar la eliminación de los productos de oxidación que se generan, y que al quedar atrapados en la junta, obstruyen la liga íntima del metal, disminuyendo significativamente la resistencia de la unión.
- c) Se deben evitar deficiencias de presión en el incrustamiento de las puntas de los rieles, por lo cual, siempre se dará la suficiente presión para no propiciar se presente microporosidad y eliminar al máximo los productos de oxidación remanentes en el metal de la soldadura.

**6.2.7** Control durante la ejecución e identificación de la soldadura.

**6.2.7.1** A todas las uniones soldadas, se les efectuará la prueba de las partículas magnéticas como se describe en el Apéndice A de esta Norma, y serán rechazadas las soldaduras que no la pasen; además, tampoco se aceptarán las uniones que presenten quemaduras por las mordazas de corriente o evidencias claras de la eliminación del metal, por dichas quemaduras.

**6.2.7.2** La soldadura deberá ser forjada hasta sobrepasar la deformación plástica con un incrustamiento de las puntas de cuando menos trece (13) milímetros, siendo el estándar de dieciséis (16) milímetros.

**6.2.7.3** En el caso de fallas o interrupciones de corriente eléctrica, la unión que esté en proceso de soldado, con su incrustamiento incompleto, se debe recolocar en las mordazas y previo recorte de las cabezas de los rieles se repetirá el procedimiento.

**6.2.7.4** El esmerilado de la junta, deberá efectuarse en caliente inmediatamente después de la soldadura y cuando se lleve a cabo a la temperatura ambiente, se tomarán las precauciones necesarias para evitar quemaduras con el esmeril y alteraciones metalúrgicas del material que a veces se manifiestan por pavonado.

**6.2.7.5** Cuando autorice el Organismo se efectúen cortes con soplete en los extremos de los rieles y no se puedan soldar antes de quince (15) minutos de efectuados, se deben volver a preparar, eliminando una sección de quince (15) centímetros inmediatamente antes de soldarlos.

**6.2.7.6** Se debe llevar un registro diario de los principales parámetros de operación de la planta en cada turno de trabajo y revisar la calibración de los mecanismos básicos de operación.

**6.2.7.7** Una vez terminado el proceso en la máquina soldadora, efectuada de las operaciones de restitución de la sección con su acabado y corregidos los desalineamientos, se debe verificar el registro y autocontrol del proceso de soldadura que efectúa el graficador para detectar discrepancias en el proceso que pudieran repercutir en deficiencias de calidad; en esta forma al presentarse irregularidades además de formular los reportes correspondientes, se debe constatar que se han tomado las medidas correctivas adecuadas y hacer las verificaciones que procedan de acuerdo con el Capítulo 7 de esta Norma.

**6.2.7.8** Las soldaduras terminadas y aceptadas se deben marcar de acuerdo con lo descrito en el subinciso 6.1.8.2 del Capítulo 6 de esta Norma.

**7. Requisitos que se deben cumplir en las soldaduras terminadas**

**7.1** Los trabajos de soldadura efectuados en vía activa, fuera de vía en el campo o en la planta de producción, bien sea que se trate de rieles nuevos o usados a los que se les hayan recortado sus extremos, deben satisfacer además de los conceptos generales y de los específicos del procedimiento descritos en los Capítulos 5 y 6 respectivamente, de esta Norma, los que se incluyen en este Capítulo 7.

**7.1.1** Las soldaduras no deben presentar ninguna clase de defectos externos ni de acabado y sólo se permiten tolerancias en algunos de los conceptos reglamentados en esta Norma; no obstante, éstas se toman en cuenta al calificar la soldadura para fines de control y garantía.

**7.1.1.1** Respecto a las verificaciones geométricas de alineamientos, en las uniones soldadas se tienen las siguientes tolerancias determinadas con regla metálica de un (1) metro de longitud.

- a) En la banda de rodamiento se permite una contraflecha de cero punto ocho (0.8) milímetros como máximo respecto a extremo libre de la regla, la cual deberá apoyarse en la mitad de la longitud sobre la superficie superior del hongo. No se permite ninguna deformación con flecha al centro de la regla (Figuras 2a y 2b).
- b) En la cara activa del hongo se acepta una flecha o contraflecha máxima de uno punto cero (1.0) milímetros, en proyección horizontal, medida en el extremo de la regla que estará colocada longitudinalmente en la cara activa del hongo con sus extremos equidistantes del plano medio de la soldadura (Figura 2c).

**7.1.1.2** Para la identificación y evaluación de los defectos, se limpiarán mediante cepillado y examinarán las soldaduras estando prohibido hacerles cualquier clase de reparación por reacondicionamiento, por lo cual en caso de efectuarles estos últimos serán rechazadas, independientemente de que el Organismo cancele la autorización al soldador y aplique la sanción administrativa que proceda.

**7.1.1.3** En las soldaduras limpias, su acabado será de tal manera satisfactorio que a simple vista no se les puedan apreciar irregularidades no tolerables como:

- a) Separación en la unión del material fundido de aportación y el material base o bien, entre los extremos de los rieles a tope por acumulación de impurezas y material oxidado; tampoco presentarán por oxidar fisuras, deformaciones por excesivo precalentamiento, oquedades ni superficies ásperas o desiguales.
- b) Escasez de material de aportación, acoplamiento irregular, depósitos de material fundido, cavidades por fallas de presión a tope ni huellas de las herramientas de desbaste.
- c) Deformaciones o irregularidades en el resalto de la soldadura, rebabas, incrustaciones ni exceso de esmerilado.

#### **7.1.2** Prevenciones al presentarse soldaduras defectuosas

**7.1.2.1** Cuando se trate de soldaduras en vía activa y se rechace alguna por defectuosa, ésta debe ser sustituida colocando un injerto de las mismas características geométricas y metalúrgicas que las del riel original, con longitud mínima de cuatro (4) metros cortando la soldadura defectuosa de tal forma que elimine un mínimo de diez (10) centímetros a uno y otro lado de ésta. Para la colocación del injerto, se efectuarán, pero no al mismo tiempo, dos (2) soldaduras de acuerdo con los procedimientos y tolerancias que se estipulan en esta Norma. La sustitución por la llamada soldadura de cala ancha, no mayor de cincuenta (50) milímetros sólo se podrá hacer cuando el Organismo responsable de la obra autorice el procedimiento, el cual previamente será verificado para que en las secciones de los rieles contiguos a la soldadura no se presenten deficiencias en la resistencia por los calentamientos sucesivos o sobrecalentamientos. Además el inspector o representante técnico del Organismo verificará los cambios o ajustes que el constructor o empresa que ejecuta los trabajos pondrá de inmediato en práctica para evitar que se presenten anomalías en la soldadura y de no lograrlo, el Organismo pedirá la sustitución o suspensión respecto a: materiales, procedimiento y/o soldador, lo que sea necesario para lograr que se cumpla con esta Norma.

**7.1.2.2** En el caso de soldaduras defectuosas hechas en taller o en riel fuera de vía, la sustitución de soldaduras rechazadas podrá hacerse eliminando diez (10) centímetros de cada riel a uno y otro lado de la junta cuando se trate de soldadura aluminotérmica o bien de dos a tres (2 a 3) centímetros en el caso de soldadura por electrorresistencia, y repitiendo el procedimiento respectivo (retopando los rieles).

#### **7.2** Verificaciones con equipo especial que deben satisfacer las uniones soldadas de rieles.

**7.2.1** En el caso de soldaduras con metal de aportación como la aluminotérmica y en apoyo de la revisión visual cuando se presenten defectos que aun cuando no ameritaran el rechazo de la soldadura disminuyan la seguridad, se procede como sigue:

**7.2.1.1** Por cada cincuenta (50) soldaduras o menor cantidad que hayan sido terminadas, se les efectuará en la banda de rodamiento del riel, una evaluación de dureza Brinell HB 10/3000/30 bola de diez (10) milímetros de diámetro, carga de tres mil (3000) kilogramos durante un tiempo de treinta (30) segundos como se indica a continuación: se efectúan tres (3) determinaciones en puntos ubicados sobre el plano medio de la soldadura y cuatro (4) determinaciones más ubicadas sobre la banda de rodamiento como se ilustra en la Figura 3; la diferencia entre la media aritmética de las tres (3) primeras determinaciones y la media de las cuatro (4) últimas, debe quedar comprendida entre más cinco y más cincuenta (+5 y +50) Brinell. De no ser así se efectúan en tres (3) soldaduras más evaluaciones similares a la descrita, en las cuales se debe cumplir el requisito aquí establecido. Si estas nuevas evaluaciones tampoco cumplen, se obtendrán dos (2) muestras de uno punto cincuenta (1.50) metros de longitud aproximadamente, teniendo una soldadura al centro cada una de dichas muestras, a las que se les efectuará un estudio que consiste en: una prueba de flexión y un análisis macrográfico, los cuales se desarrollarán conforme a los procedimientos descritos en el Apéndice A de esta Norma y de acuerdo con los resultados obtenidos se aceptará o rechazará el tramo de vía con las uniones soldadas que se están evaluando. Cada una de las muestras obtenidas será sustituida por un injerto de cuatro (4) metros de longitud mínima, de acuerdo con lo descrito en el inciso 7.1.2 Capítulo 7 de esta Norma, siendo

los gastos de este estudio y de la sustitución en caso de que se ratifiquen los defectos, por cuenta del constructor o empresa que tiene a su cargo la ejecución de los trabajos.

#### 7.2.1.2 Sanidad de las uniones soldadas

- a) En el caso de presentarse pequeñas irregularidades y se requieran algunas evaluaciones más, se podrá efectuar a las soldaduras la prueba de sanidad interna mediante el procedimiento de ultrasonido como se cita en el Apéndice A de esta Norma, en cuyo caso cualquier defecto de discontinuidad en el hongo no deberá exceder de cuatro (4) milímetros y no se permite ningún defecto en el alma ni el patín del riel, por lo que al haberlos se rechaza la soldadura.
- b) En las soldaduras que el sistema de ultrasonido registre uniones con defectos no tolerables y el Organismo requiera corroborar los resultados, se realizará un estudio radiográfico, que será por cuenta de la empresa encargada de ejecutar los trabajos siempre que se ratifiquen las irregularidades independientemente de que el tramo en estudio se reporte con defectos no tolerables; en este caso el Organismo, determinará el criterio de reposición, control y garantía que se aplique al tramo de vía en estudio.
- c) A criterio del Organismo responsable de la realización de la obra, se podrán efectuar estudios de verificación total de las uniones soldadas o bien de algunas de sus características por los procedimientos que se citan en el Apéndice A de esta Norma, pudiendo ser: determinaciones aisladas en un tramo o bien, estudios por tramos específicos, como se requiera, de acuerdo con los antecedentes de calidad de las soldaduras efectuadas; en todos los casos, los resultados de estos estudios deben ser aprobatorios, de lo contrario el constructor o empresa que tiene a su cargo los trabajos de soldadura, cubrirá el importe correspondiente del estudio, en este caso el tramo se reportará con defectos no tolerables, debiéndose ajustar al criterio descrito en el párrafo b) del subinciso 7.2.1.2 de esta Norma.

**7.2.2** Cuando se trate de uniones soldadas efectuadas en taller o bien en plantas equipadas con registradores automáticos o graficadores de continuidad de la soldadura, dichos registros siempre corroborarán la buena calidad de estos trabajos, el constructor o encargado de ejecutarlos procederá a eliminar las uniones defectuosas mediante corte para reponerlas de acuerdo con lo indicado en el subinciso 7.1.2.2 Capítulo 7 de esta Norma, repitiendo en la nueva preparación de la junta el procedimiento descrito en la cláusula 6.2 de la misma. Además se deberán efectuar los ajustes en los procedimientos y/o mecanismos y en su caso, cambios en los operadores, para rehacer el trabajo sin que se repitan las irregularidades.

### APENDICE ``A``

#### Muestreo y Pruebas en Soldadura de Rieles

**A 1** En este apéndice se trata lo referente al muestreo y pruebas de laboratorio que se efectúan para verificar la calidad de los materiales para soldadura, así como la eficiencia tanto de los procedimientos aplicados, como de las uniones de riel soldadas, cuyos requisitos básicos se establecen en esta Norma.

**A 2** En el caso de materiales para soldadura, las pruebas de laboratorio no se les aplicarán directamente, sino que se evaluará su calidad, así como los procedimientos utilizados, mediante uniones soldadas realizadas con ellos para este efecto, ya sea con el procedimiento aluminotérmico o con el eléctrico, siendo dichas uniones a las que se les aplican los métodos de prueba. Cuando se trate de muestras de uniones soldadas existentes en vía o planta de producción, éstas se probarán para complementar las verificaciones de calidad por inspección visual o por métodos indirectos, por lo que los estudios se realizarán correlacionados con las verificaciones citadas y siguiendo los criterios, así como los métodos de muestreo y pruebas que se describen en este Apéndice, pero fundamentalmente al hacer determinaciones se tomará en cuenta que los materiales, procedimientos y equipos deben ser verificados y, en su caso, aprobados oportunamente antes de iniciar la ejecución de las soldaduras.

**A 3** Para el muestreo de materiales y de las uniones soldadas se tomará en cuenta lo siguiente:

**A 3.1** El muestreo de los materiales para soldadura aluminotérmica se hará básicamente en la fábrica, cuando ya se tengan dispuestos para la obra y en algunos casos especiales en el campo, para la verificación eventual de las condiciones en que se encuentran. La muestra debe incluir tanto la porción aluminotérmica como los moldes y materiales complementarios que se utilicen para efectuar la colada de la soldadura.

**A 3.1.1** El muestreo en fábrica de los materiales para soldadura se debe llevar a cabo tomando en cuenta lo que se indica a continuación:

**A 3.1.1.1** El representante del Organismo proporcionará los datos de la remesa de material, lugar y fecha, así como la autorización del fabricante para realizar el muestreo.

**A 3.1.1.2** En la fábrica se procede a la inspección e identificación de los lotes de porciones de soldadura destinados para la obra, cuyas características deben corresponder al tipo y calibre de riel por soldar.

**A 3.1.1.3** Una vez identificados los lotes, éstos se deben marcar para su control y seguimiento.

**A 3.1.1.4** De diferentes paquetes de los que integra la remesa, se tomarán al azar muestras de acuerdo con la cantidad total de porciones que la forman, debiendo ser un mínimo de dos (2) porciones por cada mil (1000) de ellas o menor cantidad.

**A 3.1.1.5** Las muestras obtenidas se identifican, se marcan con números progresivos y se registra la fecha de muestreo, la de caducidad, obra a la que se destina, el tipo, así como el calibre del riel en que se van a usar. Se tendrá cuidado de que el envase de las porciones, esté en buen estado y tenga la identificación e indicaciones de uso correspondientes.

**A 3.1.1.6** Las muestras se protegerán colocándolas en cajas adecuadas y se transportarán de acuerdo con lo descrito en el párrafo f) del subinciso 6.1.3.1. de esta Norma y se llevarán oportunamente al laboratorio que indique el programa de estudio aprobado por el Organismo.

**A 3.1.1.7** En el caso de que el muestreo de los materiales se realice en el campo, el representante del Organismo proporcionará los antecedentes de obra, por lo que se requiere este tipo de muestreo e indicará el tramo, lugar de almacenamiento y otros condicionamientos que serán complementados con observaciones realizadas al efectuar el muestreo, información que se anexará con las muestras por estudiar.

**A 3.1.1.8** La identificación, selección de las muestras y demás aspectos del muestreo se deben realizar de acuerdo con lo descrito en los incisos A 3.1.1.3 al A 3.1.1.6 de este Apéndice.

**A 3.2** El muestreo de las uniones soldadas se debe realizar en la planta soldadora, bien sea en su taller o en el campo y también en vía, como sigue:

**A 3.2.1** El muestreo en planta soldadora se lleva a cabo principalmente para hacer verificaciones y apoyar los ajustes y afinación del procedimiento antes de iniciar la producción, también se realizará como complemento del control de calidad, o bien cuando tengan que hacerse cambios en los procedimientos, equipos o materiales.

**A 3.2.1.1** Para efectuar el muestreo de las uniones soldadas al inicio de las operaciones de la planta soldadora, se procederá como se indica a continuación:

- a) Se obtendrá para fines de referencia la información general y antecedentes de aplicación del procedimiento que se va a emplear, bien sea por electrorresistencia o el aluminotérmico, incluyendo los datos del calibre del riel que va a ser soldado, cantidad de uniones por producir, así también la fecha, el lugar y autorización del constructor para efectuar el muestreo. En el caso de soldaduras aluminotérmicas, se recabarán datos sobre la localización y nombre de la empresa encargada de los trabajos, marca y tipo de los materiales aluminotérmicos, procedimientos y variantes aplicados. Se registrará si las porciones y los accesorios para realizar la soldadura cumplieron con los requisitos de calidad establecidos en el inciso 6.1.3 de esta Norma y si están de acuerdo con el calibre de riel que indica el proyecto. Respecto a la planta soldadora por electrorresistencia se deberán obtener sus datos generales, los del control de calidad que proporcione el técnico encargado de la planta como son los registros básicos de parámetros en las etapas que caracterizan el procedimiento.
- b) El muestreo se realizará una vez que ha sido totalmente terminada la unión soldada, la cual se selecciona después de ver ejecutar varias soldaduras en forma similar; se tomará siempre la extrema en la línea de producción para evitar los injertos o reposiciones de riel por cortar soldaduras intermedias.
- c) El número de muestras será de acuerdo con lo especificado en el subinciso 6.2.3.2 de esta Norma, es decir, un mínimo de dos (2) uniones soldadas que representarán el lote o tipo de tendencia a verificar en la soldadura. Se anotará el número de soldaduras efectuadas entre las que se seleccionará la muestra.
- d) La extracción de las muestras se llevará a cabo como se describe en la cláusula A 3.3 de este Apéndice.
- e) Obtenida la muestra se procederá a identificarla, anotando los datos marcados en el alma de uno de los extremos del riel, así también la fecha del muestreo, el número progresivo de la muestra y las siglas o emblema de la planta soldadora y/o empresa que realiza los trabajos de soldadura.
- f) El transporte se hará cuidando de preservarlas de golpes que pueda provocar deformación alguna en cualquier sección de las muestras, las que se entregarán al laboratorio que se indique en el programa de estudio aprobado por el Organismo.

**A 3.2.1.2** Cuando el muestreo se lleve a cabo en la planta soldadora, para complementar el control de calidad, o bien para rectificar en especial algún lote o lotes de soldaduras de los cuales se han realizado estudios con otros procedimientos, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- a) El representante del Organismo proporcionará los datos y antecedentes de la producción que originaron llevar a cabo este muestreo complementario; información que se adicionará a los datos básicos que se citan en el inciso A 3.2.1 de este Apéndice.
- b) De acuerdo con los resultados obtenidos en la inspección visual, estudios por métodos indirectos o bien mediante los registros básicos de la planta soldadora, se definirá el muestreo en cuestión, cuyo programa deberá ser previamente aprobado por el Organismo.
- c) Se localiza el lote de uniones soldadas, se revisan, se cuentan y se marcan para diferenciarlas de las demás de la producción.

- d) Una vez localizado el lote, se seleccionan al azar y se extraen de acuerdo con lo descrito en la cláusula A 3.3 de este Apéndice, dos (2) muestras de soldadura de cada mil (1000) o menor cantidad.
- e) Las muestras extraídas deberán cumplir con lo establecido en la cláusula A 3.3 y para su identificación y traslado, se tomará en cuenta lo indicado en los párrafos e) y f) del subinciso A 3.2.1.1 ambos de este Apéndice.

**A 3.2.1.3** El muestreo de las uniones soldadas en campo o en vía se debe realizar tomando en cuenta lo siguiente:

- a) Se debe efectuar en casos especiales cuando existan dudas o se requiera verificar adicionalmente la calidad de las uniones soldadas en un tramo de vía específico, y complementar los registros y/o reportes de las inspecciones visuales u otros estudios en obra.
- b) El representante del Organismo determinará el tramo de vía en estudio o bien la ubicación y antecedentes del grupo de soldaduras por muestreadas en forma complementaria; así también proveerá los recursos necesarios y la autorización correspondiente para llevar a cabo el muestreo, señalando día, hora y tiempo disponible para la terminación y colocación del injerto o reparación de los rieles que sea necesarios para restituir la continuidad y acabado de la parte afectada por el muestreo.
- c) Una vez localizado e identificado el tramo de vía que contiene las soldaduras motivo del estudio, se determina el número de muestras en función del total de uniones soldadas, dicho número usualmente será de dos (2) uniones soldadas por cada mil (1000) o menor cantidad de soldaduras, como se indica en el subinciso 7.2.1.1 de esta Norma; pero específicamente se debe obtener el número de muestras que señale el programa de estudio aprobado por el Organismo.
- d) Determinado el número de muestras, se marcarán y se procederá a extraerlas aleatoriamente del tramo de vía en estudio, de acuerdo con lo descrito en la cláusula A 3.3 de este Apéndice.

**A 3.3** La obtención de las muestras de uniones de riel soldadas se hará tomando en cuenta lo siguiente:

**A 3.3.1** De acuerdo con el representante del Organismo o encargado de la obra, se determina la ubicación del tramo de vía, o en su caso identificará la línea de producción o lote de uniones de donde se tomará la muestra, los cuales en cualquiera de los casos, se tomarán de su respectivo ámbito en forma aleatoria.

**A 3.3.2** A menos que se trate de efectuar algún estudio en especial, la muestra no deberá acusar defectos que a simple vista motiven el rechazo de la soldadura, para no influir drásticamente con el muestreo en los resultados de las pruebas de laboratorio que se realicen; sin embargo, se procurará que sea representativa de la calidad de los trabajos efectuados en el campo o en la planta soldadora o del número de soldaduras en estudio.

**A 3.3.3** La longitud de la muestra del riel que contiene la soldadura, en el caso de pruebas de flexión, será como mínimo de ciento cincuenta (150) centímetros, debiendo tener cuidado al ubicar los cortes para la extracción, que éstos se hagan a media distancia entre dos durmientes para facilitar la colocación del injerto. De ser necesario, se harán cortes en la muestra para darle a ésta una longitud lo más cercana a ciento cincuenta (150) centímetros, con la unión soldada aproximadamente en su parte media. En los demás casos la longitud de la muestra será de treinta (30) centímetros y se tendrá el mismo cuidado al ubicar los cortes a media distancia entre dos durmientes.

**A 3.3.4** La muestra se extraerá de un riel continuo o barra soldada, utilizando preferentemente equipo mecánico, cortadora de disco abrasivo, sierra y cuando así lo autorice el Organismo, equipo de oxiacetileno; las superficies de los extremos en donde se efectúan los dos (2) cortes que delimitan la muestra, deberán quedar razonablemente planas sin asperezas para efectuar el injerto correspondiente de acuerdo con lo descrito en el subinciso 5.1.2.1 de esta Norma.

**A 3.3.5** La identificación de la muestra se lleva a cabo marcando en el alma del riel, la fecha de muestreo, ubicación y número progresivo que le corresponde.

**A 3.3.6** El transporte de las muestras al laboratorio, se efectuará tomando en cuenta lo especificado en el subinciso A 3.2.1.1 de este Apéndice.

**A 4** Las pruebas de laboratorio a las que, de acuerdo con esta Norma y según lo requiera el estudio respectivo, se someten los materiales o soldaduras terminadas: dureza Brinell, flexión a la ruptura y análisis macrográfico.

**A 4.1** La prueba de dureza Brinell se realizará de acuerdo a lo especificado en la Norma Oficial Mexicana NOM-116-1981. Determinación de la dureza Brinell en materiales metálicos; teniendo los siguientes parámetros de prueba: carga de tres mil (3000) kilogramos aplicada durante treinta (30) segundos, con balín de diez (10) milímetros de diámetro. Se determina preferentemente en la banda de rodamiento de riel como se indica en el subinciso 7.2.1.1 de esta Norma y cuando se lleve a cabo en el alma o el patín, se tomarán muestras de uniones soldadas con longitud no menor de treinta (30) centímetros, como se describe en la cláusula A 3.3 de este Apéndice. Los valores mínimos de dureza Brinell permitidos para la soldadura en el

alma y patín del riel, serán los que indique el Organismo, pero en ningún caso deben ser inferiores a los del acero del riel contiguo a las soldaduras estudiadas.

**A 4.2** Para la prueba de ruptura por flexión, en tanto se estandariza un procedimiento detallado, básicamente se debe tomar en cuenta lo siguiente:

**A 4.2.1** Se efectuará sobre muestras de uniones de riel soldadas que tengan longitud mínima de ciento cincuenta (150) centímetros, obtenidas como se indicó en el inciso A 3.3.3 de este Apéndice.

**A 4.2.2** La muestra se probará sobre apoyos libres Figura 4, con separación de mil (1000) milímetros, debiendo quedar la soldadura a la mitad de la distancia entre ambos apoyos.

**A 4.2.3** La carga se aplicará a velocidad uniforme utilizando una máquina de prueba con capacidad mínima de ciento cincuenta (150) toneladas provista de registrador gráfico de esfuerzo deformación; tendrá una apreciación no menor del uno por ciento (1%) de la carga registrada. Este equipo contará con protección adecuada contra los desplazamientos violentos de las puntas de riel en el momento de ocurrir la ruptura.

**A 4.2.4** Las cargas se registrarán en toneladas y las deflexiones en milímetros aproximando a la unidad respectiva.

**A 4.2.5** Las tolerancias en las cargas de ruptura serán fijadas por el Organismo de acuerdo con el tipo de riel y de la aleación con que está elaborado, pero en términos generales se atenderá a lo siguiente:

- Tratándose de soldadura aluminotérmica, el esfuerzo de ruptura para las uniones soldadas será el noventa por ciento (90%) del correspondiente al de los respectivos rieles, pero no se aceptarán soldaduras que en la prueba de flexión a la ruptura registren valores inferiores al setenta y cinco por ciento (75%) del esfuerzo ruptura a la flexión en los rieles soldados.

Para soldadura aluminotérmica del riel de bajo carbón y perfiles de uso más común en nuestro país, se debe cumplir con lo siguiente:

Tipo de riel Kilogramos/metro	Designación	Carga de ruptura mínima en toneladas	Deflexión total a la falla mínima en milímetros
44.66	90	65	15
49.63	100	70	15
57.045	115	95	15
67.49	138	120	15

- En uniones de riel, por el procedimiento eléctrico a tope, los esfuerzos de ruptura a la flexión serán iguales a los de los respectivos rieles soldados, pero en ningún caso podrán ser inferiores al noventa por ciento (90%) de dicho esfuerzo, debiendo tener una deflexión total a la falla mínima de quince (15) milímetros.

**A 4.3** Con la prueba de análisis macrográfico, básicamente se debe determinar la fusión del metal base con el de aportación tratándose de soldadura aluminotérmica y en general se detectará la presencia de discontinuidades; se aplicará preferentemente al iniciar los trabajos para verificar la calidad de materiales y procedimientos.

Esta prueba se desarrolla de acuerdo con lo especificado en la Norma Oficial Mexicana NOM-B-331-1982. Método de prueba de macro ataque para productos de acero.

En la realización de esta Norma se tomará en cuenta lo siguiente:

**A 4.3.1** Se aplicará sobre muestras de uniones de riel soldadas terminadas.

**A 4.3.2** Se examinarán secciones del hongo, alma y patín de los rieles, debiendo hacerse cortes longitudinales paralelos al eje del riel, de diez (10) centímetros de longitud, debiendo quedar la soldadura al centro.

**A 4.3.3** Las superficies por examinar se deben pulir hasta quedar libres de rayado, antes de atacarlas con el reactivo.

**A 4.3.4** El reactivo deberá ser: una solución compuesta de ácido clorhídrico (HCL) concentrado diluido en agua, en proporción de uno a uno (1:1) que se usará a temperaturas comprendidas entre setenta y uno y ochenta y uno grados centígrados (71 y 81°C).

**A 4.3.5** Se permitirá una discontinuidad con longitud no mayor de cuatro (4) milímetros en el hongo o alma y no se permitirá ningún tipo de discontinuidades en el patín.

**A 5** Pruebas por métodos indirectos no destructivos

**A 5.1** En este capítulo se dan las referencias y se establecen los condicionamientos básicos para las pruebas indirectas, que de acuerdo con esta Norma se utilizan para localizar imperfecciones internas en las uniones de rieles soldados, dichos métodos son: inspección ultrasónica, inspección con partículas magnéticas y la prueba radiográfica.

**A 5.1.1** La prueba ultrasónica se llevará a cabo básicamente de acuerdo con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-B-465-1987, inspección ultrasónica por el método de contacto pulso-ecohaz recto y además se debe tomar en cuenta lo siguiente: el método se aplicará principalmente a evaluaciones de campo en vía y también en muestras de uniones soldadas, que se preparen u obtengan principalmente para apoyar el control de iniciación de los trabajos.

El equipo e instrumental además de cumplir con lo indicado en la Norma de referencia, permitirá registrar información cuantitativa, preferentemente el censor será de tipo manual, los bloques de calibración serán del mismo tipo de riel en estudio, obtenidos del hongo, del alma y también del patín en sus respectivas secciones y sus dimensiones serán congruentes con las de la unión soldada. La calibración del equipo se debe llevar a cabo al iniciar su operación y también durante ésta, con la frecuencia necesaria para verificar con precisión la presencia de discontinuidades de cuatro (4) milímetros, como se especifica en el subinciso 7.2.1.2 de esta Norma.

En los registros que se obtengan se deberá señalar separadamente lo que corresponde al hongo, alma y al patín del riel según sea la zona de soldadura estudiada y además el registro incluirá la localización de cada una de las soldaduras que se inspeccionen. Cualquier indicación del registro que rebase el límite de tolerancia en discontinuidad ya sea por inclusión o vacío, será motivo de rechazo de la soldadura en estudio.

**A 5.1.2** La prueba de partículas magnéticas en uniones de riel se hará básicamente en la planta soldadora y de acuerdo en lo especificado en la Norma Oficial Mexicana NOM-B-124-1986. Práctica recomendada para la inspección con partículas magnéticas, se deberá aplicar el método de polvo seco, y contar con patrones de comparación de las tolerancias permitidas en las uniones soldadas, se llevará un registro referente a las uniones a las que se les efectuó la prueba, así como los resultados, anotándose la aceptación o rechazo de las mismas.

Las partículas magnéticas que se empleen serán de tipo ferromagnético de color contrastante con la superficie de prueba y de alta permeabilidad, que permitan una magnetización adecuada.

Las partículas que se empleen en una determinación no deberán ser usadas nuevamente. Los patrones de magnetización que se presenten en la prueba de uniones soldadas y manifiesten discontinuidades superficiales o subyacentes mayores que los patrones de tolerancia máxima del hongo del riel, o bien cualquier tipo de discontinuidad en el alma o patín, serán motivo de rechazo de la soldadura.

**A 5.1.3** La prueba radiográfica se llevará a cabo de acuerdo con lo establecido en las Normas de calidad de los materiales SCT Libro cuatro (4) capítulo 4.01.02.006, inciso B-19 y podrá realizarse tanto en soldaduras en la planta soldadora como en campo y vía. Para la aplicación de lo especificado en las normas de referencia, se tomará en cuenta lo siguiente: antes de realizar el estudio radiográfico, el equipo y procedimiento deberán ser aprobados por el Organismo mediante la presentación de placas tomadas para dicho objeto.

El defecto de discontinuidad en la unión de rieles soldados será no mayor de cuatro (4) milímetros como se indica en el subinciso 7.2.1.1 de esta Norma.

Las placas radiográficas indicarán el tramo de vía en estudio, el nombre de la planta soldadora o del constructor, tipo de riel en estudio y deberán marcarse con números progresivos.

El reporte de las placas radiográficas deberá indicar la fuente de radiación utilizada en el estudio, fecha en que se realizó y nombre de la persona que ejecutó el trabajo radiográfico.

## **8. Vigilancia**

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, por conducto de la Dirección General de Tarifas, Transporte Ferroviario y Multimodal, es la autoridad competente para vigilar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana.

## **9. Sanciones**

El incumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana será sancionado, conforme a lo dispuesto por la Ley de Vías Generales de Comunicación y demás ordenamientos aplicables.

## **10. Bibliografía**

- 1) Aluminothermic Welding of Rails Merkblatt 238, 1983 Beratungsstelle fur Stanhlverwendug Alemania Occidental.
- 2) Calificación de la vía. Soldaduras aluminotérmicas Norma RENFE Agosto 1984. - España.
- 3) Flash-Butt welding of Rails Merkblatt 258, 1981 Beratungsstelle fur Stanhlverwendug Alemania Occidental.
- 4) Instalación de Soldadura a Tope por Chispas L. Geismar. Traducción del original en francés 1985.
- 5) Manual for Railway Engineering American Railway Engineering Association de EUA, 1984.
- 6) Soldadura aluminotérmica de carriles. Catálogo No. 10-C.Delachaux. Traducción del original en Francés 1985.

- 7) Documentación recibida de Francia en la cual organismos como SNCF y empresas como Delachaux, comunican al Sector Comunicaciones y Transportes, opiniones y criterios sobre los procedimientos y práctica que en materia de vías férreas se aplican en Europa y en especial en Francia.

**11. Concordancia con normas y recomendaciones internacionales**

Esta Norma Oficial Mexicana, concuerda con las recomendaciones del A.R.E.A. Asociación Americana de Ingenieros Ferrocarrileros y de los criterios alemán y francés que en materia de vías férreas se aplican en Europa.

**12. Vigencia**

La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los 60 días naturales, contados a partir de la fecha de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

Ciudad de México, D.F., a 26 de abril de 2001.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Terrestre, **Aarón Dychter Poltolarek**.- Rúbrica.