**APÉNDICE NORMATIVO 1** Fuente: Norma Internacional ISO 9328-

**COMPOSICIÓN QUÍMICA Y PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS ACEROS INOXIDABLES**

**Requerimientos**

- Condiciones de entrega

El producto debe ser entregado con base en lo establecido en las tablas 5, 6 y 7 de este Apéndice normativo. El proveedor debe presentar, al momento de la entrega, la documentación que acredite que el producto cumple con los requerimientos citados en las tablas señaladas.

- Composición y propiedades de corrosión química

Los requerimientos de la composición química dados en las tablas 1, 2 y 3 de este Apéndice normativo, aplican para la composición química de acuerdo al análisis de colada.

El análisis de producto puede desviarse de los límites establecidos en las tablas 1, 2 y 3 de este Apéndice normativo para el análisis de colada, de acuerdo a los valores establecidos en la Tabla 4 de este Apéndice normativo.

Respecto a la resistencia intergranular a agentes químicos y mecánicos, para aceros ferríticos, austeníticos y ferríticos austeníticos, aplican las especificaciones de las tablas 5, 6 y 7 de este Apéndice normativo.

Nota: La resistencia a la corrosión de los aceros inoxidables depende de las condiciones ambientales, y por lo tanto no siempre son claramente establecidas por medio de pruebas de laboratorio, por lo que es aconsejable recurrir a la experiencia disponible en materia de uso y manejo de aceros.

- Propiedades mecánicas

Las propiedades de tensión en temperaturas ambiente y baja se especifican en las tablas 5, 6 y 7 de este Apéndice normativo, aplicables para las condiciones de tratamientos de calor.

Nota: Los aceros austeníticos son insensibles a las fracturas frágiles en condiciones de recocido, ya que no sufren un cambio pronunciado de temperatura característico de otros aceros, además son utilizados para aplicaciones en temperaturas criogénicas.

**Tabla 1 - composición química (análisis de colada)a para aceros ferríticos**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Grado de acero** | **% (fracción masa)** | | | | | | | | |
| **C**  **máx.** | **Si**  **máx.** | **Mn**  **máx.** | **P**  **máx.** | **S**  **máx.** | **N**  **máx.** | **Cr** | **Mo** | **Nb** | **Ni** | **Ti** |
| Grados Estándar | | | | | | | | | |
| X3CrTi17 | 0.05 | 1.00 | 1.00 | 0.040 | 0.015 | -------- | 16.0 a 19.0 | -------- | -------------- | -------- | [4 x (C+N)+0.15] a 0.75b |
| X2CrMoTi18-2 | 0.025 | 1.00 | 1.00 | 0.040 | 0.015 | 0.030 | 17.0 a 20.0 | 1.80 a 2.50 | -------------- | -------- | [4 x (C+N)+0.15] a 0.80b |
| Grados Especiales | | | | | | | | | |
| X2CrTi17 | 0.025 | 0.50 | 0.50 | 0.040 | 0.015 | 0.015 | 16.0 a 18.0 | -------- | -------------- | -------- | 0.30 a 0.60 |
| X2CrTiNb18 | 0.030 | 1.00 | 1.00 | 0.040 | 0.015 | -------- | 17.5 a 18.5 | -------- | [(3 x C) +0.30] a 1.00 | -------- | 0.10 a 0.60 |
| a. Los elementos no enlistados en esta tabla, no deben ser intencionalmente agregados al acero sin la aprobación del cliente, excepto en el acabado de colada. Para llevar a cabo la adición de dichos elementos, se deben tomar todas las precauciones, ya que se podría perjudicar las propiedades mecánicas del acero.  b. La estabilización debe ser hecha con el uso de titanio, niobio o zirconio, de acuerdo con el número atómico de esos elementos y el contenido de carbón y nitrógeno; en caso de estabilización adicional con niobio o zirconio, debe utilizarse: | | | | | | | | | |

**Tabla 2 - Composición química (análisis de colada)ª de aceros austenítico**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Grado de acero** | % (fracción masa) | | | | | | | |
| C | Si | Mn máx. | P  máx. | S  máx. | N | Cr | Cu | Mo | Nb | Ni | Ti | Otros |
| **Grados Estándar** | | | | | | | | |
| **X2CrNiN18-7** | < 0.030 | < 1.00 | 2.00 | 0.045 | 0.015 | 0.10 a 0.20 | 16.5 a 18.5 | ------- | ------- | ------- | 6.0 a 8.0 | ------- |  |
| **X2CrNi18-9** | < 0.030 | < 1.00 | 2.00 | 0.045 | 0.015 | < 0.11 | 17.5 a 19.5 | ------- | ------- | ------- | 8.0 a 10.0b | ------- |  |
| **X2CrNi19-11** | < 0.030 | < 1.00 | 2.00 | 0.045 | 0.015 | < 0.11 | 18.0 a 20.0 | ------- | ------- | ------- | 10.0 a 12.0 | ------- |  |
| **X2CrNiN18-10** | < 0.030 | < 1.00 | 2.00 | 0.045 | 0.015 | 0.12 a 0.22 | 17.5 a 19.5 | ------- | ------- | ------- | 8.0 a 11.5 | ------- |  |
| **X5CrNi18-9** | < 0.07 | < 1.00 | 2.00 | 0.045 | 0.015 | < 0.11 | 17.5 a 19.5 | ------- | ------- | ------- | 8.0 a 10.5 | ------- |  |
| **X5CrNiN18-8** | < 0.07 | < 1.00 | 2.50 | 0.045 | 0.015 | 0.10 a 0.16 | 18.0 a 20.0 | ------- | ------- | ------- | 8.0 a 11.0 | ------- |  |
| **X6CrNiTi18-10** | < 0.08 | < 1.00 | 2.00 | 0.045 | 0.015 | ------- | 17.0 a 19.0 | ------- | ------- | ------- | 9.0 a 12.0 | 5 x C a 0.70 |  |
| **X6CrNiTiB18-10** | 0.04 a 0.08 | < 1.00 | 2.00 | 0.035 | 0.015 | ------- | 17.0 a 19.0 | ------- | ------- | ------- | 9.0 a 12.0 | 5 x C a 0.70 | 0.001 5 a 0.005 0 B |
| **X2CrNiMo17-12-2** | < 0.030 | < 1.00 | 2.00 | 0.045 | 0.015 | < 0.11 | 16.5 a 18.5 | ------- | 2.00 a 3.00 | ------- | 10.0 a 13.0 | ------- |  |
| **X2CrNiMoN17-11-2** | < 0.030 | < 1.00 | 2.00 | 0.045 | 0.015 | 0.12 A 0.22 | 16.5 a 18.5 | ------- | 2.00 a 3.00 | ------- | 10.0 a 12.5 | ------- |  |
| **X5CrNiMo17-12-2** | < 0.07 | < 1.00 | 2.00 | 0.045 | 0.015 | < 0.11 | 16.5 a 18.5 | ------- | 2.00 a 3.00 | ------- | 10.0 a 13.0 | ------- |  |
| **X6CrNiMoTi17-12-2** | < 0.08 | < 1.00 | 2.00 | 0.045 | 0.015 | ------- | 16.5 a 18.5 | ------- | 2.00 a 2.50 | ------- | 10.5 a 13.5 | 5 x C a 0.70 |  |
| **X2CrNiMo17-12-3** | < 0.030 | < 1.00 | 2.00 | 0.045 | 0.015 | < 0.11 | 16.5 a 18.5 | ------- | 2.50 a 3.00 | ------- | 10.0 a 13.0 | ------- |  |
| **X2CrNiMo18-14-3** | < 0.030 | < 1.00 | 2.00 | 0.045 | 0.015 | < 0.11 | 16.5 a 18.5 | ------- | 2.50 a 3.00 | ------- | 12.5 a 15.0 | ------- |  |
| **X2CrNiMoN17-13-5** | < 0.030 | < 1.00 | 2.00 | 0.045 | 0.015 | 0.12 A 0.22 | 16.5 a 18.5 | ------- | 4.00 a 5.00 | ------- | 12.5 a 14.5 | ------- |  |
| **X1NiCrMoCu25-20-5** | < 0.020 | < 0.70 | 2.00 | 0.030 | 0.010 | < 0.15 | 19.0 a 21.0 | 1.20 a 2.00 | 4.00 a 5.00 | ------- | 24.0 a 26.0 | ------- |  |
| **X5NiCrAlTi31-20 (+RA)** | 0.03 a 0.08 | < 0.70 | 1.50 | 0.015 | 0.010 | < 0.11 | 19.0 a 22.0 | < 0.50 | ------- | < 0.10 | 30.0 a 32.5 | 0.20 a 0.50 | 0.20 a 0.50 Al  Al +Ti:<0.70  < 1.00 Co  Ni +Co: 30.0 a 32.5 |
| **X8NiCrAlTi32-21** | 0.05 a 0.10 | < 0.70 | 1.50 | 0.015 | 0.010 | < 0.11 | 19.0 a 22.0 | < 0.50 | ------- | ------- | 30.0 a 34.0 | 0.25 a 0.60 | 0.25 a 0.65 Al  < 1.00 Co  Ni +Co: 30.0 a 34.0 |
| **X3CrNiMoBN17-13-3** | < 0.04 | < 0.75 | 2.00 | 0.035 | 0.015 | 0.10 a 0.18 | 16.0 a 18.0 | ------- | 2.00 a 3.00 | ------- | 12.0 a 14.0 | ------ | 0.1 5 a 0.005 0 B |
| **X1CrNi25-21** | < 0.020 | < 0.25 | 2.00 | 0.025 | 0.010 | < 0.11 | 24.0 a 26.0 | ------- | < 0.20 | ------ | 20.0 a 22.0 | ------ |  |
| **X6CrNiNb18-10** | < 0.08 | < 1.00 | 2.00 | 0.045 | 0.015 | ------ | 17.0 a 19.0 | ------- | ------ | 10 x C a 1.00 | 9.0 a 12.0 | ------ |  |
| **X8CrNiNb16-13** | 0.04 a 0.10 | 0.30 a  0.60 | 1.50 | 0.035 | 0.015 | ------ | 15.0 a 17.0 | ------- | ------ | 10 x C a 1.20 | 12.0 a 14.0 | ------ |  |
| **X1CrNiMoN25-22-2** | < 0.020 | < 0.70 | 2.00 | 0.025 | 0.010 | 0.10 a 0.16 | 24.0 a 26.0 | ------- | 2.00 a 2.50 | ------ | 21.0 a 23.0 | ------ |  |
| **X6CrNiMoNb17-12-2** | < 0.08 | < 1.00 | 2.00 | 0.045 | 0.015 | ------- | 16.5 a 18.5 | ------- | 2.00 a 2.50 | 10 x C a 1.00 | 10.5 a 13.5 | ------ |  |
| **X2CrNiMoN17-13-3** | < 0.030 | < 1.00 | 2.00 | 0.045 | 0.015 | 0.12 a 0.22 | 16.5 a 18.5 | ------- | 2.50 a 3.00 | ------- | 11.0 a 13.0b | ------ |  |
| **X3CrNiMo17-12-3** | < 0.05 | < 1.00 | 2.00 | 0.045 | 0.015 | < 0.11 | 16.5 a 18.5 | ------- | 2.50 a 3.00 | ------- | 10.5 a 13.0 | ------ |  |
| **X2CrNiMoN18-12-4** | < 0.030 | < 1.00 | 2.00 | 0.045 | 0.015 | 0.10 a 0.20 | 16.5 a 19.5 | ------- | 3.00 a 4.0 | ------- | 10.5 a 14.0 | ------ |  |
| **X2CrNiMo18-15-4** | < 0.030 | < 1.00 | 2.00 | 0.045 | 0.015 | < 0.11 | 17.5 a 19.5 | ------- | 3.00 a 4.0 | ------- | 13.0 a 16.0 | ------ |  |
| **X1NiCrMoCu31-27-4** | < 0.020 | < 0.70 | 2.00 | 0.030 | 0.010 | < 0.11 | 26.0 a 28.0 | 0.70 a 1.50 | 3.00 a 4.0 | ------- | 30.0 a 32.0 | ------ |  |
| **X1CrNiMoCuN25-25-5** | < 0.020 | < 0.70 | 2.00 | 0.030 | 0.010 | 0.17 a 0.25 | 24.0 a 26.0 | 1.00 a 2.00 | 4.7 a 5.7 | ------- | 24.0 a 27.0 | ------ |  |
| **X1CrNiMoCuN20-18-7c** | < 0.020 | < 0.70 | 1.00 | 0.030 | 0.010 | 0.18 a 0.25 | 19.5 a 20.5 | 0.50 a 1.00 | 6.0 a 7.0 | ------- | 17.5 a 18.5 | ------ |  |
| **X1NiCrMoCuN25-20-7** | < 0.020 | < 0.75 | 2.00 | 0.030 | 0.010 | 0.15 a 0.25 | 19.0 a 21.0 | 0.50 a 1.50 | 6.0 a 7.0 | ------- | 24.0 a 26.0 | ------ |  |
| a. Los elementos no enlistados en esta tabla, no deben ser intencionalmente agregados al acero sin la aprobación del cliente, excepto en el acabado de colada. Para llevar a cabo la adición de dichos elementos, se deben tomar todas las precauciones, ya que se podría perjudicar las propiedades mecánicas del acero.  b. Cuando por razones especiales es necesario minimizar el contenido ferrítico, el contenido máximo de níquel debe incrementarse en 0.50 % para el grado X2CrNi18-9 y 1.00 % en el caso del grado X2CrNiMoN17-13-3.  c. Grado de acero patentado. | | | | | | | | |

**Tabla 3 - Composición química (análisis de colada) ª de aceros austeníticos-ferríticos**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Grado de acero** | % (fracción masa) | | | | | | | |
| **C máx.** | **Si máx.** | **Mn máx.** | **P máx.** | **S máx** | **N** | **Cr** | **Cu** | **Mo** | **Ni** | **W** |
| **Grados Estándar** | | | | | | | | |
| **X2CrNiN23-4** | 0.030 | 1.00 | 2.00 | 0.035 | 0.015 | 0.05 a 0.20 | 22.0 a 24.0 | 0.10 a 0.60 | 0.10 a 0.60 | 3.5 a 5.5 | ---------- |
| **X2CrNiMoN22-5-3** | 0.030 | 1.00 | 2.00 | 0.035 | 0.015 | 0.10 a 0.22 | 21.0 a 23.0 | ---------- | 2.5 a 3.5 | 4.5 a 6.5 | ---------- |
| **Grados Especiales** | | | | | | | | |
| **X2CrNiMoCuN25-6-3** | 0.030 | 0.70 | 2.00 | 0.035 | 0.015 | 0.15 a 0.30 | 24.0 a 26.0 | 1.00 a 2.50 | 2.5 a 4.0 | 5.0 a 7.5 | ---------- |
| **X2CrNiMoN25-7-4** | 0.030 | 1.00 | 2.00 | 0.035 | 0.015 | 0.24 a 0.35 | 24.0 a 26.0 | ---------- | 3.0 a 4.5 | 6.0 a 8.0 | ---------- |
| **X2CrNiMoCuWN25-7-4** | 0.030 | 1.00 | 1.00 | 0.035 | 0.015 | 0.20 a 0.30 | 24.0 a 26.0 | 0.50 a 1.00 | 3.0 a 4.0 | 6.0 a 8.0 | 0.50 a 1.00 |
| a. Los elementos no enlistados en esta tabla, no deben ser intencionalmente agregados al acero sin la aprobación del cliente, excepto en el acabado de colada. Para llevar a cabo la adición de dichos elementos, se deben tomar todas las precauciones, ya que se podría perjudicar las propiedades mecánicas del acero. | | | | | | | | |

**Tabla 4 -** **Tolerancias permitidas en el análisis de producto de las tablas 1 a 3 del análisis de colada**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Elemento** | **Valor específico del análisis de colada en tablas 1 a 4 % (fracción masa)** | **Desviación permitidaa en el análisis de producto % (fracción masa)** |
| **Carbono** | < 0.030 | + 0.005 |
| > 0.030 < 0.10 | ± 0.01 |
| **Silicio** | < 1.00 | + 0.05 |
| **Manganeso** | < 1.00 | + 0.03 |
| > 1.00 < 2.50 | + 0.04 |
| **Fósforo** | < 0.030 | + 0.003 |
| > 0.030 < 0.045 | + 0.005 |
| **Azufre** | < 0.010 | + 0.003 |
| > 0.010 < 0.030 | + 0.005 |
| **Nitrógeno** | < 0.35 | ± 0.01 |
| **Aluminio** | < 0.65 | ± 0.10 |
| **Cromo** | > 10.5 < 15.0 | ± 0.15 |
| > 15.0 < 20.0 | ± 0.20 |
| > 20.0 < 28.0 | ± 0.25 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Cobre** | < 1.00 | ± 0.07 |
| > 1.00 < 2.50 | ± 0.10 |
| **Molibdeno** | < 0.60 | ± 0.03 |
| > 0.60 < 1.75 | ± 0.05 |
| > 1.75 < 7.0 | ± 0.01 |
| **Niobio** | < 1.00 | ± 0.05 |
| **Níquel** | < 1.00 | ± 0.03 |
| > 1.00 < 5.0 | ± 0.07 |
| > 5.0 < 10.0 | ± 0.10 |
| > 10.00 < 20.0 | ± 0.15 |
| > 20.00 < 34.0 | ± 0.20 |
| **Cobalto** | < 0.50 | ± 0.05 |
| **Titanio** | < 0.08 | ± 0.05 |
| **Tungsteno** | < 1.00 | ± 0.05 |
|  | | |
| **a.** Si diversos análisis de producto se llevan a cabo en la colada y si el contenido de los elementos individuales es determinado fuera de los rangos establecidos por la composición química especificada para el mismo, entonces sólo es permitido exceder ya sea el máximo o el mínimo autorizado, mas no ambos por cada colada. | | |

**Tabla 5 - Propiedades mecánicas a temperatura ambiente para aceros ferríticos en condiciones normalizadas de recocido**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Grado de Acero** | **Forma de productoa** | **Grosor mm máx.** | **0.2%-prueba de resistencia**  ***Rp0.2*** | | **Resistencia a la tensión**  **Rm**  **N/mm2** | **Elongación tras fractura** | |
| **N/mm2 min. (long.)** | **N/mm2 min. (tr.)** | **b < 3 mm**  **A80 de grosor**  **% min. (long. + tr.)** | **Ac > 3 mm de grosor**  **% min. (long. + tr.)** |
| **Grados estándar** | | | | | | | |
| X3CrTi17 | C | 3 | 230 | 240 | 420 a 600 | 23 | |
| X2CrMoTi18-2 | C | 2.5 | 300 | 320 | 420 a 640 | 20 |  |
| **Grados especiales** | | | | | | | |
| X2CrTi17 | C | 2.5 | 180 | 200 | 380 a 530 | 24 |  |
| X2CrTiNb18 | C | 2.5 | 230 | 250 | 430 a 630 | 18 |  |
| NOTA: (long.) = sección longitudinal; (tr.) = sección transversal | | | | | | | |
| a. C= Fleje laminado en frío.; H= Fleje laminado en caliente.; P= Chapa laminada en caliente.  b. Los valores de la prueba están relacionados con piezas 80 mm de largo y 20 mm de ancho. También puede realizarse la prueba para piezas de 50 mm de largo y 12.5 mm de ancho.  c. Los valores están relacionados para piezas de 5.65vS0 de largo. | | | | | | | |

**Tabla 6- Propiedades mecánicas a temperatura ambiente de aceros austeníticos en condiciones normalizadas de precocido**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Grado de acero** | **Forma productoa** | **Grosor mm máx.** | **0.2%-prueba de resistencia**  **Rp0.2** | **1.0%-prueba de resistencia**  **Rp1.0** | **Resistencia a la tensión**  **Rm**  **N/mm2** | **Elongación tras fractura** | |
| **N/mm2 min.**  **(tr.) b,c** | | **d**  **A80 < 3 mm de grosor % min. (tr.)b** | **Ae > 3 mm de grosor**  **% min. (tr.)b** |
| X2CrNiMoN17-11-2 | C | 6 | 300 | 330 | 580 a 780 | 40 | 40 |
| H | 12 | 280 | 320 |
| P | 75 | 280 | 320 |
| X5CrNiMo17-12-2 | C | 6 | 240 | 270 | 530 a 680 | 40 | 40 |
| H | 12 | 220 | 260 |
| P | 75 | 220 | 260 | 520 a 670 | 45 | 45 |
| X6CrNiMoTi17-12-2 | C | 6 | 240 | 270 | 540 a 690 | 40 | 40 |
| H | 12 | 220 | 260 |
| P | 75 | 220 | 260 | 520 a 670 |
| X2CrNiMo17-12-3 | C | 6 | 240 | 270 | 550 a 700 | 40 | 40 |
| H | 12 | 220 | 260 |
| P | 75 | 220 | 260 | 520 a 670 | 45 | 45 |
| X2CrNiMo18-14-3 | C | 6 | 240 | 270 | 550 a 700 | 40 | 40 |
| X2CrNiMoN17-13-5 | C | 6 | 290 | 320 | 580 a 780 | 35 | 35 |
| H | 12 | 270 | 310 |
| P | 75 | 270 | 310 | 40 | 40 |
| X1NiCrMoCu25-20-5 | C | 6 | 240 | 270 | 530 a 730  520 a 720 | 35 | 35 |
| H | 12 | 220 | 260 |
| P | 75 | 220 | 260 |
| X5NiCrAlTi31-20 | P | 75 | 170 | 200 | 500 a 750 | 30 | 30 |
| X5NiCrAlTi31-20+RAg | P | 75 | 210 | 240 | 500 a 750 | 30 | 30 |
| X8NiCrAlTi32-21 | P | 75 | 170 | 200 | 500 a 750 | 30 | 30 |
| X3CrNiMoBN17-13-3 | C | 6 | 300 | 330 | 580 a 780 | 35 | 40 |
| H | 12 | 260 | 300 | 550 a 750 |
| P | 75 | 260 | 300 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Grados especiales | | | | | | | |
| X1CrNi25-21 | P | 75 | 200 | 240 | 470 a 670 | 40 | 40 |
| X6CrNiNb18-10 | P | 75 | 200 | 240 | 500 a 700 | 40 | 40 |
| X8CrNiNb16-13 | P | 75 | 200 | 240 | 510 a 690 | 35 | 35 |
| X1CrNiMoN25-22-2 | P | 75 | 250 | 290 | 540 a 740 | 40 | 40 |
| X6CrNiMoNb17-12-2 | P | 75 | 220 | 260 | 520 a 720 | 40 | 40 |
| X3CrNiMoN17-13-3 | C | 6 | 300 | 330 | 580 a 780 | 35 | 35 |
| H | 12 | 280 | 320 |
| P | 75 | 280 | 320 | 40 | 40 |
| X2CrNiMo17-12-3 | C | 6 | 240 | 270 | 550 a 700 | 40 | 40 |
| H | 12 | 220 | 260 |
| P | 75 | 220 | 260 | 530 a 730 | 40 | 40 |
| X2CrNiMoN18-12-4 | C | 6 | 290 | 320 | 570 a 770 | 35 | 35 |
| H | 12 | 270 | 310 |
| P | 75 | 270 | 310 | 540 a 740 | 40 | 40 |
| X2CrNiMo18-15-4 | C | 6 | 240 | 270 | 550 a 700 | 35 | 35 |
| H | 12 | 220 | 260 |
| P | 75 | 220 | 260 | 520 a 720 | 40 | 40 |
| X1NiCrMoCu31-27-4 | P | 75 | 220 | 260 | 500 a 700 | 40 | 40 |
| X1CrNiMoCuN25-25-5 | P | 75 | 290 | 330 | 600 a 800 | 40 | 40 |
| X1CrNiMoCuN20-18-7 | C | 6 | 320 | 350 | 650 a 850 | 35 | 35 |
| H | 12 | 300 | 340 |
|  |
| P | 75 | 300 | 340 | 40 | 40 |
| X1NiCrMoCuN25-20-7 | P | 75 | 300 | 340 | 650 a 850 | 40 | 40 |
| **NOTA:** (long.) = dirección longitudinal; (tr.) = dirección transversal | | | | | | | |
| a. C= Fleje laminado en frío.; H= Fleje laminado en caliente.; P= Chapa laminada en caliente.  b. Para cintas enrolladas de < 300 mm de ancho, se deben realizar las pruebas de dirección longitudinal, los valores mínimos son:  prueba de resistencia: menos 15 N/mm2.  alargamiento/elasticidad constante: menos  5%. alargamiento/elasticidad para medición  proporcional: menos 2 %.  c. Para productos continuos flejados en caliente, el valor mínimo superior, es de 20 N/mm2 de Rp0.2, mientras que el mínimo superior, es de 10 N/mm2 de Rp1.0; lo cual, puede ser acordado en el momento del levantamiento de la orden con base en investigación.  d. Los valores de la prueba están relacionados para piezas 80 mm de largo y 20 mm de ancho. También puede realizarse la prueba para piezas de 50 mm de largo y 12.5 mm de ancho.  e. Los valores están relacionados para pruebas en piezas de 5.65vS0 de largo.  f. Para material aplanado, el valor mínimo es de 5 % menor.  g. + RA = condiciones de recristalización recocida. | | | | | | | |

**Tabla 7-Propiedades mecánicas a temperatura ambiente de aceros austeníticos-ferríticos en condiciones normalizadas de precocido**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Grado de acero** | **Forma de productoa** | **Grosor mm máx.** | **0.2%-prueba de resistencia Rp0.2**  **N/mm2 min. (tr.)b** **Ancho de cinta** | | **Resistencia a la tensión Rm**  **N/mm2** | **Elongación tras fractura** | |
| **A80 <3 mm grosorc %**  **min. (long. +**  **tr.)** | **A > 3 mm grosord %**  **min. (long. +**  **tr.)** |
| **< 300 mm** | **> 300 mm** |
| **Grados estándar** | | | | | | | |
| X2CrNiN23-4 | C | 6 | 405 | 420 | 600 a 850 | 20 | 20 |
| H | 12 | 385 | 400 |
| P | 75 | 385 | 400 | 630 a 800 | 25 | 25 |
| X2CrNiMoN22-5-3 | C | 6 | 465 | 480 | 660 a 950 | 20 | 20 |
| H | 12 | 445 | 460 | 25 | 25 |
| P | 75 | 445 | 460 | 640 a 840 | 25 | 25 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Grados especiales** | | | | | | | |
| X2CrNiMoCuN25-6-3 | C | 6 | 495 | 510 | 690 a 940 | 20 | 20 |
| H | 12 | 475 | 490 |
| P | 75 | 475 | 490 | 690 a 890 | 25 | 25 |
| X2CrNiMoN25-7-4 | C | 6 | 535 | 550 | 750 a 1 000 | 20 | 20 |
| H | 12 | 515 | 530 |
| P | 75 | 515 | 530 | 730 a 930 | 20 | 20 |
| X2CrNiMoCuWN25-7-4 | P | 75 | 515 | 530 | 730 a 930 | 25 | 25 |
| NOTA: (long.) = dirección longitudinal; (tr.) = dirección transversal  a. C= Fleje laminado en frío.; H= Fleje laminado en caliente.; P= Chapa laminada en caliente.  b. Para productos continuos flejados en caliente, el valor mínimo superior, es de 20 N/mm2 de Rp0.2, mientras que el mínimo superior, es de 10 N/mm2 de  RP1.0 ; lo cual, puede ser acordado en el momento del levantamiento de la orden con base en investigación.  c. Los valores de la prueba están relacionados para piezas 80 mm de largo y 20 mm de ancho. También puede realizarse la prueba para piezas de 50 mm de largo y 12.5 mm de ancho.  d. Los valores están relacionados para piezas de 5.65S0. | | | | | | | |

**APÉNDICE NORMATIVO 2**22 Fuente: Norma Internacional ISO 11114-1

**COMPATIBILIDAD DEL GAS LICUADO DE PETRÓLEO CON OTROS MATERIALES**

**Compatibilidad de materiales**

- Tabla de compatibilidad

Antes de que cualquier válvula o recipiente para Gas Licuado de Petróleo sea utilizado, es importante verificar la Tabla 1 de este Apéndice normativo, prestando especial atención a aquellos que presenten alguna restricción. El proveedor debe presentar la documentación que acredite que el producto cumple lo establecido en la tabla citada.

- Símbolos utilizados

“A” significa que el material es aceptable

“NR” significa que el material no es recomendable

“Seco” significa que, durante el servicio del recipiente, incluyendo las más altas condiciones de presión y las más bajas de temperatura, el contenedor operará sin contener agua.

“Húmedo” significa que las condiciones definidas como “seco” no aplican.

- Abreviaciones para materiales

NS = Aceros normalizados y al carbón.

QTS = Aceros templados y apagados de enfriado rápido

AA = Aleación de aluminio

SS = Acero Inoxidable

B = Aleaciones de latón y cobre

Cs= Aceros al carbón

**Tabla 1 - Compatibilidad del Propano con otros materiales**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Fórmula** | **Características de compatibilidad** | **Materiales** | | |
| **Recipientes** | | **Válvulas** |
| **A** | **NR** | **A** | **NR** |
| PROPANO CH3H8 | No presenta reacción con materiales comunes; en condiciones húmedas, el riesgo de corrosión por impurezas debe ser considerado. | NS  QTS  AA  SS |  | B  CS  SS  AA |  |

**Código de compatibilidad NQSAB**

El código NQSAB, es un sistema de cinco dígitos que indica la compatibilidad de diversos gases con cinco clases de materiales utilizados en la fabricación de válvulas y recipientes para Gas Licuado de Petróleo En dicho código, N representa aceros normalizados y al carbón, Q aceros templados y apagados, S aceros inoxidables, A aleaciones de aluminio y B latón y aleaciones de cobre y níquel.

El grado de compatibilidad, se define por cinco dígitos, cada uno correspondiente a un nivel de compatibilidad por material, el cual, para el caso del propano, se presenta en la tabla 2;

**Tabla 2**- **Grado de compatibilidad**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nombre** | **Fórmula** | **N** | **Q** | **S** | **A** | **B** |
| PROPANO | C3H8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

**NOTA:** 1 significa que el material puede ser utilizado, por lo que se identifica como un Gas compatible con todos los materiales identificados en este estándar.

**APÉNDICE NORMATIVO 3**33 Fuente: Norma Internacional ISO 11114-2

**COMPATIBILIDAD DEL GAS LICUADO DE PETRÓLEO CON MATERIALES NO METÁLICOS**

**General**

Los materiales no metálicos utilizados para la fabricación de recipientes para contener Gas Licuado de Petróleo deben de poder mantener sus características al estar en contacto con gas propano, de acuerdo con la tabla de Compatibilidad de materiales no metálicos con Gas Propano de este Apéndice normativo.

En los casos particulares de materiales no compatibles, pueden ser utilizados si son recubiertos o protegidos de forma adecuada. Lo cual debe ser hecho sólo si se considera y valida la compatibilidad por alguna persona u organismo competente. El proveedor debe presentar la documentación que acredite que el producto cumple los requerimientos citados en este Apéndice normativo.

- Tipos de material

Los materiales no metálicos comúnmente más usados para válvulas y recipientes para contener Gas Licuado de Petróleo se agrupan en:

· Materiales plásticos

§ Politetrafluoroetileno (PTFE)

§ Policlorotrifluoroetileno (PCTFE)

§ Fluoruro de polivinilideno (PVDF)

§ Poliamida (PA)

§ Polipropileno (PP)

§ Polietileno de Alta Densidad (HDPE o PE-HD)

§ Materiales elastómeros

§ Resina butílica (IIR)

§ Nitrilo (NBR)

§ Cloropreno (CR)

§ Clorofluorocarbono (FKM)

§ Silicón (Q)

§ Etileno propileno (EPDM)

§ Fluidos lubricantes

§ Hidrocarburos (HC)

§ Fluorocarbonos (FC)

- Consideraciones generales

Es importante considerar que dichos materiales son clasificaciones genéricas; al interior de cada material existen diversas variantes en términos de sus propiedades con base en la composición química utilizada en su fabricación. El usuario del material debe consultar al fabricante y solicitar diversas pruebas antes de utilizar el material.

Los lubricantes suelen ser utilizados para reducir la fricción de las partes móviles; si la lubricación es necesaria y si ésta no es compatible con el oxígeno, entonces los componentes lubricantes no deben estar en contacto con el gas. Cuando el lubricante es identificado como “no recomendable”, por razones adicionales a la reacción violenta (F), puede ser usado de manera segura en aplicaciones que no implican el contacto del material con el gas durante la operación.

Las propiedades de plásticos y elastómeros dependen de la temperatura; bajas temperaturas provocan endurecimiento y la posibilidad de quiebre, mientras que altas temperaturas pueden provocar ablandamiento y hasta derretimiento. Los usuarios del material deben asegurarse que la operación se realice en un rango de temperatura que normalmente va de 223 K a 338 K (-50 °C a 65 °C) para cilindros y 253 K a 338 K (-20 °C a 65 °C) para válvulas.

Algunos materiales se vuelven quebradizos en bajas temperaturas, incluso dentro de los niveles de operación normal (por ejemplo: los clorofluorocarbonos). Las temperaturas en refrigeradores o rangos criogénicos, afectan a algunos materiales, por lo que se debe tomar precaución cuando la operación se realice en temperaturas por debajo de 223 K (-50 °C). En particular, dicho riesgo debe ser considerado en cuando se realice la transferencia a través de sifones térmicos a bajas temperaturas o procedimientos similares o para cilindros que son recargados a bajas temperaturas como es el caso del CO2.

- Consideraciones específicas

La compatibilidad de gases con materiales no metálicos, es afectada por reacciones químicas e influencias físicas, que pueden ser clasificadas a continuación.

Riesgos por no compatibilidad

ü Pérdida de peso (W)

Extracción

La extracción solvente de plastificantes de los elastómeros puede causar encogimiento, especialmente en productos altamente plastificados.

Algunos solventes, como la acetona o DMF44 Dimetilformamida utilizados para disolver gases como el acetileno, pueden dañar los materiales no metálicos.

Los gases licuados pueden actuar como solventes.

Ataque químico

Algunos materiales no metálicos pueden ser atacados químicamente por gases. Este ataque puede algunas veces provocar la destrucción del material, tal como el ataque que sufre el silicón por el amoniaco.

ü Expansión de materiales (S)

Los elastómeros son sujetos a expandirse por causa de la absorción de gas. Esto puede implicar un incremento de dimensiones inaceptables (especialmente de anillos-O) o el agrietamiento debido al repentino escape del gas al disminuir parcialmente la presión, como ocurre con el dióxido de carbono y clorofluorocarbonos.

La expansión puede ocultarse a través de la extracción de plasticidas y rellenos. Otros efectos importantes como los cambios en resistencia mecánica y dureza también deben ser considerados. Diferencias en la composición y formulación de un elastómero dado, puede provocar diferencias significativas en la expansión del material.

En condiciones normales de servicio, expansiones de más de 15 % se identifican como no recomendables, mientras que una expansión menor, es considerada aceptable siempre que también otros riesgos sean aceptables.

ü Cambio en propiedades mecánicas (M)

Los gases pueden generar un cambio inaceptable a las propiedades mecánicas en algunos materiales no metálicos, lo cual puede producir un incremento de dureza o una disminución en elasticidad.

- Símbolos de compatibilidad

A = aceptable para uso normal bajo condiciones normales de servicio

NR = No recomendable para uso general, pero puede ser utilizado cuando sea evaluado y autorizado por alguna persona u organismo autorizado que especifique las condiciones de uso.

**Compatibilidad de materiales no metálicos con Gas Propano**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Fórmula** | **C3H8** |
| **Materiales**  **Plásticos** | PTFE | A |
| PCTFE | A |
| PVDF | A |
| PA | A |
| PP | A |
| HDPE o PE-HD | A |
| **Elastómeros** | IIR | NRS |
| NBR | A |
| CR | NRS |
| FKM | A |
| Q | NRS,M |
| EPDM | NRS,M |
|  | | |
| **Fluidos**  **lubricantes** | HC | NRW |
| FC | A |
| Ejemplos: | | |
| AW | | **Símbolo de compatibilidad = A**  **Abreviación para un riesgo de no compatibilidad = W**  Este ejemplo muestra una combinación aceptable, apropiada para servir en condiciones normales, siempre que se considere el riesgo de pérdida de peso. |
|  | | |
| NRS,C | | **Símbolo de compatibilidad = NR**  **Abreviación para un riesgo de no compatibilidad**  **1er riesgo = F**  **2o. riesgo = C**  Este ejemplo muestra una combinación de materiales no recomendada, con dos principales riesgos en expansión de materiales y pérdida de peso. |