

NOTA IMPORTANTE:

La entidad sólo puede hacer uso de esta norma para si misma, por lo que este documento NO puede ser reproducido, ni almacenado, ni transmitido, en forma electrónica, fotocopia, grabación o cualquier otra tecnología, fuera de su propio marco.

ININ/ Oficina Nacional de Normalización

NORMA CUBANA

NC

695: 2009

**HORMIGÓN ARMADO — DETERMINACIÓN DE LA
CORROSIÓN DEL ACERO DE REFUERZO POR MÉTODOS
ELECTROQUÍMICOS GALVANOSTÁTICOS A PROBETAS
PREVIAMENTE ELABORADAS**

**Reinforced Concrete — Determination of the corrosion of the reinforcement steel
for electrochemical galvanostatics methods over probes previously prepared**

ICS: 91.100.30

1. Edición Marzo 2009
REPRODUCCIÓN PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 Vedado, Ciudad de La Habana. Cuba. Teléfono: 830-0835 Fax: (537) 836-8048; Correo electrónico: nc@ncnorma.cu; Sitio Web: www.nc.cubaindustria.cu



Cuban National Bureau of Standards

NC 695: 2009

Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC), es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba y representa al país ante las organizaciones internacionales y regionales de normalización.

La elaboración de las Normas Cubanas y otros documentos normativos relacionados se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. Su aprobación es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias del consenso.

Esta Norma Cubana:

- Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 37 de Hormigón Reforzado y Morteros, en el cual están representadas las siguientes entidades:
 - Ministerio de la Construcción (MICONS)
 - Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de la Construcción (CTDMC)
 - Empresa Productora de Prefabricados de Ciudad Habana
 - Empresa de Tecnologías Industriales de la Construcción (TICONS)
 - Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas
 - Grupo Empresarial Industrial de la Construcción (GEICON)
 - Grupo Industrial PERDURIT
 - Empresa de Restauración de Monumentos
 - Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias (MINFAR)
 - Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE)
 - Oficina Nacional de Normalización (ONN)
 - Ministerio del Azúcar (MINAZ)

No existen referencias de normas internacionales similares. Esta norma tiene como objetivo estandarizar un método de ensayo para la determinación de la corrosión del acero de refuerzo por métodos electroquímicos galvanostáticos en el hormigón armado.

© NC, 2009

Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:

Oficina Nacional de Normalización (NC)

Calle E No. 261, Vedado, Ciudad de La Habana, Habana 4, Cuba.

Impreso en Cuba.

HORMIGÓN ARMADO — DETERMINACIÓN DE LA CORROSIÓN DEL ACERO DE REFUERZO POR MÉTODOS ELECTROQUÍMICOS GALVANOSTÁTICOS A PROBETAS PREVIAMENTE ELABORADAS

1 Objeto

Esta norma tiene por objeto describir un método de ensayo para determinar la corrosión del acero de refuerzo a través de mediciones electroquímicas galvanostáticas en el hormigón armado.

2 Principio

Se basa en la polarización de los electrodos de aceros embebidos en el hormigón mediante la imposición de distintos valores de corriente eléctrica y medir la variación del potencial que tienen al pasar dicha corriente a través de ellos.

3 Aparatos

Multímetro con precisión de 0,1 μ A

Fuente de corriente con precisión de 0,1 μ A

Electrodo de cobre - sulfato

Probeta de hormigón con dos electrodos insertados, con una separación entre ellos de 10 mm

Cables para las conexiones

Hojas de papel semilogarítmico o cualquier otro sistema con escala semilogarítmica

Cámara de Niebla Salina con escala de presión desde 0,5 atmósferas hasta 2 atmósferas y temperatura de 0 °C a 50 °C

4 Procedimiento

4.1 Preparación de las muestras

Se toman barras de acero lisas, se cortan a tamaños de 100 mm de longitud y se pulen hasta la eliminación completa de manchas, óxidos, aceites, etc. Se colocan en el centro del molde de 100 mm x 100 mm x 200 mm, previamente limpio y engrasado, con una separación entre ellos de 10 mm y se vierte el hormigón que se quiere estudiar (ver Anexo A Fig.1), o sea, el que va a proteger al acero de refuerzo y se cubre con un paño húmedo o nylon hasta el momento del desmolde (entre 18 horas y 24 horas), colocándose posteriormente las probetas en la cámara húmeda durante 28 días.

Posteriormente se corta por un extremo para dejar afuera aproximadamente 20 mm de los electrodos (barras de acero) para poder hacer las conexiones a la hora de realizar las mediciones electroquímicas y se parafinan teniendo cuidado de no dejar poros (preferiblemente en dos capas) dejándole solamente las dos caras paralelas a los electrodos sin recubrir.

Las probetas así preparadas se colocan en la cámara de niebla salina para los ensayos acelerados de penetración de iones cloruros, recibiendo 30 ciclos donde cada ciclo es de 8 horas en la cámara de niebla salina y 16 horas en ambiente de laboratorio.

El régimen de trabajo de la cámara de niebla salina será: solución de cloruro de sodio al 5 %, temperatura de 25 °C y presión de 0,5 atm.

Concluidos estos ensayos se procede a limpiar bien la punta de los electrodos eliminando toda la parafina y se procede a las mediciones electroquímicas.

Las probetas también pueden ser colocadas en un ambiente marino natural para su estudio a largo plazo, en este caso las mediciones no deben realizarse antes de un año de exposición.

4.2 Mediciones electroquímicas

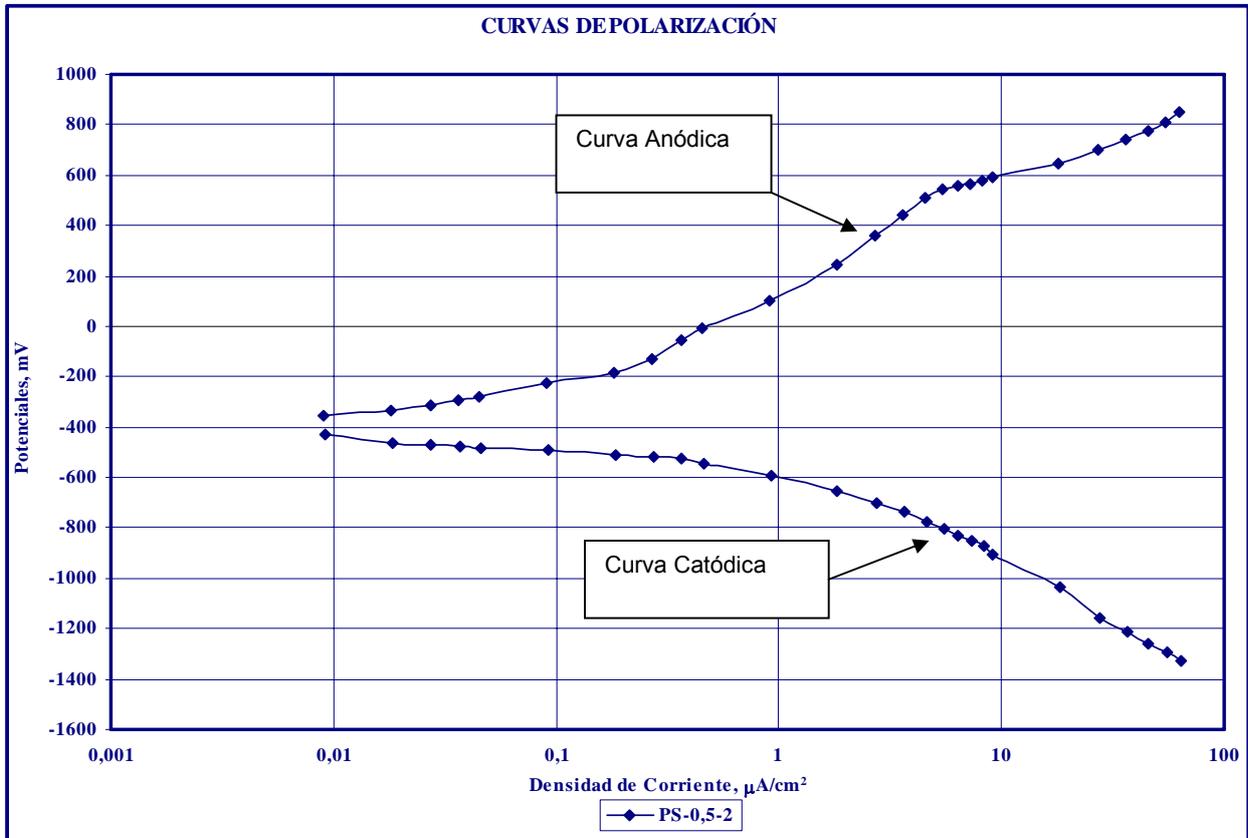
Se prepara todo el circuito (ver Anexo A fig. 2) y se enciende solo el Multímetro hasta alcanzar el potencial estacionario de los electrodos tanto del cátodo como del ánodo, valor que se toma cuando este no varia al menos en 1 minuto, después se polarizan los electros haciéndole pasar distintos valores de corriente eléctrica, leyéndose el valor correspondiente de potencial E al cabo de 5 minutos de impuesto cada valor de corriente eléctrica.

Los valores de corriente eléctrica que deben imponerse son:

Corriente, μA	Corriente, μA	Corriente, μA	Corriente, μA	Corriente, μA	Corriente, μA
0,1	1	10	60	200	700
0,2	2	20	70	300	800
0,3	3	30	80	400	
0,4	4	40	90	500	
0,5	5	50	100	600	

Al final de la polarización se apaga la fuente de corriente y se mide la caída de potencial anódica a 60 segundos.

Posteriormente se hace la gráfica en una escala semilogarítmica del potencial contra la densidad de corriente para cada punto que se midió, la densidad de corriente en $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ que sería el cociente de la corriente eléctrica impuesta entre el área del electrodo embebida dentro del hormigón.



5 Expresión y cálculo de los resultados

Obtenidas las dos curvas, la anódica y la catódica se procede al cálculo de la corriente de corrosión utilizando la siguiente fórmula:

$$i_{\text{corr}} = \frac{\Delta i}{2.3 \Delta E} \frac{(\beta_a - \beta_c)}{(\beta_a + \beta_c)}$$

Donde:

i_{corr} = Corriente de corrosión ($\mu\text{A} / \text{cm}^2$)

Δi = Diferencia de corriente correspondiente a los potenciales ΔE ($\mu\text{A} \times \text{cm}^2$)

ΔE = Diferencia entre el potencial estacionario y el primer valor del potencial de la curva anódica.
(No debe ser mayor de 10 mV) (mV)

β_a y β_c = Coeficientes de Tafel para las curvas anódicas y catódicas (mV)

Las β_a y β_c se determinan trazando una líneas recta sobre el primer tramo recto de ambas curvas, en el caso de la catódica se traza en la zona comprendida entre -600 y -800 mV y para la anódica en el primer tramo más recto de la curva comprendida entre +200 y +600 mV, y sus valores serán las pendientes de esas rectas que se trazaron.

También con el gráfico de la curva anódica se calcula la densidad de corriente que posee el acero a $E = +300$ mV.

Los criterios a tener en cuenta para que los aceros estén en estado pasivo son los siguientes:

- a) Que el potencial estacionario sea mayor de -250 mV
- b) Que la i_{corr} sea menor que $0,1 \mu A / cm^2$
- c) Que la densidad de corriente correspondiente al $E = +300$ mV sea menor que $10 \mu A / cm^2$
- d) Que la caída de potencial anódica a corriente 0 segundos a los 60 segundos sea positiva

Expresión final de los resultados. Ejemplo:

Identificación	$E_{an\ Est}$ mV	i_{corr} $\mu A/cm^2$	Caída de Potencial Anódico a 60 s	Densidad de Corriente a + 300 mV
PS-0,5-2	-388	0,070735	426	2,252102

6 Informe del ensayo

El informe debe incluir la siguiente información

- a) Referencia a esta norma
- b) Lugar, fecha y hora del ensayo.
- c) Identificación de la muestra
- d) Condiciones de almacenamiento
- e) Edad del hormigón cuando se ensayó
- f) Resultados del ensayo
- g) Observaciones

Bibliografía

[1] Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de la Construcción (CTDMC), 1988, Rossental N., Zuaznabar J., Corrosión por cloruros de la armadura de acero de los hormigones. Monografía.

[2] Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de la Construcción (CTDMC), 1987, Zuaznabar J., Martín A. R., Corrosión del acero de refuerzo en hormigones hidrotécnicos marinos. Informe.