



Quito – Ecuador

**NORMA
TECNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN-IEC 61400-3

Primera edición
2014-01

**AEROGENERADORES – PARTE 3: REQUISITOS DE DISEÑO PARA
AEROGENERADORES MARINOS (IEC 61400-3:2009, IDT).**

WIND TURBINES – PARTE 3: DESIGN REQUIREMENTS FOR OFFSHORE WIND TURBINES (IEC 61400-3:2009, IDT)

Correspondencia:

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es idéntica a la Norma Internacional IEC 61400-3: 2009

DESCRIPTORES: Sistemas de aerogeneradores de energía. Generadores de energía eléctrica
ICS: 27.180

136 páginas

Prólogo nacional

Esta Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-IEC 61400-3 es idéntica a la traducción oficial al español de la Norma Internacional IEC 61400-3:2009: *Aerogeneradores – Parte 3: Requisitos de diseño para aerogeneradores marinos*. El comité responsable de esta Norma Técnica Ecuatoriana es el Comité Interno del INEN.

Para el propósito de esta Norma Técnica Ecuatoriana se enlista los documentos normativos internacionales que se referencian en la Norma Internacional IEC 61400-3 ed1.0:2009 para los cuales no existen los documentos normativos nacionales correspondientes:

Documento Normativo Internacional

IEC 60721-2-1:1982 *Clasificación de las condiciones ambientales. Parte 2: Condiciones ambientales presentes en la naturaleza. Temperatura y humedad.*

IEC 61400-1:2005 *Aerogeneradores. Parte 1: Requisitos de diseño.*

IEC 62305-3: 2006 *Protección contra el rayo. Parte 3: Daño físico a estructuras y riesgo humano.*

IEC 62305-4: 2006 *Protección contra el rayo. Parte 4: Sistemas eléctricos y electrónicos en estructuras.*

ISO 2394:1998 *Principios generales sobre la fiabilidad de las estructuras.*

ISO 2533:1975 *Atmósfera normal.*

ISO 9001:2000 *Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos.*

ISO 19900:2002 *Industrias del petróleo y del gas natural. Requisitos generales para estructuras marinas.*

ISO 19901-1:2005 *Industrias del petróleo y del gas natural. Requisitos específicos para estructuras marinas. Parte 1: condiciones oceanográficas y meteorológicas de diseño y operación.*

ISO 19901-4:2003 *Industrias del petróleo y del gas natural. Requisitos específicos para estructuras marinas. Parte 4: Consideraciones de geotecnia y diseño de cimentaciones.*

NORMA INTERNACIONAL

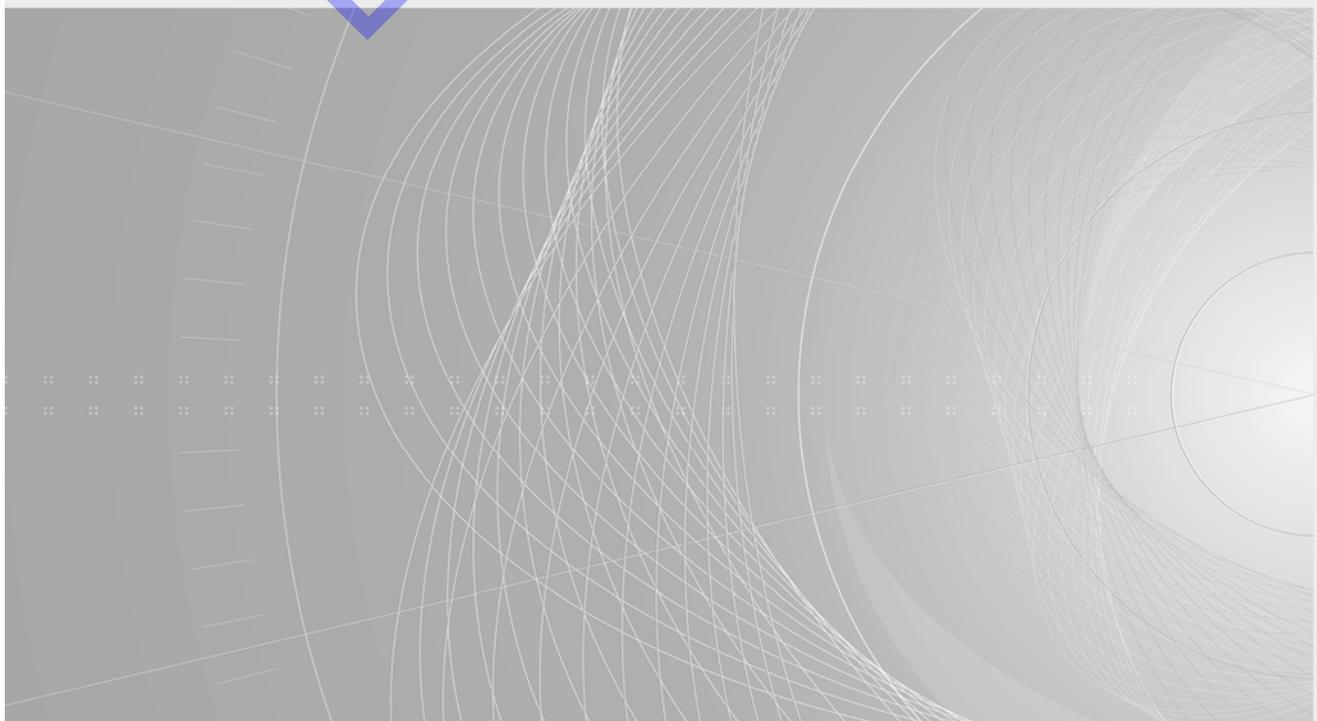
Versión en español

**Aerogeneradores –
Parte 3: Requisitos de diseño para aerogeneradores marinos**

**Wind turbines –
Part 3: Design requirements for offshore wind turbines**

**Eoliennes –
Partie 3: Exigences de conception des éoliennes en pleine mer**

EXTRACTO





LOS DERECHOS DE REPRODUCCIÓN DE ESTA PUBLICACIÓN ESTÁN PROTEGIDOS

Copyright © 2009 IEC, Geneva, Switzerland
Copyright © Abril 2010 AENOR

Reservados todos los derechos de reproducción. A menos que se especifique de otra manera, ninguna parte de esta publicación se puede reproducir ni utilizar de cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia o microfilm, sin el permiso por escrito de IEC o del Comité Nacional miembro de IEC en el país del solicitante.

Cualquier pregunta sobre los derechos de reproducción de IEC o sobre la forma de obtener derechos adicionales sobre esta publicación, deberá remitirse a la siguiente dirección de IEC o del Comité Nacional Español miembro de IEC.

IEC Central Office
3, rue de Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

AENOR
Génova, 6
28004 Madrid
España
norm.clciec@aenor.es
www.aenor.es

Sobre IEC

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) es la organización mundial que elabora y publica normas internacionales sobre la tecnología eléctrica, electrónica y tecnologías análogas.

Sobre las publicaciones IEC

El contenido técnico de las publicaciones IEC permanece en constante revisión por IEC. Por favor, asegúrese de que tiene la última edición, pueden haber sido publicados un corrigendum o una modificación.

- Catálogo de publicaciones IEC: www.iec.ch/searchpub
El Catálogo *on-line* de IEC permite buscar por una variedad de criterios (número de referencia, texto, comité técnico,...). También proporciona información sobre proyectos, publicaciones anuladas y sustituidas.
- Recién Publicado en IEC: www.iec.ch/online_news/justpub
Manténgase al día de todas las publicaciones nuevas de IEC. Recién Publicado detalla dos veces al mes todas las publicaciones nuevas puestas a la venta. Disponible *on-line* y también por correo electrónico.
- Electropedia: www.electropedia.org
El principal diccionario *on-line* mundial de términos eléctricos y electrónicos que contiene más de 20 000 términos y definiciones en inglés y francés, con términos equivalentes en otros idiomas. También se conoce como Vocabulario Electrotécnico Internacional *on-line*.
- Centro de Atención al Cliente: www.iec.ch/webstore/custserv
Si desea hacer observaciones sobre esta publicación o necesita más ayuda, visite por favor el Centro de Atención al Cliente o contacte con nosotros:
Email: csc@iec.ch e-mail: norm.clciec@aenor.es
Tel.: +41 22 919 02 11 Tel.: +34 91 432 60 00
Fax: +41 22 919 03 00 Fax: +34 91 310 40 32

NORMA INTERNACIONAL

Versión en español

**Aerogeneradores –
Parte 3: Requisitos de diseño para aerogeneradores marinos**

**Wind turbines –
Part 3: Design requirements for offshore wind turbines**

**Eoliennes –
Partie 3: Exigences de conception des éoliennes en pleine mer**

COMISIÓN
ELECTROTÉCNICA
INTERNACIONAL

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

CÓDIGO DE PRECIO **XD**

ÍNDICE

	Página
PRÓLOGO	8
INTRODUCCIÓN.....	10
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	11
2 NORMAS PARA CONSULTA.....	11
3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES	12
4 SÍMBOLOS Y TÉRMINOS ABREVIADOS.....	17
4.1 Símbolos y unidades	18
4.2 Abreviaturas	19
5 ELEMENTOS PRINCIPALES	20
5.1 Generalidades	20
5.2 Métodos de diseño	20
5.3 Clases de seguridad	22
5.4 Aseguramiento de la calidad	23
5.5 Marcado del conjunto rotor – góndola.....	23
6 CONDICIONES EXTERNAS.....	23
6.1 Generalidades	23
6.2 Clases de aerogeneradores.....	24
6.3 Condiciones de viento.....	24
6.4 Condiciones marinas.....	25
6.5 Otras condiciones ambientales.....	34
6.6 Condiciones de la red eléctrica.....	35
7 DISEÑO ESTRUCTURAL	36
7.1 Generalidades	36
7.2 Metodología de diseño.....	36
7.3 Cargas.....	36
7.4 Situaciones de diseño y casos de carga.....	37
7.5 Cálculos de cargas y de cargas internas	52
7.6 Análisis del estado límite último.....	55
8 SISTEMAS DE CONTROL Y DE PROTECCIÓN.....	59
9 SISTEMAS MECÁNICOS.....	59
10 SISTEMA ELÉCTRICO.....	59
11 DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN	59
12 EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES EXTERNAS EN UN EMPLAZAMIENTO DE UN AEROGENERADOR MARINO	60
12.1 Generalidades	60
12.2 La base de datos oceanográfica y meteorológica	60
12.3 Evaluación de las condiciones de viento	61
12.4 Evaluación de las olas.....	63
12.5 Evaluación de las corrientes	64
12.6 Evaluación del nivel del mar, mareas astronómicas y mareas meteorológicas.....	65
12.7 Evaluación del hielo marino	65

12.8	Evaluación de las adherencias marinas	65
12.9	Evaluación de movimientos del lecho marino y socavación.....	65
12.10	Evaluación de los efectos de las estelas de los aerogeneradores cercanos.....	66
12.11	Evaluación de otras condiciones ambientales	66
12.12	Evaluación de las condiciones sísmicas.....	67
12.13	Evaluación de las ventanas climáticas y los periodos de inactividad debidos al clima...	67
12.14	Evaluación de las condiciones de la red eléctrica	67
12.15	Evaluación de las condiciones del suelo.....	68
13	MONTAJE, INSTALACIÓN Y CONSTRUCCIÓN	69
13.1	Generalidades	69
13.2	Planificación.....	69
13.3	Condiciones de instalación.....	70
13.4	Acceso al emplazamiento	70
13.5	Condiciones ambientales.....	70
13.6	Documentación	71
13.7	Recepción, manipulación y almacenamiento	71
13.8	Sistemas de cimentación o anclaje	71
13.9	Montaje de aerogeneradores marinos	71
13.10	Construcción de aerogeneradores marinos.....	71
13.11	Uniones y acoplamientos.....	71
13.12	Grúas, pescantes y equipos de izado	72
14	PUESTA EN SERVICIO, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	72
14.1	Generalidades	72
14.2	Requisitos de diseño para la operación, la instalación y el mantenimiento seguros	72
14.3	Instrucciones relativas a la puesta en servicio	73
14.4	Manual de instrucciones del operador	74
14.5	Manual de mantenimiento.....	76
ANEXO A (Informativo)	PARÁMETROS DE DISEÑO CLAVES PARA UN AEROGENERADOR MARINO	78
ANEXO B (Informativo)	FORMULACIONES DE ESPECTROS DE OLEAJE	82
ANEXO C (Informativo)	HIDRODINÁMICA DE AGUAS SOMERAS Y OLAS ROMPIENTES	87
ANEXO D (Informativo)	GUÍA PARA EL CÁLCULO DE LAS CARGAS HIDRODINÁMICAS.....	95
ANEXO E (Informativo)	RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE SOPORTE DE AEROGENERADORES MARINOS CON RESPECTO A LAS CARGAS DE HIELO	108
ANEXO F (Informativo)	DISEÑO DE CIMENTACIONES DE AEROGENERADORES MARINOS	119
ANEXO G (Informativo)	EXTRAPOLACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS Y METEOROLÓGICOS EN OPERACIONALES PARA EL ANÁLISIS DE RESISTENCIA ÚLTIMA	120
ANEXO H (Informativo)	PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN.....	125
BIBLIOGRAFÍA.....		129

Figura 1 – Partes de un aerogenerador marino.....	13
Figura 2 – Proceso de diseño de un aerogenerador marino	22
Figura 4 – Los dos enfoques para calcular la carga interna de diseño.....	56
Figura B.1 – Espectro PM	83
Figura B.2 – Espectros Jonswap y PM para un estado de mar tormentoso habitual del mar del Norte.....	84
Figura C.1 – Diagrama de selección de la teoría de olas regulares.....	87
Figura D.1 – Parámetros de la ola rompiente y el cilindro.....	99
Figura D.2 – Parámetros del flujo oblicuo.....	99
Figura D.3 – Distribución con la altura de la línea de máxima fuerza de impacto ($\gamma=0^\circ$)	101
Figura D.4 – Respuesta de maquetas y de cilindros a escala real a flujos alineados y transversales (del documento de referencia 4).....	103
Figura E.1 – Coeficientes de fuerza del hielo para análisis del límite plástico (a partir del documento de referencia 6).....	113
Figura E.2 – Perfil de carga en diente de sierra ($T_{0,1} = 1/f_N$ o $1/f_b$).....	116
Figura G.1 – Ejemplo de construcción de la curva de nivel ambiental de un periodo de retorno de 50 años para estados de mar de 3 h de duración.....	121
Tabla 1 – Casos de carga de diseño	39
Tabla 2 – Casos de carga de diseño con hielo marino	51
Tabla 3 – Factores parciales de seguridad de cargas γ_f	58
Tabla 4 – Conversión entre velocidades de viento extremas con distintos periodos de promedio .	62
Tabla C.1 – Constantes h_1 y h_2 y alturas de ola normalizadas $h_{x\%}$ en función de H_{tr}	90
Tabla C.2 – Tipo de ola rompiente	93

COMISIÓN ELECTROTÉCNICA INTERNACIONAL

Aerogeneradores

Parte 3: Requisitos de diseño para aerogeneradores marinos

PRÓLOGO

- 1) IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) es una organización mundial para la normalización, que comprende todos los comités electrotécnicos nacionales (Comités Nacionales de IEC). El objetivo de IEC es promover la cooperación internacional sobre todas las cuestiones relativas a la normalización en los campos eléctrico y electrónico. Para este fin y también para otras actividades, IEC publica Normas Internacionales, Especificaciones Técnicas, Informes Técnicos, Especificaciones Disponibles al Público (PAS) y Guías (de aquí en adelante "Publicaciones IEC"). Su elaboración se confía a los comités técnicos; cualquier Comité Nacional de IEC que esté interesado en el tema objeto de la norma puede participar en su elaboración. Organizaciones internacionales gubernamentales y no gubernamentales relacionadas con IEC también participan en la elaboración. IEC colabora estrechamente con la Organización Internacional de Normalización (ISO), de acuerdo con las condiciones determinadas por acuerdo entre ambas.
- 2) Las decisiones formales o acuerdos de IEC sobre materias técnicas, expresan en la medida de lo posible, un consenso internacional de opinión sobre los temas relativos a cada comité técnico en los que existe representación de todos los Comités Nacionales interesados.
- 3) Los documentos producidos tienen la forma de recomendaciones para uso internacional y se aceptan en este sentido por los Comités Nacionales mientras se hacen todos los esfuerzos razonables para asegurar que el contenido técnico de las publicaciones IEC es preciso, IEC no puede ser responsable de la manera en que se usan o de cualquier mal interpretación por parte del usuario.
- 4) Con el fin de promover la unificación internacional, los Comités Nacionales de IEC se comprometen a aplicar de forma transparente las Publicaciones IEC, en la medida de lo posible en sus publicaciones nacionales y regionales. Cualquier divergencia entre la Publicación IEC y la correspondiente publicación nacional o regional debe indicarse de forma clara en esta última.
- 5) IEC no establece ningún procedimiento de marcado para indicar su aprobación y no se le puede hacer responsable de cualquier equipo declarado conforme con una de sus publicaciones.
- 6) Todos los usuarios deberían asegurarse de que tienen la última edición de esta publicación.
- 7) No se debe adjudicar responsabilidad a IEC o sus directores, empleados, auxiliares o agentes, incluyendo expertos individuales y miembros de sus comités técnicos y comités nacionales de IEC por cualquier daño personal, daño a la propiedad u otro daño de cualquier naturaleza, directo o indirecto, o por costes (incluyendo costes legales) y gastos derivados de la publicación, uso o confianza de esta publicación IEC o cualquier otra publicación IEC.
- 8) Se debe prestar atención a las normas para consulta citadas en esta publicación. La utilización de las publicaciones referenciadas es indispensable para la correcta aplicación de esta publicación.
- 9) Se debe prestar atención a la posibilidad de que algunos de los elementos de esta Publicación IEC puedan ser objeto de derechos de patente. No se podrá hacer responsable a IEC de identificar alguno o todos esos derechos de patente.

La Norma IEC 61400-3 ha sido elaborada por el comité técnico 88 de IEC: Turbinas eólicas (aerogeneradores).

Esta parte debe utilizarse conjuntamente con la Norma IEC 61400-1:2005, *Aerogeneradores. Parte 1: Requisitos de diseño*.

El texto de esta norma se basa en los documentos siguientes:

FDIS	Informe de voto
88/329/FDIS	88/338/RVD

El informe de voto indicado en la tabla anterior ofrece toda la información sobre la votación para la aprobación de esta norma.

Esta norma ha sido elaborada de acuerdo con las Directivas ISO/IEC, Parte 2.

En la página web de IEC puede encontrarse una lista de todas las partes de la serie de Normas IEC 61400, bajo el título general *Aerogeneradores*.

El comité ha decidido que el contenido de esta norma (la norma base y sus modificaciones) permanezca vigente hasta la fecha de mantenimiento indicada en la página web de IEC "<http://webstore.iec.ch>" en los datos relativos a la norma específica. En esa fecha, la norma será

- confirmada;
- anulada;
- reemplazada por una edición revisada; o
- modificada.

Esta versión es una traducción al español de la versión oficial de la norma IEC. En caso de discrepancia deberá consultarse la versión original.

EXTRACTO

INTRODUCCIÓN

Esta parte de la Norma IEC 61400 esboza los requisitos mínimos de diseño para aerogeneradores marinos y no pretende ser una especificación completa de diseño ni un manual de instrucciones.

Distintas partes pueden ser responsables de llevar a cabo las tareas de diseño, fabricación, ensamblaje, instalación, construcción, puesta en servicio, operación y mantenimiento de un aerogenerador marino y para asegurar que los requisitos de esta norma se cumplen. La división de responsabilidades entre esas partes es un asunto contractual y está fuera del alcance de esta norma.

Cualquier requisito de esta norma se puede modificar si se demuestra adecuadamente que la seguridad del sistema no resulta comprometida. El cumplimiento de esta norma no exime a ninguna persona, organización o empresa de la responsabilidad de atenerse a otros reglamentos aplicables.

EXTRACTO

Aerogeneradores

Parte 3: Requisitos de diseño para aerogeneradores marinos

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta parte de la Norma IEC 61400 especifica requisitos adicionales para la evaluación de las condiciones externas en el emplazamiento de un aerogenerador marino y especifica requisitos de diseño esenciales para asegurar la integridad ingenieril de los aerogeneradores marinos. Su propósito es proporcionar un nivel adecuado de protección contra el daño provocado por cualquier riesgo durante la vida útil planificada de la instalación.

Esta norma se centra en la integridad ingenieril de los componentes estructurales de un aerogenerador marino pero también está relacionada con subsistemas como los mecanismos de control y protección, sistemas eléctricos internos y sistemas mecánicos.

Un aerogenerador se debe considerar aerogenerador marino si la estructura de soporte está sujeta a cargas hidrodinámicas. Los requisitos de diseño especificados en esta norma no son necesariamente suficientes para asegurar la integridad ingenieril de los aerogeneradores marinos flotantes.

Esta norma debería usarse junto con las normas IEC e ISO mencionadas en el capítulo 2. En particular, esta norma es totalmente coherente con los requisitos de la Norma IEC 61400-1. El nivel de seguridad de un aerogenerador marino diseñado de acuerdo con esta norma debe ser igual o superior al nivel inherente al de la Norma IEC 61400-1. En algunos capítulos, donde una exposición exhaustiva de los requisitos añade claridad, se incluye la réplica del texto de la Norma IEC 61400-1.

2 NORMAS PARA CONSULTA

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de la norma (incluyendo cualquier modificación de ésta).

IEC 60721-2-1:1982 *Clasificación de las condiciones ambientales. Parte 2: Condiciones ambientales presentes en la naturaleza. Temperatura y humedad.*

IEC 61400-1:2005 *Aerogeneradores. Parte 1: Requisitos de diseño.*

IEC 62305-3: 2006 *Protección contra el rayo. Parte 3: Daño físico a estructuras y riesgo humano.*

IEC 62305-4: 2006 *Protección contra el rayo. Parte 4: Sistemas eléctricos y electrónicos en estructuras.*

ISO 2394:1998 *Principios generales sobre la fiabilidad de las estructuras.*

ISO 2533:1975 *Atmósfera normal.*

ISO 9001:2000 *Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos.*

ISO 19900:2002 *Industrias del petróleo y del gas natural. Requisitos generales para estructuras marinas.*

ISO 19901-1:2005 *Industrias del petróleo y del gas natural. Requisitos específicos para estructuras marinas. Parte 1: condiciones oceanográficas y meteorológicas de diseño y operación.*

ISO 19901-4:2003 *Industrias del petróleo y del gas natural. Requisitos específicos para estructuras marinas. Parte 4: Consideraciones de geotecnia y diseño de cimentaciones.*

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN-IEC 61400-3
TÍTULO: AEROGENERADORES – PARTE 3: REQUISITOS DE DISEÑO PARA AEROGENERADORES MARINOS (IEC 27.180 61400-3:2009, IDT).
Código: ICS: 27.180

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2013-08-20	REVISIÓN: La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de Por Resolución No. Publicado en el Registro Oficial No. Fecha de iniciación del estudio:
--	---

Fechas de consulta pública: 2013-10-15 al 2013-10-28

Comité interno del INEN
Fecha de iniciación: 2013-10-29
Integrantes del Comité Interno:

Fecha de aprobación: 2013-10-29

NOMBRES:

ING. NELSON BAUTISTA
ARQ.FRANCISCO RAMÍREZ
ING. LUIGI FURLON
ING. GABRIEL ANDRADE
LIC. VERONICA ARTEAGA
ING. PAOLA CASTILLO (**Presidenta**)
B.F. ELENA LARREA
ING. XAVIER VILLACRÉS (**Secretario Técnico**)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Dirección Zonal Guayas
Dirección de Reglamentación
Dirección de Certificación y Validación
Dirección de Normalización
Dirección de Normalización
Dirección Ejecutiva
Dirección de Metrología
Dirección de Normalización

Otros trámites:

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de Código de Práctica Ecuatoriana

Oficializada como: Voluntaria
Registro Oficial No. 171 de 2014-01-28

Por Resolución No. 14023 de 2014-01-14

EXTRACTO

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: E-Mail: direccion@inen.gob.ec
Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gob.ec
Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gob.ec
Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gob.ec
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inenlaboratorios@inen.gob.ec
Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gob.ec
Regional Azuay: E-Mail: inencuenca@inen.gob.ec
Regional Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@inen.gob.ec
[URL:www.inen.gob.ec](http://www.inen.gob.ec)