



REGIONAL FUND QUALITY INFRASTRUCTURE FOR BIODIVERSITY & CLIMATE PROTECTION  
IN LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN

---

# Workshop on Statistic, data analysis and measurement uncertainty for Meteorology

## Fundamentos estadísticos para la evaluación de la incertidumbre en las calibraciones

CENAM – Querétaro, México – 02 ~ 06.12.2019

Márcio A. A. Santana – INPE/BR  
marcio.santana@inpe.br

<http://lattes.cnpq.br/3335657546230527>

Ricardo de A. Kalid – UFSB/BR  
kalid@ufsb.edu.br

<http://lattes.cnpq.br/2562159376424787>



TECLIM-UFSB



- MSc en Ingeniería y Ciencia de Materiales - **Linha Metrologia**
- Ingeniero mecánico
- Técnico en electrónica
- Responsable del área de Metrología del Laboratorio de Instrumentación Meteorológica - CPTEC / INPE
- Responsable de la implementación de NBR ISO / IEC 17025 en INPE (2000)
- Profesor de Metrología, Calidad, Automatización, Instrumentación y Control de Procesos en Universidades y Cursos Técnicos
- Orador de Metrología aplicada a la Instrumentación Meteorológica y profesor del curso práctico de calibración de sensores meteorológicos
- Honrado por el Departamento de Ciencia y Tecnología Aeroespacial - DCTA / IFI
- Artículos y capítulo de libro publicados en revistas científicas relacionadas con metrología y ingeniería
- Orientaciones de proyectos de ingeniería



- Prof. da Universidade Federal do Sul da Bahia
- Dr. en Ingenieria Química
- 59 papers publicados em revistas científicas
  - 18 relacionadas con la metrología
- 16 capítulos de libros publicados
  - 8 relacionados con la metrología
- 2 patentes depositadas
- 11 softwares registrados
  - 9 relacionados con metrología
- 171 orientaciones de iniciaciones científicas
- 101 orientaciones de proyectos de ingeniería
- 46 orientaciones de especialización
  - 19 relacionadas con metrología
- 38 orientaciones de M.SC.
  - 13 relacionadas con metrología
- 6 orientaciones de D.SC.
  - 3 relacionadas con metrología



# Fundamentos estadísticos para la evaluación de la incertidumbre en las calibraciones & Conceptos estadísticos de la norma ASTM D4430



Temas propuestos 6, 8, 9, 10, 11, 12:

## i. Fundamentos estadísticos

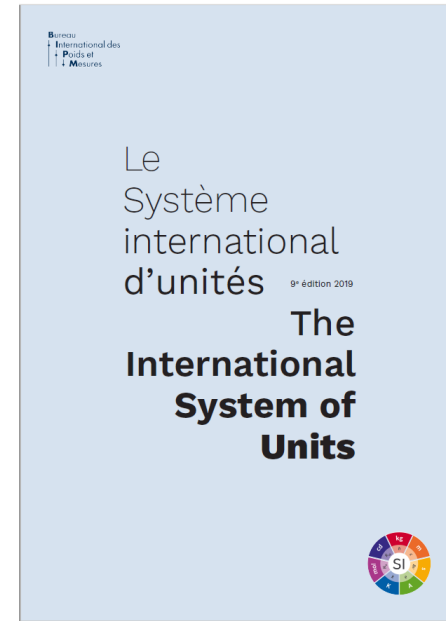
- a) Terminología & Análisis de datos
- b) Evaluación de la incertidumbre
- c) Calibración
  - (i) Punto a punto
  - (ii) Unidireccional
  - (iii) Bidireccional

## ii. ASTM D4430

- a) Conceptos estadísticos
- b) Comparación de datos de campo

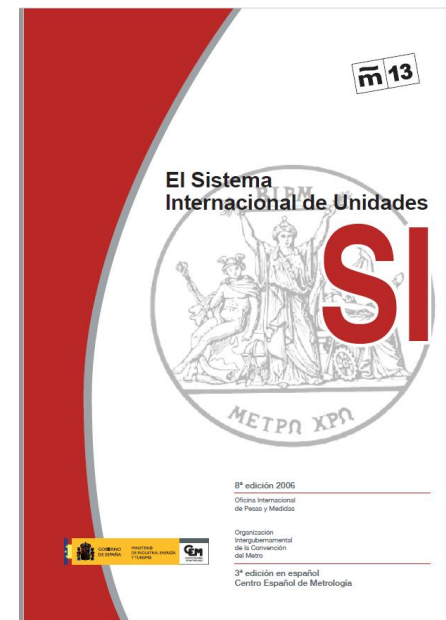
- **SI – The The International System of Units.**  
BIPM et al. 2019.

<https://www.bipm.org/utils/common/pdf/si-brochure/SI-Brochure-9.pdf>



- **SI – El Sistema Internacional de Unidades.**  
Centro Español de Metrología. 2013.

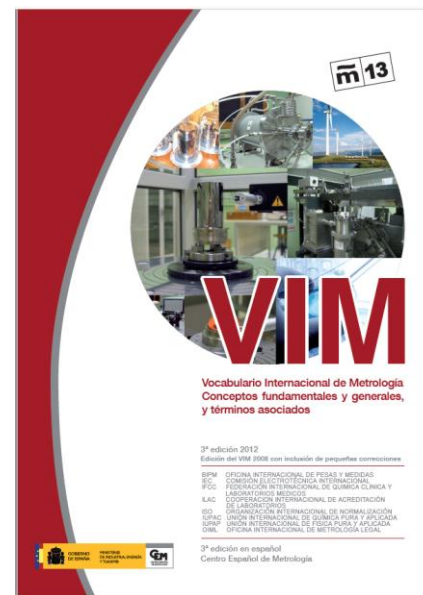
<https://www.cem.es/sites/default/files/files/SistemaInternacionalUnidades.pdf>



- **VIM - Vocabulario Internacional de Metrología: Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados.**

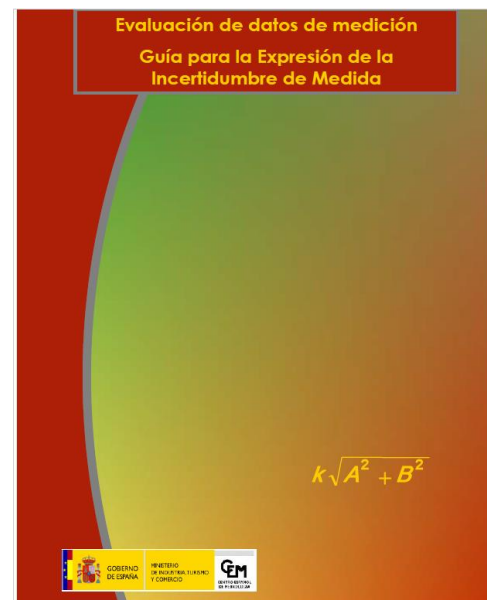
Centro Español de Metrología. 2012.

- <https://www.cem.es/sites/default/files/vim-cem-2012web.pdf>



- **GUM 2009. Evaluación de datos de medición — Guía para la expresión de la incertidumbre de medida. JGM 100:2008. BIPM.**

- <https://www.cem.es/sites/default/files/gum20digital1202010.pdf>





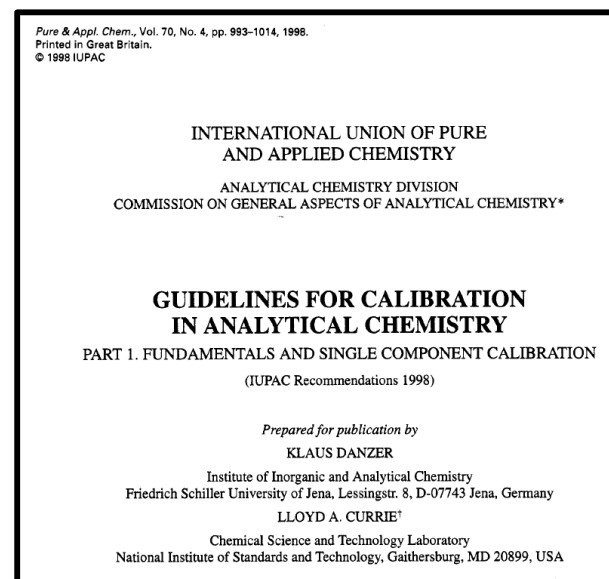
# Referencias



- EURACHEM/CITAC. **Cuantificación de la Incertidumbre em Medidas Analíticas.** Eurolab-España. 2011.  
– [https://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/QUAM2012\\_P1\\_ES.pdf](https://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/QUAM2012_P1_ES.pdf)



- IUPAC Recommendations 1998.  
***GUIDELINES FOR CALIBRATION IN ANALYTICAL CHEMISTRY - PART 1: FUNDAMENTALS AND SINGLE COMPONENT CALIBRATION.*** Prepared for publication by Klaus Danzer & Lloyd A. Currie.



- PINTO, José Carlos e SCHWAAB, Márcio.  
**Análise de Dados Experimentais I:  
Fundamentos de Estatística e Estimação  
de Parâmetros.** E-papers. 2007.
- RENCHER, Alvin C. and SCHAALJE, G.  
Bruce. **Linear Models in Statistics.** John  
Wiley & Sons. 2008.



# Referencias

- ASTM, 2015, D4430-00
  - Standard Practice for Determining the Operational Comparability of Meteorological Measurements
- ASTM, 2018, 9ª edicion:
  - Manual on Presentation of Data and Control Chart Analysis

- Sítios:

- <https://www.cem.es/>



- <https://www.ptb.de/cms/>



- <https://www.nist.gov/>



- <https://www.bipm.org/>



# Referencias

## Softwares

- Excel®
- Real Statistcs®: <http://www.real-statistics.com/>
- R®: **The R Project for Statistical Computing**  
<https://www.r-project.org/>

# Cursos on line

- *Centro Español de Metrologia,*  
<http://aulavirtual.cem.es/>
- *NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods,*  
<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>
- *Fundamentos de METROLOGIA científica e industrial*  
[http://www.labmetro.ufsc.br/livroFMCI/ambientes\\_virtuais.html](http://www.labmetro.ufsc.br/livroFMCI/ambientes_virtuais.html)

# Normas sobre incertidumbre

- **SI – The The International System of Units.** BIPM et al. 2019.
  - <https://www.bipm.org/utils/common/pdf/si-brochure/SI-Brochure-9.pdf>
- **SI – El Sistema Internacional de Unidades.** Centro Español de Metrología. 2013.
  - <https://www.cem.es/sites/default/files/files/SistemaInternacionalUnidades.pdf>
- **VIM - Vocabulario Internacional de Metrología: Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados.** Centro Español de Metrología. 2012.
  - <https://www.cem.es/sites/default/files/vim-cem-2012web.pdf>
- **GUM 2009. Evaluación de datos de medición — Guía para la expresión de la incertidumbre de medida.** JGM 100:2008. BIPM.
  - <https://www.cem.es/sites/default/files/gum20digital1202010.pdf>
- **EURACHEM/CITAC. Cuantificación de la Incertidumbre em Medidas Analíticas.** Eurolab-España. 2011.
  - [https://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/QUAM2012\\_P1\\_ES.pdf](https://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/QUAM2012_P1_ES.pdf)

# Normas sobre incertidumbre

- **ISO 80000-1:** Quantities and units -- Part 1: General
- **ISO/IEC Guide 98-1:** : Uncertainty of measurement -- Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement
- **ISO/IEC Guide 98-3:** Uncertainty of measurement -- Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)
- **ISO/IEC Guide 98-4:** Uncertainty of measurement -- Part 4: Role of measurement uncertainty in conformity assessment
- **ISO/IEC Guide 98-3/Suppl 1:** Propagation of distributions using a Monte Carlo method (GUM S1)
- **ISO/IEC Guide 98-3/Suppl 2:** Extension to any number of output quantities (GUM S2)
- **ISO/IEC 17025:** General requirements for the competence of testing and calibration laboratories
- **ISO 5725:** Generalities. terminology. standardization. documentation
- **ISO 13528:** Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison
- **ISO/TS 21748:** Guidance for the use of repeatability, reproducibility and trueness estimates in measurement uncertainty estimation
- **ISO 21749:** Measurement uncertainty for metrological applications — Repeated measurements and nested experiments

# Normas sobre incertidumbre

- **ISO 5725-1:** Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results -- Part 1: General principles and definitions
- **ISO 5725-2:** Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results -- Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method
- **ISO 5725-3:** Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results -- Part 3: Intermediate measures of the precision of a standard measurement method
- **ISO 5725-4:** Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results -- Part 4: Basic methods for the determination of the trueness of a standard measurement method
- **ISO 5725-5:** Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results -- Part 5: Alternative methods for the determination of the precision of a standard measurement method
- **ISO 5725-6:** Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results -- Part 6: Use in practice of accuracy values



REGIONAL FUND QUALITY INFRASTRUCTURE FOR BIODIVERSITY & CLIMATE PROTECTION  
IN LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN

## Workshop on Statistics, data analysis and measurement uncertainty in Meteorology

### Fundamentos estadísticos para la evaluación de la incertidumbre en las calibraciones



Márcio A. A. Santana – INPE/BR  
marcio.santana@inpe.br

Ricardo de A. Kalid – UFSB/BR  
kalid@ufsb.edu.br



TECLIM-UFSB