

# Regulación de la eficiencia energética en viviendas en Iberoamérica

Dra. Gabriela Reus Neto

Becaria posdoctoral CONICET

Dr. Jorge Daniel Czajkowski

Investigador Independiente CONICET

Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Universidad Nacional de La Plata

-+-

Centro asociado CIC

FAU Facultad de  
Arquitectura  
y Urbanismo



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE LA PLATA



# TIPO DE CUMPLIMIENTO SISTEMA REGULATORIO



MARCO UNIFICADO



ESCENARIO DIVERSIFICADO

**Aplicación**



Obligatoria a todos los países miembros



Voluntaria en los países que disponen de regulación

**Criterios de evaluación**



73% evalúa consumo  
27% evalúa la demanda



19% evalúa el consumo  
81% evalúa la demanda e indicadores de la envolvente

**Métodos de cálculo**

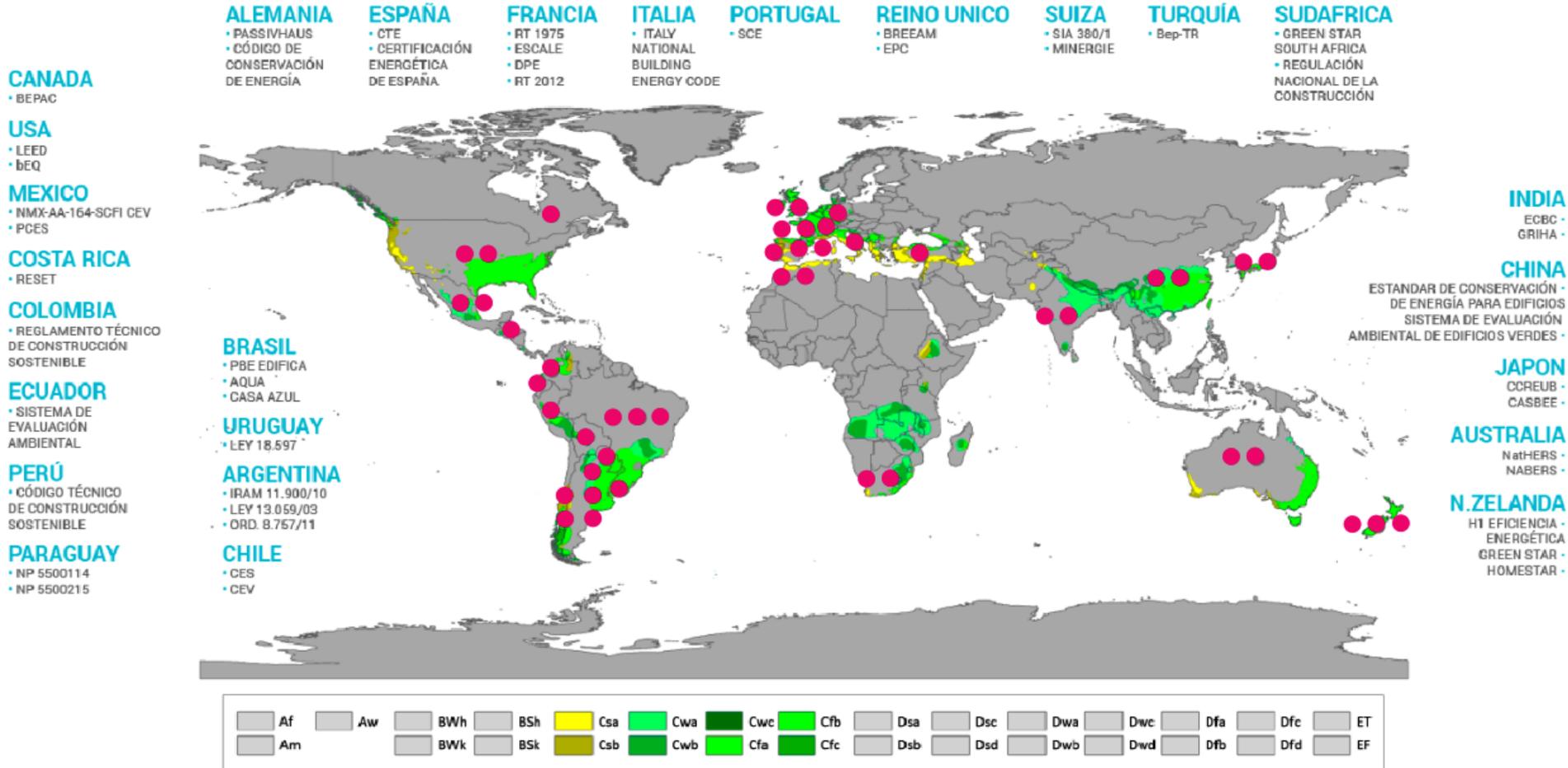


Simulación



Simplificado

# Sistemas de calificación edilicia en clima templado



47 regulaciones y certificaciones de edificios implementadas en países con clima templado

# Predicción de la demanda mediante simulación numérica

**Consumo en HVAC**  
Edificios de oficina  
**Reino Unido**

4 tipologías de edificios  
5 niveles de aislamiento térmico  
5 variables de sistemas térmicos  
7 variables de la envolvente

Fuente: Korolija, et al. (2013)

**Consumo en calefacción**  
Edificios en general

**3 regiones de Europa**

5 tipologías de edificios  
8 niveles de aislamiento térmico

Fuente: Petersdorff, Boermans T and Harnisch (2006)

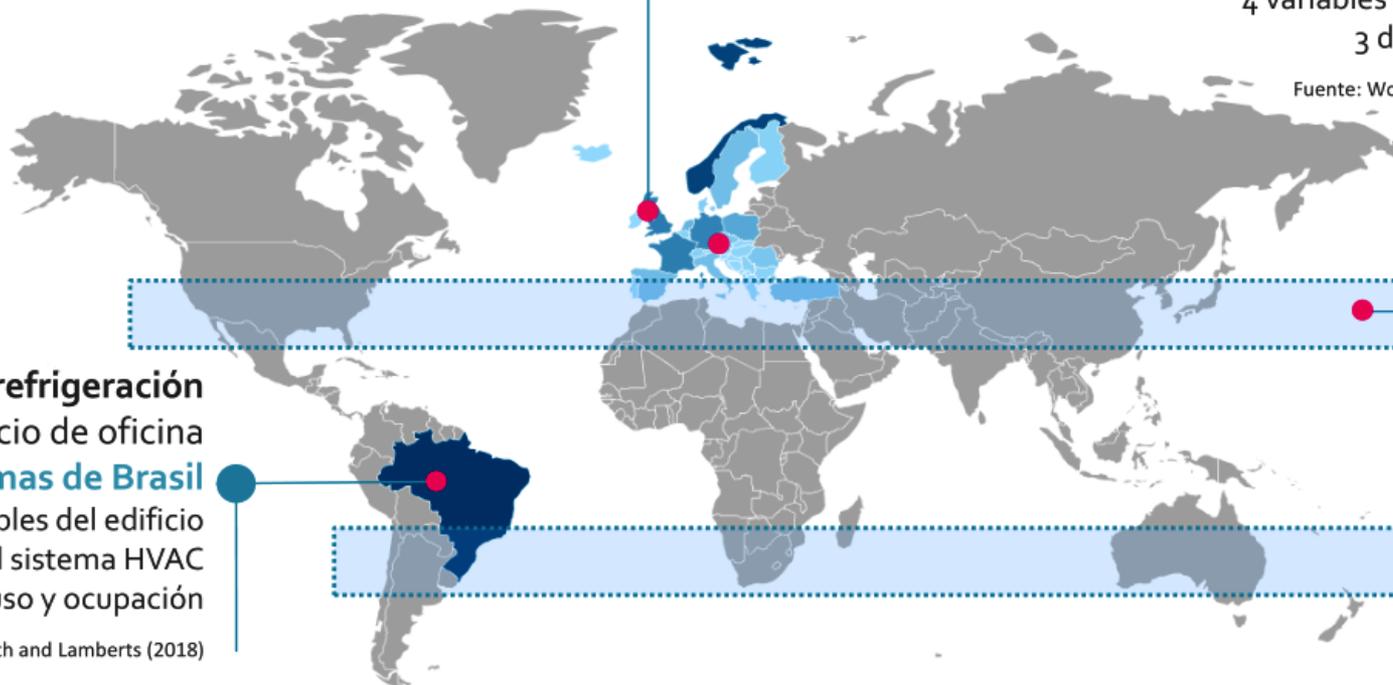
**Consumo energético**

Edificios de oficina

**Clima Subtropical**

4 variables climáticas  
4 variables de la envolvente  
3 días de la semana

Fuente: Wong, Wan and Lam (2010)



**Consumo en refrigeración**

Edificio de oficina

**3 climas de Brasil**

15 variables del edificio  
12 variables del sistema HVAC  
3 variables de uso y ocupación

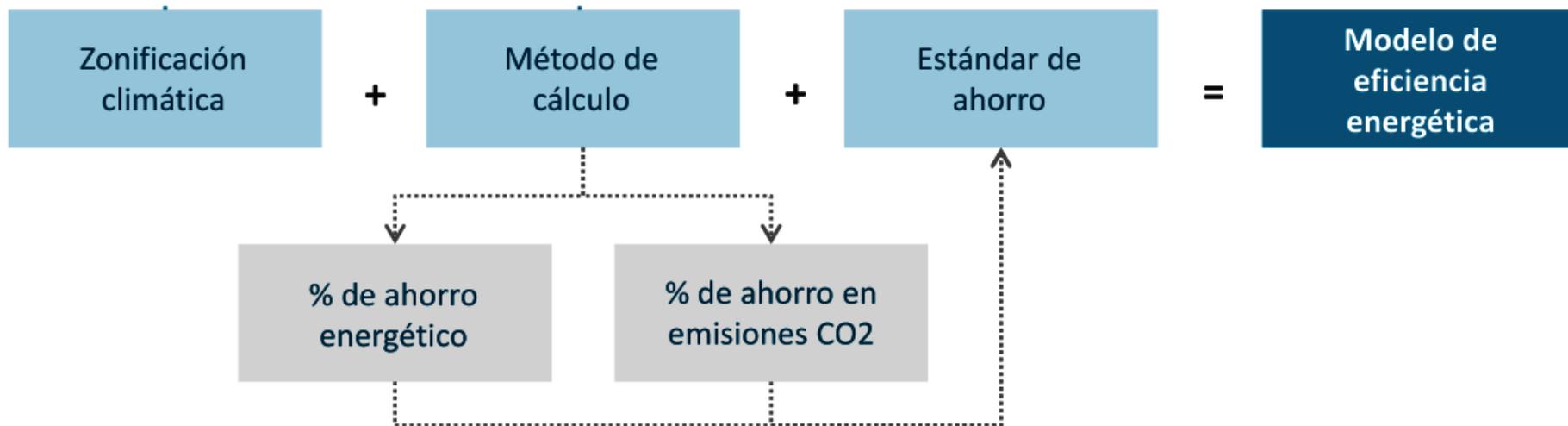
Fuente: Nath and Lamberts (2018)

# Los países en que se aplican las regulaciones y certificaciones estudiadas

- Poseen el **57% de la población mundial**
- Consumen el **68% de la energía primaria total del mundo**

Fuente: U.S. Energy Information Administration. Energy Statistics. [En línea] 2017. <https://www.eia.gov/beta/international/>.

## Metodología propuesta



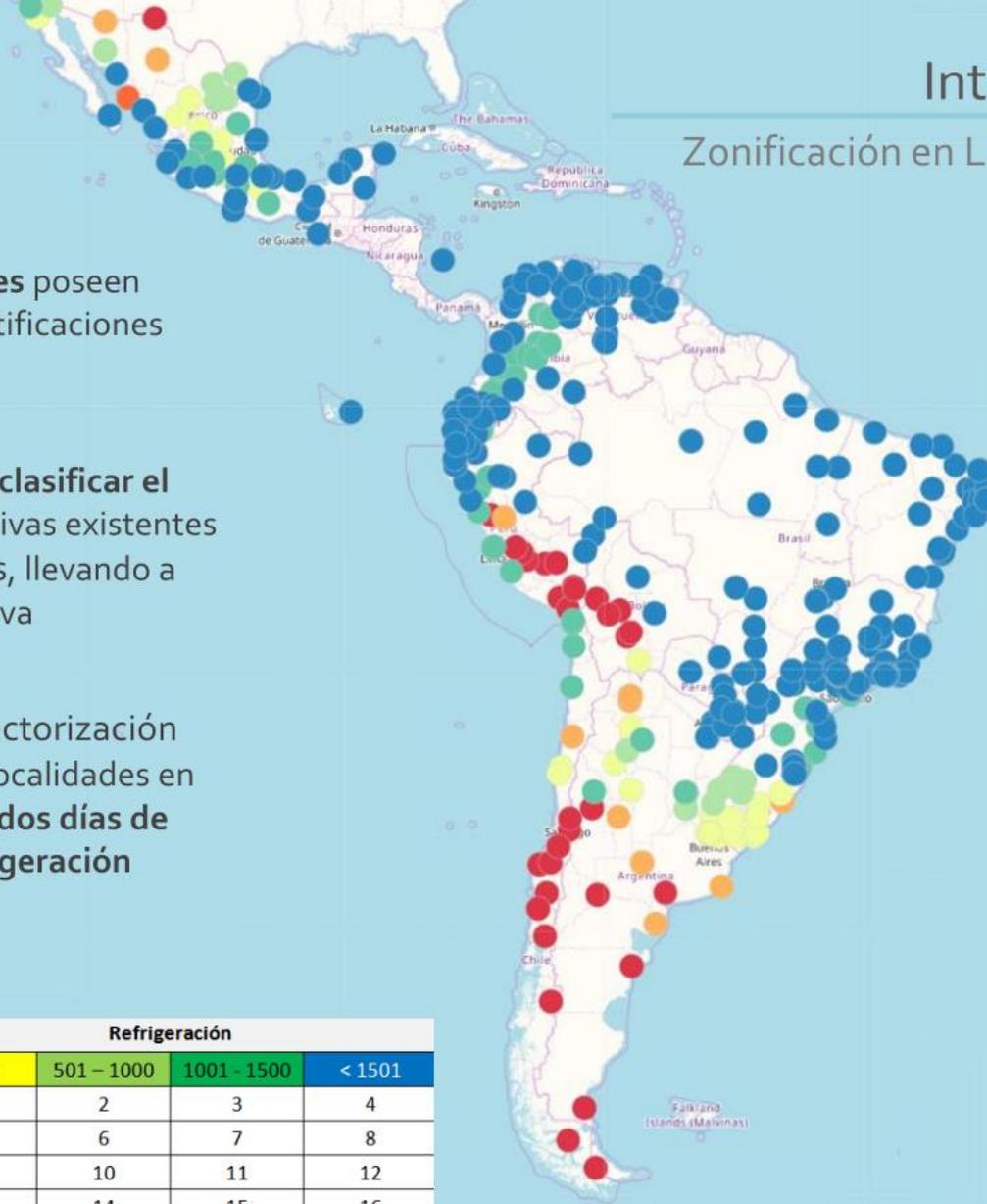
# Introducción

## Zonificación en Latinoamérica

No todos los países poseen regulaciones y certificaciones de edificaciones

Los criterios para clasificar el clima en las iniciativas existentes son heterogéneos, llevando a una lectura subjetiva

Se propone una sectorización climática de 500 localidades en función de sus grados días de calefacción y refrigeración



Grados Día		Refrigeración			
		0 - 500	501 - 1000	1001 - 1500	< 1501
Calefacción	< 1501	1	2	3	4
	1001 - 1500	5	6	7	8
	501 - 1000	9	10	11	12
	0 - 500	13	14	15	16

## Iniciativas de Latinoamérica + Caso de referencia

### Criterios de selección

- Iniciativas destinadas a edificios residenciales
- Criterios de confort y eficiencia objetivos
- Poseer 5 localidades con disponibilidad de archivo climático por país

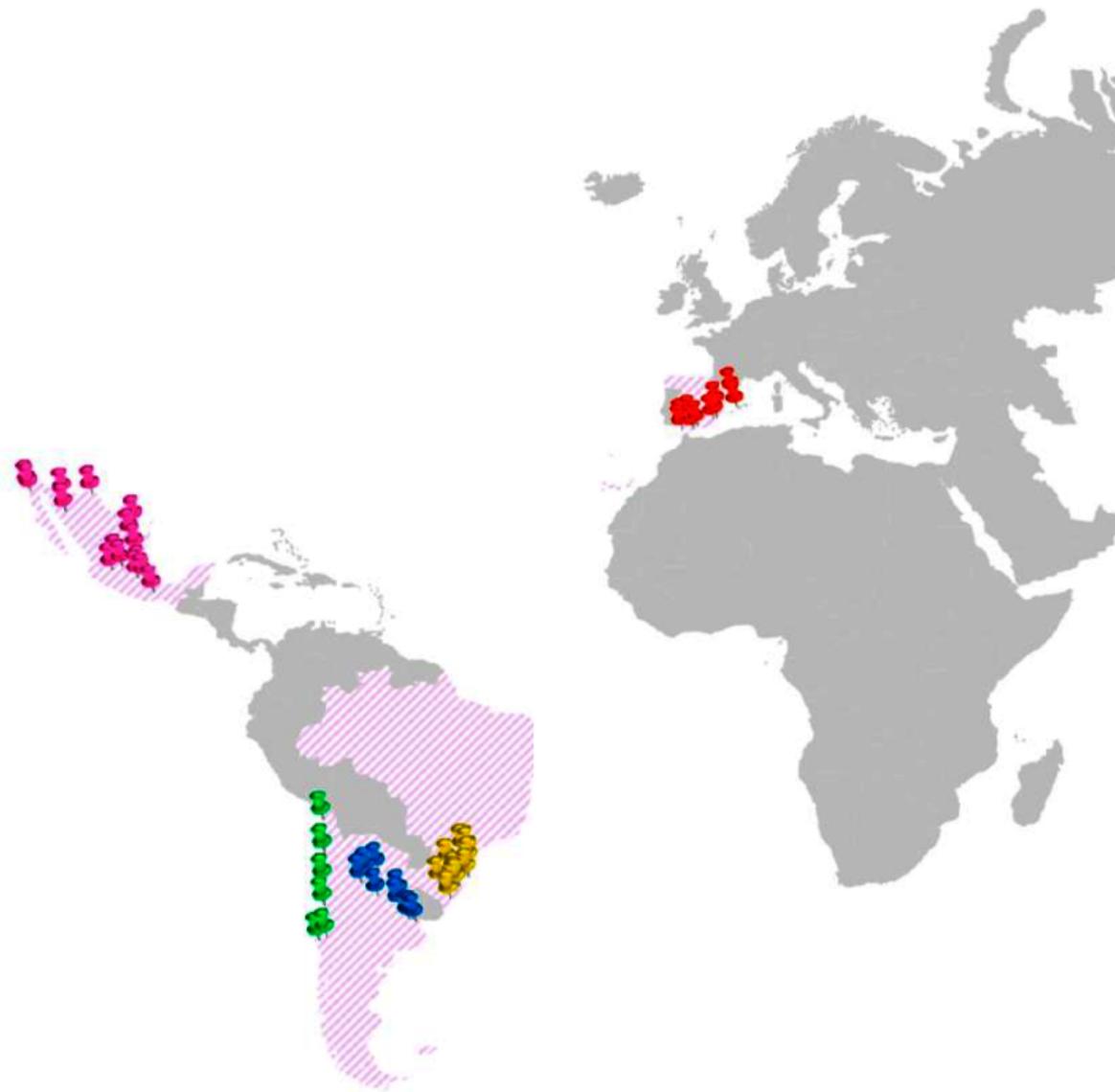


Regulaciones y certificaciones analizadas en Latinoamérica

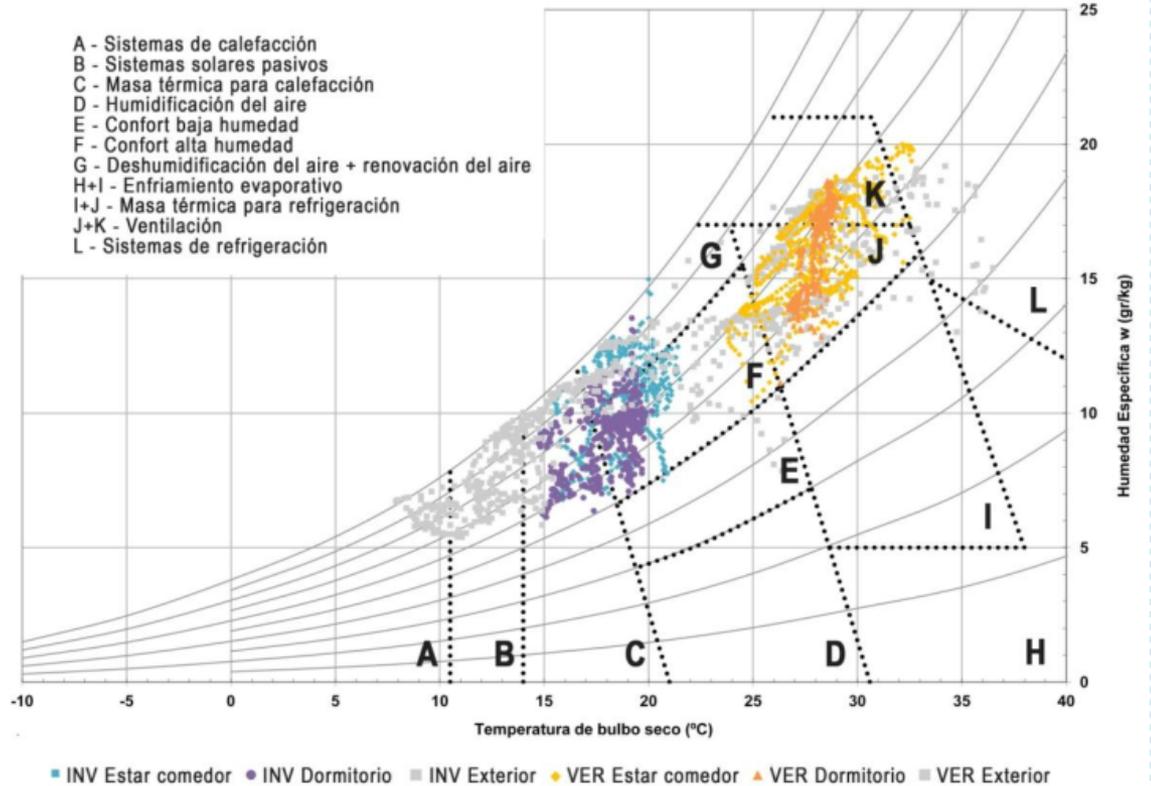
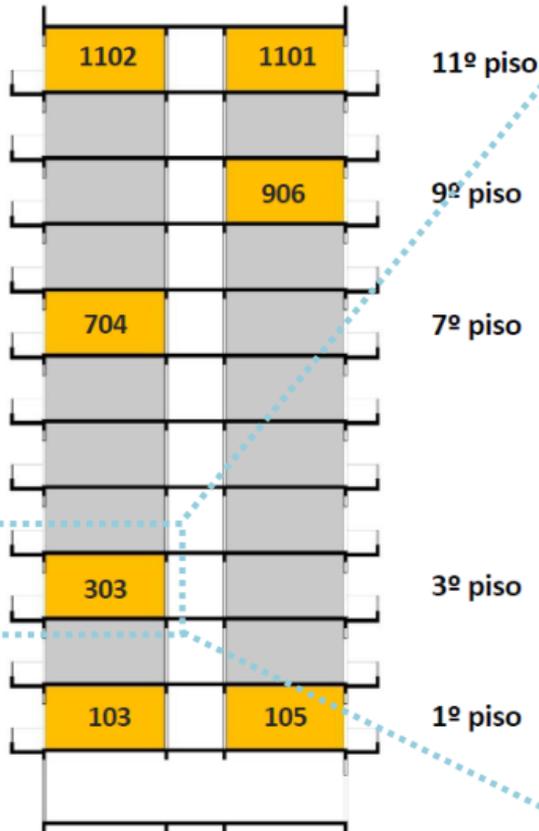
## Ciudades de Argentina, Brasil, Chile, México y España

### Criterios de selección

- Ciudades más pobladas (con más de 200.000 habitantes - 307 casos)
- Valores de grados días hasta 1500
- Disponibilidad de archivo climático \*EPW - 42 casos

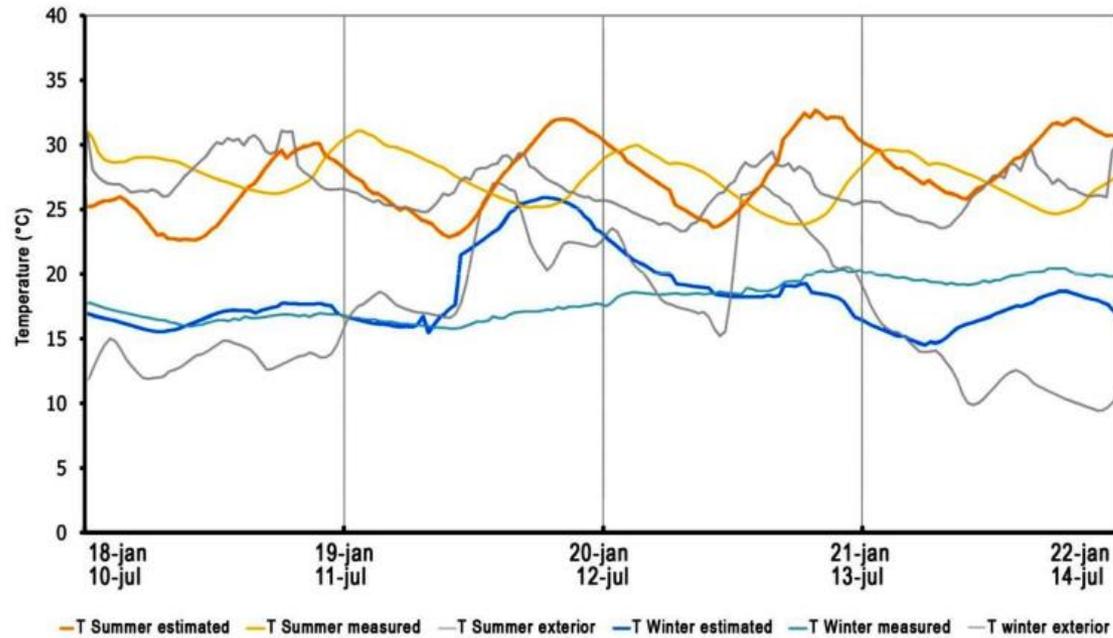


## Unidades funcionales monitoreadas – Caso II



Registro de temperatura y humedad medida en el cuadro bioclimático de Givoni adaptado para clima templado

## Variación de la temperatura interna medida y estimada mejorada



## Análisis de incertidumbre

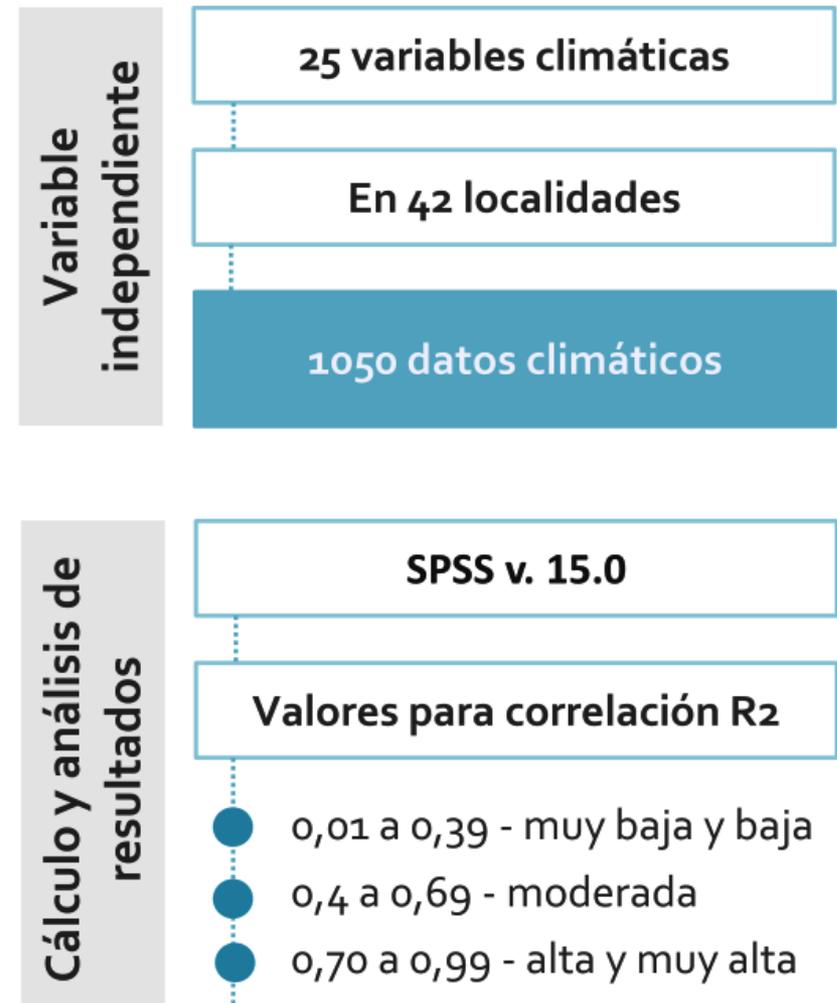
- de los datos registrados - **VERIFICA**
- de los parámetros del modelo - **AJUSTAR**
- propagada a la respuesta del modelo - **VERIFICA**
- estructural del modelo - **AJUSTAR**

Fuente: ISO/IEC Guide 98 - Uncertainty of measurement (GUM:1995). International Organization for Standardization. 2008

# Cuantificación del consumo energético

País	N	Ciudad	Invierno T	Invierno N	Verano T	Verano N
Argentina	1	Buenos Aires	152.9	32.8	45.6	32
	2	Catamarca	34.1	2.1	111.6	73.2
	3	Córdoba	101.8	16.3	36.7	27.8
	4	Corrientes	15.77	0.1	104.69	69.53
	5	La Plata	153.1	35	36.3	30.1
	6	La Rioja	44.8	4.1	136.6	82.2
	7	Mar del Plata	236.52	55.37	6.25	7.04
	8	Paraná	74.5	9.2	62.5	43.9
	9	Rosario	90.7	14.5	58.7	39.7
	10	Santiago del Estero	27.2	2	106.6	66.9
Brasil	11	Blumenau	19.5	8.5	43.6	34.2
	12	Chapecó	65	35.6	20.9	15.7
	13	Criciúma	47.7	23.3	49.8	39.7
	14	Curitiba	41.1	21.2	28.6	21
	15	Florianópolis	7.09	3.14	72.15	59.45
	16	Ponta Grossa	45.6	24	37.1	28.3
	17	Porto Alegre	26.1	12	74.8	60.5
	18	Santa Maria	67.2	34.4	49.2	37.4

Consumo en acondicionamiento térmico para el Caso I - condición tradicional x según norma kWh/m<sup>2</sup>.a



Fuente: Pearson, K. Notes on the history of correlation. *Biometrika*, 1920: 25.45.

## Modelo para el consumo estival - Caso I

Modelo	Variables	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	GDver	.930	.865	.862	16.70023
2	GDver, VV	.946	.894	.889	14.95914
3	GDver, VV, HRpver	.960	.922	.916	13.01692
4	GDver, VV, HRpver, Altitud	.965	.931	.923	12.44655
<b>5</b>	<b>GDver, VV, HRpver, Altitud, GDpver</b>	<b>.970</b>	<b>.940</b>	<b>.932</b>	<b>11.73994</b>

Modelo	Variables	Coef. no estandarizados		Coef. estandarizados		t	Sig.
		B	Error típ.	Beta			
5	(Constante)	109.010	20.819	-		5.236	.000
	GDver	.098	.012	1.114		7.859	.000
	VV	-1.670	.388	-.208		-4.307	.000
	HRpver	-1.076	.223	-.276		-4.817	.000
	Altitud	-.011	.004	-.148		-2.796	.008
	GDpver	-.176	.074	-.343		-2.364	.024

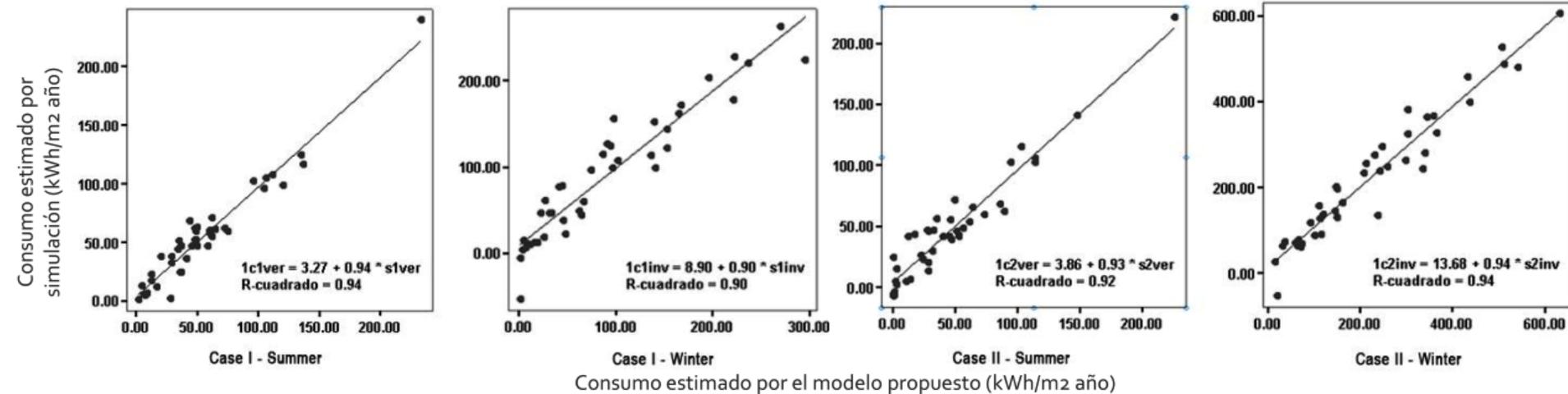
$$109.010 + (0.098 * GD_{ver}) - (1.670 * VV) - (1.076 * HR_{pver}) - (0.011 * A) - (0.176 * GD_{pver})$$

## Resultado principal

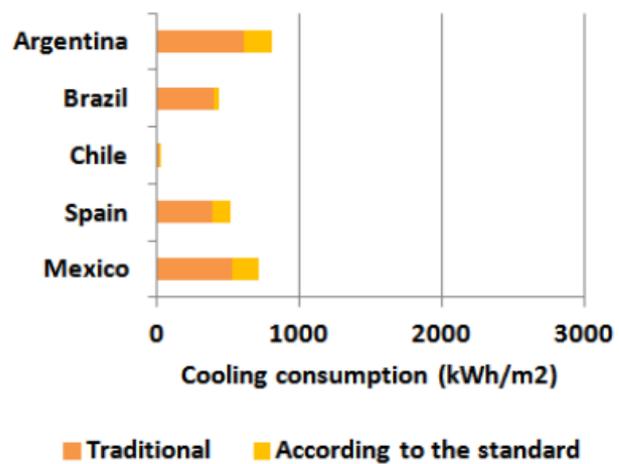
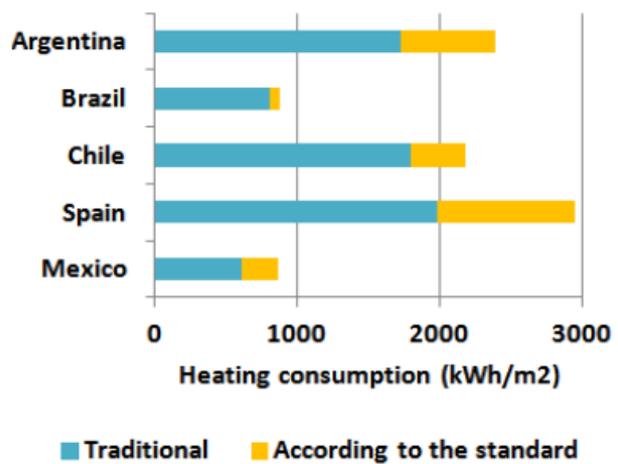
La correlación existente entre los consumos de calefacción y refrigeración obtenidos mediante simulación energética y los valores estimados mediante las ecuaciones es muy alta

Caso I verano –  $R^2=0.94$  | Caso I invierno -  $R^2=0.90$  | Caso II verano -  $R^2=0.92$  | Caso II invierno -  $R^2=0.94$

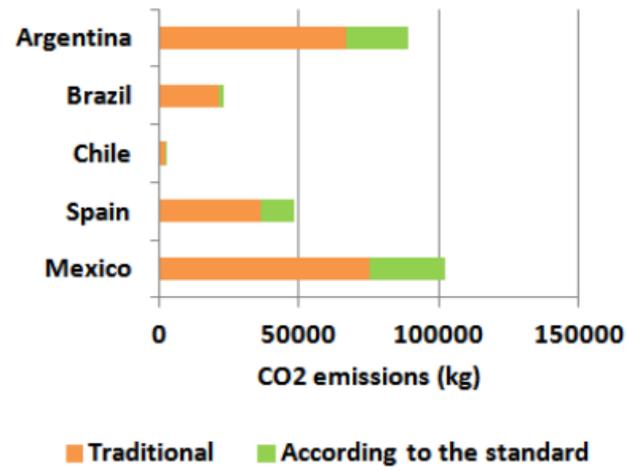
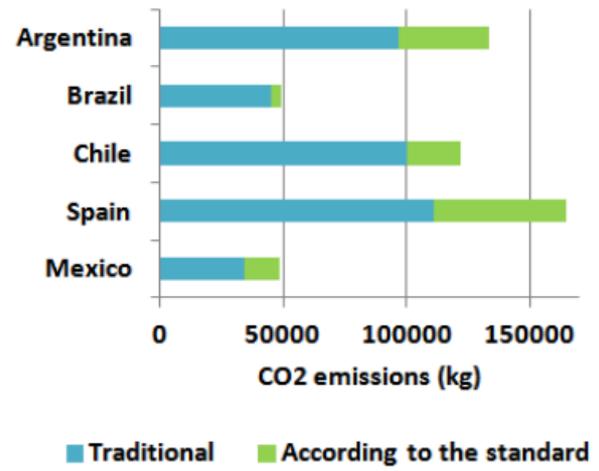
La confiabilidad en la predicción de los modelos estadísticos elaborados torna el modelo propuesto viable.



# Ahorro energético y en emisiones



Ahorro energético  
20%



Ahorro emisiones de  
CO<sub>2</sub>  
30%

# Conclusiones

- Elaborar un método común para regular la eficiencia energética de viviendas en Iberoamérica es complejo, aunque es factible encontrar correlaciones.
- Es necesario tender a un método simplificado y global para evaluar edificios. Usando un indicador de comparación de demanda de energía entre regiones habitadas en el planeta.
- Un procedimiento para predecir la demanda energética a partir de variables climáticas pareciera ser un camino.
- Estimar la demanda con ecuaciones con un  $R^2 > 0.94$  parece prometedor.
- Es factible tender a desarrollar una herramienta informatizada de predicción de la demanda energética a partir del presente modelo energético.

# GRACIAS

[czajko@me.com](mailto:czajko@me.com)  
[layhs@fau.unlp.edu.ar](mailto:layhs@fau.unlp.edu.ar)