

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

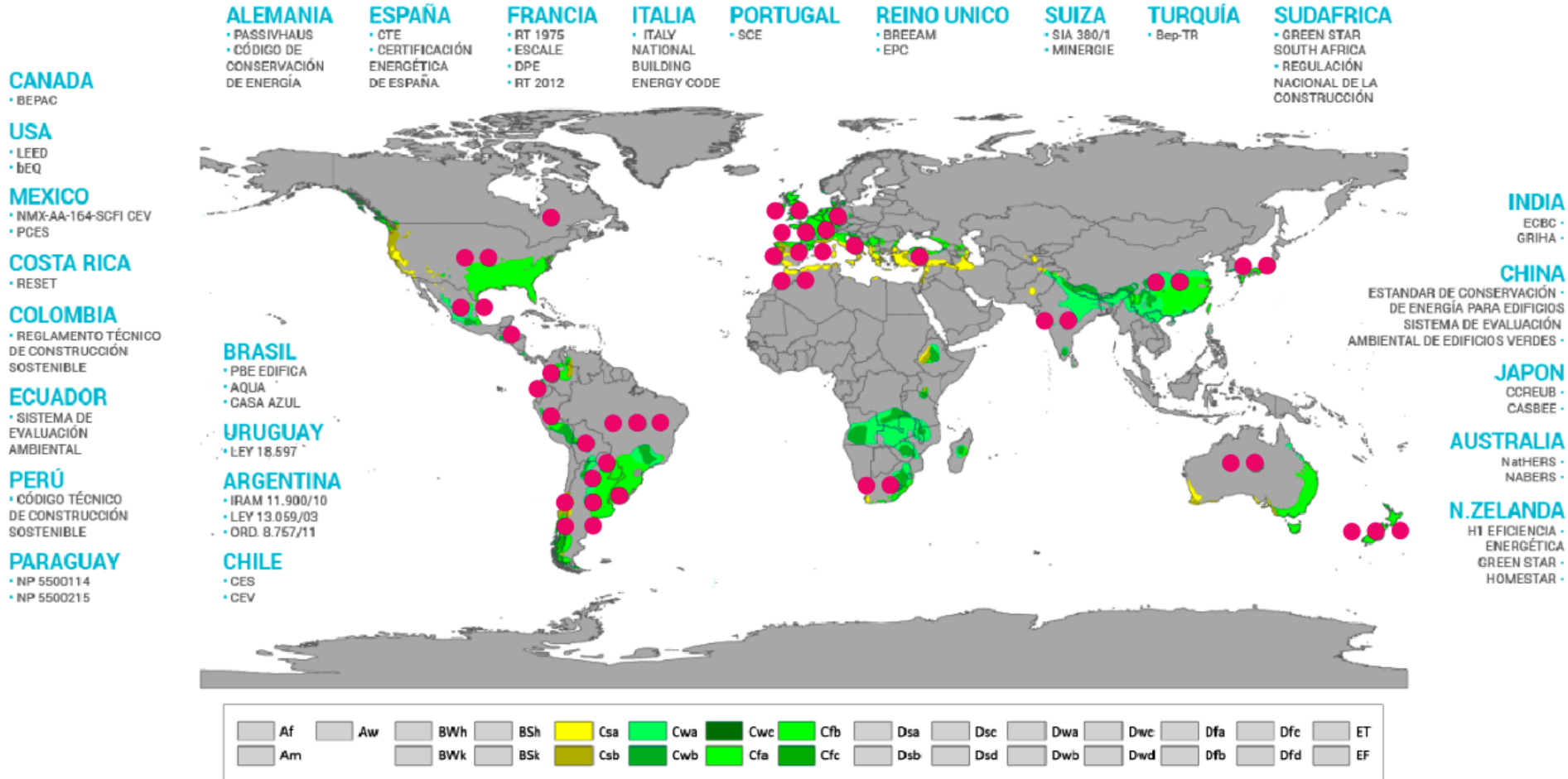


Simulación



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)

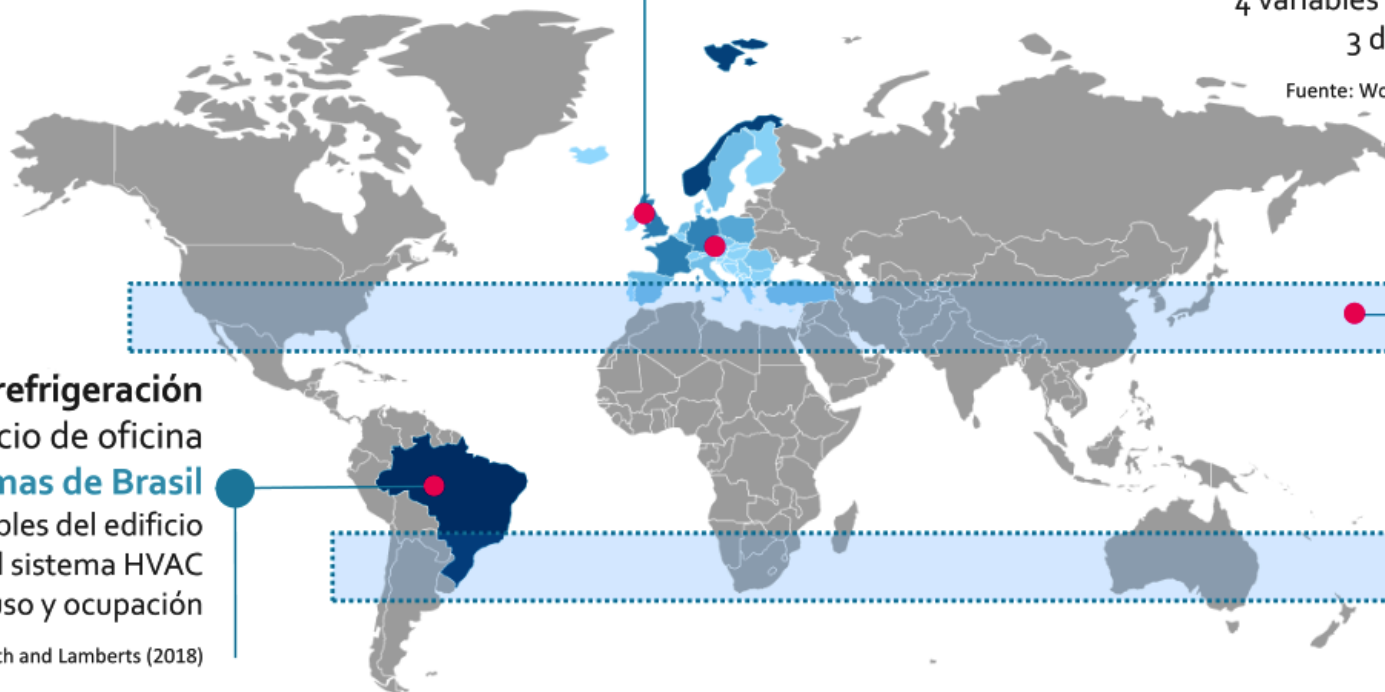
Consumo energético

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

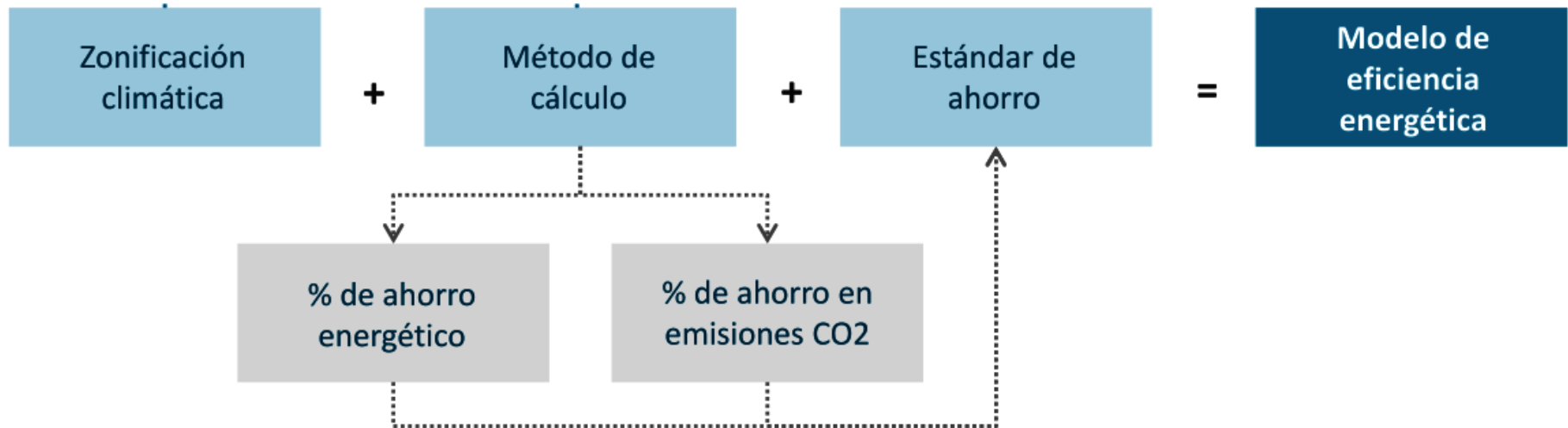
Fuente: Nath and Lamberts (2018)

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

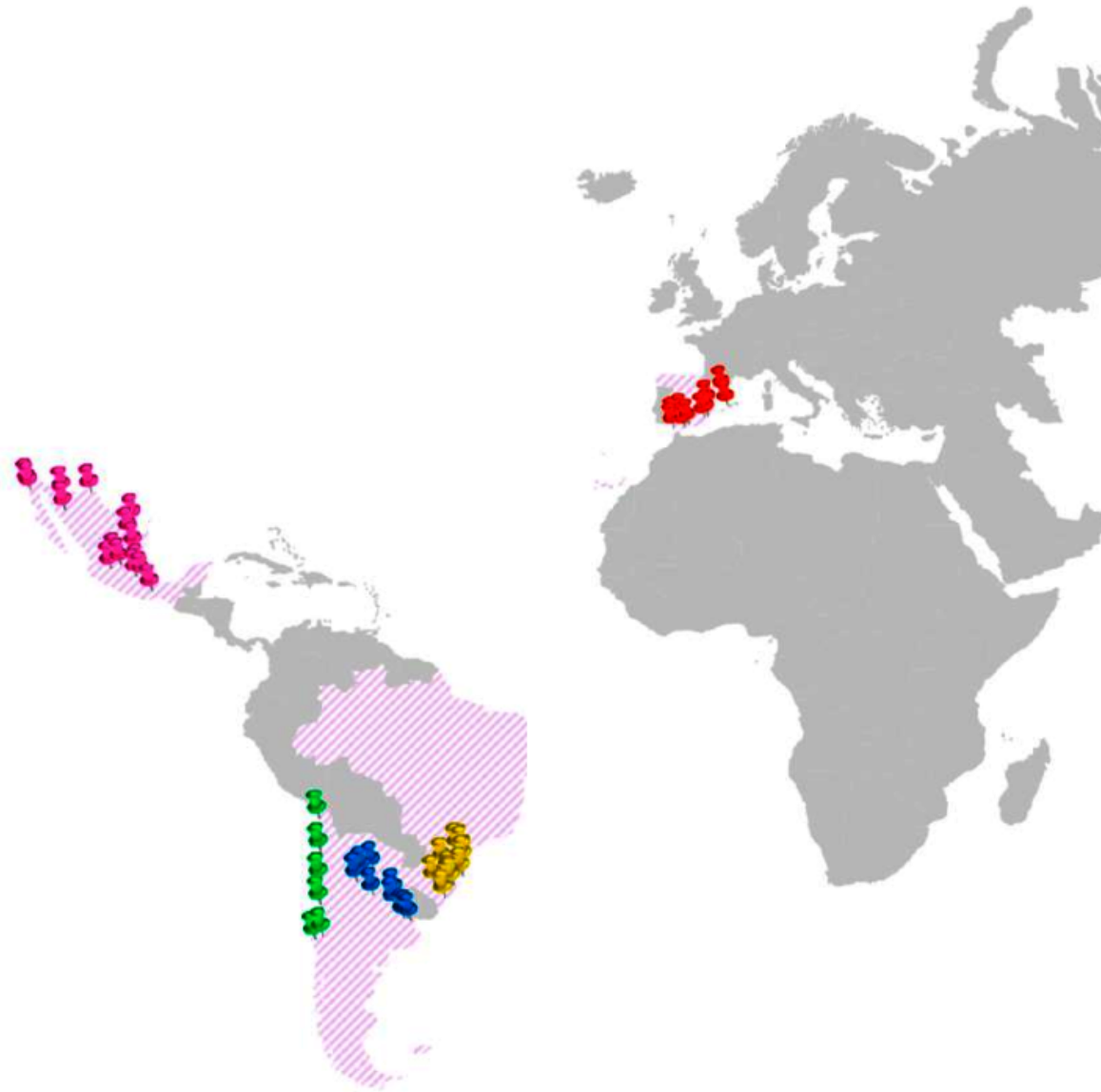


Regulaciones y certificaciones analizadas en Latinoamérica

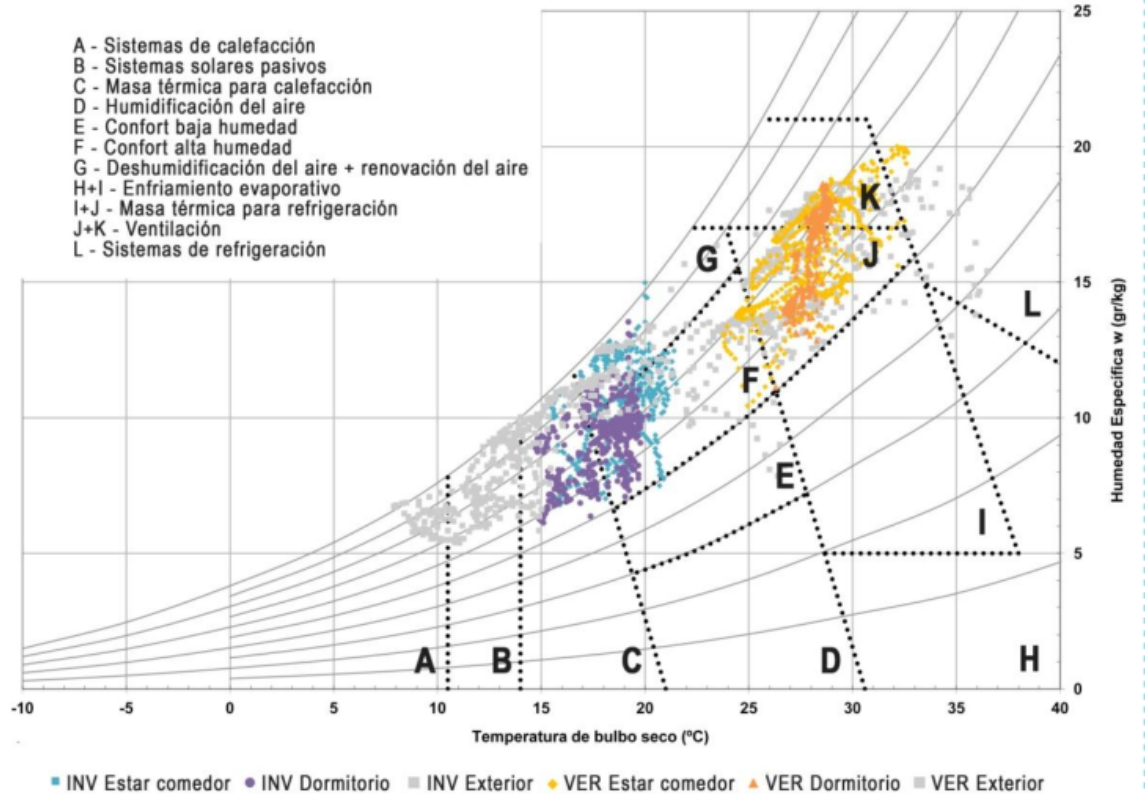
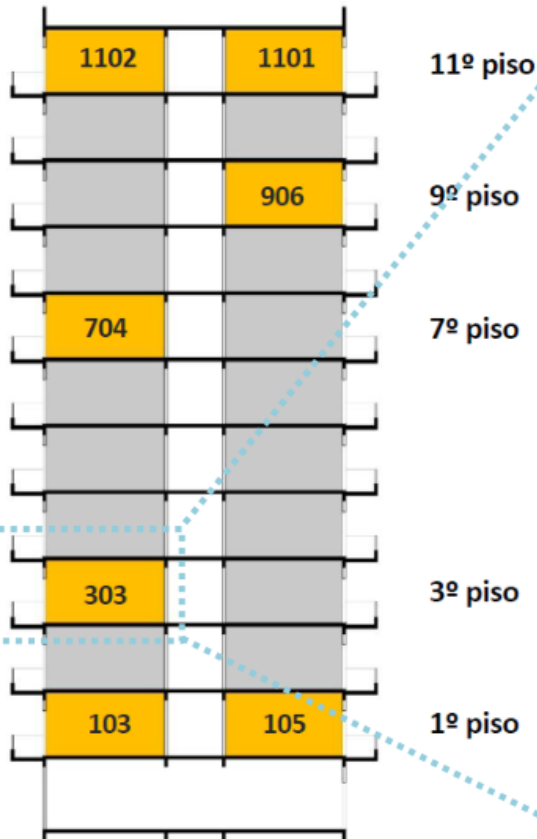
Ciudades de Argentina, Brasil, Chile, México y España

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

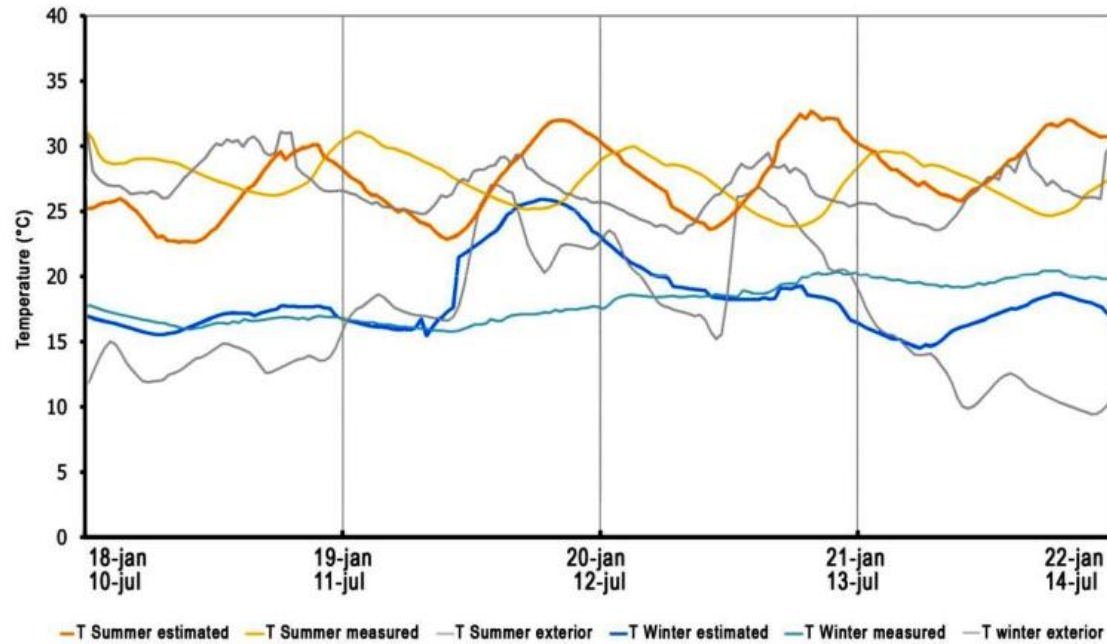


Unidades funcionales monitoreadas – Caso II



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

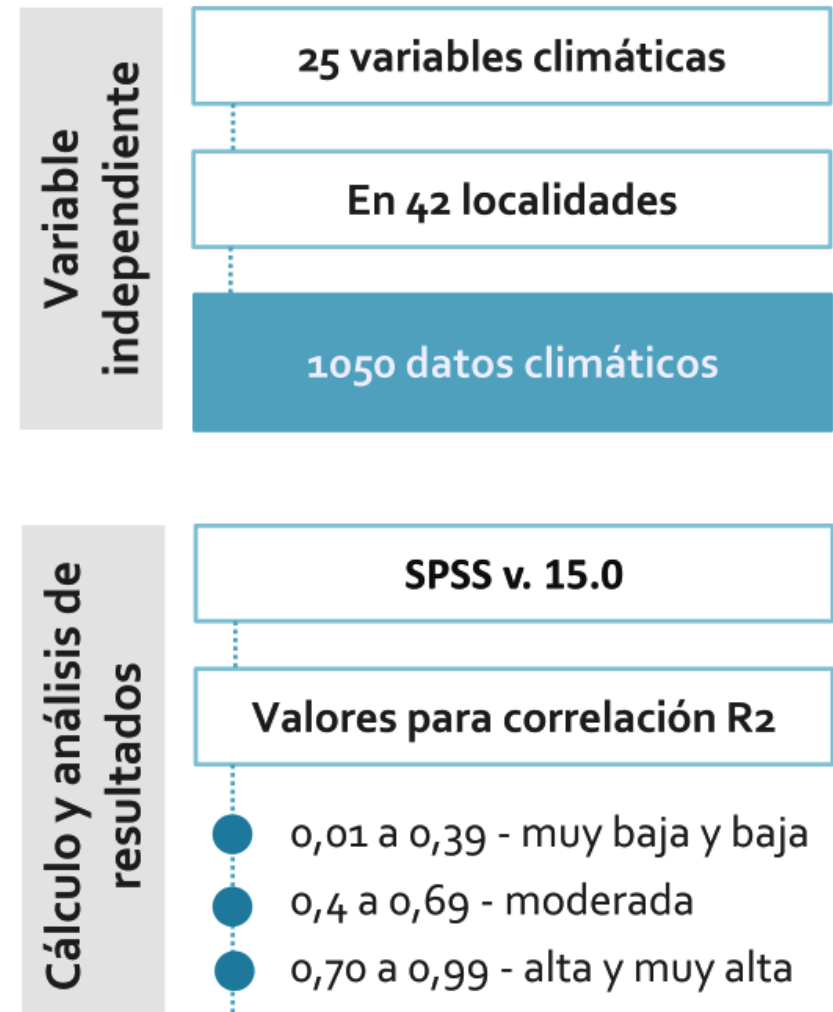
- de los datos registrados - **VERIFICA**
- de los parámetros del modelo - **AJUSTAR**
- propagada a la respuesta del modelo - **VERIFICA**
- estructural del modelo - **AJUSTAR**

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/m².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
5	GDver, VV, HRpver, Altitud, GDpver	.970	.940	.932	11.73994

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

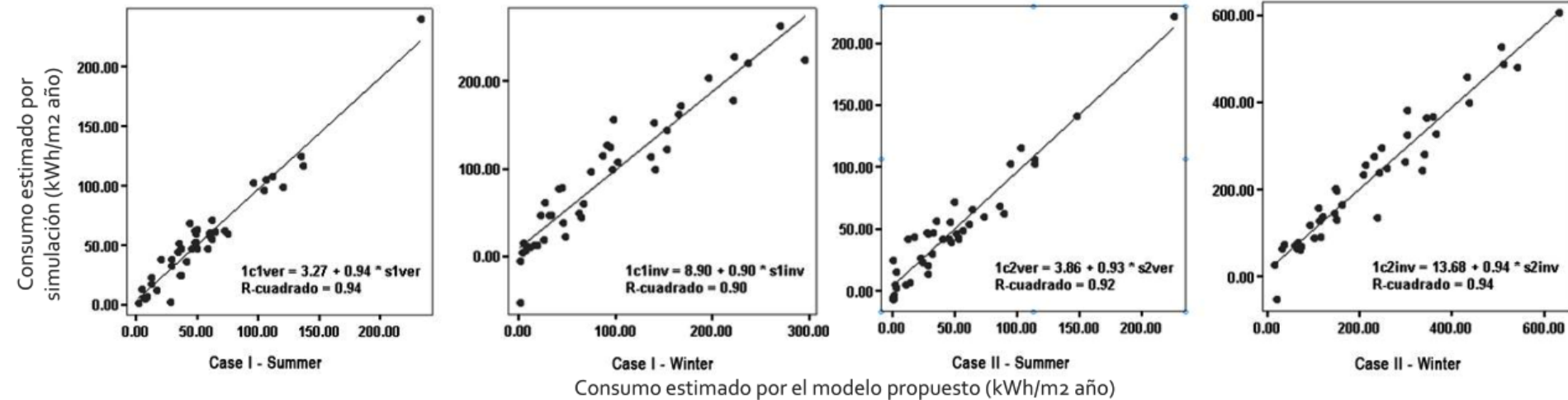
$$109.010 + (0.098 * GD_{ver}) - (1.670 * VV) - (1.076 * HR_{pver}) - (0.011 * A) - (0.176 * GD_{pver})$$

Resultado principal

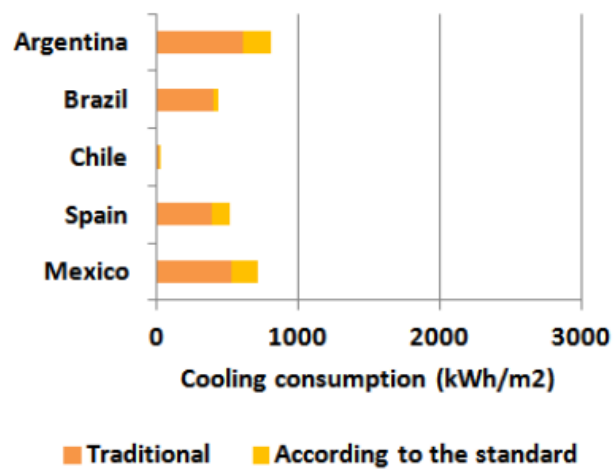
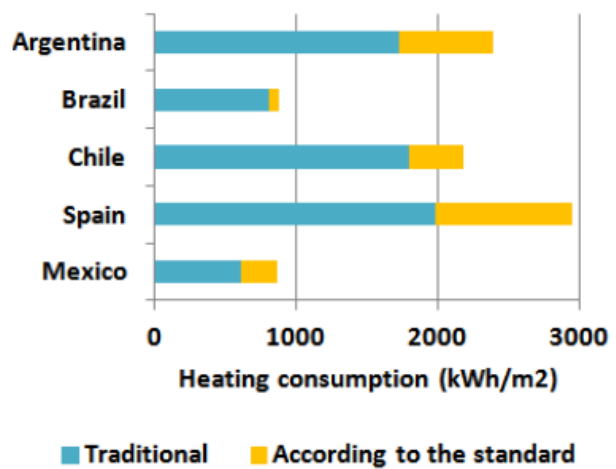
La correlación existente entre los consumos de calefacción y refrigeración obtenidos mediante simulación energética y los valores estimados mediante las ecuaciones es muy alta

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

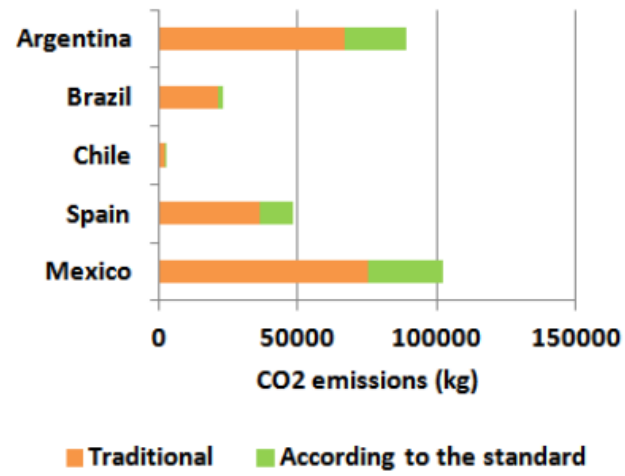
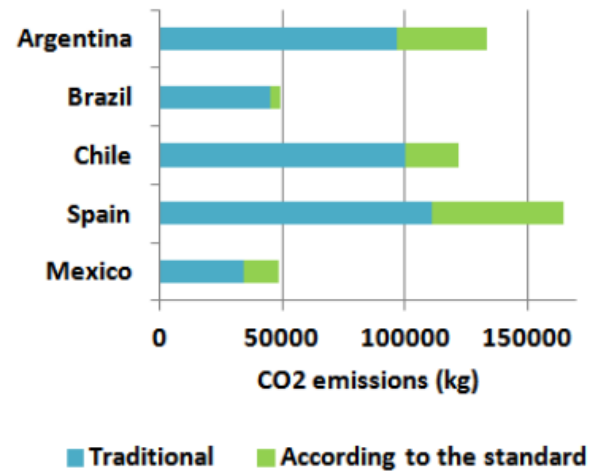
La confiabilidad en la predicción de los modelos estadísticos elaborados torna el modelo propuesto viable.



Ahorro energético y en emisiones



Ahorro energético
20%



Ahorro emisiones de
CO₂
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
layhs@fau.unlp.edu.ar