

# PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA VERIFICACION DEL RIESGO DE CONDENSACION EN CERRAMIENTOS EXTERIORES.

**Autores: Guillermo E. Gonzalo\*, Cecilia Martinez, Viviana Nota, arqs.**

Instituto de Acondicionamiento Ambiental, FAU, UNT.

Av. Roca 1900 - 4000 Tucumán - Argentina

Tel.+ .54.81.364093 - Fax+ .54.81.242990 - Email:

POSTMASTER@UNTRE.EDU.AR.

## RESUMEN

Este trabajo consta, en primer lugar, de una descripción de los componentes del programa mediante el cual se realiza la verificación del riesgo de condensación en el interior o superficie de los elementos que componen la envolvente exterior de un edificio, especificándose los datos que se deben introducir y los que automáticamente calcula el programa.

Seguidamente se presenta un ejemplo que muestra los distintos elementos que componen el programa, qué datos se deben ingresar al mismo, y los resultados numéricos y gráficos que se obtienen.

Luego se describen las partes que incluye el "manual de uso" que permite el manejo del programa por parte de los usuarios, incluso por aquellos que no tuvieran conocimientos específicos del tema.

## PROGRAMA

El objetivo para el desarrollo de este programa fue el de crear una herramienta para agilizar el procedimiento de verificación de riesgo de condensación, tanto superficial como intersticial, en cerramientos exteriores, tema requerido en las licitaciones de entidades públicas, como el Instituto Provincial de la Vivienda.

El programa que se diseñó se compone de una planilla de cálculo en versión Excell, que permite, mediante la introducción de pocos datos, calcular y graficar los valores de temperaturas superficiales y temperaturas de rocío y, por su comparación determinar la existencia o no de condensación en los diferentes planos del cerramiento.

La agilidad del programa permite volver a calcular rápidamente una nueva composición de cerramiento, lo que facilita la verificación de varias posibilidades constructivas para una misma envolvente en poco tiempo.

\**Director del Instituto de Acondicionamiento Ambiental*

Las metodologías de cálculo y los datos auxiliares que se han utilizado en el desarrollo de este programa son los que se establecen en las Normas IRAM vigentes al respecto (No 11.603, No 11.605, No 11.625).

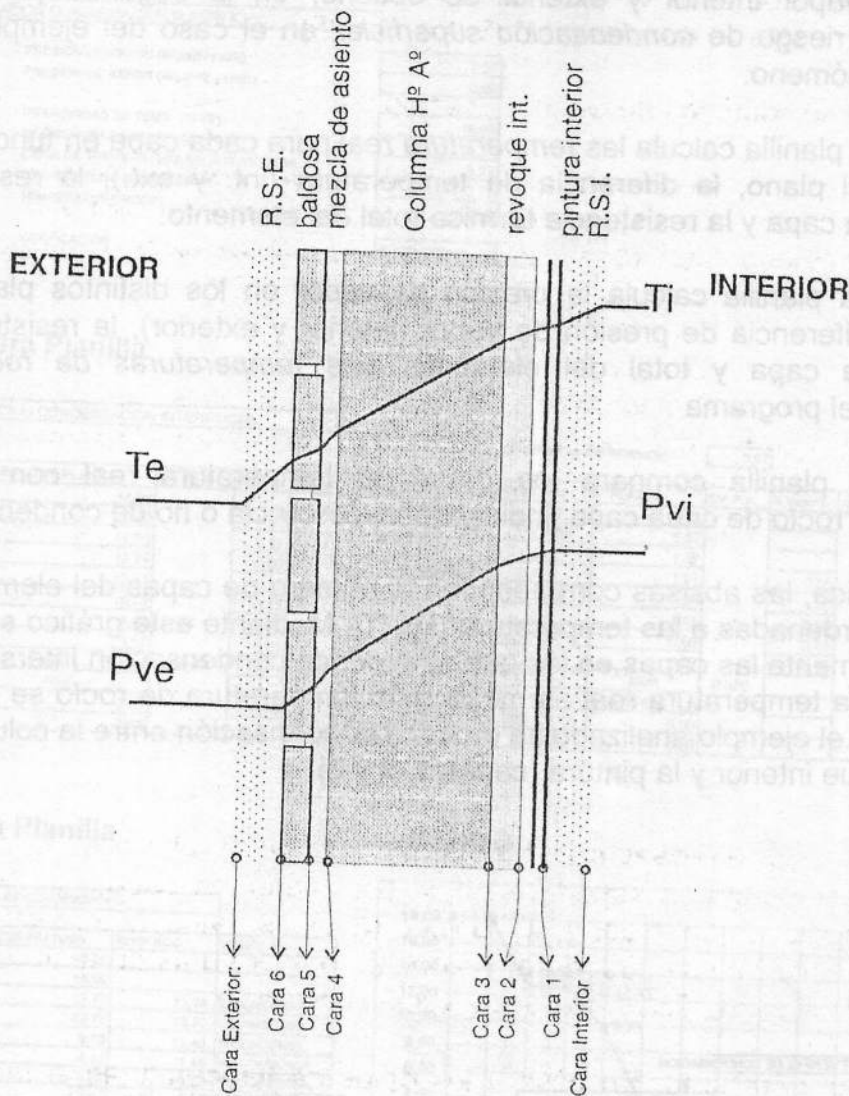
El programa se compone de cinco (5) secciones:

1. **Encabezado**, donde se introducen los datos que permiten identificar la situación de cálculo: tipo de cerramiento, zona bioclimática, temperaturas y humedades de diseño interiores y exteriores y coeficientes para el cálculo de la transmitancia térmica K admisible según la zona bioclimática.
2. **Planilla de datos y valores**, en el cual se desglosan las diferentes capas del cerramiento introduciendo los datos para cada una de ellas, que se utilizarán para el cálculo: nombre del componente, espesor, conductancia térmica, peso específico, permeabilidad o permeancia. La misma calcula los datos (de cada componente y totales) de: resistencia térmica, transmitancia térmica, peso, resistencia al paso de vapor, temperatura real y temperatura de rocío.
3. **Planilla de verificación de condensación superficial**, donde se introducen los datos de presión de vapor interior y exterior para la verificación de condensación en la superficie interior del elemento, en función de la temperatura superficial calculada para ese plano y la temperatura de rocío correspondiente.
4. **Verificación de condensación intersticial**, incluye 3 planillas, la primera calcula las temperaturas superficiales en las diferentes capas, la segunda calcula las presiones de vapor y, en función de estos datos, la tercera planilla compara las temperaturas superficiales con las temperaturas de rocío en cada capa indicando si se verifica o no condensación intersticial.
5. **Gráfica de temperaturas**, En base a los datos de temperaturas el programa grafica las curvas correspondientes a temperatura real y de rocío, lo que permite detectar visualmente las zonas del elemento donde se produce condensación intersticial.

## EJEMPLO

Para mostrar el funcionamiento de la planilla de cálculo se toma como ejemplo una columna de hormigón armado que actúa como puente térmico dentro del cerramiento y que a la vez es un elemento factible de presentar condensación.

## Elemento de Análisis



En el encabezado se han introducido la temperatura interior y exterior, humedad interior y exterior para la estación de invierno, el nombre del elemento analizado, la zona bioclimática correspondiente a la localidad de análisis según normas IRAM y los coeficientes para el cálculo del K admisible según zona bioclimática. El programa realiza en el mismo la verificación del coeficiente de transmitancia térmica (k) del elemento mediante la comparación del K admisible y el K calculado en la planilla.

En la primera planilla se introdujeron en la 2a. columna los nombres de cada componente del elemento y en las siguientes columnas los datos de espesor, conductividad, peso específico y permeancia o permeabilidad de los mismos. Los otros datos que figuran en la planilla (resistencia térmica, peso, resistencia al vapor, presión de vapor, temperatura real y temperatura de rocío), son calculados por el programa mediante fórmulas. En la base de la misma son calculados los datos de espesor, resistencia térmica, transmitancia térmica, peso y resistencia al vapor total del elemento.

Con los datos de la planilla anterior y, mediante la introducción de las presiones de vapor interior y exterior se obtiene, en la segunda planilla, la verificación del riesgo de *condensación superficial*, en el caso del ejemplo sí se verifica este fenómeno.

La tercera planilla calcula las *temperatura real* para cada capa en función a la temperatura del plano, la diferencia de temperatura (int. y ext.), la resistencia térmica de cada capa y la resistencia térmica total del elemento.

La cuarta planilla calcula la *presión de vapor* en los distintos planos en función de la diferencia de presión de vapor (interior y exterior), la resistencia al vapor de cada capa y total del elemento. Las *temperaturas de rocío* son calculadas por el programa.

La última planilla compara los datos de temperatura real con los de temperatura de rocío de cada capa, indicando la existencia o no de condensación.

En la gráfica, las absisas corresponden al número de capas del elemento de análisis y las ordenadas a las temperaturas en °C. Mediante este gráfico se puede visualizar claramente las capas en las que se produce condensación intersticial, ya que en donde la temperatura real es menor a la temperatura de rocío se produce este efecto. En el ejemplo analizado se produce condensación entre la columna de H° A°, el revoque interior y la pintura (capas 1, 2 y 3).

## Primera planilla

### CALCULO DE TRANSMIT. TERMICA Y VERIFIC. DE CONDENSACION

TEMP. INTERIOR:	18	CERRAMIENTO	PUENTE COL. H°A°	ZONA BIOCLIMATICA	II b
TEMP. EXTERIOR:	1,1	coef. A:	1,86	K MAX ADMISIBLE	3,10
H.R. INTERIOR:	75	coef. B:	1,16	K MAX CALCULADO	2,58
H.R. EXTERIOR:	90	coef. C:	1,60	K VERIFICA:	SI
		coef. D:	1,00		

Nº	CAPAS	ESP. (m)	CONDUCT. (W/m2GC)	RESIS. TERM. (m2GC/W)	PE. ESP. (Kg/m3)	PESO (Kg)	PERMEABIL. (g/mhKPa)	PERMEANC. (g/m2hkpa)	RES. VAP. (m2hKPa/g)	PR. VAP. (KM/m2)	T. REAL (GC)	T. ROCIO (GC)
	AIRE INTERIOR									1,570	18,00	
	R.S.I.			0,12								
1	PINTURA INTERIOR	0,000	10000,00	0,00				20,00	0,05	1,57	12,77	
2	REVOQUE INTERIOR	0,030	0,43	0,07	962	28,86	0,02		1,50	1,57	12,77	13,72
3	COLUMNA HORMIG	0,160	1,40	0,13	2400	432,00	0		9,00	1,44	9,73	12,43
4	MEZCLA DE ASIENTO	0,015	1,16	0,01	2000	30,00	0,02		0,68	0,68	4,13	1,48
5	BALDOSA	0,015	1,10	0,01	1200	18,00	0,06		0,25	0,62	3,57	0,22
6										0,60	2,97	-0,23
7										#N/A	#N/A	#N/A
8	R.S.E			0,04						0,60	1,10	
	AIRE EXTERIOR									0,60	1,10	
9												
		ESPES	RES. TER TOT	0,39	PESO TOT.	508,86		RES TOT.				
		0,240	K=1/Rt	2,58	(por m²)			PAS. VAP	11,48			

## Segunda Planilla

### VERIFICACION CONDENSACION SUPERFICIAL

PRESION DE VAPOR (según TI y HRI)	1,57
PRESION DE VAPOR (según TE y HRE)	0,60
DIFERENCIAS DE TEMP. (TI-TE)	16,90
RESISTENCIAS SUPERF. INTERIOR	0,12
CAIDA DE TEMPERATURA EN SUP. INTERNA:	5,23
TEMPERATURA SUP. INTERNA:	12,77
TEMPERATURA ROCIO	13,50
VERIFICACIÓN	SI CONDENSA

## Tercera Planilla

### VERIFICACION CONDENSACION INTERSTICIAL

TEMP. EN DISTINTOS PLANOS:	DIF. TEMP.	R.S. (n)	R.S. Tot	Temp. Real
T INT	18,00			18,00
1ª CARA	18,00			18,00
T 1	18,00	0,12		12,77
T 2	12,77	0,00		12,77
T 3	12,77	0,07		9,73
T 4	9,73	0,13		4,13
T 5	4,13	0,01		3,57
T 6	3,57	0,01		2,97
T 7	#N/A		0,39	#N/A
T 8	#N/A			#N/A
ULT. CARA	2,97	0,04		1,10
T EXT	1,10			1,10

DIFERENCIA DE PRESION: 0,97

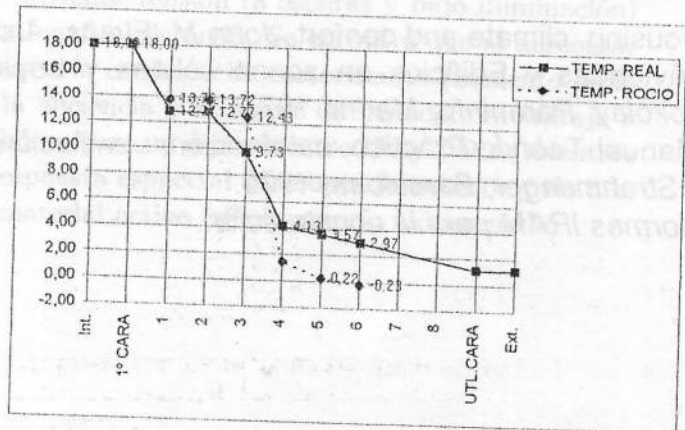
PRES. VAP. DIF. PLANOS	DIF. P.V.	R. Vap(n)	R. VapTot	Pres Vap.	Tem Rocio
P INT	1,57			1,57	
1ª CARA	1,57			1,57	
P 1	1,57			1,57	13,76
P 2	1,57	0,05		1,57	13,72
P 3	1,57	1,50		1,44	12,43
P 4	1,44	9,00		0,68	1,46
P 5	0,68	0,68		0,62	0,22
P 6	0,62	0,25		0,60	-0,23
P 7	#N/A		0,970		
P 8	#N/A			11,482	
ULT. CARA	0,60			#N/A	#N/A
P EXT	0,60			#N/A	#N/A
				0,60	

## Cuarta Planilla

### VERIFICACION DE CONDENSACION

Nº	TEMPERATURA	TEMP ROC	VERIFICAC.
Int.	18,00		
1ª CARA	18,00		
1	12,77	13,76	SI CONDENSA
2	12,77	13,72	SI CONDENSA
3	9,73	12,43	SI CONDENSA
4	4,13	1,46	NO CONDENSA
5	3,57	0,22	NO CONDENSA
6	2,97	-0,23	NO CONDENSA
7	#N/A	#N/A	#N/A
8	#N/A	#N/A	#N/A
UTL. CARA	1,10		
Ext.	1,10		

## Gráfico



## MANUAL DE USO

A través del manual de uso que acompaña al programa, se espera lograr que cualquier persona, aún sin contar con conocimientos técnicos específicos del área, pueda utilizar el mismo.

El manual se compone de 5 partes a saber:

1. Una introducción, donde se explica las causas y consecuencias del problema de la condensación, teniendo en cuenta diferentes climas.

2. Una segunda sección donde se detallan las partes que componen el programa de cálculo: encabezado, cuadro de datos y valores, verificación de condensación superficial, verificación de condensación intersticial, cuadro de resumen y gráfica de temperaturas.
3. La tercera sección indica como se realiza el llenado de las planillas de cálculo, como así también dónde y cómo obtener los datos necesarios y cuáles son los procedimientos de cálculos aplicados.
4. La cuarta sección incluye una serie de ejemplos y medidas que pueden ser adoptadas en caso de verificarse condensación superficial e intersticial, como así también los criterios a tener en cuenta para la ubicación de barreras de vapor y aislaciones térmicas.
5. La última parte del manual de uso contiene un Apéndice en donde se han compilado los datos que el usuario necesita para el programa de cálculo. En el mismo se detallan temperaturas y humedades de diseño, zonificación bioclimática, características de materiales (conductividad, permeancia, permeabilidad)

En la actualidad, el programa se encuentra en una etapa de verificación y ajuste, y se espera que en poco tiempo se completará para poder ser transferido.

## BIBLIOGRAFIA

- Housing, climate and confort, *John M. Evans, Architectural Press, London, 1980.*
- Viviendas y Edificios en zonas cálidas y tropicales, *O.H. Koenisberger, S.V. Szokolay, Paraninfo, Madrid 1977.*
- Manual Teórico-Práctico: calefacción, ventilación, acondicionamiento, *C. Rumor, G. Strohmenger, Barcelona, 1972.*
- Normas IRAM para la construcción.