

## **Rehabilitación térmica edilicia en Córdoba mediante fachadas ventiladas**

### **Estudio del comportamiento de las fachadas ventiladas con materiales alternativos para la Ciudad de Córdoba**



Sebastián Martín

Palabras claves: Rehabilitación – Fachadas Ventiladas – Eficiencia energética – Análisis Climático.

#### **Introducción**

La presente ponencia resume los resultados que parte del trabajo de investigación “Las envolventes arquitectónicas adaptativas como recurso de diseño sustentable en Córdoba” (Proyecto de investigación SeCyT) y trabajo final en el marco de un convenio de doble titulación entre la Universidad Nacional de Córdoba y la Università Degli Studi di Salerno en el año 2019, el cual permitió enriquecer esta investigación ya que contábamos con miradas multidisciplinares para el desarrollo de la rehabilitación edilicia, teniendo en cuenta las condiciones socio-climáticas de Córdoba, Argentina.

Abordaremos el estudio de las envolventes arquitectónicas, las cuales tienen como objetivo generar una zona de confort interior ante los fenómenos atmosféricos externos. Una alternativa para afrontar estos fenómenos es la utilización de la fachada ventilada (FV), que ofrece una solución eficiente para el mejoramiento energético. Este tiene la capacidad de instalarse en los edificios ya construidos y es de carácter reversible.

#### **Fases de investigación**

Fase 1 – Características Climáticas de Córdoba – Análisis térmico de edificios con el sistema constructivo tradicional.

Fase 2 – Característica y análisis térmico del sistema de fachadas ventiladas –  
Materiales reciclados como alternativa de uso.

Fase 3 – Modelo 3D y simulación de rehabilitación.

## Desarrollo

### Fase 1

#### Introducción - (In) Eficiencia Energética

Según la Dirección General de Estadísticas y Censos (2012) de la Provincia de Córdoba, el sector residencial consume el 41% del consumo total de energía eléctrica y 27% del consumo de gas natural se destina al acondicionamiento térmico, demostrando una falta de criterio sustentable a la hora de construir, priorizando solamente en un beneficio económico del edificio y dejando a un lado el confort térmico que puede generar el edificio.

#### Ciudad de Córdoba

La Ciudad de Córdoba se ubica en 64° 11' de longitud y 31° 26' de Latitud Sur, su clasificación bioambiental es III templado cálida subzona A, esto significa que cuenta con amplitudes térmicas mayores de 14°C. En el contexto socioeconómico de Córdoba se caracteriza por poseer un salario medio de \$ 27.711,38. consolidando un 30% de pobreza, es importante estudiar este tipo de contexto urbano, ya que servirá para enfocarse en que las soluciones adoptadas tengan un costo accesible.

Parametros Meteorológicos												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
(A)	17,2	15,4	11,0	9,8	7,9	4,8	4,1	8,0	8,2	11,4	14,5	15,8
(B)	31,4	30,5	25,2	23,7	21,4	17,6	18	21	23,2	24,9	28,2	15,8
(C)	62	65	70	70	70	73	66	56	58	60	62	64
(D)	120	92	94	36	25	13	5	11	24	82	104	116
A:	Temperatura Minima Media						B: Temperatura Maxima Media					
C:	Humedad Relativa						D: Precipitación Media					

**Tabla 1. Tabla de los parametros meteorologicos de la Ciudad de Cordoba.**

A continuación, podemos ver en la tabla de la posición del sol como el arco solar tiene una tendencia de ser simétrico cuando el acimut es N 0° al mediodía (12 hs), esto se debe que el sol llega a su máxima altura y a partir de ese momento “desciende” para completar su recorrido aparente. La información que se maneja esta tabla de posición del sol son los días 21 de diciembre (Verano) y 21 de junio (Invierno).

**TABLA DE POSICIÓN DEL SOL - CIUDAD DE CÓRDOBA (lat. 31° 26' Sur)**

hora	solsticio de verano 21 de diciembre		equinoccios 21 marzo / 21 sept.		solsticio de invierno 21 de junio	
	azimut ( $\beta$ )	altura ( $\alpha$ )	azimut ( $\beta$ )	altura ( $\alpha$ )	azimut ( $\beta$ )	altura ( $\alpha$ )
5	117° de N a E	2°				
6	110° de N a E	11°	90° al N a E	0°		
7	104° de N a E	23°	81° de N a E	12°	61° de N a E	0°
8	96° de N a E	36°	71° de N a E	26°	54° de N a E	9°
9	90° N a E	48°	61° de N a E	36°	45° de N a E	19°
10	83° de N a E	62°	49° de N a E	48°	31° de N a E	27°
11	63° de N a E	74°	26° de N a E	56°	17° de N a E	32°
12	00° en N	82°	00° en N	59°	00° en N	36°
13	63° de N a O	74°	26° de N a O	56°	17° de N a O	32°
14	83° de N a O	62°	49° de N a O	48°	31° de N a O	27°
15	90° de N a O	48°	61° de N a O	36°	45° de N a O	19°
16	96° de N a O	36°	71° de N a O	26°	54° de N a O	9°
17	104° de N a O	23°	81° de N a O	12°	61° de N a O	0°
18	110° de N a O	11°	90° de N a O	0°		
19	117° de N a O	2°				

**Tabla 2. Tabla de posición del sol de la Ciudad de Córdoba.**

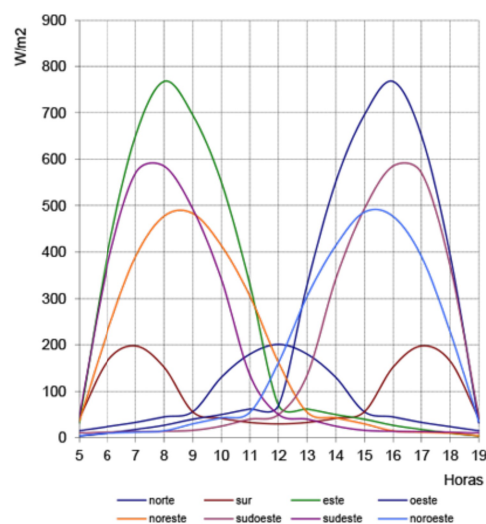
**VALORES DE RADIACION HORARIA PLANO VERTICAL - VERANO**

**W/m<sup>2</sup>**

Fuente: CIAL - FAUD - UNC Mediciones Estación RSN

hora	norte	sur	este	oeste	noreste	sudoeste	sudeste	noroeste
5	15	42	32	4	35	10	45	4
6	24	165	393	10	228	12	370	10
7	33	198	650	18	390	13	570	12
8	45	152	767	27	477	14	585	15
9	56	56	695	40	483	16	493	30
10	130	42	551	50	414	25	342	43
11	180	33	330	62	305	40	135	55
12	201	30	70	70	162	50	50	162
13	180	33	62	330	55	135	40	305
14	130	42	50	551	43	342	25	414
15	56	56	40	695	30	493	16	486
16	45	152	27	767	15	585	14	477
17	33	198	18	650	12	570	13	390
18	24	165	10	393	10	370	12	228
19	15	42	4	32	4	45	10	35
KJ/m <sup>2</sup>	3401	4836	13311	13311	9310	9475	9475	9310

**Tabla 3. Valores de la radiación solar que reciben las fachadas verticales en la Ciudad de Córdoba en el solsticio de verano.**



**Gráfico 1. Descripción gráfica de los valores de la Tabla 3.**

Como podemos ver en la tabla de valores de radiación solar, en verano las fachadas verticales Este y Oeste absorben una elevada radiación, esto se debe a que la altura del

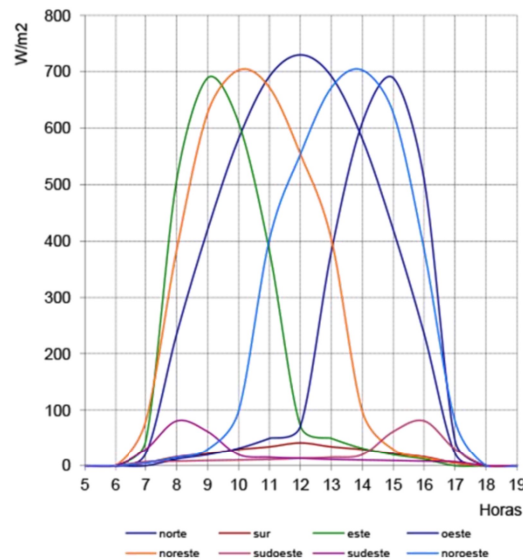
sol llega a los  $48^\circ$  cuando el acimut se encuentra a  $90^\circ$  de N a E (9 hs) y de N a o (15 hs). La estrategia para el solsticio de verano es evitar la ganancia de calor.

**VALORES DE RADIACION HORARIA PLANO VERTICAL - INVIERNO**  
W/m<sup>2</sup>

Fuente: CIAL - FAUD - UNC Mediciones Estación RSN

hora	norte	sur	este	oeste	noreste	sudoeste	sudeste	norroeste
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	22	5	45	0	80	7	30	5
8	235	16	508	12	384	8	81	15
9	420	22	689	20	627	9	62	30
10	581	30	610	32	703	10	20	98
11	692	35	382	50	672	11	15	403
12	730	42	72	72	554	13	13	554
13	692	35	50	382	403	15	11	672
14	581	30	32	610	98	20	10	703
15	420	22	20	689	30	62	9	627
16	235	16	12	508	15	81	8	384
17	22	5	0	45	5	30	7	80
18	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0
KJ/m <sup>2</sup>	16906	973	8732	8732	12813	675	975	12813

**Tabla 4. Valores de la radiacion solar que reciben las fachadas verticales en la Ciudad de Córdoba en el solsticio de invierno.**



**Gráfico 2. Descripción grafica de los valores de la Tabla 4.**

En el solsticio de invierno, la fachada norte recibe la mayor radiación solar debido a la baja altura del sol ( $36^\circ$  a las 12 hs), esto permitirá cumplir con la estrategia de invierno que es ganar calor y no perderlo aprovechando la radiación solar que incide.

**Fórmula N°1: Comportamiento Térmico de una envolvente**

$$\text{Fórmula N}^\circ 1: R_n = e / \lambda \quad R_t = R_{se} + R_n + R_{si} \quad K = 1/R_t$$

Donde:

- e: Espesor del material (m)
- $\lambda$ : Conductividad del material ( $m^\circ C/W$ )
- $R_t$ : Resistencia térmica total. ( $m^2^\circ C/W$ )
- $R_{se}$ : R limite exterior ( $m^2^\circ C/W$ )



- Rsi: R limite interior ( $m^2\text{°C}/W$ )
- Rn: Resistencia térmica de elementos constructivos. ( $m^2\text{°C}/W$ )
- K: Transmitancia térmica total: Inversa a la resistencia térmica total. ( $W/m^2\text{°C}$ )

### **Fórmula N°2: Ganancias/Perdidas de calor en verano**

Fórmula N°2:  $Q = K \times (T_{sa} - T_i)$

Donde:

- $T_{sa}$ : T° sol-aire.
- $T_{sa} = T_e \times (E \times a \times h_e)$ 
  - $T_e$ : T° Exterior.
  - E: Radiacion solar  $W/m^2$ .
  - a: coeficiente de absorción superficial.
  - $h_e$ : coeficiente de conductividad superficial exterior.

### **Fórmula N°3: Ganancias/Perdidas de calor en invierno**

Fórmula N°3:  $Q = K \times \Delta T$

Donde:

- Q: Cantidad de calor que pasa por una envolvente ( $W/m^2$ ).
- K: Transmitancia térmica total: Inversa a la resistencia térmica total, determina el flujo total de calor (W) que atraviesa una envolvente. ( $W/m^2\text{°C}$ )
- $\Delta T$ : Diferencia de temperatura ( $T_i - T_e$ ).
- $\Delta T = T_i - T_e$ 
  - $T_i$ : Temperatura interior.
  - $T_e$ : Temperatura exterior.

### **Tipos de envolventes**

Para obtener la transmitancia térmica de las envolventes utilizaremos una planilla Excel que ha sido diseñada por la cátedra de Instalaciones 2B – UNC FAUD.

Las tipologías de envolvente analizaremos térmicamente son:

- Muro de Hormigón
- Muro de Ladrillo Macizo
- Muro de Ladrillo Cerámico Hueco No portante
- Muro de Bloque de Hormigón

En la tabla 5 se podrá observar los resultados obtenidos de cada envolvente analizada, donde se ha considerado el espesor total de la envolvente, su resistividad térmica, su transmitancia térmica, su verificación, la cantidad de calor transmitida en verano e invierno y su costo:

Material	Espesor (m)	R.Total (m <sup>2</sup> °C/W)	K (W/m <sup>2</sup> °C)	Verif.	Q ver. (W/m <sup>2</sup> )	Q inv. (W/m <sup>2</sup> )	Costo
Hormigon	0,15	0,277	3,61	No	120,82	-74,72	840,93
Ladrillo Macizo	0,14	0,34	2,94	No	98,40	-60,85	696,63
Ladrillo Ceramico	0,21	0,549	1,82	Solo C	60,91	-37,67	661,03
Bloque Hormigon	0,21	0,39	2,56	No	85,68	-52,99	609,5

**Tabla 5. Resultados del comportamiento térmico de cada tipo de envolvente.**

## Conclusiones Fase 1

El diagnostico climático de la ciudad nos permitió obtener datos para poder diseñar-intervenir de una manera eficiente y sustentable las fachadas de un edificio.

El estudio de los sistemas constructivos tradicionales de Córdoba nos demostró que el ladrillo cerámico es el material más eficiente debido a su comportamiento térmico, su bajo costo, rapidez de ejecución.

## Fase 2

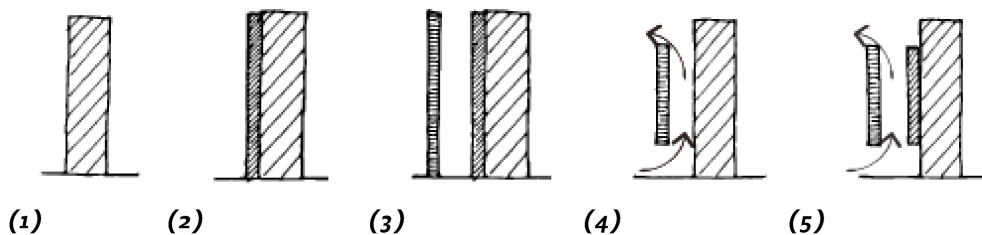
### Introducción

El objetivo se basa en estudiar la interacción de la FV ante los tipos de envolventes que caracterizan la construcción dentro de la Ciudad de Córdoba y el clima que lo caracteriza. Investigaremos que tipo de materiales se utilizan en Argentina para el uso de fachadas ventiladas, sus usos comerciales, tipo de materiales aislantes que se pueden usar, características técnicas y sus comportamientos térmicos.

El sistema FV se basa en una cámara de aire que está conformada por una doble capa que circula el aire por convección disipando el exceso de calor que se haya podido sobrecalentar en la capa externa. Este movimiento del aire se denomina efecto chimenea, y representa un aumento en el aislamiento térmico del edificio.

Se hará una simulación teórica con los distintos tipos de envolvente de Córdoba, comparándolo de la siguiente manera:

1. Muro sin aislación.
2. Muro con aislación.
3. Muro con aislación y CA sin ventilar.
4. Muro sin aislación y CA ventilada.
5. Muro con aislación y CA ventilada.



**Ilustración 1. Distintas intervenciones del muro existente.**

Para esto, hemos creado una planilla Excel similar a la que usamos anteriormente, teniendo en cuenta las nuevas formulas matemáticas (Formula N°4 y N°5).

Para concluir esta FASE 2, haremos un breve análisis de costo de cada material analizado y una comparación de estos. Finalmente se elegirán los sistemas más eficientes para hacer un modelo 3D en la última fase.

#### **Fórmula N°4: Ganancias/Perdidas de calor con el Sistema Fv en verano**

Fórmula N°4:  $Q = K \times (T_{sa} - T_i) - z \times C (T_L - T_e)$

Donde:

- z: Relación de RT entre capa exterior e interior =  $R_{t \text{ ext}} / R_{t \text{ int}}$
- $C = (m \cdot C_p) / l \times L$ 
  - C: Coef de calor disipado por convección
  - m: masa de aire
  - $C_p$ : Calor Específico
  - $l \times L$ : Ancho x Alto (Cámara de aire)
- $T_L: T^\circ \text{ Canal} = T_{sa} - (T_{sa} - T_e) \times (R_{t \text{ externa}} / R_t)$

#### **Fórmula N°5: Ganancias/Perdidas de calor con el Sistema Fv en invierno**

Fórmula N°5:  $Q = K \times \Delta T$

- Q: Cantidad de calor que pasa por una envolvente ( $W/m^2$ ).
- $\Delta T = T_i - T_e$
- $K = K_1 + a (K_2 - K_1)$ 
  - $K_1$ : K de la envolvente sin ventilar.
  - $K_2$ : K de la capa interior.
  - a: coeficiente de absorción superficial.

### **COMPONENTES DEL SISTEMA DE FACHADAS VENTILADAS**

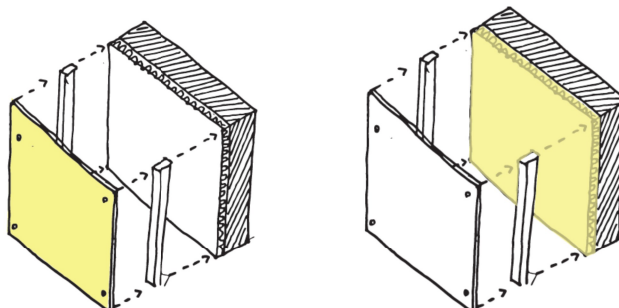
Capa Externa: Los siguientes materiales que pueden conformar la capa externa son algunos de los más comerciales:

- Placa Superboard
- Chapa ondulada
- Placas de aluminio compuesto
- Panel laminado (fenolico)

El carácter de la capa externa es, además de la terminación y diseño de la envolvente, absorber la radiación solar para que las moléculas produzcan la convección necesaria para el efecto chimenea que configura la cámara de aire del sistema FV.

Cámara de Aire ventilada: Este flujo de aire que circula por la cámara se encarga de disipar o transferir por convección el calor configurando su resistencia térmica, esto conforma la principal característica del sistema de fachadas ventiladas.

Capa Interna: Configura la aislación térmica del sistema; la lectura para la selección de este material se basa en una comparación de los aislantes térmicos comerciales para la construcción, para esta investigación se optó por la Lana de Vidrio como material aislante del sistema.



**Ilustración 2. Capa externa e interna del sistema FV.**

### Comportamiento térmico Fv

Para el cálculo del sistema FV se ha diseñado un Excel que comprende las formulas matemáticas anteriormente vistas. Este cálculo nos permitirá comparar distintas situaciones que pueden tener la envolvente dependiendo de sus materiales. Se van a comparar las 4 alternativas de capas externas que hemos (Ver Anexo 2).

### Resultados

Material	Espesor (mm)	R.Total (m <sup>2</sup> °C/W)	K (W/m <sup>2</sup> °C)	Verif.	Q ver. (W/m <sup>2</sup> )	Q inv. (W/m <sup>2</sup> )	Costo
Superboard	4	1,66	0,6	Nivel B	6,38	-12,42	850
Chapa Ondulada	0,4	1,64	0,61	Nivel B	6,72	-12,63	400
Aluminio Compuesto	4	1,64	0,61	Nivel B	6,63	-12,58	1000
Placa Fenolico	10	1,69	0,59	Nivel B	6,00	-12,18	750

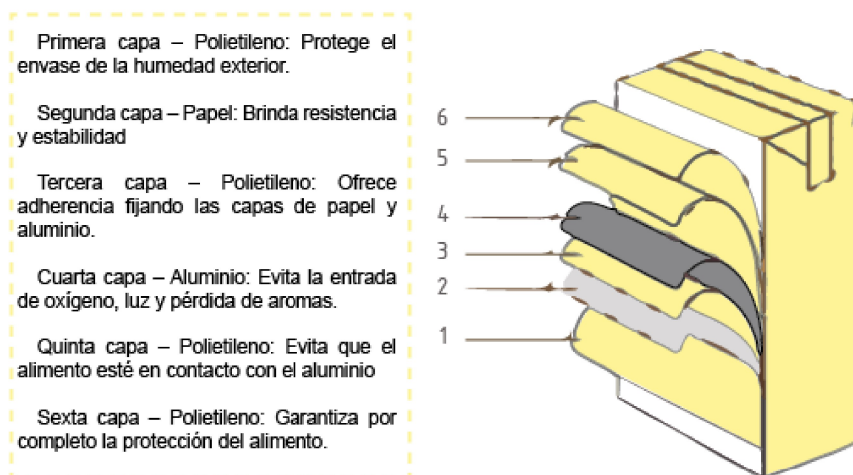
**Tabla 6. Resultados de la planilla de calculos con el sistema FV.**

En los resultados del análisis térmico pudimos ver un gran ahorro energético que se puede notar en las ganancias de calor de verano, esta diferencia no influye mucho en las distintas envolventes.

Para la tabla comparativa se tomo como ejemplo el muro de ladrillo cerámico por ser el más eficiente y uno de los sistemas que más se utilizan en Córdoba.

### Materiales sostenibles

En esta instancia se ha elegido un material reciclable que tenga la característica de encontrarse en el uso cotidiano: El tetrabrik: Envase mixto que se compone de seis capas de que evitan el contacto de los alimentos con el medio externo, para mantener sus propiedades.



**Ilustración 3. Caja de tetra brik con sus respectivas capas.**

En Argentina separando los componentes de los envases Tetra brik® se puede obtener nuevo papel con la fracción de papel (75%) y tejas y cubiertas para techos con la fracción de aluminio y polietileno. A su vez, mediante el triturado y posterior compresión térmica del envase se produce un resistente aglomerado que resulta útil para la construcción de objetos e inclusive de viviendas.

Esta etapa consiste en investigar empresas de argentina que se encarguen de promover el uso de materiales reciclados para la construcción y proponerlos en el sistema FV:

- TPLAK
- PLAKANAR
- ECOTECH

A continuación, repetimos el mismo procedimiento con las planillas de cálculo y utilizando estos materiales como capa externa:

Material	Espesor (mm)	R.Total (m <sup>2</sup> °C/W)	K (Wm <sup>2</sup> °C)	Verif.	Q ver. (W/m <sup>2</sup> )	Q inv. (W/m <sup>2</sup> )	Costo
Superboard	4	1,66	0,6	Nivel B	6,38	-12,42	850
Chapa Ondulada	0,4	1,64	0,61	Nivel B	6,72	-12,63	400
Aluminio Compuesto	4	1,64	0,61	Nivel B	6,63	-12,58	1000
Placa Fenolico	10	1,69	0,59	Nivel B	6,00	-12,18	750
T-PLAK	6	1,81	0,55	Nivel B	4,62	-11,33	466,18
PLAKANAR	10	1,88	0,53	Nivel B	4,00	-10,95	710
ECO-TECH	1	1,66	0,6	Nivel B	6,07	-12,23	500

Tabla 7. Resultados de la planilla de calculos con el sistema FV y materiales reciclados.

## Conclusiones Fase 2

En esta etapa nos enfocamos en saber cuál fue la eficiencia energética que produce el sistema de fachadas ventiladas y como podrían afectar si utilizaríamos, en un marco

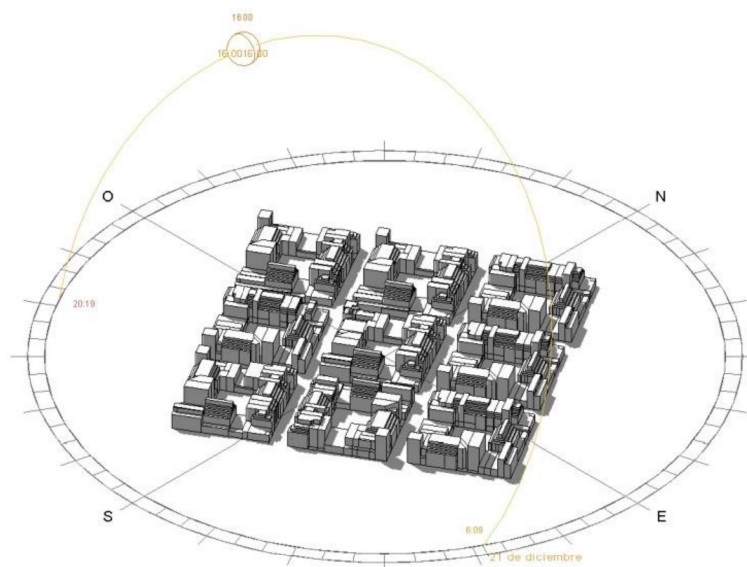
teórico, materiales alternativos-sostenibles como es el caso del tetrabrik; Los resultados obtenidos fueron favorables ya que pudimos ver un ahorro energético importante.

### Fase 3

Se trabajará en las siguientes etapas:

#### Diagnostico

Se estudia el sector de intervención y su característica climática, para ello se diseño un modelo de nueve manzanas de la Ciudad de Córdoba y con el programa Autodesk Revit estudiamos del recorrido aparente del sol, en esta ocasión nos detendremos en las orientaciones noroeste – suroeste – sureste – noreste debido al trazado urbano.



Modelo 1. Diseño de manzanas típicas de la Ciudad de Córdoba con el grado de inclinación de su trazado urbano para estudiar el recorrido aparente del sol.

W/m<sup>2</sup> Fuente: CIAL - FAUD - UNC Mediciones Estación RSN

hora	norte	sur	este	oeste	noreste	suroeste	sudeste	noroeste	
5	15	42	32	4	35	10	45	4	
6	24	165	393	10	228	12	370	10	
7	33	198	650	18	390	13	570	12	
8	45	152	767	27	477	14	585	15	
9	56	56	695	40	483	16	493	30	
10	130	42	551	50	414	25	342	43	
11	180	33	330	62	305	40	135	55	
12	201	30	70	70	162	50	50	162	
13	180	33	62	330	55	135	40	305	
14	130	42	50	551	43	342	25	414	
15	56	56	40	695	30	493	16	486	
16	45	152	27	767	15	585	14	477	
17	33	198	18	650	12	570	13	390	
18	24	165	10	393	10	370	12	228	
19	15	42	4	32	4	45	10	35	
<b>Solsticio de Verano</b>	<b>KJ/m<sup>2</sup></b>	<b>3401</b>	<b>4836</b>	<b>13311</b>	<b>13311</b>	<b>9310</b>	<b>9475</b>	<b>9475</b>	<b>9310</b>

Tabla 8. Radiación solar en las distintas fachadas de la Ciudad de Córdoba en los solsticios de verano.



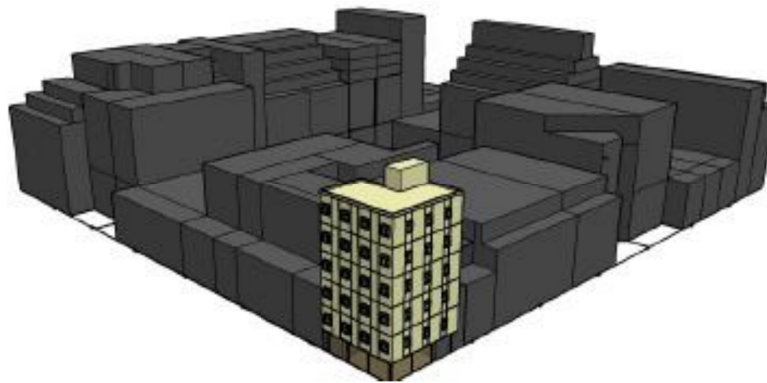
W/m2 Fuente: CIAL - FAUD - UNC Mediciones Estación RSN

hora	norte	sur	este	oeste	noreste	sudoeste	sudeste	noroeste
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	22	5	45	0	80	7	30	5
8	235	16	508	12	384	8	81	15
9	420	22	689	20	627	9	62	30
10	581	30	610	32	703	10	20	98
11	692	35	382	50	672	11	15	403
12	730	42	72	72	554	13	13	554
13	692	35	50	382	403	15	11	672
14	581	30	32	610	98	20	10	703
15	420	22	20	689	30	62	9	627
16	235	16	12	508	15	81	8	384
17	22	5	0	45	5	30	7	80
18	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0
KJ/m <sup>2</sup>	16906	973	8732	8732	12813	675	975	12813

Tabla 9. Radiacion solar en las distintas fachadas de la Ciudad de Córdoba en los solsticios de invierno.

**Propuesta**

Se diseñó un edificio sin ningún tipo de protección para poder calcular de una manera sencilla las superficies expuestas a las ganancias y pérdidas de calor. Se modeló un edificio en esquina para poder comparar el comportamiento en distintas orientaciones, en este caso, el modelo está expuesto a las orientaciones NOROESTE (NO) y SUDOESTE (SO).



Modelo 2. Edificio sin proteccion solar.

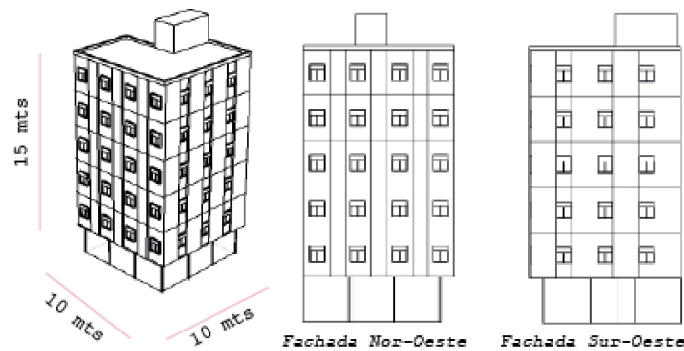


Ilustración 4. Calculo de las superficies generales del edificio.

## Materiales

La superficie de cada uno de los materiales nos indicará la influencia que tendrá cada fachada según el porcentaje de cada material que lo compone.

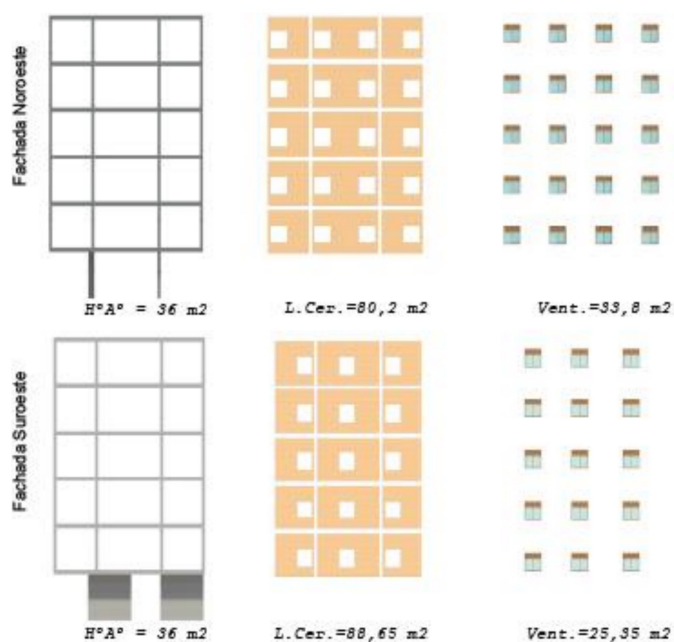


Ilustración 5. Superficie de cada material que compone el edificio.

## Resultados

En esta etapa se calculará el ahorro energético del modelo, para esto tuvimos que cambiar la ganancia de calor en cada fachada; en el caso de la fachada NOROESTE la radiación solar (E) es igual a 486 W/m<sup>2</sup> y en la fachada SUROESTE la radiación solar (E) es igual a 585 W/m<sup>2</sup>.

Hemos seleccionado como material de análisis el T-PLAK, debido a que es económicamente accesible y permite una terminación personalizada para la estética del edificio.

Tabla de Resultados				
Nombre de la envolvente				
	Material	K	Q ver	Q inv
1	Muro Hormigon	3,27	83,63	-67,60
2	Muro Hormigon con L. vidrio	0,80	20,39	-16,48
3	Muro con CA sin ventilar	0,59	15,07	-12,18
4	Muro CA vent. sin aislante	2,09	43,26	-43,35
5	Muro CA vent. con aislante	0,64	5,92	-13,17
S	Diferencia entre 1 y 5	80,52%	92,92%	80,52%

Tabla de Resultados				
Nombre de la envolvente				
	Material	K	Q ver	Q inv
1	Muro Ladrillo Ceramico	1,79	45,81	-37,03
2	Muro L. Ceramico con L. vidrio	0,66	16,97	-13,72
3	Muro con CA sin ventilar	0,51	13,12	-10,61
4	Muro CA vent. sin aislante	1,25	23,49	-25,96
5	Muro CA vent. con aislante	0,54	5,31	-11,27
S	Diferencia entre 1 y 5	69,56%	88,40%	69,56%

Tabla 10. Resultados de la planilla de calculos con el sistema FV en la fachada noroeste.

## Fachada Suroeste

Tabla de Resultados			
Nombre de la envolvente			
Material	K	Q ver	Q inv
1 Muro Hormigon	3,27	92,68	-67,60
2 Muro Hormigon con L. vidrio	0,80	22,59	-16,48
3 Muro con CA sin ventilar	0,59	16,70	-12,18
4 Muro CA vent. sin aislante	2,09	46,96	-43,35
5 Muro CA vent. con aislante	0,64	5,58	-13,17
S Diferencia entre 1 y 5	80,52%	93,98%	80,52%

Tabla de Resultados			
Nombre de la envolvente			
Material	K	Q ver	Q inv
1 Muro Ladrillo Ceramico	1,79	50,76	-37,03
2 Muro L. Ceramico con L. vidrio	0,66	18,81	-13,72
3 Muro con CA sin ventilar	0,51	14,54	-10,61
4 Muro CA vent. sin aislante	1,25	25,20	-25,96
5 Muro CA vent. con aislante	0,54	5,06	-11,27
S Diferencia entre 1 y 5	69,56%	90,02%	69,56%

Tabla 11. Resultados de la planilla de calculos con el sistema FV en la fachada suroeste.

### Cálculo del K ponderado

Fachada Noroeste:

K pond sin FV =

$$(3,27 \text{ W/m}^2\text{°C} \times 36 \text{ m}^2) + (2,79 \text{ W/m}^2\text{°C} \times 33,8 \text{ m}^2) + (1,79 \text{ W/m}^2\text{°C} \times 80,2 \text{ m}^2) / 150 \text{ m}^2 = 2,37 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

K pond con FV =

$$(0,64 \text{ W/m}^2\text{°C} \times 36 \text{ m}^2) + (2,79 \text{ W/m}^2\text{°C} \times 33,8 \text{ m}^2) + (0,54 \text{ W/m}^2\text{°C} \times 80,2 \text{ m}^2) / 150 \text{ m}^2 = 1,07 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

### Ahorro energético K = 45,08%

Fachada Suroeste:

Kpond sin FV =

$$(3,27 \text{ W/m}^2\text{°C} \times 36 \text{ m}^2) + (5,82 \text{ W/m}^2\text{°C} \times 25,35 \text{ m}^2) + (1,79 \text{ W/m}^2\text{°C} \times 88,65 \text{ m}^2) / 150 \text{ m}^2 = 2,82 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

K pond con FV =

$$(0,64 \text{ W/m}^2\text{°C} \times 36 \text{ m}^2) + (5,82 \text{ W/m}^2\text{°C} \times 25,35 \text{ m}^2) + (0,54 \text{ W/m}^2\text{°C} \times 88,65 \text{ m}^2) / 150 \text{ m}^2 = 1,42 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

### Ahorro energético K = 50,69%

## Conclusión

Se pudo observar qué tipos de materiales serían los más eficientes para la hoja externa e interna de este sistema, la clasificación de esta elección se basó en el precio, modulo y sustentabilidad ambiental.

Por otro lado tenemos los resultados del comportamiento térmico de una envolvente en 5 situaciones en donde observamos como el sistema de fachadas ventiladas es el más eficiente debido a su baja ganancia de calor en verano, en cambio en invierno es similar a la pérdida de calor que puede producir un muro con CA sin ventilar, esto se debe a que el efecto chimenea que produce la CA ventilada solo es eficiente cuando se busca reducir la ganancia de calor, es decir, en verano.

Finalmente podemos concluir que sistema de fachadas ventiladas (ante la problemática del alto uso energético activo de los edificios) es eficiente como sistema de rehabilitación edilicia en la Ciudad de Córdoba según los resultados obtenidos dentro de la FASE 3 de esta investigación.

## Bibliografía

- ATEM, CAMILA. (2016) Fachadas ventiladas: hacia un diseño eficiente en Brasil.
- AVARIA, PATRICIA (2016). Recomendaciones técnicas para la instalación de fachadas ventiladas. Revista Bit N° Marzo 2016.
- CIAMPI M., LECCESE F. y TUONI G. (2003) Ventilated facades energy performance in summer cooling of buildings. Solar Energy 75.
- FERNÁNDEZ DE BOBADILLA, Eduardo. (2007) Fachadas ventiladas y aplacados. Requisitos constructivos y estanqueidad. Consejería de Obras Públicas de la Región de Murcia.
- Maristany, Arturo. Branco, Claudia. Durán, Marcelo. Varas, Martín. (2016) Aproximación al potencial de uso y desempeño energético de fachadas ventiladas en córdoba, argentina. Arquisur 2016
- PARDAL, C. PARICIO, I. (2006) Evolución de la Fachada Ventilada y Propuesta de Futuro. Editorial Bisagra.
- RIBERA, F. (2016) Recupero e Conservazione degli Edfici. Editorial Edicom.
- IRAM (2002) Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.
- INSTITUTO DE ESTADÍSTICA Y COSTOS COLEGIO DE ARQUITECTOS DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA. Disponible en <https://www.colegio-arquitectos.com.ar>