



**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE TEMPERATURA A PARTIR DE UN PLANO

Michael Steven Jiménez Contreras	20201020108
Camila Lozano Jiménez	20201020161
Cristian Fabian Agudelo Bermúdez	20201020100

Ciencias de la computación II
Santiago Salazar Fajardo

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Proyecto curricular de Ingeniería de Sistemas
Colombia. Bogotá D.C. mayo de 2023

Índice

1. Descripción	2
2. Planteamiento del sistema	2
3. Transferencia de temperatura	3
3.1. Capacitancia	3
3.2. Resistencia térmica	3
4. Entrada	4
4.1. Algoritmo segmentador	4
5. Estrategia de agrupación	7
6. Resultado	7

1 DESCRIPCIÓN

Se planteó un sistema computacional en el cual se pudiera describir una edificación y posteriormente calcular una de las siguientes opciones ruido, temperatura e iluminación, se escogió temperatura, de donde se requiere.

- Una forma de representar el edificio en memoria.
- Una forma sencilla de dar la entrada.
- Una forma de calcular la transferencia de temperatura.

2 PLANTEAMIENTO DEL SISTEMA

Se decidió primeramente el edificio como un grafo no dirigido, donde cada nodo es un cuarto y cada vértice representa una pared que conecta dichos cuartos.

Para ello se modeló un edificio en *Sweet Home 3D*, para poder abstraer se trabajó con uno de esos segmentos, los cuales lucen de la siguiente manera:

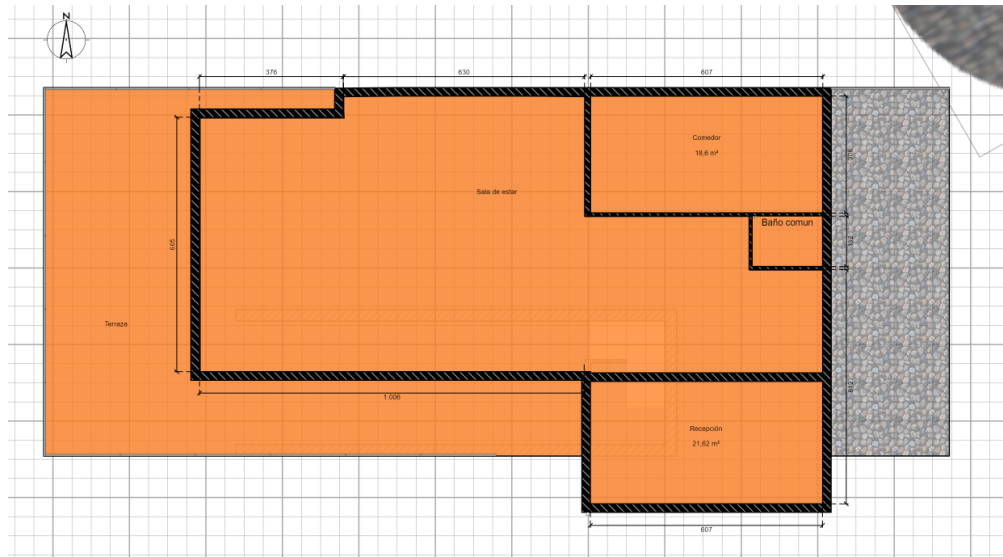


Figura 1: Plano de un piso del edificio

Aunque los pisos son bastante semejantes a este, un modelo para esta única planta se realizaría de forma que:

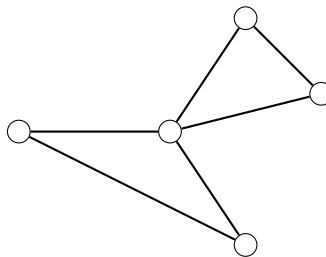


Figura 2: Grafo del edificio de la figura 1

3 TRANSFERENCIA DE TEMPERATURA

Para la transferencia de temperatura se utilizó el mismo concepto que en ingeniería de control donde se tiene que:

$$C \frac{dT_j}{dt} = \sum \frac{T_i - T_j}{R_i}$$

donde

C : Capacitancia térmica del volumen de aire en cada cuarto.

T_k : es la temperatura del cuarto k .

R_k : es la resistencia térmica del material del muro que conecta ambos cuartos.

Esta definición está extendida tomando a todo flujo de calor como entrante, de lo contrario no sería posible.



Figura 3: Representación de los flujos de calor

Posteriormente el resultado queda en forma de entradas y luego se puede resolver fácilmente en espacio de estados de tal forma que:

$$\dot{X} = AX + BU$$

Pero para ello hay que construir las matrices A y B , para su realización se utilizó Sympy, ya que permite procesar datos simbólicamente lo que facilita conseguir los coeficientes de cada variable en cada ecuación de estado, construyendo las matrices A y B se puede ahora utilizar una librería que realice el cálculo numérico de las variables, en este caso se utilizó scipy, en particular el módulo signal, y su función de ss2tf que facilita este proceso, luego se pasa a través de una función de scipy que puede calcular numéricamente con cualquier entrada, esta decisión se da para que el usuario pueda definir fácilmente las temperaturas iniciales de los cuartos y las temperaturas de entrada y salida.

3.1. Capacitancia

La capacitancia térmica se define como la relación entre la cantidad de calor absorbido o liberado por un objeto y el cambio resultante en su temperatura. Se representa por la letra C y se mide en unidades de calorías por grado Celsius ($\text{cal}/^\circ\text{C}$) o en julios por kelvin (J/K).

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

La capacitancia térmica es de gran importancia como propiedad en distintos campos de la ciencia y la ingeniería. En el caso de este proyecto, en donde el control y medición de la temperatura es su objetivo principal, es necesario calcular esta propiedad, sobre todo en relación al volumen del aire de los cuartos, así como las fuentes de calor particulares.

3.2. Resistencia térmica

La resistencia térmica se refiere a la capacidad de un material o componente para resistir el flujo de calor a través de él. Es una medida de la oposición al flujo de calor y se expresa en unidades de temperatura por unidad de potencia. Esta se calcula dividiendo el espesor del material entre su conductividad térmica. Cuanto

mayor sea la resistencia térmica de un material o componente, más difícil será que el calor fluya a través de él.

Aplicando este concepto en la realización del proyecto, se agregaron diferentes resistencias térmicas en un diccionario, tales como la de: "ladrillos", "madera", "hormigón", entre otros; para que al realizar los cálculos fueran lo más reales posibles tomando el valor de la resistencia térmica del material escogido para las paredes de los cuartos.

4 ENTRADA

Para la entrada se definió que fuese un plano del edificio que estuviera dibujado con colores, sin embargo esto dificulta la selección ya que pueden haber múltiples variaciones en cada plano, pero para ello se pensó en una estrategia de asignación de píxeles a un objeto que representa el cuarto.

4.1. Algoritmo segmentador

Para el algoritmo se pensó inicialmente en una condición de pertenencia, la cual es:

$$p_{ij} \in A \iff \exists_p : (p \in A \wedge d(p, p_{ij}) < n \wedge c = c_{ij})$$

donde

A : Cuarto u objeto contenedor, este representa un área separada por un margen n de otras áreas.

p : píxel, si incluye un par de subíndices i, j entonces es el píxel de la posición (i, j) .

c : color del píxel con el mismo subíndice.

n : distancia máxima tolerada.

d : distancia.

Sin embargo hay que tener en consideración que el algoritmo solo para recorrer la imagen ya tiene un costo $O(filas \times columnas)$ y teniendo en cuenta que este algoritmo solo busca obtener los diferentes cuartos para asignar conexiones es preferible reescalar la imagen a un tamaño manejable y constante, en este caso se eligió un tamaño de 621x341, aunque puede ser cualquier otro tamaño que tenga suficiente resolución para no perder las uniones entre espacios.

Por lo que posteriormente se considera innecesario recorrer el total de píxeles y se recorre teniendo en cuenta un umbral de distancia definido de $5px$, se puede recorrer cada 3 filas y cada 3 columnas sin alterar el resultado.

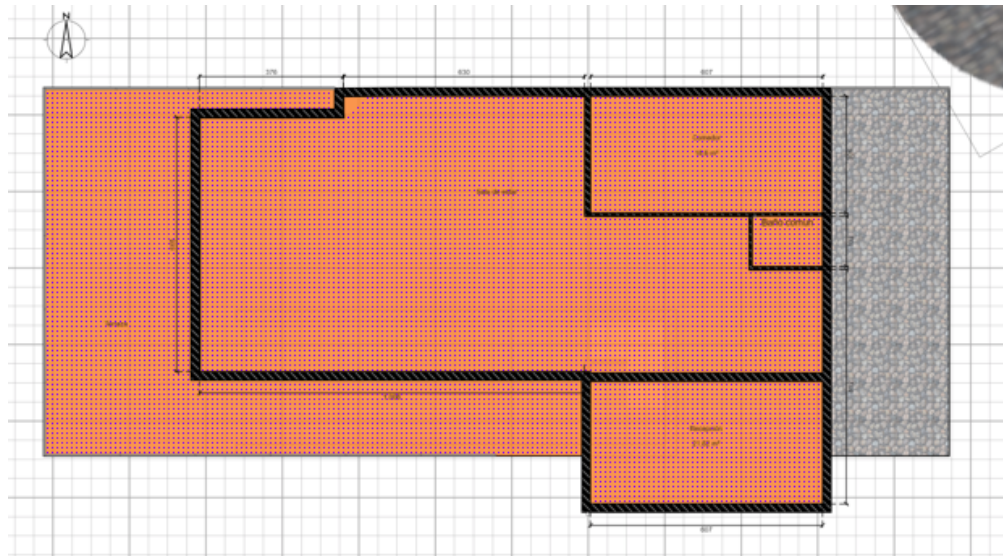


Figura 4: Áreas coloreadas

Finalmente se obtiene cada sección del edificio aunque con defectos, ya que la regla de agrupación exige que haya por lo menos un píxel para no considerar a dicho píxel un nuevo objeto, sin embargo si ya existe un objeto que representa a una habitación y luego encuentra un píxel que no cumple con el requisito de distancia pero que si pertenece produce un objeto extra, por ello hay dos formas.

- Unir áreas cercanas: Mediante una nueva regla, se define si dos áreas son la misma.

$$A_1 \cup A_2 \equiv A_T \iff \exists_{xy}(x \in A_1 \wedge y \in A_2 \wedge d(x, y) \leq n)$$

- Eliminar áreas pequeñas: si el área es muy pequeña puede eliminarse sin causar grandes problemas dentro de la selección.

Debido a mayor facilidad se eligió la segunda opción. Posteriormente, se coloreo un área para ver su efecto y el resultado fue el siguiente:

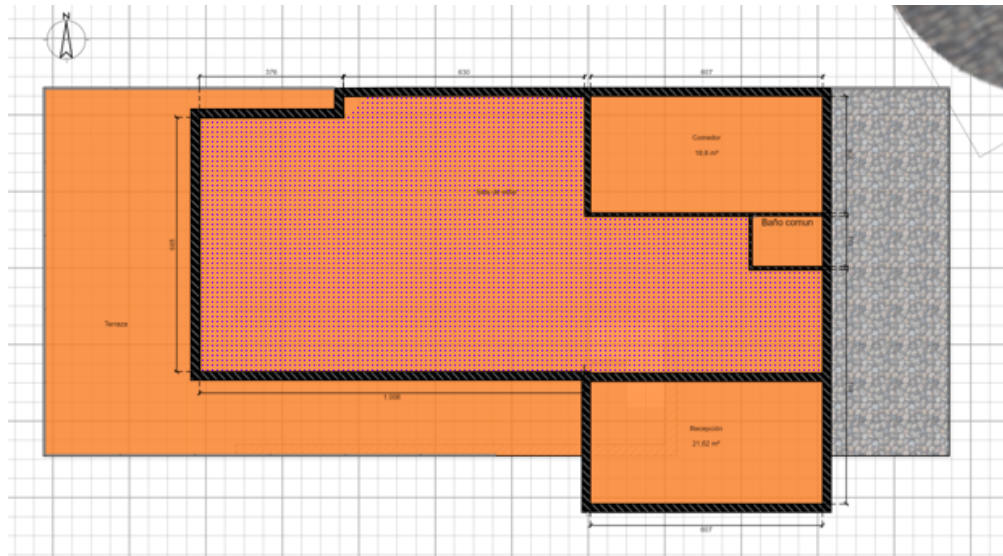


Figura 5: Área Central coloreada

Con ello se calculó el punto medio para poder asignarlo como nombre de cada área, esto no es especialmente complicado, ya que simplemente se pueden sumar las coordenadas y dividir las sobre el número de elementos, dando el siguiente resultado:

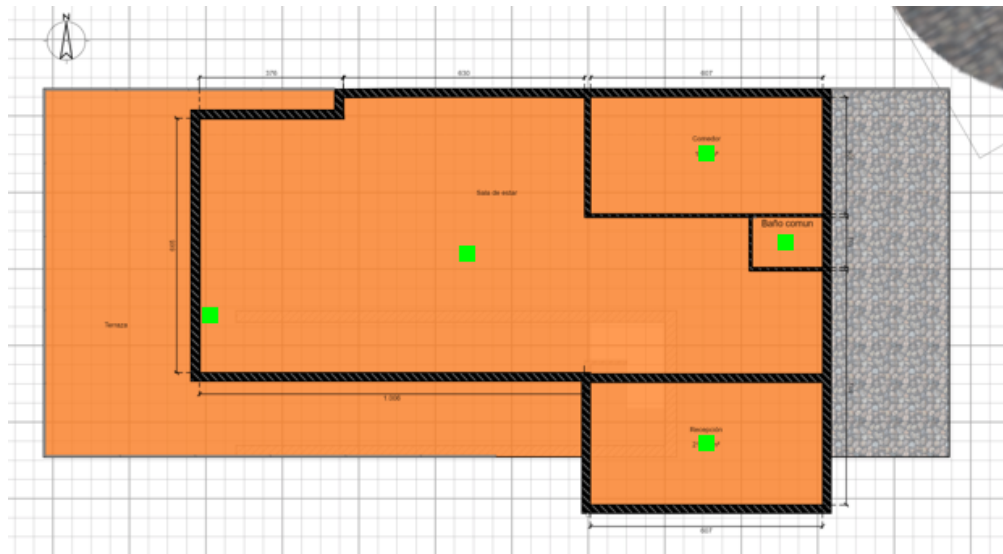


Figura 6: Punto medio de cada Área

5 ESTRATEGIA DE AGRUPACIÓN

Para poder agrupar las áreas y convertirlas en nodos del edificio fue necesario determinar las adyacencias, en este caso la regla es mucho más sencilla:

$$e(A_1, A_2) \iff \exists_{p_1, p_2} : (p_1 \in A_1 \wedge p_2 \in A_2 \wedge d(p_1, p_2) < N)$$

En este caso N puede ser un número mucho más grande, lo cual provoca que se pueda hacer el algoritmo recorriendo menos píxeles, por ejemplo calculando la regla para cada cinco y ocho píxeles, de esta forma se puede realizar este procedimiento sin un alto costo computacional, adicionalmente se puede reducir más la complejidad evitando redundancias como buscar conexión entre $A_n + 1$ en A_n cuando ya se hizo en sentido contrario.

6 RESULTADO

Para el resultado simplemente se utilizó la función de solución de ecuaciones en espacio de estados y se definió unos umbrales por los cuales una habitación puede ser muy caliente para habitar cómodamente o muy fría, y se coloreó el área correspondiente de rojo o azul respectivamente.

Para el plano presentado en este documento se escogió como temperaturas en cada cuarto un valor de $15^\circ C$, todos los valores de entrada son constantes multiplicando funciones paso, cada cuarto tiene una pared que toca el exterior y por lo tanto tienen otra entrada $T_0 = 15^\circ C$, y los otros son valores $T = [20, 35, 20, 25, 30]$, y ajustando los correspondientes valores de resistencia y de capacitancia en cada cuarto y conexión.

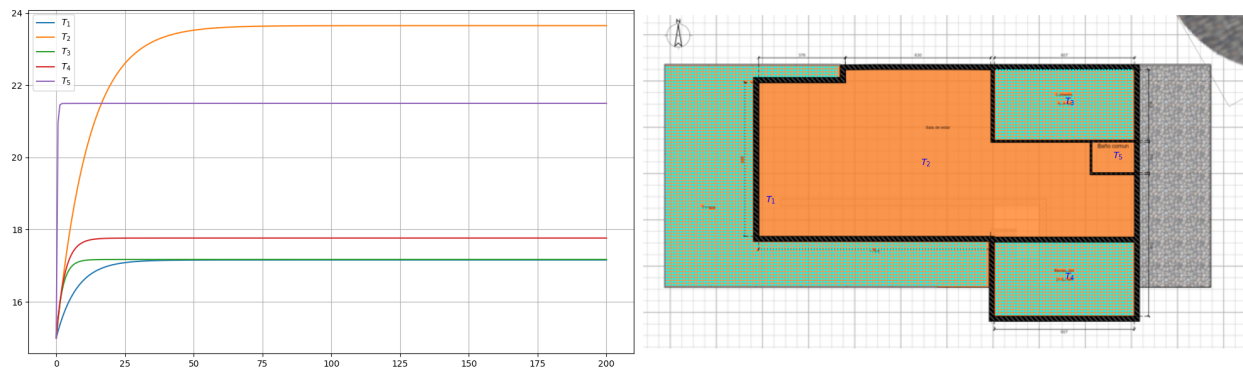


Figura 7: Resultado