

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Tijuana
Maestría en Ciencias de la Computación

Control para Sistemas de Calentamiento Hidrónico Multizona
usando Lógica Difusa y Algoritmos Bio-Inspirados

Tesis

Para Obtener el Título de
Maestro en Ciencias de la Computación

Presenta
Ing. Ian Alfonso Ruiz Naranjo

Director
Dr. Mario García Valdez

Codirector
Dr. Oscar Castillo

Tijuana, Baja California, México

*A mi papá Alfonso, a mi mamá Julia, a mi hermano Alejandro, a mi amor Itzel, a la princesa
Nara y a el travieso Pichu.*

Índice

1. Objetivo General	4
2. Objetivos Específicos	4
3. Problemática	4
4. Estado del Arte	4
5. Marco Teórico	4
5.1. Radiación Solar	4
5.1.1. El Sol	4
5.1.2. La Constante Solar	4
5.1.3. Distribución Espectral de Radiación Extraterrestre	4
5.1.4. Variación de Radiación Extraterrestre	4
5.1.5. Dirección del Haz de Radiación	4
6. Propuesta	5

1. Objetivo General

Crear un controlador predictivo para sistemas de calentamiento hidrónico usando lógica difusa y algoritmos bio-inspirados entrenado en un simulador computacional basado en leyes termo-físicas que contiene modelos de fenómenos de transferencia de calor de sus componentes, así como de condiciones atmosféricas, solares y de ocupación habitacional.

2. Objetivos Específicos

- Implementar modelos de transferencia de calor para los componentes que conforman el espacio habitacional que se busca acondicionar térmicamente.
- Implementar un modelo de predicción atmosférica utilizando redes neuronales recurrentes.
- Implementar un modelo de predicción de irradiación solar, así como de geometría solar para determinar cargas térmicas.
- Implementar un modelo de predicción de ocupación habitacional.
- Implementar algoritmos bio-inspirados para ser consumidos por el proceso de optimización del controlador.
- Desarrollar un simulador de un sistema hidrónico e integrar los modelos predictivos para enriquecer el proceso de optimización del controlador difuso.
- Implementar el simulador, así como todas las dependencias y/o resultantes en el lenguaje de programación en Python y diferentes variantes.

3. Problemática

4. Estado del Arte

5. Marco Teórico

5.1. Radiación Solar

5.1.1. El Sol

5.1.2. La Constante Solar

5.1.3. Distribución Espectral de Radiación Extraterrestre

5.1.4. Variación de Radiación Extraterrestre

5.1.5. Dirección del Haz de Radiación

Las relaciones geométricas de cualquier plano con respecto a cualquier orientación relativa a la tierra, en cualquier momento y un haz entrante de radiación solar, pueden ser descritas por varios ángulos, estos por convención son nombrados y se hace referencia hacia ellos como se muestra a continuación,

- ϕ **Latitud**, es la ubicación angular al norte o sur del ecuador, siendo la dirección del norte positiva; $-90^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$.
- δ **Declinación**, es la posición angular del sol al medio día solar con respecto al plano del ecuador, por ejemplo, cuando este se encuentra en la meridiana local. Esta es positiva al norte; $-23.45^\circ \leq \delta \leq 23.45^\circ$.

- β **Pendiente**, es el ángulo entre el plano de la superficie en cuestión y la superficie; $0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$.
- γ **Ángulo de Acimut de Superficie**, es la desviación de la proyección en un plano horizontal a la superficie desde la meridiana local. $-180.0^\circ \leq \gamma \leq 180.0^\circ$.
- ω **Ángulo de Hora**, el desplazamiento angular del sol del este o el oeste con respecto a la meridiana local debido a la rotación de la tierra cuyo valor es de 15° por hora; En la mañana es negativo y en el atardecer positivo.
- θ **Ángulo de Incidencia**, es el ángulo entre el haz de radiación en una superficie y la normal de esa superficie.
- θ_z **Ángulo Cenital**, es el ángulo entre la vertical y la línea hacia el sol, en otras palabras, es el ángulo de incidencia del haz de radiación en una superficie horizontal.
- α_s **Ángulo de Altitud Solar**, es el ángulo entre la horizontal y la línea hacia el sol, es el complemento del ángulo cenital.
- γ_s **Ángulo de Acimut Solar**, es el desplazamiento angular del sur de la proyección del haz de radiación en un plano horizontal. Los desplazamientos del este al sur son negativos y del oeste al sur son positivos.

La Declinación δ Este ángulo puede ser encontrado a través de una aproximación como la que se muestra a continuación,

$$\delta = 23.45 \sin \left(\frac{360}{365} (284 + n) \right) \quad (1)$$

Para fines de ingeniería, la aproximación anterior resulta suficiente, sin embargo disponemos de otro modelo cuya precisión es mayor ya que el error es menor al 0.035° .

$$\begin{aligned} \delta = & 0.006918 - 0.399912 \cos(\Gamma) + 0.070257 \sin(\Gamma) \\ & - 0.006758 \cos(2\Gamma) + 0.000907 \sin(2\Gamma) \\ & - 0.002697 \cos(3\Gamma) + 0.00148 \sin(3\Gamma) \end{aligned} \quad (2)$$

en dónde,

$$\Gamma = \frac{2\pi(n-1)}{365} \quad (3)$$

En ambas expresiones la variable n es el número del día del año que se estudia, esta satisface $1 \leq n \leq 365$.

6. Propuesta