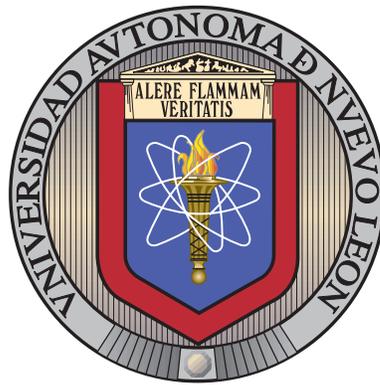


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE LICENCIATURA



HERRAMIENTA WEB PARA EL CÁLCULO DE LA  
GANANCIA DE CALOR EN EDIFICACIONES

POR

JONATHAN ARTURO ALVARADO MATA

EN OPCIÓN AL GRADO DE

INGENIERO EN TECNOLOGÍA DE SOFTWARE

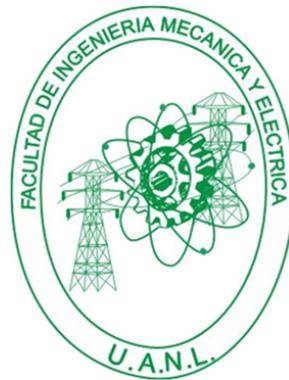
SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN

OCTUBRE 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE LICENCIATURA



HERRAMIENTA WEB PARA EL CÁLCULO DE LA  
GANANCIA DE CALOR EN EDIFICACIONES

POR

JONATHAN ARTURO ALVARADO MATA

EN OPCIÓN AL GRADO DE

INGENIERO EN TECNOLOGÍA DE SOFTWARE

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN

OCTUBRE 2014

**Universidad Autónoma de Nuevo León**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**  
**División de Estudios de Licenciatura**

Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la Tesis «Herramienta web para el cálculo de la ganancia de calor en edificaciones», realizada por el alumno Jonathan Arturo Alvarado Mata, con número de matrícula 1441616, sea aceptada para su defensa como opción al grado de Ingeniero en Tecnología de Software.

El Comité de Tesis

---

Dra. Satu Elisa Schaeffer  
Asesor

---

Dr. Moisés Hinojosa Rivera  
Revisor

---

Dr. Fernando López Irarragorri  
Revisor

Vo. Bo.

---

M.C. Arnulfo Treviño Cubero  
División de Estudios de Licenciatura

San Nicolás de los Garza, Nuevo León, octubre 2014

# AGRADECIMIENTOS

---

Mi más sincero agradecimiento a la Dra. Satu Elisa Schaeffer por su paciencia, por su apoyo, confianza y compartir su tiempo y conocimientos.

Gracias al Dr. Moisés Hinojosa Rivera y al Dr. Fernando López Irarragorri por formar parte del comité.

A Marcel González por su apoyo y sus constantes recomendaciones para el mejoramiento de este trabajo.

A mis padres, Arturo y María Guadalupe, por su apoyo incondicional, por las palabras de aliento, por ocuparse de mi bienestar y sobre todo por los momentos juntos. A mis hermanos, Bryan y Debanhy, por formar parte de la familia, por alentarme a ser una mejor persona.

# RESUMEN

---

Jonathan Arturo Alvarado Mata.

Candidato para el grado de Ingeniero en Tecnología de Software.

Universidad Autónoma de Nuevo León.

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Título del estudio:

## HERRAMIENTA WEB PARA EL CÁLCULO DE LA GANANCIA DE CALOR EN EDIFICACIONES

Número de páginas: 73.

**OBJETIVOS Y MÉTODO DE ESTUDIO:** Desarrollar una herramienta computacional accesible vía web que permita realizar mediciones del ahorro energético en las edificaciones, generar indicadores y datos abiertos para apoyar al usuario de la herramienta a tomar decisiones que mejoren la eficiencia bioclimática de la construcción de una edificación particular.

Se abordó el problema utilizando una metodología que consiste en: definir el sistema, definir sus requisitos, implementar los algoritmos necesarios, verificar que la herramienta se comporte de acuerdo a como fue diseñada y finalmente documentar todos los procesos.

CONTRIBUCIONES Y CONCLUSIONES: Se creó una herramienta computacional accesible vía web que permite calcular el ahorro energético en las edificaciones. Esta herramienta permite tomar decisiones para construir una edificación bioclimática en base al resultado obtenido, indicadores y datos abiertos de diversos tipos.

Utilizando esta herramienta se realizaron diversas pruebas de usabilidad para determinar si es intuitiva y fácil de utilizar; también se efectuaron pruebas de rendimiento para determinar bajo qué condiciones la herramienta tiene un mejor desempeño.

Los resultados de las pruebas mostraron que los usuarios consideran que la disponibilidad y acceso a la herramienta vía web es muy útil y que el propósito de la herramienta es muy interesante y útil, así como su funcionamiento. En cuanto a los resultados de las pruebas de rendimiento se puede concluir que la herramienta tiene un tiempo de respuesta aceptable, que soporta la cantidad de usuarios que se estimó durante la planeación y que el porcentaje de error es bajo con una carga mayor a la estimada.

Firma del asesor: \_\_\_\_\_

Dra. Satu Elisa Schaeffer

# ÍNDICE GENERAL

---

<b>Resumen</b>	<b>v</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Hipótesis . . . . .	2
1.2. Objetivos . . . . .	2
1.3. Justificación . . . . .	3
1.4. Estructura de la tesis . . . . .	4
<b>2. Antecedentes</b>	<b>5</b>
2.1. Normas Oficiales Mexicanas . . . . .	5
2.2. Minería de datos . . . . .	7
2.3. Datos abiertos . . . . .	9
2.4. Domótica . . . . .	11
<b>3. Trabajos relacionados</b>	<b>14</b>
<b>4. Metodología</b>	<b>19</b>

---

4.1. Identificación del problema . . . . .	20
4.2. Diseño y arquitectura . . . . .	21
4.2.1. Funcionalidad . . . . .	21
4.2.2. Especificaciones de la solución . . . . .	22
4.2.3. Diseño de algoritmos . . . . .	24
4.3. Fases de desarrollo . . . . .	25
4.4. Experimentos . . . . .	29
<b>5. Solución propuesta</b>	<b>30</b>
5.1. Arquitectura del software . . . . .	30
5.2. Algoritmo . . . . .	31
5.2.1. Diseño del algoritmo . . . . .	32
5.2.2. Descripción del algoritmo . . . . .	33
5.2.3. Aplicación del algoritmo . . . . .	38
5.3. Casos de uso . . . . .	38
5.4. Diseño de interfaz . . . . .	40
5.5. Implementación . . . . .	42
<b>6. Experimentos</b>	<b>46</b>
6.1. Diseño de experimentos . . . . .	46
6.1.1. Software utilizado . . . . .	47

ÍNDICE GENERAL	IX
6.1.2. Casos a medir . . . . .	48
6.2. Pruebas . . . . .	48
6.2.1. Usabilidad . . . . .	49
6.2.2. Carga . . . . .	53
6.2.3. Estrés . . . . .	54
6.2.4. Estabilidad . . . . .	58
6.3. Discusión . . . . .	59
<b>7. Conclusiones</b>	<b>60</b>
7.1. Contribuciones . . . . .	61
7.2. Trabajo a futuro . . . . .	62
<b>Bibliografía</b>	<b>64</b>
<b>Apéndices</b>	<b>68</b>
<b>A. Encuesta de usabilidad</b>	<b>69</b>
<b>B. Módulo de minería de datos</b>	<b>70</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

2.1. Estructura básica de un sistema domótico. La casa está conectada a internet por lo cual las tareas domésticas pueden ser manipuladas por dispositivos externos, como un celular o una computadora. Para que los aparatos domésticos realicen las tareas es necesario que estén conectados a un panel de control central el cual distribuye las tareas.	12
4.1. Pasos a seguir para el desarrollo de la herramienta web. . . . .	20
4.2. Cronograma de actividades para el desarrollo de la herramienta. Las fases establecen un orden cronológico compatible con el modelo de ciclo de vida cascada incremental evolutivo. . . . .	28
5.1. Diagrama del diseño de alto nivel de la herramienta. . . . .	31
5.2. Algoritmo propuesto para obtener la ganancia de calor en construcciones con base en la <i>NOM-020-ENER-2011</i> . . . . .	32
5.3. Diagrama de casos de uso. . . . .	39
5.4. Página principal de la herramienta en la que se deben proporcionar los datos de la edificación para conocer la ganancia de calor de ésta. .	42

- 
- 5.5. Página principal de la herramienta en la que se muestra el recorrido que hace un usuario. En la imagen el usuario ha elegido la sección de la edificación donde está colocado un material. . . . . 43
- 5.6. Página principal de la herramienta en la que se muestra el recorrido que hace un usuario, en este punto el usuario elige el material a añadir en la sección ventana con ubicación en la pared norte. . . . . 44
- 5.7. Página principal de la herramienta en la que se muestra el recorrido que hace un usuario, en este punto se agrega el material a la tabla y junto a los demás materiales que ayudarán en el cálculo. . . . . 45
- 6.1. Gráfica que muestra el promedio del grupo resultante para cada pregunta de temas diferenciales. . . . . 52
- 6.2. Resultados de la prueba de estrés. En el eje  $y$  se mide el tiempo en milisegundos; en el eje  $x$  se miden el rendimiento (verde), la desviación estándar del tiempo de respuesta (rojo), el tiempo de respuesta promedio (azul) y la mediana del tiempo de respuesta (morado). . . . 56

# ÍNDICE DE CUADROS

---

2.1. Repositorios de datos abiertos importantes. . . . .	11
3.1. Análisis comparativo del estado de arte. . . . .	17
6.1. Análisis de las respuestas a las preguntas con temas diferenciales. . .	52
6.2. Resultados de la prueba de carga simulando 250, 500, 1000 y 2000 accesos a la herramienta. La primera columna indica el total de accesos simulados, las tres columnas siguientes muestran el tiempo de respuesta del servidor promedio, mínimo y má, la última columna representa la carga del servidor en peticiones promedio/segundo. . . .	54
6.3. Resultados de la prueba de estrés utilizando grupos de 10, 30 y 100 usuarios. La primera columna indica el total de usuarios, la segunda, el total accesos simulados, la columna siguiente muestra el tiempo de respuesta del servidor promedio, la cuarta columna representa la carga que tuvo el servidor en peticiones promedio/segundo, y la última columna indica el porcentaje de peticiones fallidas. . . . .	57

- 
- 6.4. Resultados de la prueba de estabilidad simulando accesos a las diferentes secciones de la herramienta durante tres horas. La primera columna indica la sección a la que acceden los usuarios, la segunda el total de conexiones, la columna siguiente muestra el tiempo promedio de respuesta del servidor, y la última columna indica el porcentaje de peticiones fallidas. . . . . 59

## CAPÍTULO 1

# INTRODUCCIÓN

---

Actualmente la sociedad demanda una mayor comodidad y un menor gasto energético en todos sus diversos sectores de desarrollo; esto requiere de una mayor producción de recursos que se traduce en un mayor gasto tanto en el sector económico, social y en el medio ambiente.

Hoy en día se pueden observar diversos cambios meteorológicos y sociales que se ven directamente reflejados en los altos consumos de energía tanto de casas como de edificios; esto ha provocado que el tomar medidas preventivas ya no sea una opción sino una necesidad.

La gestión energética y la arquitectura bioclimática son prácticas que permiten: reducir el consumo de energía, cubrir las necesidades de sus habitantes con un bajo gasto energético y preservar los recursos naturales; esto genera construcciones responsables con el medio ambiente por medio de mejores materiales avalados por declaraciones ambientales y permiten utilizar los recursos de manera eficiente.

La diferencia entre las construcciones modernas y las bioclimáticas es que la primera necesita enormes cantidades de energía (solar o eléctrica) para calentarse, enfriarse, iluminarse o calentar agua, mientras que la segunda está integrada en su ambiente, necesita poca energía, que obtiene del medio, fundamentalmente del sol.

Existen herramientas, investigaciones y normas sobre el tema pero son poco difundidas y difíciles de comprender para quienes no tienen conocimiento del área; y las herramientas están enfocadas hacia especialistas, son complejas y algunas con un alto costo.

## 1.1 HIPÓTESIS

Las edificaciones bioclimáticas son muy escasas debido a que son poco difundidas y las herramientas sobre el tema son complicadas de utilizar, por lo que el desarrollo de una herramienta computacional de fácil uso y accesible vía web que permita realizar mediciones del ahorro energético en las edificaciones, favorecerá la construcción de este tipo de edificaciones.

## 1.2 OBJETIVOS

Los objetivos de esta investigación son los siguientes:

**OBJETIVO GENERAL.** Identificar y establecer las bases en la construcción de edificaciones bioclimáticas mediante el uso de software<sup>1</sup> para generar indicadores y datos abiertos y utilizar esta información para apoyar al usuario del software a tomar decisiones que mejoren la eficiencia bioclimática de la construcción de una edificación particular.

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

---

<sup>1</sup>Software: son los programas y datos almacenados en una computadora, en otras palabras, son las instrucciones responsables de que las computadoras realicen las distintas actividades.

- Identificar normatividades y algoritmos para edificaciones bioclimáticas.
- Determinar indicadores que proporcionen información del beneficio obtenido de la naturaleza.
- Definir la información útil en domótica.
- Establecer cómo la domótica permitiría gestionar aparatos y servicios de manera automática.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación se realiza para cubrir la necesidad de contar con casas y edificios bioclimáticos, debido a que este tipo de construcciones reducen su consumo de energía en un 40 % aproximadamente si es rehabilitada y entre 50 % y 80 % si es nueva [7], lo que da una mayor comodidad térmica y un ahorro económico.

Actualmente el uso de la red es diario y va en aumento; además las páginas web ayudan a mantener y manejar los datos de una manera eficiente, lo cual permite acumular información que puede posteriormente ser analizada para generar más y confiables datos, así como también mejorar las herramientas.

Por los motivos anteriores el desarrollo de una herramienta web que pueda ser utilizada por especialistas y por cualquier persona que desee hacer el cálculo de ganancia calor sin ningún conocimiento profesional, permite la construcción de este tipo de edificaciones, así como desarrollar una conciencia económica, social y ambiental en las personas, esto con el objetivo de que las construcciones aprovechen los recursos del medio ambiente y a su vez no lo dañen.

Por lo anterior comentado, el desarrollo de este proyecto tendrá como producto una página web para realizar mediciones del ahorro energético en las edificaciones;

aunado a esto se busca obtener indicadores sobre cómo se debe construir un edificio o casa para que obtenga el mayor beneficio posible de la naturaleza.

## 1.4 ESTRUCTURA DE LA TESIS

En el capítulo 1 se presenta una breve descripción del proyecto de tesis.

En el capítulo 2 se presentan los antecedentes del trabajo, se define a detalle qué es una Normatividad Mexicana, qué es la minería de datos, qué son los datos abiertos y qué es la domótica; además de describir sus principales características y algunos de los múltiples campos de aplicación de cada concepto.

En el capítulo 3 se detallan los trabajos relacionados a este proyecto de tesis y que son objeto de análisis y referencia para el presente trabajo.

En el capítulo 4 se definen las características y requisitos del sistema que se desea realizar así como las fases a seguir para llevar a cabo su desarrollo.

En el capítulo 5 se explica detalladamente el diseño del algoritmo que se desea implementar, los parámetros que se tomarán en cuenta para el desarrollo del software, cálculos realizados.

En el capítulo 6 se presentan los experimentos realizados y resultados arrojados por las pruebas de rendimiento realizadas a la herramienta, se graficaron los valores de algunas pruebas, mediante los cuales se obtuvieron los resultados necesarios para determinar bajo qué condiciones la herramienta tiene un mejor desempeño.

Por último, en el capítulo 7, se presentan las conclusiones alcanzadas y los proyectos de trabajo a futuro, seguidos de las referencias bibliográficas correspondientes.

## CAPÍTULO 2

# ANTECEDENTES

---

En el presente capítulo se detallan los conceptos básicos del presente trabajo. En la sección 2.1 se provee una introducción a las Normas Oficiales Mexicanas, indicando qué son y sus características. La sección 2.1 describe la minería de datos así como sus objetivos. La sección 2.3 ofrece una introducción a los datos abiertos y sus principales características. Por último en la sección 2.4 se proporciona una introducción a la domótica, indicando sus características y ventajas.

## 2.1 NORMAS OFICIALES MEXICANAS

La Normatividad Mexicana fue establecida en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización [4]. En dicha normatividad se establecen normas las cuales constituyen características, estándares, especificaciones y reglas en el diseño y producción que deben cumplir los bienes, servicios y procesos en determinado sector o área (energético, trabajo y previsión social, agua, etcétera) en todo el territorio mexicano.

Estas normas se dividen en dos tipos: las Normas Oficiales Mexicanas, llamadas *NOM*, y las Normas Mexicanas, llamadas *NMX*; la diferencia entre estos dos tipos de normas es que las *NOM* son de uso obligatorio, y las *NMX* son recomendaciones

de parámetros o procedimientos.

Las *NOM* establecen atributos, características, cantidades mínimas y máximas, especificaciones y reglas que deben ser aplicadas a productos, procesos, instalaciones, servicios y métodos de producción; además indican que al momento de ser acreditadas los productos o servicios deben de utilizar una etiqueta, en la cual utilizando la terminología y simbología adecuada al campo en que se desempeña, que indique que el producto o servicio está certificado, acreditado y verificado bajo dicha *NOM*, junto a una breve descripción de sus características. Asimismo, decretan la manera en que son embalados, y en caso de ser un servicio se decreta la forma en que será aplicado.

Estas normas fueron creadas con el objetivo de que dependencias, en todo el territorio mexicano, establecieran los estándares con los que deben cumplir productos y servicios de cierto sector; con la finalidad de proteger la vida, la seguridad y el medio ambiente.

Las *NOM* que recientemente son publicadas pueden consultarse en el Diario Oficial de la Federación y para consultar normas recientes y antiguas se puede hacer vía web en su página oficial. Algunas normas que se encuentran vigentes son las siguientes:

- *NOM-020-ENER-2011*: limita la ganancia de calor de los edificios para uso habitacional, con el objetivo de ahorrar energía mediante el uso de materiales adecuados al clima y otros factores de la zona.
- *NOM-001-STPS*: establece las condiciones de seguridad de los edificios, instalaciones y áreas en los centros de trabajo, con la finalidad de prevenir riesgos a los trabajadores.
- *NOM-003-CNA*: establece los requisitos para la construcción de pozos de ex-

tracción de agua con el objetivo de prevenir la contaminación de todo tipo de manto acuífero.

## 2.2 MINERÍA DE DATOS

La *minería de datos* es el proceso de extraer patrones de datos a partir de grandes cantidades de información y a través de dichos patrones generar conocimiento de gran utilidad y poder predecir comportamientos de cualquier dato nuevo. Las fuentes de datos o información utilizadas en este proceso van desde bases de datos o hasta la misma red, siempre y cuando tengan valor para el área o campo que se desea analizar.

Han et al. [8] sugieren que la minería de datos es sinónimo de descubrimiento de conocimiento a partir de datos (o *KDD*, *Knowledge Discovery in Databases*) y también sugieren que este proceso consiste en los pasos siguientes:

- Depurar información para eliminar datos que sean inconsistentes.
- Integrar información de distintas fuentes.
- Seleccionar los datos de dicha información que sean relevantes de acuerdo al análisis que se realizará.
- Transformar los datos relevantes a un esquema donde se puedan analizar.
- Detectar patrones, evaluarlos y generar conocimiento de una manera que sea comprensible para toda persona.

Uno de los objetivos fundamentales de la minería de datos es poder predecir el valor de una variable llamada predictiva o dependiente, en función de los valores de otras variables llamadas independientes, las cuales obtienen su valor de la

información que se está analizando. Esta información antes de analizarse debe ser pre-procesada y para esto deben pasar por una serie de pasos:

### **Limpieza de datos (*data cleaning*).**

Este proceso involucra llenar los valores faltantes en los registros, identificar valores no comunes o atípicos y corregir inconsistencias.

En cuanto a identificar y llenar valores faltantes se encuentran varios procesos [8], por ejemplo ignorar los registros que contengan valores faltantes, llenar estos valores manualmente, llenarlos con un valor preestablecido, utilizar medidas de tendencia central (promedio, media, mediana) para llenar dichos valores faltantes y utilizar árboles de decisión o inferencia bayesiana para determinar el valor más probable de acuerdo a los demás campos en el registro.

### **Identificar valores no comunes o atípicos.**

Este proceso se refiere a identificar los valores que se encuentran muy alejados del conjunto de datos [8]. Para realizar esto existen varios métodos, por ejemplo:

#### **Agrupamiento (*binning*).**

Esto se hace ordenando los datos y realizando grupos, por ejemplo tercias, a partir de esto se puede tomar la media de los tres valores y el resultado reemplazarlo en todos los valores; otro método es tomar el valor máximo y mínimo del grupo y reemplazar sus vecinos con alguno de estos valores.

#### **Análisis de valores atípicos (*outlier analysis*).**

En este método valores similares son agrupados, y los valores que queden fuera de dichos grupos no son tomados en cuenta para su análisis por ser valores atípicos.

### **Corregir inconsistencias.**

Esto es corroborar que los nombres de los campos o datos no se repitan en las tablas de la base de datos, que el sistema utilice los mismos tipos de variables que los campos en las tablas, usar un mismo formato de fecha en todas las tablas, utilizar las variables adecuadas para prevenir que se intenten agregar valores más grandes o campos nulos, entre otros.

Ejemplos de aplicación de este proceso incluyen [8] la predicción de ventas, precios, acciones e índices financieros; clasificación automática de quejas y sugerencias de clientes; clasificación de tumores cerebrales, análisis de delitos y comportamientos violentos, con grabaciones en la red y de teléfono por la policía para detectar amenazas criminales, optimización de campañas de mercadotecnia sobre múltiples productos y canales, predicción con cierto grado de probabilidad un espacio temporal en el que podría producirse un paro cardíaco en personas que padecen enfermedades del corazón.

## 2.3 DATOS ABIERTOS

Los *datos abiertos* (*open data*) [11] son una iniciativa y práctica de transparencia que consiste en la liberación de conjuntos de datos que son de interés público. Los datos abiertos son puestos a disposición de la sociedad sin ninguna restricción o patente para ser consultados, promoviendo su libre acceso y reutilización. Este tipo de datos tiene especial relevancia para las comunidades de código libre y software libre.

Los principales objetivos de esta práctica son: proporcionar transparencia, promover la participación y aumentar el valor de los datos; ya que al ser libres toda persona puede utilizarlos de distinta manera y esto les proporciona un valor extra, además de que a partir de ellos puede generar nuevos datos que a su vez serían datos

abiertos y al abrir el acceso a un dato, su valor y su utilización se potencian. Los datos y obras abiertas pueden ser desde música, libros, datos científicos, geográficos hasta información gubernamental y de administraciones públicas.

Este tipo de datos deben de cumplir con las siguientes características: ser de acceso gratuito, redistribuibles, reutilizables, sin restricciones de uso [11]; todo esto debido a que estos datos provienen de información que pertenece a la sociedad o son datos generados por organizaciones, empresas y comunidades de información que producen o mantienen datos pueden ponerlos a disposición, siempre en formatos abiertos y bajo licencias libres<sup>1</sup>. La única restricción con la que pueden contar este tipo de datos es que se encuentren bajo una licencia que exija una condición para su redistribución o reutilización, como puede ser que el contribuyente o creador sea reconocido al ser redistribuidos o utilizados dichos datos, que la obra o datos modificados tengan un nombre distinto al original, que la información generada a partir de dichos datos sean datos abiertos, entre otras; pero ninguna de estas licencias prohíbe su libre uso.

Los datos abiertos del gobierno, de la sociedad civil, científicos, de administración pública, de censos, o de investigaciones son almacenados en repositorios<sup>2</sup> de datos abiertos; en el cuadro 2.1 se describen algunos repositorios de datos abiertos importantes.

---

<sup>1</sup>Licencia libre: es un tipo de licencia que concede cuatro libertades: de uso, de modificación, de redistribución y de publicación.

<sup>2</sup>Repositorio: es un sitio centralizado donde se almacena y mantiene información digital, generalmente bases de datos.

**Cuadro 2.1** – Repositorios de datos abiertos importantes.

URL	Fuente	Descripción
<code>data.un.org</code>	ONU	Aporta las bases de datos estadísticas de las Naciones Unidas, contiene más de 60 millones de temas, incluyendo agricultura, crimen, educación, empleo, energía y medio ambiente.
<code>datahub.io</code>	Open Knowledge Foundation	Es la plataforma de gestión de datos abiertos de la OKF, se encuentran bases de datos que van desde resultados de partidos, datos culturales de países, hasta información de organizaciones.
<code>datacatalogs.org</code>	DataCatalogs	Es una lista de catálogos de datos abiertos manejada por un grupo de expertos de datos abiertos de todo el mundo, incluyendo representantes de gobiernos locales, regionales y nacionales, organizaciones internacionales y ONG's.
<code>data.nasa.gov</code>	NASA	Es un directorio que incluye información y enlaces a más de 500 conjuntos de datos sobre la Tierra, otros planetas y el espacio. Se encuentran agrupados en nueve categorías: aeronáutica, clima, ciencia espacial, etcétera.

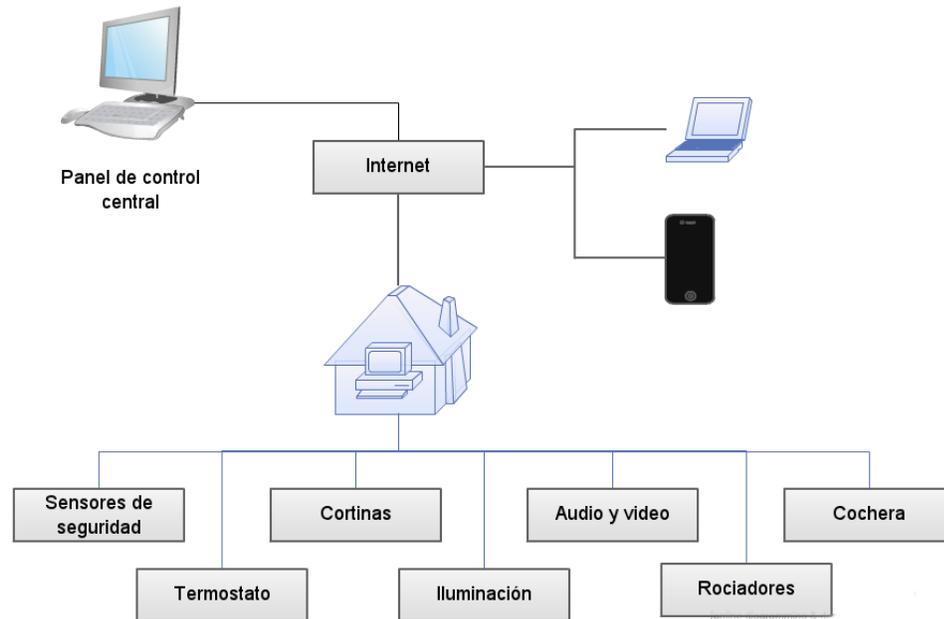
## 2.4 DOMÓTICA

La *domótica* [5] es una disciplina técnica, la cual tiene el objetivo de generar casas o edificios que actúen de manera autónoma e inteligente, es decir que con la implementación de tecnología las tareas domésticas se realicen de manera automática y comunicando los estados de estas tareas al residente o encargado del edificio con la finalidad de mejorar la calidad de vida.

Para poner en práctica esta disciplina se requiere de un conjunto de sistemas capaces de automatizar una construcción, es decir, integrar tecnología desde el diseño inteligente de una edificación. Dichos sistemas recogen información proveniente de sensores, ésta es procesada para después el sistema emitir una orden a uno o varios aparatos para que realicen la tarea doméstica asociada con la información de los sensores.

En la figura 2.1 se muestra una estructura básica de un sistema domótico, esta estructura cuenta con un panel de control central, el cual permite conectar los aparatos domésticos con una red de datos o una red doméstica y esta red a su vez

se conecta con aparatos externos (computadora o celular) y mediante ellos controlar las distintas tareas domésticas (encender o apagar termostato y aspersores, controlar la iluminación).



**Figura 2.1** – Estructura básica de un sistema domótico. La casa está conectada a internet por lo cual las tareas domésticas pueden ser manipuladas por dispositivos externos, como un celular o una computadora. Para que los aparatos domésticos realicen las tareas es necesario que estén conectados a un panel de control central el cual distribuye las tareas.

Esta disciplina genera muchos aspectos favorables como por ejemplo: mejor calidad de vida, la automatización de procesos domésticos, comunicación de estos procesos con los residentes del hogar y con el exterior. Al automatizar ciertos procesos tienen como consecuencia un ahorro energético, por ejemplo la racionalización de electricidad en aparatos; permite un mejor uso de energías renovables; proporciona una mayor comodidad y seguridad.

Domínguez y Vacas [5] describen un modelo sencillo de domótica, el cual consiste en lo siguiente:

- Una red de acceso, la cual permite la comunicación con sistemas externos o

---

con individuos situados en el exterior del hogar.

- Una red doméstica, la cual permite interconectar los aparatos domóticos, los cuales intercambian información, comparten recursos y en conjunto ofrecen funcionalidades avanzadas para realizar tareas domésticas más complejas.
- Una pasarela residencial, la cual permite la conectividad total del hogar con el mundo exterior, para poder controlar cualquier dispositivo electrónico conectado en red que se encuentre dentro de la edificación.

## CAPÍTULO 3

# TRABAJOS RELACIONADOS

---

Existe un conjunto importante de investigaciones y herramientas cuyo objetivo es ayudar a la construcción de edificaciones bioclimáticas. A continuación se nombran algunas de estas investigaciones y herramientas que además son objeto de análisis y referencia para el presente trabajo.

Yezioro y Shaviv [26], mediante el **Solar Design System**, el cual es un sistema inteligente que posee reglas de construcciones con paneles solares, y un *sistema CAAD*<sup>1</sup> diseñaron planos para la construcción de edificios con paneles solares y con bajo consumo de energía sin necesidad de estar en el punto de la construcción.

Carrasco y Morillón [3], utilizando el software **TRNSYS 15**, realizan simulaciones modificando elementos como materiales de construcción, con el objetivo encontrar bases para la mejora térmica de la vivienda de interés social.

El **Asistente interactivo de cálculo de ahorro energético** de Schneider Electric [22] es un software gratuito que permite conocer el ahorro energético de un edificio (nuevo o existente) de acuerdo a los materiales utilizados en su construcción, el lugar en el que se encuentra ubicado, el tipo de ventilación con la que cuenta,

---

<sup>1</sup>CAAD: significa Diseño arquitectónico asistido por computadora o por siglas en inglés Computer-Aided Architectural Design; es un sistema especializado para el diseño arquitectónico.

el total de personas que se encuentran en él, etcétera. Todos estos datos pueden ser obtenidos por cualquier tipo de persona, no hace falta conocer de tecnicismos para poder utilizar esta herramienta; a su vez permite conocer las zonas de mejora del edificio simulado a través de sugerencias y consejos ya preestablecidos y en zonas que la mayoría de los arquitectos o constructores no toman en cuenta. También durante la simulación la herramienta proporciona datos interesantes sobre el ahorro energético del edificio simulado de acuerdo a las opciones que se van escogiendo.

**The MIT Design Advisor** [24] es una herramienta gratuita en línea que de acuerdo a la zona en que se ubica la edificación y a los materiales utilizados o que se utilizarán permite conocer su eficiencia energética, así como también ofrece la oportunidad de ver simulaciones del edificio y compararlo con otros escenarios.

Miguet [14] detalla las características del software **Solene**, el cual permite (mediante simulaciones tridimensionales de la construcción) tomar decisiones a arquitectos en su proceso de planeación conforme a simulaciones que contienen información sobre las relaciones entre edificios y el medio ambiente; además al ser una herramienta tipo *CAAD* permite observar con gran detalle muchos aspectos del edificio, como las zonas de la construcción donde el calor es mayor o las reducciones de calor al colocar ventilación de cualquier tipo.

Panayiotopoulos et al. [20] presentan un software arquitectónico bioclimático inteligente para el diseño de edificios bioclimáticos, entre sus características destaca su módulo de sistema experto para la toma de decisiones en elementos bioclimáticos.

Lopes et al. [12] explican el método utilizado en Brasil para calcular la eficiencia energética de sus edificios, además presentan un caso utilizando un software de simulación para conocer los beneficios de utilizar este tipo de software.

Lopes et al. [13] en su trabajo presentan el software **S3E (Simulator of Energy**

Efficiency in Edifices) el cual proporciona simulaciones de construcciones de edificios comerciales; dicho software tiene como datos de entrada la forma del edificio, materiales de construcción, la sombra proporcionada en los marcos de las ventanas, el uso del edificio, entre otros; a partir de estos datos hacen un análisis y determina si el edificio es bioclimático. Algunos de los datos de entrada no son fáciles de proporcionar pero un constructor podrá fácilmente proporcionarlos. Toda la información recabada por esta herramienta queda plasmada en un archivo PDF<sup>2</sup> y una etiqueta oficial, además proporciona un análisis de cuánta energía consume mensualmente el edificio; todo esto con el fin de poder comparar la información obtenida con otros proyectos o para mejorar lo simulado.

Jiménez [10] en su trabajo de investigación realiza un sistema web capaz gestionar la eficiencia energética en el sector hotelero, enfocado principalmente en la distribución de aire acondicionado. Este sistema calcula la ganancia de calor del hotel en base a los materiales utilizados en las habitaciones tanto interior como exteriormente, así como también si la habitación cuenta con aparatos electrónicos.

Cantoral [2] en su trabajo de investigación propone un sistema de generación de energía eléctrica fotovoltaica con el objetivo de reducir el consumo de energía en edificios, todo esto en base a la *Norma Europea UNE-EN 12464-1*.

El Programa informático Calener-GT [15] es la herramienta computacional promovida por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España, la cual permite determinar el nivel de eficiencia energética de un edificio. Esta plataforma es utilizada en España para la calificación de eficiencia energética de grandes edificios;

---

<sup>2</sup>PDF: significa formato de documento portátil (siglas del inglés portable document format), es un formato de almacenamiento de documentos. Fue creado especialmente para documentos susceptibles de ser impresos y permite que los documentos sean visualizados de la misma manera luego de ser trasladados a diferentes computadoras.

**Cuadro 3.1** – Análisis comparativo del estado de arte.

		Características						
		Herramienta de diseño	Herramienta de análisis	Enfoque a especialistas	Software en web	Generación de datos abiertos	Muestra áreas de mejora	Etiqueta de eficiencia
Trabajos relacionados	Roche y Liggett [21]		✓		✓		✓	
	Lopes et al. [13]	✓	✓					✓
	Miguet [14]	✓		✓				
	Jiménez [10]		✓		✓			
	The MIT Design Advisor [24]	✓	✓		✓			
	Vangimalla et al. [25]	✓		✓				
	Asistente interactivo de cálculo de ahorro energético [22]		✓		✓		✓	
	ArchiWIZARD [9]	✓		✓				
	Trabajo propuesto		✓		✓	✓	✓	✓

para ser utilizada se requiere de una certificación o entrenamiento previo puesto que está diseñada para ser utilizada por arquitectos o constructores, es decir, personas con los conocimientos técnicos necesarios. A pesar de no ser sencilla de utilizar, está muy completo y además permite realizar una certificación oficial.

Natural Resources Canada proporciona una herramienta llamada Retscreen [17] la cual es el software promovido por el Gobierno de Canadá; este software es una herramienta basada en un cálculo en Excel que ayuda a determinar la viabilidad de un edificio con bajo consumo de energía.

Como se puede apreciar en el cuadro 3.1, los productos de trabajos y herramientas pueden clasificarse en herramientas de diseño o de análisis, sólo en los trabajos de Lopes et al. [13], Urban [24] se cumplen ambas características, debido a que las

herramientas de este tipo son hechas para arquitectos, quienes obtienen mayor beneficio de una simulación o un plano, o para investigadores, quienes consiguen un mayor de beneficio de cálculos o gráficas.

La mayoría de los trabajos mencionados en el cuadro 3.1 están enfocados hacia especialistas, es decir personas con conocimiento de arquitectura o energía, son pocos los trabajos o herramientas que tienen enfoque hacia cualquier persona, como lo son los trabajos de Lopes et al. [13], Roche y Liggett [21], Schneider Electric [22], Urban [24].

Existen trabajos relacionados como los de Lopes et al. [13], Mignet [14], Vangimalla et al. [25] que son programas de escritorio que sólo funcionan en un sistema operativo; y algunos de estos programas no son gratuitos, como el de Vangimalla et al. [25], lo que limita aún más su uso.

La mayor parte de los trabajos existentes cuentan con características similares (simulaciones 3D, gráficas, comparación con otros proyectos), pero son pocos los que poseen características únicas como los trabajos de Roche y Liggett [21], Schneider Electric [22] los cuales proporcionan al usuario una retroalimentación con las áreas donde se puede aplicar una mejora en la construcción, y el trabajo de Lopes et al. [13] el cual al término del cálculo permite imprimir una etiqueta con los datos requeridos para avalar qué es una construcción bioclimática.

Sin embargo, no se ha encontrado un trabajo específico que abarque todas las características de una herramienta web enfocada a todo tipo de personas que además de efectuar el cálculo energético proporcione información de áreas de mejora y para quienes realicen su construcción puedan avalar con una etiqueta que la construcción es bioclimática, asimismo los datos generados por la herramienta son abiertos y analizados para determinar la información útil en domótica; esta combinación de características es única y le da valor a la herramienta.

## CAPÍTULO 4

# METODOLOGÍA

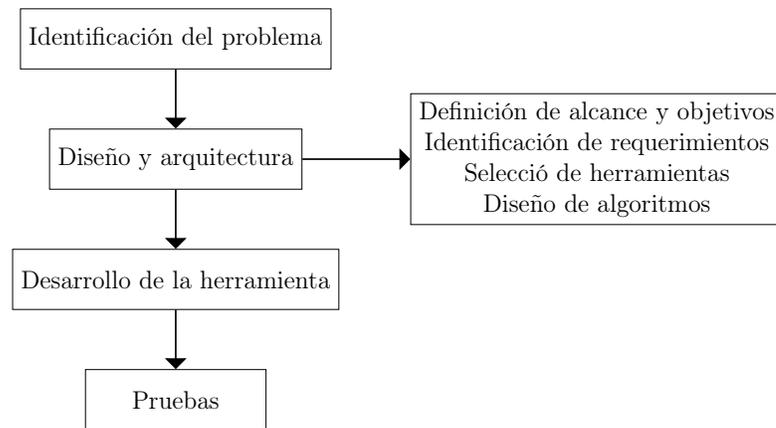
---

En este capítulo se presenta información sobre los procedimientos, técnicas, herramientas y fases de desarrollo llevados a cabo para realizar esta tesis; todo esto tiene el objetivo de contar con un respaldo de una secuencia de pasos conocidos y resultados probados para proporcionar un mayor porcentaje de éxito en la tarea de la implementación final.

Las actividades llevadas a cabo para lograr el objetivo planteado se dividen en cuatro etapas, las cuales se muestran en la figura 4.1 y se discuten a detalle en las secciones en este capítulo. La primera fase (sección 4.1) es identificar el problema para realizar su estudio. La segunda actividad (sección 4.2) consiste en definir el alcance y objetivos del proyecto, el diseño de éste, es decir, identificar los requerimientos del problema y las tecnologías a utilizar; y elegir los algoritmos<sup>1</sup> para solucionar el problema elegido. En la tercera etapa (sección 4.3) se desarrolla el prototipo y por último (sección 4.4), se estudia el desempeño algorítmico; para esto se definen medidas de desempeño basadas en que tal trabajan los algoritmos hacia la solución.

---

<sup>1</sup>Algoritmo: es una secuencia de pasos sucesivos que lleva a la solución de un problema.



**Figura 4.1** – Pasos a seguir para el desarrollo de la herramienta web.

## 4.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La identificación del problema es la fase inicial del ciclo de vida del proyecto y es un paso esencial debido a que se identifica una oportunidad para una mejor manera de realizar algo y por consiguiente, se identifica algún beneficio en llevar a cabo un proyecto que dará como resultado una mejoría o ventaja sobre algo existente. Además de lo anterior, la identificación del problema permite formular preguntas que contribuirán a clarificar el problema, además contribuye a identificar las herramientas que se usarán para su estudio y su desarrollo. Por estas razones se elige un problema con el que se está familiarizado.

Este paso se lleva a cabo en el capítulo 1, donde se establece que el problema es el siguiente: desarrollar una herramienta web que realice el cálculo de ganancia calor de construcciones nuevas o existentes que sea accesible a personas que no tengan conocimiento técnico.

## 4.2 DISEÑO Y ARQUITECTURA

Esta etapa consiste en clarificar los objetivos del sistema (capítulo 1), plantear la estrategia más adecuada para el desarrollo del mismo, describir la funcionalidad a implementar definiendo su alcance, las herramientas a utilizar y las fases de desarrollo del sistema, el cual se desarrollo siguiendo el modelo de desarrollo en cascada<sup>2</sup> [27].

### 4.2.1 FUNCIONALIDAD

El objetivo principal en esta etapa consiste en analizar la información obtenida y las preguntas formuladas al clarificar el problema e identificar aspectos que influyan en la facilidad o dificultad para resolverlo, teniendo en cuenta los objetivos del proyecto. Este análisis servirá como referencia durante el desarrollo del prototipo y para conocer en todo momento el alcance, y determinar los niveles de éxito al finalizar el sistema.

Las características del sistema son las siguientes:

- Calcular la eficiencia energética de casas y edificios de acuerdo a la *NOM-020-ENER-2011*.
- Generar documento de aprobación.
- Mostrar áreas de mejora.
- Generar datos abiertos.

---

<sup>2</sup>Modelo de cascada: es el enfoque de desarrollo de software que ordena rigurosamente las etapas del ciclo de vida del software, de tal forma que el inicio de cada etapa debe esperar a la finalización de la inmediatamente anterior.

Los usuarios de este sistema evalúan construcciones nuevas o existentes para conocer su grado de eficiencia energética y áreas de mejora. Por lo anterior los requisitos funcionales del sistema son los siguientes:

- Sencillo de utilizar, esto es, que pueda ser utilizado sin necesidad de tener conocimientos profesionales.
- Arquitectos o constructores podrán imprimir una etiqueta avalando que la construcción es sustentable energéticamente.
- Generar datos abiertos sobre las evaluaciones hechas por los usuarios para generar mayor información.

Además el sistema cuenta con los siguientes requisitos no funcionales:

- Visualizarse y funcionar correctamente en cualquier navegador web.
- Tener un tiempo máximo de respuesta de cinco segundos para cualquier operación de consulta o cálculo, puesto que de acuerdo a Nielsen [18] diez segundos es el tiempo máximo que un usuario puede permanecer atento a una tarea, cuando sobrepasa este tiempo los usuarios tienden a ocupar su tiempo en otras cosas.

#### 4.2.2 ESPECIFICACIONES DE LA SOLUCIÓN

Las herramientas que se utilizaron para el desarrollo de este sistema son:

##### **HTML5**

HTML [1] es el lenguaje usado para escribir las páginas web, describe la estructura y el contenido usando solo texto y lo complementa con objetos tales

como imágenes, videos y otros. HTML5 es más ligero, y más sencillo y simple en el desarrollo de páginas web en comparación con sus versiones anteriores (HTML4 y XHTML), lo que permite que las páginas carguen más rápido en el navegador. Además permite insertar directamente videos, música, y casi cualquier elemento similar, las páginas y los elementos que contienen se ven perfectamente en todos los navegadores<sup>3</sup>. Las aplicaciones web desarrolladas con esta tecnología son fácilmente compatibles con la mayoría de los navegadores móviles y permite hacer sitios más interactivos.

### CSS3

CSS<sup>4</sup> [1] ofrece la posibilidad de definir las reglas y estilos de representación en diferentes dispositivos, ya sean pantallas de computadoras, dispositivos móviles, u otros dispositivos capaces de mostrar contenidos web; abarca cuestiones relativas a fuentes, colores, márgenes, líneas, altura, anchura, imágenes de fondo, y más. CSS3 ofrece un control más avanzado de los elementos del documento HTML, herramientas de diseño web como creación de efectos visuales, generación de animaciones avanzadas.

### jQuery

jQuery es una librería de código<sup>5</sup> JavaScript, fácil de utilizar y con gran potencia, se enfoca en simplificar los archivos de código; permite acceder o modificar el contenido de una página web, agregar efectos y funcionalidades complejas a la página o aplicación web, como por ejemplo: galerías de fotos, validar formularios, etcétera. Otra característica es que jQuery ha sido optimizado para

---

<sup>3</sup>Navegador web: es un programa o software que permite visualizar páginas web a través de Internet. Ejemplos: Microsoft Internet Explorer, Mozilla Firefox, Apple Computer's Safari y Opera.

<sup>4</sup>CSS: es el acrónimo de CascadingStyle Sheets, es decir, hojas de estilo en cascada.

<sup>5</sup>Librería de código: es un conjunto de funciones que ya fueron desarrolladas y probadas, listas para utilizarlas de una manera muy simplificada.

funcionar de igual manera con una variedad de navegadores web automáticamente.

Los escenarios que se facilitan con el uso de jQuery son: establecer cierta configuración al momento de cargar la página web y tomar contenido de la página, manipular o animar el contenido cuando se presente cierto evento (clic del ratón, pulsar cierta tecla, entre otros).

## Django

Django es un framework<sup>6</sup> web de *código abierto*<sup>7</sup> para desarrollo ágil, escrito en Python<sup>8</sup> que fomenta el desarrollo rápido y el diseño limpio y práctico y que permite construir aplicaciones web más rápido y con menos código. Este framework maneja la arquitectura de software *Modelo-Vista-Controlador* (MVC), esta arquitectura es la forma de desarrollar de software en la que el “Modelo” se refiere a la capa de acceso a datos, “Vista” es la parte del sistema que selecciona qué y cómo mostrar la interfaz de usuario, y “Controlador” se refiere a la capa que decide qué vista usar dependiendo de la entrada del usuario, accediendo al modelo según sea necesario [28].

### 4.2.3 DISEÑO DE ALGORITMOS

Para comenzar esta etapa es necesario comprender la naturaleza del problema, para lo cual se requiere imaginación y creatividad. Para esto se debe identificar

---

<sup>6</sup>Framework: es un esquema, un esqueleto o un patrón para el desarrollo e la implementación de una aplicación. Facilita el desarrollo de software y permite concentrar esfuerzo y tiempo en identificar los requerimientos de software.

<sup>7</sup>Software de código abierto: es aquel software distribuido bajo una licencia que permite su uso, modificación y redistribución

<sup>8</sup>Python: es un lenguaje de programación independiente de plataforma y orientado a objetos, preparado para realizar cualquier tipo de programa. Es un lenguaje interpretado, lo que significa que no se necesita compilar el código fuente para poder ejecutarlo, lo que ofrece ventajas como la rapidez de desarrollo.

claramente qué tipo de información se necesita producir, y luego aquellos elementos dados en el problema que pueden ser útiles para obtener la solución. En este proceso se deben contestar las siguientes preguntas:

- ¿Qué datos se necesitan para obtener los resultados?
- ¿Qué resultados se desea obtener?

La respuesta a la primera pregunta indica qué datos se proporcionan o las entradas del problema. La respuesta a la segunda indica los resultados o salidas del problema.

El objetivo en esta fase se determina qué y cómo hará la herramienta la tarea solicitada; además se describen los pasos sucesivos a realizar para indicar las instrucciones a ejecutar por la herramienta para obtener la solución al problema. La información o datos proporcionados al algoritmo constituyen su entrada y la información producida por el algoritmo constituye su salida. El desarrollo de esta fase se discute a fondo en el capítulo 5.

### 4.3 FASES DE DESARROLLO

#### Análisis del problema y especificación de requisitos

En la fase de análisis del problema se define exactamente lo que debe hacer el software a desarrollar y el resultado o solución deseada, se precisan especificaciones de entrada y salida.

En la especificación de requisitos se determinan las necesidades o las condiciones que se deben satisfacer para el desarrollo de la herramienta; en esta fase también se determina el comportamiento que tendrá el software. Esta actividad, aparte de definir las características, especifica las restricciones en el diseño

de o en la implementación. Conociendo los requisitos se procede a realizar un cronograma con las actividades a realizar para el desarrollo de la herramienta; en la figura 4.2 en la página 28 se muestra el cronograma utilizado.

#### Diseño de algoritmo

En esta fase se construye el algoritmo que permitirá encontrar la solución al problema cumpliendo los requisitos previamente especificados, es decir, se determina cómo hace el programa la tarea solicitada. El diseño del algoritmo debe describir con claridad las tres partes fundamentales del problema: entrada, proceso y salida encontradas en el análisis del problema.

#### Implementación de cálculo básico

En esta etapa se implementa el algoritmo diseñado, en específico el módulo relacionado con la *NOM-020-ENER-2011*, de la cual calcula el flujo energético en interiores conforme a esta normatividad.

#### Desarrollo e implementación de detección de áreas de mejora

Esta fase involucra el desarrollo y la implementación de un módulo para determinar las áreas de mejora de la construcción habitable, esto es, cuál o cuáles muros de la construcción se pueden mejorar para poder aprobar la *NOM-020-ENER-2011*.

#### Diseño de interfaz

Esta actividad tiene el objetivo de crear el medio de comunicación entre los seres humanos y la herramienta. Mediante los requerimientos se definen la colocación de íconos, los textos descriptivos, los títulos de las ventanas, etcétera.

#### Desarrollo e implementación de módulo para generar etiqueta

En esta etapa se desarrolla el módulo para generar una etiqueta en la que se muestra la información de la ganancia de calor máxima permitida por la edificación y su ganancia de calor.

### Desarrollo e implementación de módulo para generar datos abiertos

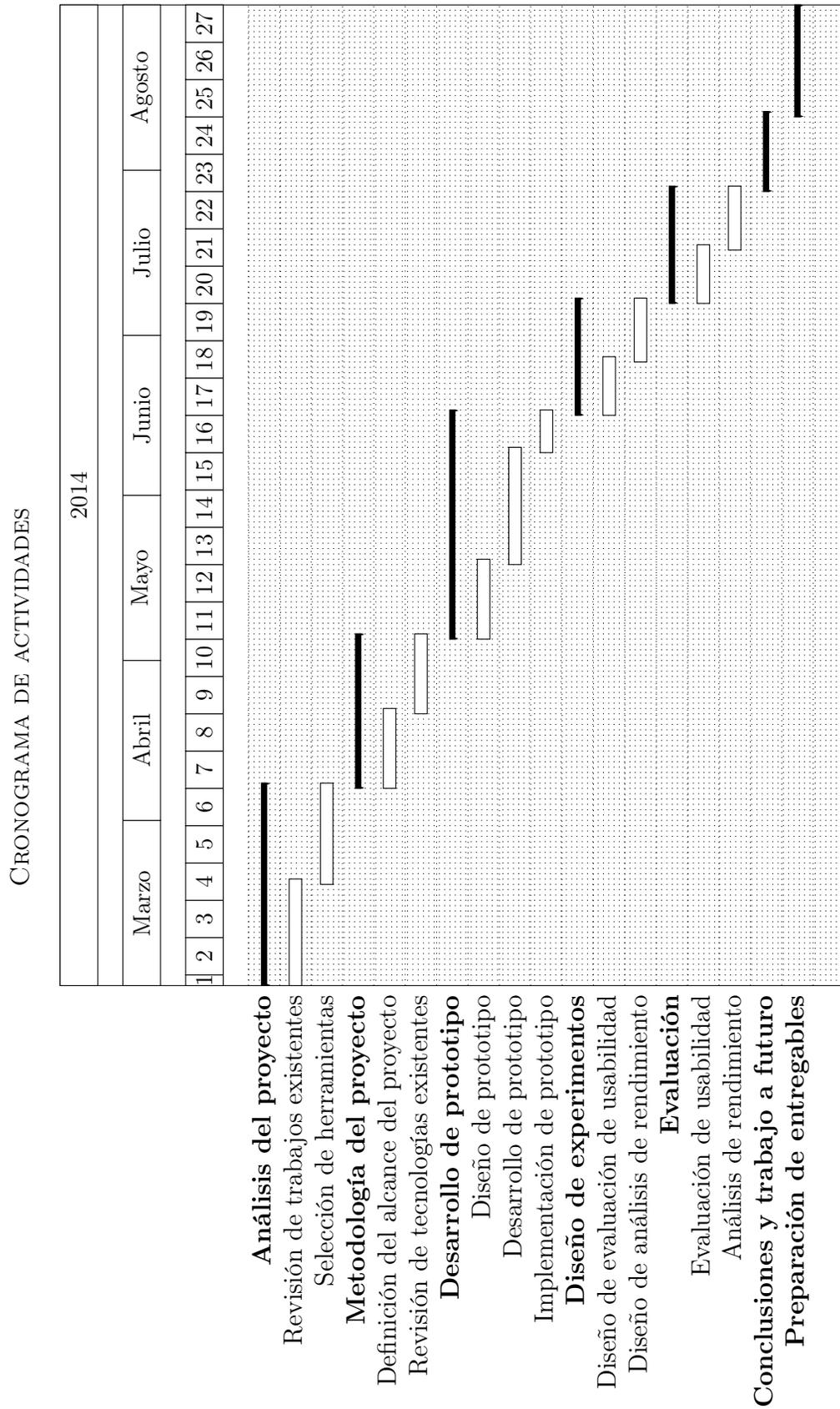
En esta actividad se realiza el diseño, desarrollo e implementación del módulo encargado de almacenar la información obtenida por la herramienta; y del módulo encargado de realizar la minería de datos el cual permitirá hacer una clasificación y análisis de la información.

### Pruebas de usabilidad y de rendimiento

Esta fase involucra la evaluación experimental de la eficacia y la eficiencia de la herramienta propuesta, con el objetivo de asegurar y garantizar el funcionamiento correcto de la herramienta y determinar si la solución cumple con los requerimientos propuestos.

### Documentación

Esta etapa consiste en reunir la información que dice qué hace cada parte de la herramienta, cómo se hizo cada módulo, es decir, todo el material que explica las características técnicas y la operación de la herramienta.



**Figura 4.2** – Cronograma de actividades para el desarrollo de la herramienta. Las fases establecen un orden cronológico compatible con el modelos de ciclo de vida cascada incremental evolutivo.

## 4.4 EXPERIMENTOS

En esta fase se presentan las pruebas en las que se hacen cambios intencionados en los factores de entrada de la herramienta para observar e identificar las razones de los cambios que pudieran influir en la respuesta de salida. Tiene como objetivo asegurar y garantizar el correcto funcionamiento de la herramienta.

En esta etapa se implementan pruebas de rendimiento y de usabilidad con la finalidad de asegurar que la herramienta sea capaz de aceptar una determinada cantidad de usuarios y que sea intuitiva fácil de utilizar. El diseño experimental y los resultados obtenidos de las pruebas se discuten a mayor detalle en el capítulo 6.

## CAPÍTULO 5

# SOLUCIÓN PROPUESTA

---

En las siguientes secciones se presenta el desarrollo de un algoritmo que permita realizar mediciones de la ganancia de calor en las edificaciones habitables, este algoritmo tiene su base en la *NOM-020-ENER-2011* [23]. En dicha *NOM* se citan los pasos a seguir para obtener como resultado la ganancia de calor de una edificación. Después de este cálculo también se desarrolla un módulo para analizar la información recabada con el algoritmo y reconocer patrones en esta información. En el presente capítulo se provee los detalles del trabajo realizado para la creación de este software en web, el cual es realizado de acuerdo a las fases de desarrollo definidas en la sección 4.3, siguiendo las especificaciones definidas.

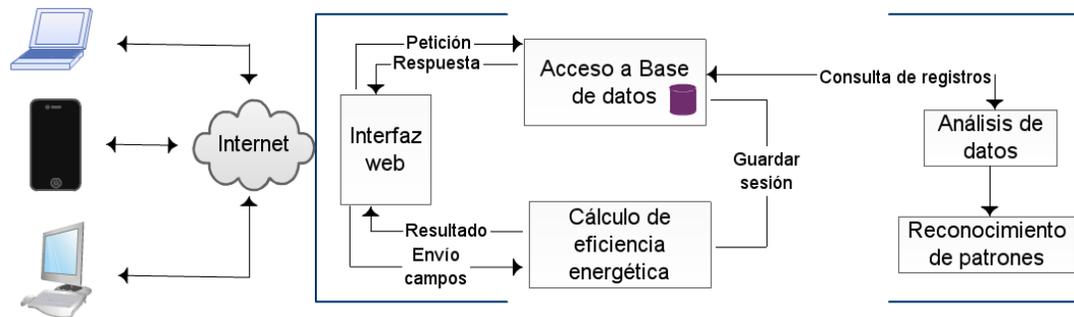
### 5.1 ARQUITECTURA DEL SOFTWARE

La figura 5.1 en la página 31 muestra el diagrama del diseño de alto nivel<sup>1</sup> de la herramienta, en el cual se plasma de manera simplificada del sistema y del flujo de procesamiento de la información.

Como se puede apreciar en el diagrama, la herramienta es accesible vía internet

---

<sup>1</sup>Diseño de alto nivel: describen los componentes principales del sistema y el modo en que interactúan entre sí para lograr los objetivos del diseño.

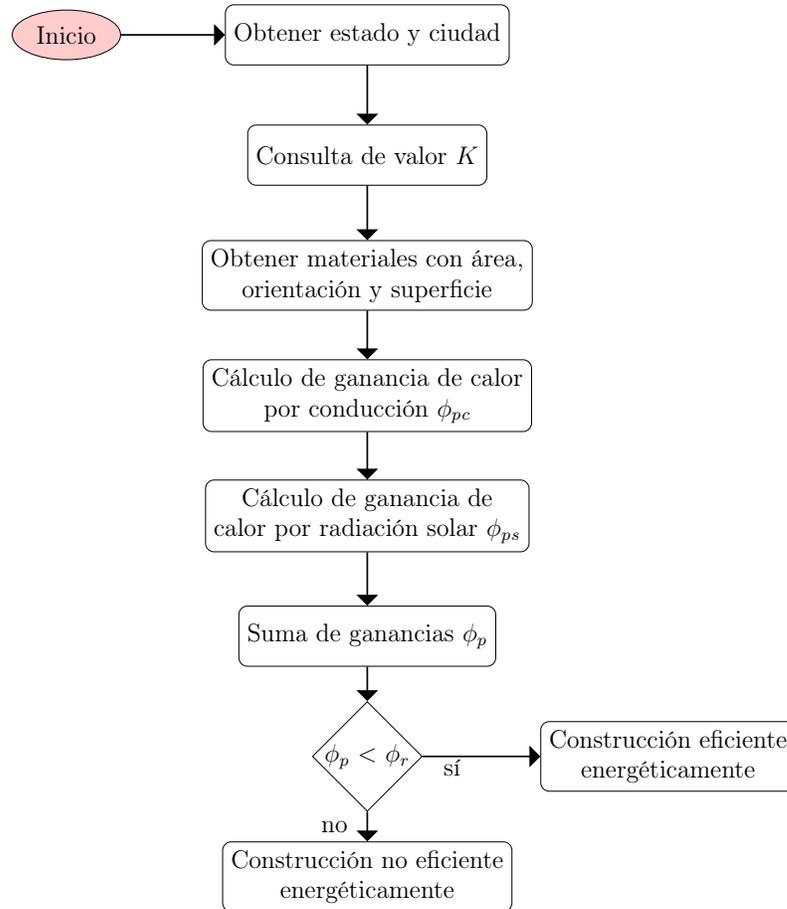


**Figura 5.1** – Diagrama del diseño de alto nivel de la herramienta.

desde cualquier dispositivo; el usuario observa una interfaz, la cual tiene los campos necesarios para realizar el cálculo energético; estos campos cambian dinámicamente, es decir, las opciones de estos campos cambian de acuerdo a las opciones que el usuario va escogiendo; una vez llenado los campos y haciendo clic en un botón, la información es enviada y se realiza el cálculo de eficiencia energética en el servidor, el cual responde con el resultado de este cálculo y es mostrado en la interfaz de usuario. Diversos datos del cálculo son guardados en la base de datos para posteriormente ser analizados y reconocer los patrones que ayudarán a tomar decisiones sobre la construcción de edificaciones bioclimáticas.

## 5.2 ALGORITMO

En esta sección se describe detalladamente el algoritmo basado en la *NOM-020-ENER-2011* para obtener la ganancia de calor de una edificación habitable. Este algoritmo se plantea como método de solución para el problema de apoyar al usuario a tomar decisiones que mejoren la eficiencia bioclimática de las edificaciones.



**Figura 5.2** – Algoritmo propuesto para obtener la ganancia de calor en construcciones con base en la *NOM-020-ENER-2011*.

### 5.2.1 DISEÑO DEL ALGORITMO

En la figura 5.2 en la página 32 se presenta el algoritmo propuesto para el cálculo de eficiencia energética en construcciones. En primera instancia se debe identificar estado y ciudad donde está la construcción, estos datos permiten identificar el Coeficiente Global de Transferencia de Calor ( $K$ ) a utilizar en el cálculo.

Posteriormente se identifican los materiales utilizados en cada uno de los muros de la construcción agrupándolos por orientación (norte, sur, este y oeste), también es necesario identificar a que superficie de la construcción pertenece, es decir, si es un muro, piso, techo o ventana; así como también se proporciona el área total de

cada una de las porciones de la construcción.

A partir de los datos anteriores se procede a ganancias de calor por radiación y conducción del edificio para uso habitacional proyectado y de referencia de muros y techo, a partir de estas ganancias se determina las zonas de mejora de la construcción de acuerdo a cual de las orientaciones obtuvo un porcentaje alto de ganancia.

Después de obtener cada una de las ganancias se prosigue a obtener las ganancias totales proyectadas y de referencia y con ellas se calcula el porcentaje de eficiencia energética.

### 5.2.2 DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO

En la Norma Oficial Mexicana *NOM-020-ENER-2011* [23] se proponen los cálculos y pasos a seguir para calcular la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional. Los cálculos se dividen en dos principales: ganancia de calor proyectada — ecuación (5.2) — y de referencia.

En su metodología se utiliza un edificio de referencia que tiene las mismas características de volumen y superficie de la edificación, para determinar si la ganancia de energía térmica es la correcta. Para cumplir con esta condición, la ganancia de calor proyectada ( $\phi_p$ ), debe ser menor o igual a la ganancia de calor de referencia ( $\phi_r$ ), es decir:

$$\phi_p \leq \phi_r. \quad (5.1)$$

La ganancia de calor proyectada es la suma de la ganancia de calor por conducción, más la ganancia de calor por radiación solar; su fórmula es la siguiente:

$$\phi_p = \phi_{pc} + \phi_{ps}, \quad (5.2)$$

donde:

- $\phi_p$  es la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado, en watts;
- $\phi_{pc}$  es la ganancia de calor por conducción a través de las partes opacas<sup>2</sup> y no opacas<sup>3</sup>, en watts y
- $\phi_{ps}$  es la ganancia de calor por radiación solar a través de las partes no opacas, en watts.

La ganancia de calor por conducción — ecuación (5.3) — es la suma de la ganancia por conducción a través de cada una de las componentes, de acuerdo con su orientación, techo y superficie inferior; se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{pc} = \sum_{i=1}^{\sigma} \phi_{pci}, \quad (5.3)$$

en donde el índice  $i$  representa las diferentes orientaciones: techo, norte, este, sur, oeste y superficie inferior.

La ganancia de calor por conducción de cada componente con orientación  $i$ ,  $\phi_{pci}$ , se calcula de la siguiente manera:

$$\phi_{pci} = \sum_{j=1}^n [K_j \cdot A_{ij} \cdot (t_{ei} - t)], \quad (5.4)$$

donde:

- $\phi_{pci}$  es la ganancia de calor por conducción a través de la componente con

---

<sup>2</sup>Opaco: es todo aquello que no permite pasar la luz visible.

<sup>3</sup>No opaco: es todo aquello que permite pasar la luz visible.

orientación  $i$ , en watts; el índice  $j$  representa los diferentes materiales que forman la parte de la componente de la construcción,

- $K_j$  es el coeficiente global de transferencia de calor de cada material, en  $\frac{W}{m^2}$ ,
- $A_{ij}$  es el área del material  $j$  con orientación  $i$ , en  $m^2$ ;
- $t_{ei}$  es el valor de la temperatura promedio para la orientación  $i$ , en  $^{\circ}C$  y
- $t$  es el valor de la temperatura interior de la construcción, en  $^{\circ}C$ .

La ganancia de calor por radiación — ecuación (5.5) — es la suma de las ganancias por radiación solar a través de cada una de las partes no opacas, se obtiene con la ecuación siguiente:

$$\phi_{ps} = \sum_{i=1}^{\zeta} \phi_{psi}, \quad (5.5)$$

en la cual: el índice  $i$  representa las diferentes orientaciones: techo, norte, este, sur y oeste.

Para determinar la ganancia de calor por radiación solar de cada orientación  $i$  — ecuación (5.6) —, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\phi_{psi} = \sum_{j=1}^m [A_{ij} \cdot CS_j \cdot FG_i \cdot SE_{ij}], \quad (5.6)$$

en donde:

- $\phi_{psi}$  es la ganancia de calor por radiación solar a través de las porciones no opacas de la edificación, en watts;
- el índice  $j$  representa los diferentes materiales transparentes que forman la parte de la componente de la edificación,
- $A_{ij}$  es el área del material transparente  $j$  con orientación  $i$ , en  $m^2$ ;

- $CS_j$  es el coeficiente de sombreado del vidrio de cada material transparente, con valor entre cero y uno,
- $CS_i$  es la ganancia de calor solar por orientación, en  $\frac{W}{m^2}$  y
- $SE_{ij}$  es el factor de corrección por sombreado exterior para cada material transparente, con valor entre cero y uno.

Después de haber obtenido la ganancia de calor proyectada — ecuación (5.2) — se prosigue a calcular la ganancia de calor de referencia:

$$\phi_r = \phi_{rc} + \phi_{rs}, \quad (5.7)$$

donde:

- $\phi_r$  es la ganancia de calor del edificio para uso habitacional de referencia, en watts;
- $\phi_{rc}$  es la ganancia de calor de referencia por conducción, en watts y
- $\phi_{rs}$  es la ganancia de calor de la edificación de referencia por radiación solar, en watts.

Esta ganancia de calor por conducción se obtiene de acuerdo a la orientación de cada componente de la construcción mediante la siguiente ecuación:

$$\phi_{rc} = \sum_{i=1}^{\sigma} \phi_{rci}, \quad (5.8)$$

en la cual:

- el índice  $i$  representa las diferentes orientaciones: techo, norte, este, sur y oeste y

- $\phi_{pci}$  es la ganancia de calor por conducción de cada orientación y para calcularla se emplea la fórmula siguiente:

$$\phi_{pci} = \sum_{j=1}^n [K_j \cdot A_{ij} \cdot (t_{ei} - t)], \quad (5.9)$$

donde las variables son las mismas que en la ecuación (5.4) pero con la diferencia que  $K_j$  ahora es el coeficiente global de transferencia de calor de la construcción de referencia  $j$ , en  $\frac{W}{m^2}$ .

La ganancia de calor de la edificación de referencia por radiación es la sumatoria de las ganancias por radiación solar a través de cada una de las partes no opacas, la cual se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\phi_{rs} = \sum_{i=1}^{\zeta} \phi_{rsi}, \quad (5.10)$$

en donde:

- el índice  $i$  representa las diferentes orientaciones: techo, norte, este, sur y oeste y
- $\phi_{rsi}$  es la ganancia de calor por radiación solar de cada orientación y se calcula de la manera siguiente:

$$\phi_{rsi} = \sum_{i=1}^{\zeta} [Ar_i \cdot CSr_i \cdot FG_i], \quad (5.11)$$

en donde:

- $\phi_{rsi}$  es la ganancia de calor por radiación de la parte no opaca de la edificación con orientación  $i$ , en watts;

- $Ar_i$  es el área del material transparente con orientación  $i$ , en  $m^2$ ;
- $CSr_i$  es el coeficiente de sombreado del vidrio utilizado, con valor de uno para todas las paredes y
- $FG_i$  es la ganancia de calor solar por orientación, en  $\frac{W}{m^2}$ .

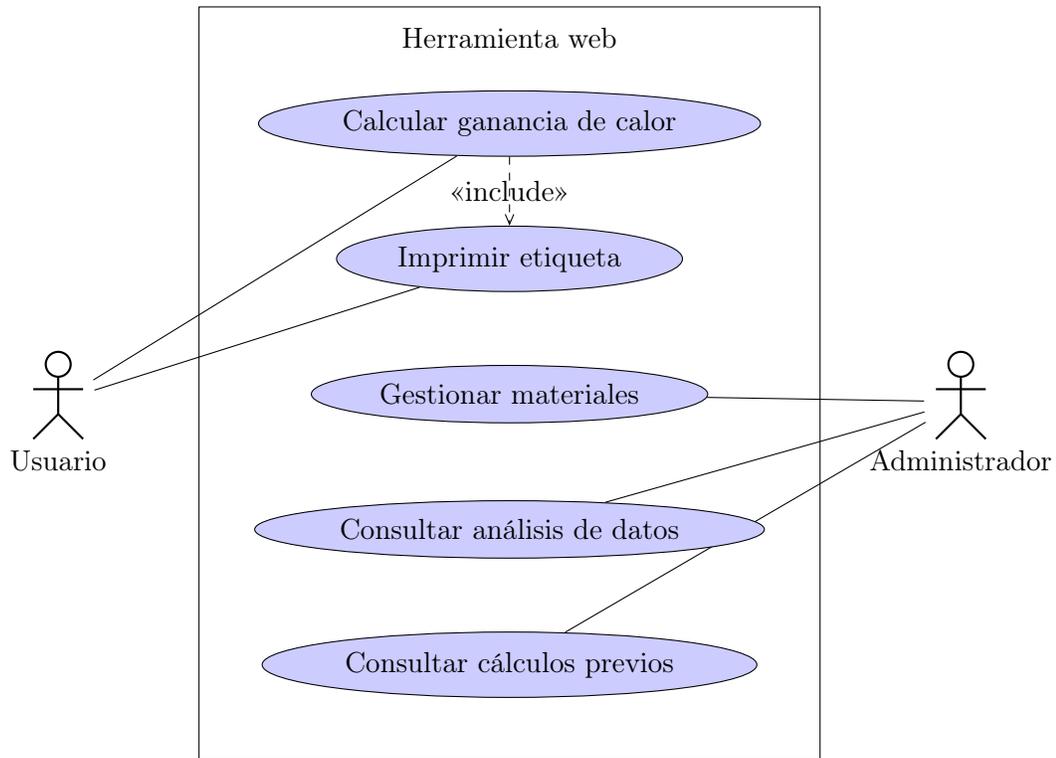
### 5.2.3 APLICACIÓN DEL ALGORITMO

Para la aplicación del algoritmo el usuario deberá proporcionar el lugar donde se encuentra o donde se encontrará la construcción y su total de pisos, esto se realiza eligiendo la opción adecuada en campos de selección. Estas elecciones permiten al sistema elegir los valores de temperatura ( $t_{ei}$  y  $t$ ), la ganancia de calor solar por orientación ( $FG_i$ ) y el coeficiente global de transferencia de calor de la construcción ( $K_j$ ) adecuados para realizar el cálculo correctamente.

Posteriormente el usuario debe proporcionar los materiales utilizados en la construcción y la información siguiente: la parte de la edificación en la que se encuentra (muro, techo o piso), su orientación y su área; con estos datos se obtiene el coeficiente global de transferencia de calor de cada material ( $K_j$ ). Los datos anteriores serán suficientes para utilizar las ecuaciones (5.2) y (5.7).

## 5.3 CASOS DE USO

Se presentan básicamente cinco casos de uso que representan el cálculo de la ganancia de calor en la construcción, la impresión de la etiqueta con los datos requeridos por la *NOM-020*, la gestión de los materiales, la consulta al análisis de datos para identificar patrones en la información y consulta a cálculos previamente hechos; estos casos de uso se pueden apreciar en la figura 5.3 en la página 39. Para el primer



**Figura 5.3** – Diagrama de casos de uso.

caso un usuario puede acceder a la herramienta donde se proporciona los datos necesarios para conocer la ganancia de calor de su construcción; este caso permite al usuario ingresar información a la herramienta, la cual realizará las consultas necesarias a la base de datos y realizará los cálculos necesarios (ver sección 5.2.2) para obtener el porcentaje de ganancia de calor de la edificación; y el usuario observará este porcentaje y una imagen acorde al resultado. El caso de uso anterior también es para la integración de nueva información a la base de datos de la herramienta, la cual se podrá analizar e interpretar en el futuro a discreción del usuario; esta otra actividad se explica en el cuarto caso de uso.

El segundo caso de uso trata sobre la impresión de la etiqueta que avale la construcción como sustentable energéticamente; esta etiqueta muestra la ganancia de calor máxima permitida por la edificación, su ganancia de calor, entre otros datos. Este caso de uso depende del caso anterior porque primero es necesario obtener los

datos de la construcción y el resultado del cálculo para después colocarlos en la etiqueta en sus respectivos lugares de acuerdo a la *NOM-020*.

La gestión materiales de materiales es el tercer caso de uso y este proceso es llevado a cabo por un administrador. El proceso consiste en agregar, eliminar y modificar los datos de los materiales en la base de datos de la herramienta; esto se hace a través del sitio de administración proporcionado por el framework Django, solamente se cambió su diseño y los privilegios que tiene el administrador de este proceso.

El cuarto caso de uso está relacionado con el análisis de información proporcionada a la herramienta. Cada que un usuario utiliza la herramienta, ésta guarda los datos de estado, ciudad, porcentaje de ganancia y materiales utilizados; estos datos son analizados en busca de patrones para generar conocimiento, el cual es presentado al administrador en forma de gráficas de las cuales se extraen comportamientos para implementar en áreas relacionadas.

El último caso consiste en consultar los cálculos previos hechos por los usuarios, este proceso lo hace un administrador con el objetivo de observar casos únicos, como por ejemplo alguna construcción que tenga una ganancia de calor mínima y poder analizar los materiales que se utilizaron.

## 5.4 DISEÑO DE INTERFAZ

Los requerimientos y el análisis de la herramienta llevaron al siguiente diseño que debe mostrar la interfaz de usuario. La siguiente lista muestra los elementos que se integran a la interfaz, que se puede apreciar en la figura 5.4 en la página 42:

1. El primer elemento es una lista desplegable donde se muestran los estados de

México.

2. El segundo elemento es una lista desplegable dinámica donde se muestran las ciudades disponibles dependiendo del estado seleccionado.
3. La siguiente lista desplegable contiene las opciones del número de pisos de la construcción.
4. El siguiente elemento de igual manera es una lista desplegable la cual permite elegir la sección de la edificación donde se encuentra el material a añadir.
5. El quinto elemento es una lista desplegable incluye las ubicaciones donde puede estar colocado el material, dependiendo de la sección escogida.
6. Este elemento contiene los materiales disponibles a escoger dependiendo de la sección escogida, está en forma de lista desplegable.
7. El elemento siguiente es una área de texto en la cual debe ser introducida el área total que ocupa el material seleccionado.
8. Los botones mostrados en esta parte de la interfaz permiten agregar nuevos materiales con sus correspondientes datos a la tabla para el posterior cálculo, esto por medio del botón “Agregar”; y el botón “Calcular” tiene la función de indicar a la herramienta que proceda a realizar el cálculo.
9. La tabla mostrada contiene los materiales hasta el momento agregados que después serán utilizados en el cálculo.
10. El último elemento es un texto y una imagen que muestran el porcentaje de ganancia de calor y la imagen correspondiente en caso de ser positivo o negativo.

The image shows a web-based form with the following elements:

- Estado:** A dropdown menu with the text "Escoge un estado".
- Ciudad:** A dropdown menu with the text "Escoge una ciudad".
- Total de pisos:** A dropdown menu with the text "Total de pisos".
- Sección de la casa:** A dropdown menu with the text "Escoge...".
- Ubicación:** A dropdown menu with the text "Escoge...".
- Material:** A dropdown menu with the text "Escoge un material".
- Área:** A text input field with a small arrow icon on the right and the unit "m<sup>2</sup>".
- Buttons:** Three buttons labeled "Insertar", "Calcular", and "Terminar" are positioned below the area input.

**Figura 5.4** – Página principal de la herramienta en la que se deben proporcionar los datos de la edificación para conocer la ganancia de calor de ésta.

La interfaz está diseñada de tal manera que los elementos estén organizados para que el usuario pueda manipularla de manera fácil y amigable. La imagen de la figura 5.4 en la página 42 muestra esta interfaz con los diferentes elementos.

## 5.5 IMPLEMENTACIÓN

A continuación se muestra con más detalle el funcionamiento de la interfaz de usuario. El recorrido que todo usuario hace al ingresar a la herramienta como primer paso es escoger el estado donde se encuentra la edificación, el usuario no puede escoger una ciudad primero ya que esta lista aparece sin opciones al comienzo porque depende de la selección que se realice de estado; otro punto a resaltar es que no puede proceder a calcular la ganancia de calor sin haber escogido un estado y ciudad. Esto se puede observar en la figura 5.4 en la página 42. Una vez seleccionada

**Estado**  
Baja California ▼

**Ciudad**  
Ensenada ▼

**Total de pisos**  
1 a 3 pisos ▼

**Sección de la casa**  
Techo ▼

**Ubicación**  
Escoge... ▼

**Material**  
Escoge un material ▼

**Área**  
[ ] m<sup>2</sup>

Insertar    Calcular    Terminar

Eficiente en un --

**Figura 5.5** – Página principal de la herramienta en la que se muestra el recorrido que hace un usuario. En la imagen el usuario ha elegido la sección de la edificación donde está colocado un material.

tal opción se muestra en la lista de ciudades las opciones disponibles de ciudad para ser elegidas; después de esto el usuario prosigue a elegir el número de pisos que tiene la construcción.

Después de los pasos anteriores el usuario pasa a agregar los materiales de la construcción, para ello primero debe escoger la sección de la construcción (techo, ventana, piso o pared) en la que se encuentra (figura 5.5 en la página 43), de igual manera al ser seleccionada una opción la lista de ubicación muestra todas las ubicaciones donde puede ser colocado el material en la sección elegida (paredes norte, sur, este, oeste o en el techo o en el piso). Ya elegidas las opciones anteriores se muestran los materiales disponibles; por ejemplo se selecciona la sección “Ventana”,

**Estado**  
Baja California ▼

**Ciudad**  
Ensenada ▼

**Total de pisos**  
1 a 3 pisos ▼

**Sección de la casa**  
Ventana ▼

**Ubicación**  
Pared norte ▼

**Material**  
Ventana claro de 3mm ▼

**Área**  
2 m<sup>2</sup>

Insertar    Calcular    Terminar

Eficiente en un --

**Figura 5.6** – Página principal de la herramienta en la que se muestra el recorrido que hace un usuario, en este punto el usuario elige el material a añadir en la sección ventana con ubicación en la pared norte.

la ubicación “Pared norte” y los materiales disponibles se muestran acorde a estas opciones donde se elige “Ventana claro de 3 mm”; tal como se muestra en la figura 5.6 en la página 44.

Una vez seleccionado la sección, ubicación y material, el usuario continua a proporcionar el área que ocupa el material en dicha sección. Ya proporcionados estos datos el usuario puede dar clic en el botón “Agregar” para que todos estos datos sean agregados a la tabla tanto de la interfaz como del cálculo posterior (figura 5.7 en la página 45); el usuario debe agregar todos los materiales que conoce de la construcción, para esto debe repetir los pasos anteriores y una vez satisfecho con los datos proporcionados puede proseguir a dar clic al botón “Calcular” para después observar su resultado.

**Sección de la casa**  
 Ventana ▼

**Ubicación**  
 Pared norte ▼

**Material**  
 Ventana claro de 3mm ▼

**Área**  
 2 m<sup>2</sup>  
 Insertar    Calcular    Terminar

Eficiente en un --

Pared    Ubicación  
 ventana    norte

Material  
 Ventana claro de 3mm

Área  
 2 m<sup>2</sup>

**Copyleft**  
 © 2014 Jonathan Alvarado.

**Figura 5.7** – Página principal de la herramienta en la que se muestra el recorrido que hace un usuario, en este punto se agrega el material a la tabla y junto a los demás materiales que ayudarán en el cálculo.

## CAPÍTULO 6

# EXPERIMENTOS

---

En este capítulo se presenta la evaluación experimental de la eficacia y la eficiencia de la solución propuesta. Para asegurar y garantizar el correcto funcionamiento de la herramienta se realizaron pruebas que fueron escogidas para determinar si la solución cumple con los requerimientos propuestos inicialmente, brindar un servicio de manera eficiente y sin fallas o retrasos. Es importante mencionar que el rendimiento del sistema está estrictamente ligado con las especificaciones del servidor web<sup>1</sup>.

Para demostrar si la solución que se propone y los resultados arrojados son correctos, se realiza un diseño de experimentos cuya metodología se explica a continuación.

### 6.1 DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Un experimento es una prueba o serie de pruebas en las que se hacen cambios intencionados en las variables o factores de entrada de un proceso o sistema para observar e identificar las razones de los cambios que pudieran influir en la respuesta

---

<sup>1</sup>Servidor web: es un tipo de software que sirve contenido estático a un navegador, carga un archivo y lo sirve a través de la red al navegador de un usuario. Servidor también se utiliza para referirse a la computadora física en el cual funciona este software.

de salida [16]. El diseño de experimentos es uno de los medios más utilizados para conocer el funcionamiento de procesos y sistemas. Cuando se desarrolla un experimento se deben identificar las variables que son controlables y las que no, además de utilizar métodos estadísticos.

Los experimentos que se desarrollan en el presente trabajo, tienen varios objetivos, los cuales se describen a continuación:

- Comprobar el funcionamiento correcto de la solución propuesta.
- Comprobar el desempeño para asegurar que el sistema responde a la interacción del usuario y manejo de cargas de usuarios.
- Comprobar la seguridad para valorar las vulnerabilidades potenciales e intentar explotar cada una de ellas.
- Determinar si la aplicación rinde lo suficiente en caso de que la carga real supere a la carga esperada.
- Comprobar si existe un error o algún retraso importante que pueda afectar el funcionamiento del sistema.

### 6.1.1 SOFTWARE UTILIZADO

El software utilizado para las pruebas es el programa **JMeter** [6], la cual es una aplicación de *código abierto* desarrollada por la compañía **Apache**<sup>2</sup>. **JMeter** es una aplicación hecha en **Java**<sup>3</sup> que está diseñada para probar el comportamiento funcional

---

<sup>2</sup>Apache Software Foundation (ASF): es una organización no lucrativa y una comunidad de desarrolladores formada para crear y dar soporte a proyectos de código abierto bajo una licencia de software abierta y pragmática.

<sup>3</sup>Java: es un lenguaje de programación de propósito general orientado a objetos, desarrollado por Sun Microsystems.

y medir el desempeño de una aplicación web. Brinda funcionalidades bastantes útiles y una interfaz gráfica sencilla de utilizar.

### 6.1.2 CASOS A MEDIR

Para estos experimentos se midieron dos tipos de casos:

#### **Peor caso**

En este caso se le lleva al sistema a una situación extrema, donde se prueba realmente sus capacidades y donde se comienza a ver que puede presentar algunos errores en las peticiones de los diferentes usuarios y al llevar a cabo ciertas tareas.

#### **Mejor caso**

En este tipo de caso el sistema funciona perfectamente sin presentar ningún contratiempo ni problema; donde los campos son llenados correctamente y la información es desplegada sin problema.

## 6.2 PRUEBAS

En el presente trabajo de investigación se implementaron pruebas de rendimiento y de usabilidad<sup>4</sup>, ya que el objetivo buscado es asegurar que la herramienta sea capaz de manejar una carga determinada y considerable de trabajo (en base al contexto real en que funcionaría ésta) y, a la vez, mantener un buen tiempo de

---

<sup>4</sup>Usabilidad: es la medida en la cual un producto o herramienta puede ser usado por usuarios específicos para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto determinado.

respuesta; otro objetivo buscado es que la herramienta sea intuitiva fácil y sencilla de utilizar.

### 6.2.1 USABILIDAD

Las pruebas de usabilidad [18] son pruebas que se realizan a sitios y herramientas web con el objetivo de determinar si son intuitivos y fáciles de navegar, así como identificar las dificultades que los usuarios pueden encontrar al utilizar la herramienta. Al realizar este tipo de prueba se evalúa la navegabilidad, estructura de la información, formularios, credibilidad y confianza de la aplicación web.

**DISEÑO EXPERIMENTAL** En esta prueba los objetivos principales son: (1) determinar si un usuario puede utilizar la aplicación completando satisfactoriamente el proceso de llenado de formulario; (2) determinar si la interfaz de usuario es lo suficientemente intuitiva tanto para usuarios que tienen experiencia en herramientas web como para aquellos que no la tienen; y (3) determinar si la herramienta requiere modificaciones para que cumpla los objetivos anteriores.

Se evaluaron los siguientes factores: el tiempo necesario para completar la tarea, número de errores y el número de preguntas hechas para solucionar un error o duda.

Antes de comenzar, a cada usuario se le explica cuál es la tarea a realizar y se le proporciona una pequeña introducción acerca del propósito del sistema. Durante la sesión no se brinda ayuda a los usuarios a excepción de que ellos pregunten o que les tome mucho tiempo resolver un problema. Después de realizar la actividad, los usuarios contestaron un breve cuestionario para complementar la evaluación; éste está compuesto de tres secciones. La primera sección es de respuestas de tipo sí/no, y su objetivo es obtener información acerca del nivel de experiencia del usuario con computadoras y sistemas web que involucren el llenado de formularios. La segunda

sección contiene dos preguntas abiertas mediante las cuales el usuario proporciona sugerencias acerca de cambios en la interfaz y opciones que brinda la herramienta. La última sección consta de preguntas de temas distintos pero enfocados a la usabilidad de la herramienta; para estas preguntas el usuario debe marcar en una escala el grado con el cual su opinión coincide.

**USUARIOS DE PRUEBA** De acuerdo a Jakob Nielsen [19], existe la tendencia a que la mayoría de los usuarios realicen los mismos procedimientos, aunque cada uno aporte alguna información diferente. Por eso plantea que la muestra de usuarios para realizar este tipo de pruebas sea de cinco usuarios, ya que el aprendizaje con el primero será impresionante, pero con el quinto el aporte nuevo es poco.

Las pruebas de usabilidad se realizaron con cinco usuarios, los cuales cumplen con las siguientes características: edad entre 20 y 50 años y conocimientos básicos de computación. No se determinó que el tener conocimiento de la normatividad fuese un requisito, ya que al comienzo de la prueba se le proporciona un contexto sobre el que se desempeña la herramienta.

**RESULTADOS** Con los resultados de estas evaluaciones, es posible obtener conclusiones importantes; sobre todo orientadas al mejoramiento de la herramienta para que su operación se adapte al uso de usuarios adecuados. De todas las sugerencias sobre los cambios que podrían aplicarse a la interfaz para que ésta fuese más intuitiva o amigable, aquellas que sí contribuyen a los requerimientos planteados son las siguientes:

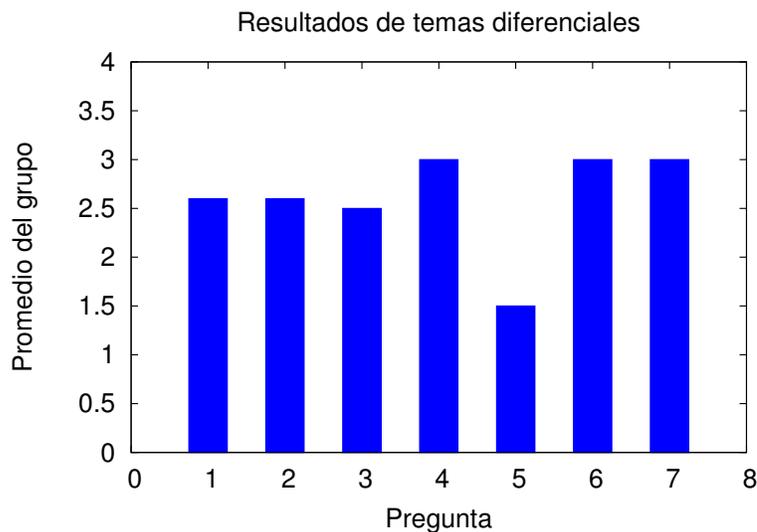
- Que al cambiar de "Sección de la casa" la opción elegida en "Ubicación" se conserve. Su justificación está en el hecho en que involucra un clic más cuando se están agregando materiales en la misma ubicación de la construcción.

- Que al escoger las secciones "Techo" o "Piso" la opción de ubicación desaparezca o aparezca elegida la única opción disponible en "Ubicación" para estas secciones. Su justificación está en el hecho de que no tiene caso colocar ese campo para llenar si solamente posee una opción a elegir, esto da una sensación de que quien realizó la herramienta no conoce a fondo los datos.
- Hacer más notable los bordes de la tabla para poder ver a detalle los materiales que ya se han agregado, así como colocar un filtro para ordenar los materiales de acuerdo a su nombre, ubicación, etcétera. Esto ayuda a que exista una mejor interacción entre el usuario y la interfaz.
- Hacer más notable el resultado de eficiencia. Aunque esta opción no fue sugerida por los usuarios, si se observó que la existencia de este resultado no es tan intuitivo y que algunos usuarios tardaban mucho tiempo en descubrirlo.

Las demás sugerencias son interesantes y no deben descartarse, sin embargo reflejan mas bien gustos personales y su implementación no tendría un impacto notable en la usabilidad del sistema.

Con respecto a a las respuestas del cuestionario (ver apéndice A página 68), en la figura 6.1 muestra las tendencias generales de los usuarios, correspondientes a las preguntas del cuadro 6.1. Para ello se calculó la media de cada respuesta dándole pesos a cada número en la escala; los números positivos correspondieron a respuestas favorables y se consideraron como respuestas desfavorables los números negativos.

El cuadro 6.1 lista las preguntas en cuestión en el orden en el que aparecen en la figura 6.1 junto con una interpretación para cada resultado.



**Figura 6.1** – Gráfica que muestra el promedio del grupo resultante para cada pregunta de temas diferenciales.

**Cuadro 6.1** – Análisis de las respuestas a las preguntas con temas diferenciales.

Pregunta	Media del grupo	Interpretación
1. En general la herramienta: Me agradó/Me incomodó	2.6	La herramienta le agradó en gran medida al grupo
2. Los textos de las listas: Representan su contenido/No representan su contenido	2.6	Los textos de las listas describen muy bien su contenido.
3. La interacción con la herramienta es: Intuitiva/-Confusa	2.5	La interacción con la herramienta es muy intuitiva, a excepción de los detalles ya mencionados.
4. El propósito de la aplicación me parece: Útil/Inútil	3	El grupo considera que el propósito de la herramienta es muy interesante y útil
5. Las listas que brinda el sistema son: Pocas/Demasiadas	1.5	El grupo considera que la herramienta tiene muchas listas.
6. La disponibilidad de la herramienta mediante web me parece: Útil/Inútil	3	El grupo considera que la disponibilidad y acceso a la herramienta vía web es muy útil.
7. En términos generales, el funcionamiento de la herramienta me parece: Bueno/Malo	3	En general, el grupo considera que el funcionamiento de la aplicación es bueno.

### 6.2.2 CARGA

Este tipo de prueba de rendimiento se realiza para observar el comportamiento de una herramienta web bajo una determinada cantidad de peticiones web. Esta prueba consiste en simular una carga de trabajo similar y superior a la que tendrá la herramienta cuando esté en funcionamiento, con el fin de detectar si puede soportar gran cantidad de usuarios simultáneos y también si el servidor es capaz de soportar la cantidad de visitas esperadas.

**DISEÑO EXPERIMENTAL** La prueba realizada consiste en definir tres pruebas de 25, 50 y 100 hilos<sup>5</sup> cada uno, los cuales simulan 25, 50 y 100 accesos de usuarios respectivamente; dichos accesos se ejecutan un total de 10 veces cada uno, es decir, en el primer caso de 25 usuarios se tendrán 250 accesos. En dichas pruebas se simula que los usuarios acceden a la página web donde se realiza el cálculo y a la parte de analítica de datos.

Entre los datos más relevantes que se obtuvieron son los siguientes:

- Tiempo promedio en segundos para un conjunto de resultados.
- Tiempo mínimo y máximo que demora un hilo en acceder a cada sección.
- Cantidad de usuarios que puede soportar en determinado tiempo.
- Tiempo de respuesta para atender las peticiones web (en segundos).

**RESULTADOS** En el cuadro 6.2 muestra los resultados obtenidos durante la simulación. Para el caso óptimo en esta prueba se simularon 250 accesos y de ellos se

---

<sup>5</sup>Hilo de ejecución: es una tarea que puede ser ejecutada al mismo tiempo con otra tarea.

**Cuadro 6.2** – Resultados de la prueba de carga simulando 250, 500, 1000 y 2000 accesos a la herramienta. La primera columna indica el total de accesos simulados, las tres columnas siguientes muestran el tiempo de respuesta del servidor promedio, mínimo y máx, la última columna representa la carga del servidor en peticiones promedio/segundo.

Total de accesos	Tiempo de respuesta promedio	Tiempo de respuesta mínimo	Tiempo de respuesta máximo	Rendimiento de procesamiento
250	12 ms.	7 ms.	106 ms.	25.6/seg
500	13 ms.	7 ms.	143 ms.	50/seg
1000	564 ms.	9 ms.	8285 ms.	62.2/seg
2000	1544 ms.	6 ms.	31152 ms.	55.3/seg

concluye que el tiempo promedio que deben esperar para acceder a la herramienta es de 7 milisegundos; en el peor caso para esta prueba se simularon 2000 accesos, de los cuales el tiempo de respuesta promedio es de 1.54 segundos. En promedio el acceso a la herramienta es de 2 segundos.

De esta prueba de estrés se concluye que la herramienta tiene tiempos de respuesta aceptables y que cumple con el requisito de tener un tiempo máximo de respuesta de cinco segundos en ambas secciones de la herramienta.

### 6.2.3 ESTRÉS

Una prueba de estrés es aquella que fuerza al sistema al máximo punto para poder medir sus capacidades y las condiciones en las cuales trabaja realizando una cantidad definida de peticiones y procesos. Este tipo de prueba se realiza para determinar si la aplicación rendirá lo suficiente en caso de que la carga real supere a la carga esperada.

**DISEÑO EXPERIMENTAL** Esta prueba se realizan bajo tres escenarios:

El primer escenario mide el tiempo de respuesta con una carga baja del servidor.

Es decir, se observa cuánto tarda en responder cuando no existen demasiadas peticiones simultáneas en el servidor.

El segundo utiliza una carga media del servidor. Aquí se utiliza una carga al límite de la capacidad del servidor y se observa cómo es ahora el tiempo medido. Algunas de las peticiones se perderán porque se trabaja en el límite.

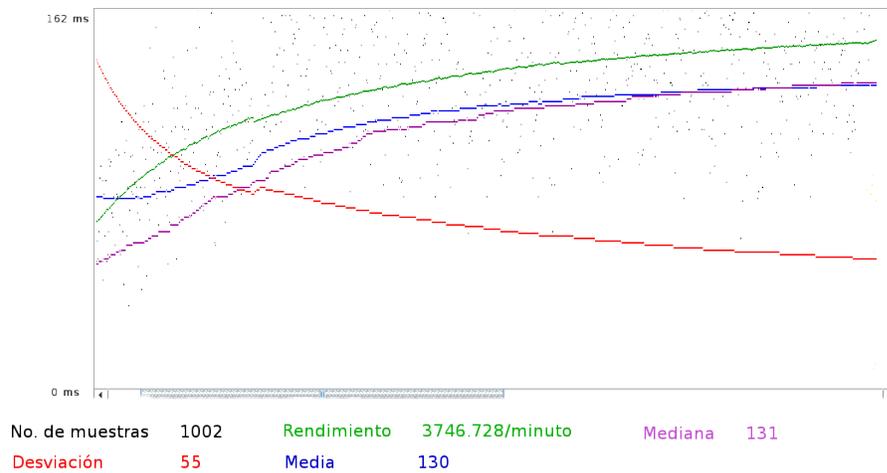
En el último escenario se sobrecarga el servidor con más peticiones de las que puede servir. Se analiza cómo se disparan las peticiones erróneas ya que algunas conexiones no se podrán establecer.

En cada escenario se utiliza un tiempo de dos a tres segundos entre cada simulación de acceso simultáneo para no saturar al sistema, y para poder dar un poco de realismo a la prueba. Cabe recordar que los usuarios simulados se conectan al mismo tiempo, para lo cual se registraron los tiempos de respuesta y se tomaron algunos datos estadísticos que proporciona **JMeter** en su informe al final de la prueba.

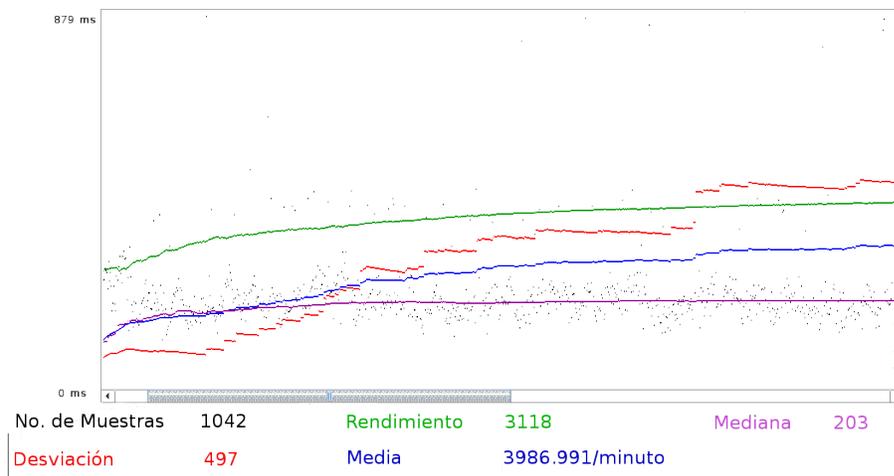
Los datos más relevantes que obtuvieron son los siguientes:

- Velocidad de respuesta promedio (en segundos).
- Rendimiento, medido en peticiones/segundo.
- Porcentaje de peticiones fallidas.

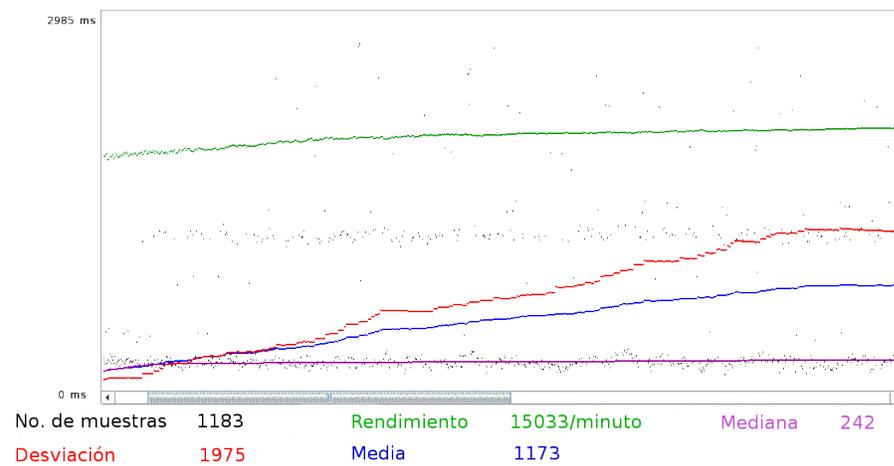
**RESULTADOS** En un comienzo la prueba inició con una pequeña cantidad de usuarios, y se fue aumentando para medir el desempeño del sistema. Se encontró que el caso óptimo fue con 10 usuarios, y el caso crítico con 30 usuarios. Al llegar al caso crítico se comienzan a reportar errores mínimos pero que sí afectan a algunos de los usuarios que se encuentran utilizando la herramienta.



(a) Prueba con 10 usuarios.



(b) Prueba con 30 usuarios.



(c) Prueba con 100 usuarios.

**Figura 6.2** – Resultados de la prueba de estrés. En el eje  $y$  se mide el tiempo en milisegundos; en el eje  $x$  se miden el rendimiento (verde), la desviación estándar del tiempo de respuesta (rojo), el tiempo de respuesta promedio (azul) y la mediana del tiempo de respuesta (morado).

**Cuadro 6.3** – Resultados de la prueba de estrés utilizando grupos de 10, 30 y 100 usuarios. La primera columna indica el total de usuarios, la segunda, el total accesos simulados, la columna siguiente muestra el tiempo de respuesta del servidor promedio, la cuarta columna representa la carga que tuvo el servidor en peticiones promedio/segundo, y la última columna indica el porcentaje de peticiones fallidas.

Total de usuarios	Total de accesos	Tiempo de respuesta promedio	Rendimiento	% de errores
10	1002	130 ms.	62.4/seg	0.80 %
30	1042	344 ms.	66.4/seg	1.63 %
100	1183	1173 ms.	53.4/seg	1.78 %

En el cuadro 6.3 se puede apreciar que en el mejor caso existe un porcentaje de error del 0.80 %, y en el peor caso se obtuvo un 1.78 %; estos dos usuarios (peor caso) obtuvieron una página de error al intentarse conectar al sistema. Esta es una cantidad mínima de usuarios por lo que se considera que la herramienta es estable, el tiempo de respuesta promedio fue de 1000 milisegundos, esto quiere decir que el sistema en promedio se tardó en responder 1 segundo.

De esta prueba de estrés se concluye que la herramienta soportará la cantidad de usuarios requerida, ya que se estima una población de 80 usuarios por hora, la cual no es mayor a lo que la prueba estrés soportó.

Se puede observar en la figura 6.2 que a medida que la cantidad de usuarios aumenta la velocidad de respuesta tiende a elevarse, esto en general se debe a que las características del servidor no soportan grandes cantidades de peticiones; además la aplicación no cuenta con un balanceador de carga que le permita trabajar de una manera eficiente. De esta figura también se puede observar que de la misma manera que la velocidad de respuesta, a mayor cantidad de usuarios mayor cantidad de peticiones fallidas. Tanto la velocidad de respuesta como la cantidad de peticiones fallidas varía de acuerdo a la sección de la aplicación en la que se encuentra el usuario, esto se debe a que la cantidad de procesamiento es distinta en cada una

de las secciones. En general el tiempo de respuesta es adecuado y cumple con lo esperado.

#### 6.2.4 ESTABILIDAD

La prueba de estabilidad consiste en utilizar diferentes niveles de carga durante prolongados periodos de tiempo y registrar si ocurrieron fallas y hacer una estadística de tiempo contra número de errores.

**DISEÑO EXPERIMENTAL** Esta prueba se lleva a cabo para determinar si la herramienta puede soportar una carga esperada continua y también para conocer si hay alguna fuga de memoria en la aplicación. El conjunto de usuarios para esta prueba es de 20; cada 0.25 segundos se simulará un nuevo acceso a la herramienta.

Los datos más relevantes que se obtuvieron son los siguientes:

- Número de conexiones aceptadas durante el periodo de tiempo.
- Cantidad de errores durante cierto periodo.

**RESULTADOS** El cuadro 6.4 muestra la actividad de la aplicación durante tres horas, en ella se aprecia la cantidad de veces que se simuló el acceso a las dos secciones de la herramienta, el tiempo de respuesta promedio y el porcentaje de errores que se presentaron.

El porcentaje de errores total durante la simulación es de 0.08 % con 549115 conexiones, con esto se puede concluir que la herramienta presenta un porcentaje de errores muy bajo durante el periodo de tiempo en que permanece activa, es decir, que se puede tener la confianza que en periodos de tres horas el software no generará errores por inactividad y por conexión a la base de datos.

**Cuadro 6.4** – Resultados de la prueba de estabilidad simulando accesos a las diferentes secciones de la herramienta durante tres horas. La primera columna indica la sección a la que acceden los usuarios, la segunda el total de conexiones, la columna siguiente muestra el tiempo promedio de respuesta del servidor, y la última columna indica el porcentaje de peticiones fallidas.

Sección	Total de conexiones	Tiempo de respuesta promedio	% de errores
Cálculo de ganancia de calor	274564	301 ms.	0.05 %
Minería de datos	274550	345 ms.	0.03 %
Total	549115	323 ms.	0.08 %

### 6.3 DISCUSIÓN

En este capítulo de pruebas se observa que las pruebas de rendimiento realizadas sobre la herramienta fueron exitosas y se obtuvo el comportamiento deseado. Se puede concluir basado en las pruebas que en lapsos de trabajo continuo, la herramienta presenta un buen comportamiento. Sin embargo, este comportamiento es dependiente del estado del servidor; ya que si llegara a fallar el servidor o la base de datos, el desempeño del sistema se vería comprometido.

De las pruebas de usabilidad se puede concluir que la herramienta es sencilla de utilizar y que a los usuarios les interesa el objetivo de la herramienta, por lo que sí estarían dispuestos a utilizarla. El único punto desfavorable es el diseño de la herramienta, ya que consideran que puede mejorarse y resultar aún más interesante y sencilla.

## CAPÍTULO 7

# CONCLUSIONES

---

El problema abordado en este trabajo de investigación es la baja cantidad de construcciones bioclimáticas, las cuales tienen como beneficio un bajo consumo de energía lo que se traduce en mayor comodidad térmica y ahorro económico. La principal hipótesis fue que el desarrollo de una herramienta accesible vía web con una interfaz de fácil uso que permite realizar mediciones del ahorro energético en las construcciones permitiría otorgar apoyo en la toma de decisiones para favorecer la construcción de edificaciones bioclimáticas.

Para resolver el problema planteado y probar la hipótesis, en este trabajo de tesis se propuso una herramienta accesible vía web con una interfaz de fácil uso para realizar mediciones del ahorro energético en edificaciones y en base a éstas tomar decisiones en la elaboración de construcciones bioclimáticas. La solución se elaboró en una serie de pasos que van desde el planteamiento del problema, selección de las herramientas computacionales, elección de las características del sistema, selección de algoritmos para la herramienta y la minería de datos, desarrollo de la herramienta, pruebas y documentación.

Se aplicó el algoritmo propuesto en la *NOM-020-ENER* para determinar el ahorro energético en la edificación, además se implementó un módulo para mostrar las áreas de mejora en la construcción; otra característica desarrollada es la visuali-

zación e impresión de un documento con los datos de la construcción argumentando su aprobación o desaprobación de la norma.

Los resultados del rendimiento de la herramienta fueron analizados a través de gráficas e indicaron que el rendimiento de la solución propuesta refleja adecuadamente la buena estabilidad y el buen tiempo de respuesta del sistema en cada una de sus secciones. Además permitió concluir que la herramienta propuesta es adecuada para ayudar la toma de decisiones para facilitar la construcción de edificaciones bioclimáticas, debido a que proporciona los suficientes datos y argumentos para ello. También se encontró que en algunos casos al aumentar el número de peticiones que intentan acceder a la herramienta a la vez provoca fallos, y se comprobó que en realidad estos fallos en un entorno real no se producirían tanto ya que no es muy probable que los usuarios accedan a una misma sección gran cantidad de veces al mismo tiempo.

Se puede concluir que el marco de trabajo propuesto es efectivo y práctico para el desarrollo de herramientas web con finalidad de realizar cálculos y analizar información; también se puede concluir que las medidas de rendimiento son fáciles de calcular, intuitivas de interpretar y sus resultados reflejan que la herramienta tiene la capacidad y los procesos de reacción apropiados ante condiciones que se encuentren fuera del alcance de la solución.

## 7.1 CONTRIBUCIONES

Se contribuye con la metodología y diseño de la herramienta; también, con la implementación de los algoritmos de cálculo de ahorro energético y de análisis de datos.

Se contribuye con una herramienta computacional accesible accesible vía web

con una interfaz sencilla y de fácil uso, que facilita el cálculo de ahorro energético en construcciones existentes y nuevas. También facilita el análisis de datos para determinar indicadores que proporcionen información del beneficio obtenido de la naturaleza; típicamente proporciona los datos suficientes para facilitar la toma de decisiones para la construir edificaciones bioclimáticas y establecer cómo los aparatos domóticos permitirán gestionar aparatos y servicios de manera automática para permitir un mayor ahorro energético y económico.

## 7.2 TRABAJO A FUTURO

Como trabajo a futuro esta herramienta web podría ser llevada a aplicación en teléfonos inteligentes para que su uso sea más sencillo y pueda llegar a más personas. También se pueden comparar y proponer mejoras a los métodos de minería de datos que se utilizan para análisis y predicción de patrones. Otra área de mejora prometedora es la implementación de la herramienta utilizando módulos genéricos para que puedan ser reutilizados en otras aplicaciones. También a este trabajo se le puede agregar hardware<sup>1</sup> para medir el consumo de agua, el gasto de energía en calentadores, el consumo de gas, etcétera. A esta herramienta se le puede agregar un foro o una sección donde los usuarios puedan recomendarse materiales o edificaciones.

Otra área de mejora es implementar más normatividades relacionadas con la ganancia de calor o consumo energético, como el cálculo de la ganancia de calor en edificios. Igualmente se pueden desarrollar dispositivos que tomen medidas de construcciones existentes mediante visión computacional o sensores que estén presentes en teléfonos inteligentes y sugieran mejoras para remodelación o cambio en

---

<sup>1</sup>Hardware: son los componentes físicos que conforman una computadora o dispositivo informático. En otras palabras, es todo aquello que se puede tocar.

materiales.

Un área de mejora más es la implementación de un método para que con el uso de la cámara de los celulares y técnicas de visión computacional<sup>2</sup> obtener las medidas de forma automática desde dibujos o edificios ya existentes.

También una mejora es visualizar las áreas de mejora de la construcción con técnicas de realidad<sup>3</sup> aumentada ya sea sobre un dibujo o dentro del edificio del cual se está haciendo las mediciones o en el terreno en el cual se piensa construir.

---

<sup>2</sup>Visión computacional: Es un campo que incluye métodos para obtener, procesar, analizar y comprender imágenes con el fin de producir información numérica o simbólica, por ejemplo, en las formas de las decisiones.

<sup>3</sup>Realidad aumentada: es la visión de una realidad mixta a través de un dispositivo tecnológico, es decir consiste en sobreponer objetos o animaciones generadas por computadora sobre la imagen en tiempo real que recoge una cámara web por ejemplo.

# BIBLIOGRAFÍA

---

- [1] Tim Berners-Lee. World Wide Web Consortium. <http://www.w3.org>, 2014.
- [2] Omar Barrón Cantoral. *Criterios bioclimáticos aplicados en edificios públicos para el sistema de iluminación interior basados en fuentes de energía alternativas*. Master's thesis, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Querétaro, México, 2013. Tesis de licenciatura.
- [3] Carlos Carrazco y David Morillón. Adecuación bioclimática de la vivienda de interés social del noroeste de México con base al análisis térmico de la arquitectura vernácula. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 8(1):05.97–05.102, 2004.
- [4] Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. Ley federal sobre metrología y normalización. <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/130.pdf>, 2012. Consultada el 11 de febrero de 2014.
- [5] Hugo Martín Domínguez y Fernando Sáez Vacas. *Domótica: Un enfoque socio-técnico*. Fundación Rogelio Segovia para el Desarrollo de las Telecomunicaciones, Ciudad Universitaria, Madrid, España, 2006.
- [6] Apache Software Foundation. Apache Jmeter. 2013. <http://jmeter.apache.org/>.

- 
- [7] Román Rodríguez González. *Territorio. Ordenar para competir*. Netbiblo, Santa Cristina, Oleiros, España, 2010. ISBN: 978-84-9745-551-0.
- [8] Jiawei Han, Micheline Kamber y Jian Pei. *Data mining: concepts and techniques*. Morgan Kaufmann, Burlington, Massachusetts, EE.UU., 2012.
- [9] HPC/SA. Archiwizard. 2012. <http://www.hpc-sa.com/fr/node/75>.
- [10] Jonathan Benítez Jiménez. *Sistema Web para la Gestión de la Eficiencia Energética en Hoteles*. Master's thesis, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Coyoacán, México, D.F., 2012. Tesis de licenciatura.
- [11] Mike Linksvayer. Open definition. 2013. <http://opendefinition.org/od/>.
- [12] Mauricio Nath Lopes, Gabriel Iwamoto, Humberto Leitão Riella, Roberto Lamberts y Lucila Maria Souza Campos. The building simulation as an alternative method in brazilian energy efficiency labeling of commercial buildings. En *12th Conference of International Building Performance Simulation Association*, págs 2055–2063. IBPSA, Melbourne, Australia, 2011.
- [13] Mauricio Nath Lopes, Gabriel Iwamoto, Humberto Leitão Riella, Roberto Lamberts y Lucila Maria Souza Campos. Development of computational tool to evaluate the building energy efficiency level according to the brazilian labeling. En *Proceedings of Building Simulation 2011: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association*, págs 2040–2047. IBPSA, Melbourne, Australia, 2011.
- [14] Francis Miguét. Further step in environment and bioclimatic analysis: The software tool solene. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 2(1):58–67, 2008.
- [15] Turismo y Comercio de España Ministerio de Industria. Programa informático Calener-GT. 2013. Consultado el 11 de febrero de 2014

[www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/eficienciaenergetica/certificacionenergetica/documentosreconocidos/programacalener/paginas/documentosreconocidos.aspx](http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/eficienciaenergetica/certificacionenergetica/documentosreconocidos/programacalener/paginas/documentosreconocidos.aspx).

- [16] Douglas C. Montgomery. *Diseño y análisis de experimentos*. Editorial Limusa S.A. de C.V., D.F., México, 2005.
- [17] Natural Resources Canada. retscreen. 2013. <http://www.retscreen.net/>.
- [18] Jakob Nielsen. *Designing web usability*. New Riders, San Francisco, California, EE.UU., 2000. ISBN: 978-15-6205-810-4.
- [19] Jakob Nielsen y Thomas K Landauer. A mathematical model of the finding of usability problems. En *Proceedings of the INTERACT'93 and CHI'93 conference on Human factors in computing systems*, págs 206–213. ACM, New York City, New York, EE.UU., 1993.
- [20] T. Panayiotopoulos, A. Prokopiou y K. Tsipiras. Intelligent bioclimatic architectural design. 2009. Integrated Software System for the evaluation of energy consumption of architectural studies.
- [21] Pablo La Roche y Robin Liggett. Very simple design tools: A web based assistant for the design of climate responsive buildings. *Architectural Science Review*, 44:437–448, 2001.
- [22] Schneider Electric. Asistente interactivo de cálculo de ahorro energético. 2004. <http://www.schneiderelectric.es/spain/es/soluciones/eficiencia-energetica/segmentos-mercado/edificios-oficinas/edificio-sostenible-web-tool.page>.
- [23] Secretaría de Energía. Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011. <http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/6933/19/NOM020ENER2011.pdf>, 2011. Consultada el 11 de febrero de 2014.

- 
- [24] Bryan J. Urban. *The MIT Design Advisor: Simple and Rapid Energy Simulation of Early-Stage Building Designs*. Master's thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, EE.UU., 2007. <http://designadvisor.mit.edu/design/>.
- [25] Prasanthi R. Vangimalla, Svetlana J. Olbina, Raymond R. Issa y Jimmie Hinze. Validation of autodesk ecotect accuracy for thermal and daylight simulations. En *Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference*, págs 3388–3399. IEEE Press, 2011.
- [26] Abraham Yezioro y Edna Shaviv. A KB CAAD system for the pre-conceptual design of bio-climatic and low energy buildings. En *Proceedings of the 7th International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures*, págs 317–330. Springer, Houten, Países Bajos, 1997. ISBN: 978-94-010-6350-0.
- [27] Ian Sommerville. *Ingeniería del software*. Editorial Pearson Educación, D.F., México, 2005. ISBN: 9788478290741.
- [28] Adrian Holovaty y Jacob Kaplan-Moss *The Django Book*. Apress Media LLC, New York City, EE.UU., 2009.

# Apéndices

## APÉNDICE A

# ENCUESTA DE USABILIDAD

---

En este apartado se presentan las preguntas de temas distintos enfocadas a la usabilidad de la herramienta, realizadas a un grupo de cinco personas.

1. En general la herramienta:

Me agradó

Me incomodó

2. Los textos de las listas:

Representan su contenido

No representan su contenido

3. La interacción con la herramienta es:

Intuitiva

Confusa

4. El propósito de la aplicación me parece:

Útil

Inútil

5. Las listas que brinda el sistema son:

Pocas

Demasiadas

6. La disponibilidad de la herramienta mediante web me parece:

Útil

Inútil

7. En términos generales, el funcionamiento de la herramienta me parece:

Bueno

Malo

## APÉNDICE B

# MÓDULO DE MINERÍA DE DATOS

---

En la realización de la tesis se tuvo que llevar a cabo el desarrollo de un módulo para realizar la minería de datos de la información recabada por la herramienta web. En este apartado se explican los aspectos más importantes en el desarrollo del módulo para que pueda ser utilizado por cualquiera que esté interesado.

El módulo hace uso de la de funciones bien probadas y disponibles en NumPy, Pandas y Python. Se desarrolló para la herramienta web creada para esta tesis, sin embargo, algunas de las funciones fueron desarrolladas desde su inicio para ser utilizada para cualquier implementación mientras que algunas otras solo funcionan para este trabajo pero que con pequeñas modificaciones pueden ser utilizadas en cualquier otra implementación.

El objetivo de esta librería es proporcionar un repositorio de código abierto para implementaciones en Python de herramientas utilizadas para el análisis de datos. El módulo puede ser utilizado en plataformas, herramientas web que utilicen el framework Django y en implementaciones de escritorio desarrolladas en Python.

Este código cuenta con funciones que realizan las siguientes actividades:

1. Limpieza de los datos: se procesan los datos con el objetivo de adaptar los datos a las técnicas de de minería de datos que serán utilizadas.

2. Identificación de los elementos frecuentes: tiene el objetivo de detectar anomalías en los registros y eliminarlos para no ser utilizados en el análisis.
3. Clasificación por categorías de los elementos frecuentes: se clasifican los datos en grupos en base a sus características.
4. Interpretación de patrones en base a las clasificaciones: se obtienen los patrones de comportamiento observados en la clasificación de los datos.

Para comenzar a utilizar esta librería es necesario tener instalado Python versión 2.7, NumPy y Pandas; si se va utilizar en alguna implementación web se debe descargar e instalar Django versión 1.6 o mayor. Después de cumplir con los requisitos anteriores se debe descargar el código fuente de este repositorio si se utilizará en un desarrollo en web: <https://github.com/JonathanAlvarado/bioclimatica/tree/master/nom020/analytics>, si se usará en una implementación de escritorio se puede descargar solo el siguiente archivo [https://github.com/JonathanAlvarado/bioclimatica/blob/master/nom020/analytics/data\\_analysis.py](https://github.com/JonathanAlvarado/bioclimatica/blob/master/nom020/analytics/data_analysis.py).

Los detalles de cada una de las funciones disponibles se encuentran en el archivo README.txt en el repositorio del proyecto. A continuación se resumen algunas de los funciones que se pueden encontrar en esta librería:

**Lectura de datos** La función `data_analysis.read_data()` toma como parámetros una lista con los campos de la base de datos que deben ser leídos y éstos son convertidos a un formato especial para ser manipulados por la librería Pandas.

**Datos frecuentes** Obtener los datos frecuentes se puede realizar con la función `data_analysis.discretized_data()`, a esta rutina hay que proporcionarle los datos y una lista con los rangos a los que pueden pertenecer los datos.

**Clasificación de datos** Para agrupar los datos por categorías se puede utilizar la

---

función `data_analysis.group_data()`, la cual toma como parámetros de entrada los datos a agrupar y una lista con las categorías que se desean.

# FICHA AUTOBIOGRÁFICA

---

Jonathan Arturo Alvarado Mata

Candidato para el grado de Ingeniero en Tecnología de Software

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Tesis:

HERRAMIENTA WEB PARA EL CÁLCULO DE LA  
GANANCIA DE CALOR EN EDIFICACIONES

Nací el 30 de marzo de 1992 en la ciudad de Monterrey N.L., hijo primogénito de Arturo Alvarado Martínez y María Guadalupe Mata Peralta, hermano de Bryan Alvarado Mata y Debanhy Arely Alvarado Mata. Inicié mis estudios universitarios de Ingeniería en Tecnología de Software en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León en agosto de 2009.