



**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO**

**SISTEMA DE APOYO A LA GENERACIÓN DE PAQUETES  
PARA MEJORAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN  
VIVIENDAS DE CONCEPCIÓN, CHILE**

---

PROYECTO DE TÍTULO PRESENTADO EN CONFORMIDAD A LOS REQUISITOS PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL EN INFORMÁTICA

**Alumno** : Manuel Jesús Vásquez Cruz  
**Profesor Guía** : Pedro Gerónimo Campos Soto

3 de marzo de 2015

Este proyecto está dedicado a dos personas muy especiales en mi vida, una que me dio su amor, sabiduría y compañía la primera parte de mi vida, y a otra que me está acompañando y dando su amor actualmente.

– Dedicado a mi abuela María y mi novia Carol.

## Agradecimientos

En primer lugar debo agradecer a Dios, por haberme dado salud, paciencia, y perseverancia para sobrellevar las caídas que he tenido.

Debo agradecer el apoyo del proyecto FONDECYT 1120165, junto a los académicos Pedro Campos, Rodrigo García y Jaime Soto, ya que éste fue de gran ayuda para el desarrollo de este proyecto.

También quiero agradecer a mi familia, por soportarme todos estos años en los que terminaba mi carrera, a mi abuela María que no está hoy conmigo, pero que fue una gran tutora de lo que hoy es mi educación, a mi madre Delia por ser la persona que más ha batallado porque termine mi carrera, y que me enfoque en ésta. A mi viejo Jaime, que a su manera me ha apoyado siempre en todos mis proyectos, a mi hermano Oscar por brindarme la distracción necesaria al llegar a la casa y por ser el recipiente del cual tengo que ser un buen ejemplo, a mi hermana Nathalie por varios consejos que me dio durante mi vida universitaria. Y por último debo agradecer a mi novia Carol, quien me tiró las orejas cuando debía, y que me motivó a seguir adelante sin deprimirme.

Igualmente quiero agradecer a mis compañeros de universidad (no los nombraré para no dejar alguno en el tintero), algunos transitorios, otros espero permanentes, algunos tutores y colegas de buenas cosas y otras no tanto, a mis profesores y profesoras, los cuales no sólo fueron docentes, si no algunos quedaron incluso como amigos y amigas.

Finalmente quiero agradecer a mi universidad, la grande, la “única y estatal”, por formarme no sólo como profesional, si no también como una persona de bien, y espero, un aporte a esta sociedad.

# Índice general

<b>Introducción</b>	<b>12</b>
<b>Capítulo 1 Generalidades</b>	<b>14</b>
1.1 Origen del tema y problemática . . . . .	14
1.2 Justificación . . . . .	14
1.3 Descripción del área de estudio . . . . .	16
1.4 Objetivos del proyecto . . . . .	16
1.4.1 Objetivo general . . . . .	16
1.4.2 Objetivos específicos . . . . .	16
1.5 Aportes . . . . .	16
1.6 Límites . . . . .	17
<b>Capítulo 2 Marco Teórico</b>	<b>18</b>
2.1 Conceptos Previos . . . . .	18
2.1.1 Eficiencia energética . . . . .	18
2.1.2 Mejoramiento energético . . . . .	19
2.1.3 Envolvente térmica . . . . .	20
2.1.4 Transmitancia térmica . . . . .	20
2.1.5 Alternativas de mejoramiento . . . . .	21
2.1.6 Paquete de mejoramiento . . . . .	21
2.2 Resumen artículo base . . . . .	21
2.2.1 Descripción de la metodología del artículo . . . . .	22
2.2.2 Conclusiones del artículo . . . . .	27
2.2.3 Alcance del artículo en el proyecto . . . . .	28
2.3 Estado del arte de herramientas similares . . . . .	28
2.3.1 Clasificación en base a las técnicas utilizadas para modelar . . . . .	30
2.3.2 Clasificación en función de su metodología . . . . .	31
2.3.3 Clasificación por tipos de usuario . . . . .	32
2.3.4 Clasificación por tipos de entrada y salida de datos . . . . .	32

2.3.5	Clasificación por plataforma . . . . .	34
2.3.6	Clasificación por zona geográfica . . . . .	34
2.3.7	Herramientas conocidas . . . . .	34
2.3.8	Estructura general de las herramientas . . . . .	35
2.4	Conclusiones del estado del arte . . . . .	36
<b>Capítulo 3 Definición del Sistema</b>		<b>37</b>
3.1	Propuesta . . . . .	37
3.2	Ambiente de Ingeniería de Software . . . . .	37
3.2.1	Metodología utilizada . . . . .	37
3.2.2	Estándares utilizados . . . . .	39
3.2.3	Herramientas de apoyo . . . . .	39
3.3	Definiciones de siglas y abreviaciones . . . . .	39
3.3.1	Definiciones . . . . .	39
3.4	Hardware y Software . . . . .	40
<b>Capítulo 4 Requisitos del software</b>		<b>41</b>
4.1	Alcances . . . . .	41
4.2	Objetivos del software . . . . .	41
4.3	Descripción global del producto . . . . .	42
4.3.1	Interfaz de usuario . . . . .	42
4.3.2	Interfaz de hardware . . . . .	43
4.3.3	Interfaz de software . . . . .	43
4.3.4	Interfaces de comunicación . . . . .	43
4.4	Requisitos específicos . . . . .	44
4.4.1	Requisitos funcionales . . . . .	44
4.4.2	Interfaces externas de entrada . . . . .	48
4.4.3	Interfaces externas de salida . . . . .	49
4.4.4	Requisitos no funcionales . . . . .	50
<b>Capítulo 5 Estudio factibilidad</b>		<b>53</b>
5.1	Factibilidad técnica . . . . .	53
5.1.1	Análisis . . . . .	53
5.1.2	Recursos disponibles . . . . .	54
5.2	Factibilidad económica . . . . .	55
5.3	Factibilidad operativa . . . . .	55
5.4	Notas finales del estudio de factibilidad . . . . .	55

<b>Capítulo 6 Análisis</b>	<b>56</b>
6.1 Casos de uso . . . . .	56
6.1.1 Actores . . . . .	56
6.1.2 Diagramas . . . . .	56
6.1.3 Especificación de los casos de uso . . . . .	58
6.2 Modelamiento de datos . . . . .	64
6.2.1 Representación de entidades aplicación . . . . .	66
6.2.2 Representación entidades web . . . . .	68
<b>Capítulo 7 Diseño y construcción</b>	<b>69</b>
7.1 Diseño arquitectónico . . . . .	69
7.2 Diagramas de clases . . . . .	70
7.3 Modelo físico de las base de datos . . . . .	73
7.4 Diseño interfaz de Usuario . . . . .	75
7.4.1 Diseño Visual . . . . .	75
7.4.2 Organización áreas de contenido en interfaz visual . . . . .	75
7.4.3 Diseño de dialogos . . . . .	76
7.4.4 Organización áreas contenido diálogo . . . . .	77
<b>Capítulo 8 Pruebas</b>	<b>78</b>
8.1 Plan de pruebas . . . . .	78
8.1.1 Objetivos del plan de pruebas . . . . .	78
8.1.2 Elementos de pruebas . . . . .	78
8.2 Especificación de las pruebas . . . . .	79
8.2.1 Responsable de las pruebas . . . . .	80
<b>Capítulo 9 Conclusiones y trabajos futuros</b>	<b>81</b>
9.1 Trabajo futuro . . . . .	82
<b>Bibliografía</b>	<b>83</b>
<b>Apéndice A Caso de ejemplo</b>	<b>85</b>
A.1 Características de la vivienda . . . . .	85
A.1.1 Simulaciones de mejoras . . . . .	85
A.2 Ordenamiento de soluciones . . . . .	88
A.3 Selección paquetes . . . . .	88
A.4 Eliminación de incompatibilidades . . . . .	89

---

<b>Apéndice B Especificación Detallada de Casos de Uso</b>	<b>90</b>
<b>Apéndice C Especificación Detallada de pruebas</b>	<b>108</b>
C.1 Pruebas de unidad . . . . .	108
<b>Apéndice D Planificación Inicial y Resumen del Esfuerzo Requerido</b>	<b>113</b>
D.1 Calculo de los puntos de casos de uso sin ajustar . . . . .	113
D.2 Factores técnicos . . . . .	115
D.3 Factores de entorno . . . . .	116
D.3.1 Estimación por etapa . . . . .	116
D.4 Planificación inicial . . . . .	117
D.5 Esfuerzo real . . . . .	117
D.5.1 Análisis . . . . .	117
D.5.2 Programación . . . . .	117
D.5.3 Pruebas . . . . .	117
D.6 Conclusiones de planificación . . . . .	117

# Índice de figuras

1	Flujograma de la metodología de García et al [12]	15
2	Clasificación de rehabilitación energética	19
3	Envolvente térmica de una vivienda	20
4	Esquema metodología de García et al [12]	22
5	Alcance de la metodología en el proyecto	28
6	Evolución de la cantidad de herramientas para mejoras de eficiencia energética	30
7	Modelo law-driven v/s data-driven	31
8	Elementos condicionadores	35
9	Kanban del proyecto	38
10	Menú de navegación	42
11	Diagrama de casos de uso de Opciones	57
12	Diagrama de casos de uso de Proyectos	57
13	Diagrama de casos de uso de Vivienda y Paquetes	58
14	Diagrama de casos de uso misceláneo	58
15	Modelo entidad relación aplicación	65
16	Diagrama entidad relación web	67
17	Diseño arquitectónico	69
18	Diagrama de clases librería SMEE(paquete utils)	71
19	Diagrama de clases librería SMEE(paquete core)	72
20	Modelo físico base de datos aplicación	73
21	Modelo físico base de datos aplicación	74
22	Esquema de la interfaz principal	75
23	Esquema diálogos	76

# Índice de tablas

1	Alternativas para reducir la demanda energética . . . . .	23
2	Detalle JVM . . . . .	43
3	Hardware factibilidad técnica . . . . .	54
4	Software factibilidad técnica . . . . .	54
5	Recurso Humano factibilidad técnica . . . . .	54
6	Especificación caso de uso 01 . . . . .	59
7	Especificación caso de uso 02 . . . . .	59
8	Especificación caso de uso 03 . . . . .	59
9	Especificación caso de uso 04 . . . . .	60
10	Especificación caso de uso 05 . . . . .	60
11	Especificación caso de uso 06 . . . . .	60
12	Especificación caso de uso 07 . . . . .	61
13	Especificación caso de uso 08 . . . . .	61
14	Especificación caso de uso 09 . . . . .	61
15	Especificación caso de uso 10 . . . . .	62
16	Especificación caso de uso 11 . . . . .	62
17	Especificación caso de uso 12 . . . . .	62
18	Especificación caso de uso 13 . . . . .	63
19	Especificación caso de uso 16 . . . . .	63
20	Especificación caso de uso 15 . . . . .	63
21	Especificación caso de uso 14 . . . . .	64
22	Representación de entidades aplicación . . . . .	67
23	Representación de entidades web . . . . .	68
24	Representación de clases paquete utils . . . . .	70
25	Representación de clases paquete core . . . . .	71
26	Especificación prueba de funcionalidad . . . . .	79

27	Especificación prueba de interfaz y navegación . . . . .	79
28	Especificación prueba de desempeño . . . . .	80
29	Ejemplo Soluciones ordenadas . . . . .	88
30	Especificación detallada CU 01 . . . . .	91
31	Flujo alternativo CU 01 . . . . .	92
32	Especificación Detallada CU 02 . . . . .	93
33	Flujo alternativo CU02 . . . . .	94
34	Especificación Detallada CU 03 . . . . .	95
35	Flujo alternativo CU03 . . . . .	96
36	Especificación Detallada CU 04 . . . . .	97
37	Flujo alternativo CU04 . . . . .	97
38	Especificación Detallada CU 05 . . . . .	98
39	Flujo alternativo CU05 . . . . .	98
40	Especificación Detallada CU 06 . . . . .	98
41	Flujo alternativo CU06 . . . . .	99
42	Especificación Detallada CU 07 . . . . .	99
43	Flujo alternativo CU07 . . . . .	99
44	Especificación Detallada CU 08 . . . . .	100
45	Flujo alternativo CU08 . . . . .	100
46	Especificación Detallada CU 09 . . . . .	101
47	Flujo alternativo CU09 . . . . .	101
48	Especificación Detallada CU 10 . . . . .	102
49	Flujo alternativo CU10 . . . . .	102
50	Especificación Detallada CU 11 . . . . .	103
51	Flujo alternativo CU11 . . . . .	103
52	Especificación Detallada CU 12 . . . . .	104
53	Flujo alternativo CU12 . . . . .	104
54	Especificación Detallada CU 13 . . . . .	105
55	Flujo alternativo CU13 . . . . .	105
56	Especificación Detallada CU 14 . . . . .	106
57	Flujo alternativo CU14 . . . . .	106
58	Especificación Detallada CU 15 . . . . .	106
59	Flujo alternativo CU15 . . . . .	106
60	Especificación Detallada CU 16 . . . . .	107
61	Flujo alternativo CU16 . . . . .	107

62	Prueba unitaria año construcción . . . . .	108
63	Prueba unitaria Superficie . . . . .	108
64	Prueba unitaria perimetro expuesto . . . . .	109
65	Prueba unitaria cantidad pisos . . . . .	109
66	Prueba unitaria superficie muros . . . . .	109
67	Prueba unitaria superficie ventanas . . . . .	110
68	Prueba unitaria cantidad puertas . . . . .	110
69	Prueba unitaria cantidad ventanas . . . . .	110
70	Prueba unitaria cantidad infiltraciones . . . . .	111
71	Prueba unitaria superficie cielo . . . . .	111
72	Prueba unitaria factor de infiltraciones . . . . .	111
73	Prueba unitaria altura promedio . . . . .	111
74	Prueba unitaria superficie promedio por ventana . . . . .	112
75	Prueba unitaria KWh por superficie . . . . .	112
76	Factor de peso de los actores . . . . .	113
77	Factor de peso de los casos de uso sin ajustar . . . . .	115
78	Complejidad factores técnicos . . . . .	115
79	Complejidad en factores medioambientales . . . . .	116
80	Carta Gantt inicial . . . . .	118

# Introducción

Una temática que no se puede pasar por alto en nuestros días, es acerca del consumo energético. De acuerdo a la comisión nacional de energía<sup>1</sup>, el consumo energético mundial incrementara un 57 % entre 2004 y 2030[6], lo cual no sería preocupante si se dependiera de energías renovables y no contaminantes.

Por otro lado en Chile, las viviendas consumen una quinta parte de la energía nacional[11]. García et al [12] realizaron una investigación con el objetivo de reducir el consumo energético en las viviendas de Concepción, Chile, mediante la implementación de paquetes de mejoramiento energético basados en ocho alternativas de solución.

Este proyecto tiene como objetivo el desarrollo de una herramienta de apoyo a la investigación de García et al [12].

El presente documento detalla los aspectos técnicos, teóricos y de ingeniería, para el proyecto “Sistema de apoyo a la generación de paquetes para mejoras de eficiencia energética en Viviendas de Concepción, Chile”, el cual esta orientado a la automatización y mejora de la metodología planteada para generar el detalle de estos paquetes.

A continuación se expone un detalle de cada capítulo presente en el informe, junto a las actividades más relevantes que se presentan en cada uno.

En el primer capítulo, se darán a conocer la problemática y justificación del proyecto, así como también los objetivos del proyecto con sus límites y aportes.

El segundo capítulo corresponde al marco teórico del proyecto, el que detalla conceptos necesarios para la comprensión de este trabajo. Además, entrega un resumen del artículo de García et al[12], el cual sirve como base al presente trabajo. También se expone un estado del arte de herramientas similares como punto de comparación y clasificación.

El tercer capítulo define el sistema de una manera amplia, como una preámbulo para los requisitos de software, dejando clara la propuesta de sistema con detalles como la metodología a utilizar, la definición de siglas y abreviaciones.

El cuarto capítulo detalla la especificación de requisitos del sistema, considerando

---

<sup>1</sup>Fuente: <http://www.cne.cl/>

requisitos funcionales, no funcionales, entradas y salidas.

El quinto capítulo muestra la validación en términos de factibilidad del desarrollo del proyecto. Se especifican análisis de factibilidad técnica, operativa y económica, para finalmente entregar una conclusión objetiva respecto a este ámbito.

El sexto capítulo esta dedicado a la construcción del sistema, donde los diagramas de caso de uso ayudarán a comprender la relación entre el usuario y la aplicación. Así mismo, este capítulo entrega el detalle del modelo entidad relación y el modelo conceptual de la aplicación.

El séptimo capítulo muestra el diseño y construcción del sistema en términos de su diseño arquitectónico, su diagrama de clases, y su modelo físico.

El octavo capítulo resume las pruebas del software, exponiendo el plan, y detallando la especificación de éstas.

El noveno capítulo muestra un resumen del esfuerzo requerido en el desarrollo del software, utilizando la herramienta de puntos de casos de uso.

Finalmente entrega las conclusiones del proyecto, junto con algunas declaraciones sobre posibles trabajos futuros.

# Capítulo 1

## Generalidades

### 1.1. Origen del tema y problemática

La eficiencia energética es un tema que actualmente no pasa desapercibido, y que tanto los gobiernos, empresas como personas están considerando al momento de tomar decisiones. Los gobiernos legislan en base a estudios medioambientales y racionamientos energéticos, las empresas miden su huella de carbono, y por otro lado las familias están tomando la tendencia de cambiar sus electrodomésticos a otros más eficientes, pero todos estos actores tienen un interés en común aparte de la filantropía del tópico, y es reducir sus costos. Gracias a lo mayúsculo del tema, se abren las puertas a las investigaciones, y el tema toma fuerza en las universidades.

En el marco del proyecto FONDECYT Nº 1120165 de “Evaluación de modelos de simulación ambiental en viviendas de la zona centro-sur de Chile”, y específicamente en el artículo “Analysis of energy-efficiency Improvements in single-family dwellings in Concepcion, Chile” (Análisis de mejoras de eficiencia energética en viviendas individuales de Concepción, Chile) [12] se propone y evalúa una metodología para la generación de paquetes de mejoramiento energético, el cual tiene como objetivo ofrecer un conjunto de mejoras de eficiencia energéticas, asociadas al consumo de combustible en los meses fríos.

A partir de este estudio, y con la intención por parte de los autores de automatizar su proceso, nace la necesidad de desarrollar el actual proyecto.

### 1.2. Justificación

Actualmente la metodología para generar paquetes de mejoramiento (ver sección 2.1.6) se aplica mediante varios procesos separados (ver figura 1), primero: la simulación

base del consumo energético de la vivienda, que se realiza con el software EnergyPlus<sup>1</sup> y DesignBuilder<sup>2</sup>. Luego se simula el consumo de la vivienda con cada una de las mejoras propuestas en una tabla de manera individual. Seguido de esto, se realiza la generación de los paquetes en base a un análisis económico de las alternativas. En este paso, es donde radica el principal inconveniente, debido a que se realiza a través de hojas de cálculo. Algunos problemas de este enfoque son: falta de escalabilidad, datos excesivos, poca o nula abstracción al usuario, y falta de claridad en la información entregado.

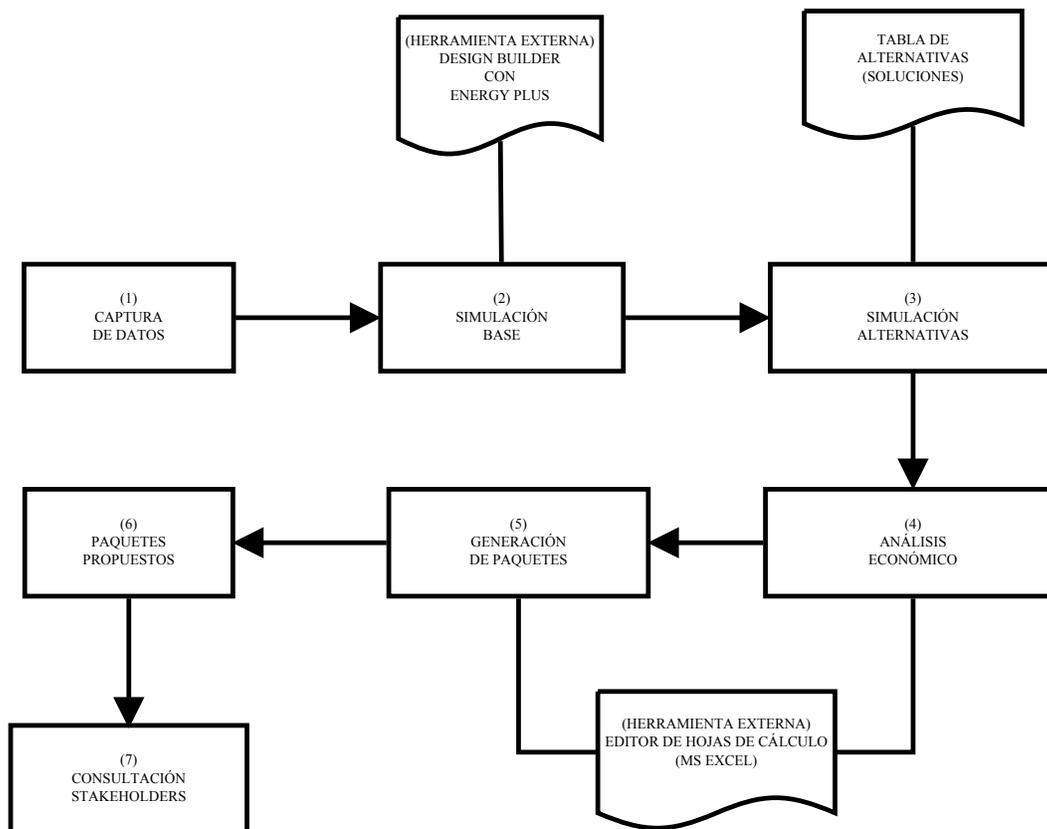


Figura 1: Flujograma de la metodología de García et al [12]

Debido a todo lo anterior se necesita automatizar parcialmente la metodología de manera informática, para generar así una herramienta que pueda usarse de manera más eficaz y funcional, sin las desventajas de las hojas de calculo existentes.

<sup>1</sup>Software de análisis y simulación térmica.

<sup>2</sup>Software de simulación y diseño de construcciones, cuyo motor es EnergyPlus.

### 1.3. Descripción del área de estudio

El presente proyecto se desarrolla en conjunto con académicos del Doctorado de Arquitectura y urbanismo en la Universidad del Bío-Bío, en el marco del proyecto FONDECYT Nº1120165, el director del programa, don Rodrigo García, y también principal autor del artículo base, es quien co-guía el proyecto.

### 1.4. Objetivos del proyecto

A continuación se describen los objetivos del proyecto.

#### 1.4.1. Objetivo general

Desarrollar un software y procedimientos asociados que permitan incrementar la automatización del proceso de generación de paquetes de mejoramiento energético de viviendas, en Concepción, Chile.

#### 1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar una breve investigación del estado del arte acerca de las herramientas de mejoramiento energético.
- Formalizar y modelar el proceso de mejoras de eficiencia energética.
- Diseñar y construir un software que permita apoyar el proceso de mejoras de eficiencia energética, de manera que responda a la funcionalidad de los requisitos solicitados.
- Diseñar manuales y procedimientos que operen sobre el software.
- Redactar y mantener documentación técnica del software para futuras mantenimientos y posibles extensiones.

### 1.5. Aportes

Los principales aportes de este proyecto son:

- La definición formal del proceso de generación de paquetes de mejoramiento energético.

- La creación de una librería base para escalar futuros proyectos, sobre la cual se puedan desarrollar otras herramientas relacionadas, o potenciar herramientas existentes.
- La creación de una aplicación de escritorio que permita ser una interfaz gráfica para la librería recién descrita, y así poder realizar comparaciones con casos existentes.
- La generación de una base de datos para las viviendas de Concepción que se ingresen a dicha aplicación de escritorio, lo cual permitirá generar una base de conocimiento para trabajos futuros.

## 1.6. Límites

Este proyecto se limita principalmente al desarrollo de una librería base, sobre el proceso de mejoramiento energético descrito exclusivamente en el artículo de García et al[12], y adicionalmente sobre la construcción del software experimental de escritorio para ésta.

Así mismo, el proyecto no busca simular el consumo energético de viviendas, ni conectarse a otras herramientas existentes. Por otro lado, no existen limitaciones en cuanto a lenguajes de programación, motores de base de datos, ni paradigmas a aplicar, lo que implica que sé escogió arbitrariamente y en base a la experiencia algunos de éstos.

# Capítulo 2

## Marco Teórico

Este capítulo define y describe conceptos necesarios para entender el contexto del proyecto. Resume el trabajo base del artículo central de este proyecto. Finalmente desarrolla un estado del arte sobre herramientas similares al software que se desarrolla en este trabajo.

### 2.1. Conceptos Previos

Para una mayor comprensión del presente trabajo es necesario entender ciertos conceptos relacionados a eficiencia energética y características de viviendas. Se describirán los conceptos de:

- Eficiencia energética.
- Mejoramiento energético.
- Envolverte térmica.
- Transmitancia térmica.
- Alternativa de mejoramiento.
- Paquete de mejoramiento energético.

#### 2.1.1. Eficiencia energética

También conocido como ahorro de energía, se define como la reducción del consumo energético mediante un menor uso ésta. Difiere del uso eficiente de energía, que hace alusión a la utilización de menos energía para un servicio constante [1], por ejemplo:

Conducir menos tiempo un vehículo es un caso de eficiencia energética, mientras que manejar un vehículo de menor cilindrada, es uno de uso eficiente de energía. Sin embargo ambos son métodos de reducción del uso de energía

Puede aplicarse entre otros, a la iluminación, calefacción, o al uso de electrodomésticos, pero el proyecto en desarrollo se acota a la eficiencia energética en calefacción para los meses fríos.

### 2.1.2. Mejoramiento energético

También conocido como rehabilitación energética, es toda mejora que permite la reducción del consumo energético, o el aumento de la eficiencia. Puede ser un comportamiento, o un cambio físico en algún elemento que consume energía o que afecta el consumo de ésta. Un ejemplo de mejoramiento energético sería cambiar las ampolletas por unas de menos potencia, por el lado de un comportamiento, una mejora sería cambiar el habito de apagar las luces que no se utilizan. También un ejemplo de reducir indirectamente el consumo energético de un elemento, sería sellar las juntas de las puertas y ventanas, para que no se fugue el calor de una estufa. El presente proyecto trata de este tipo de mejoras, las cuales se aplican a la envolvente térmica para aumentar la eficiencia.

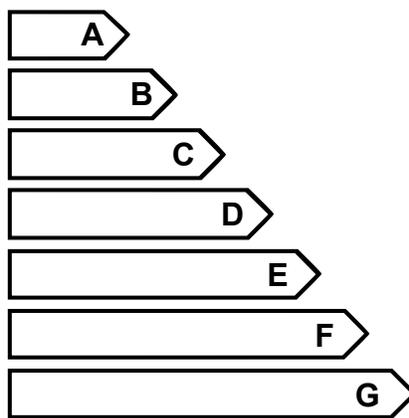


Figura 2: Clasificación de rehabilitación energética

Se puede clasificar el consumo energético de las viviendas usando escalas bastante conocidas, que se emplean en la medición de elementos como los electrodomésticos, (ver figura 2). Esta escala considera las letras de la “A” a la “G”, donde las viviendas calificadas con la letra “A”, son las más eficientes en cuanto a consumo energético, y las con letra “G” son las menos eficientes. Por lo anterior, se puede considerar una

rehabilitación o mejoramiento energético, si se logra subir al menos una letra en la escala (e.g. cambiar la clasificación de una vivienda desde “C” hasta “B”).

### 2.1.3. Envoltente térmica

Se define como envoltente térmica de un edificio o vivienda, a la capa que la protege de la temperatura, aire y humedad exteriores, ver figura 3.

La envoltente térmica de un edificio se compone de todos los cerramientos que limitan espacios habitables y el ambiente exterior, ya sea aire, terreno, u otro edificio, y por las particiones interiores que separan espacios habitables de los no habitables que también limitan con el exterior [2]. La envoltente térmica de una vivienda sirve de aislamiento térmico y escudo contra inclemencias climatológicas.

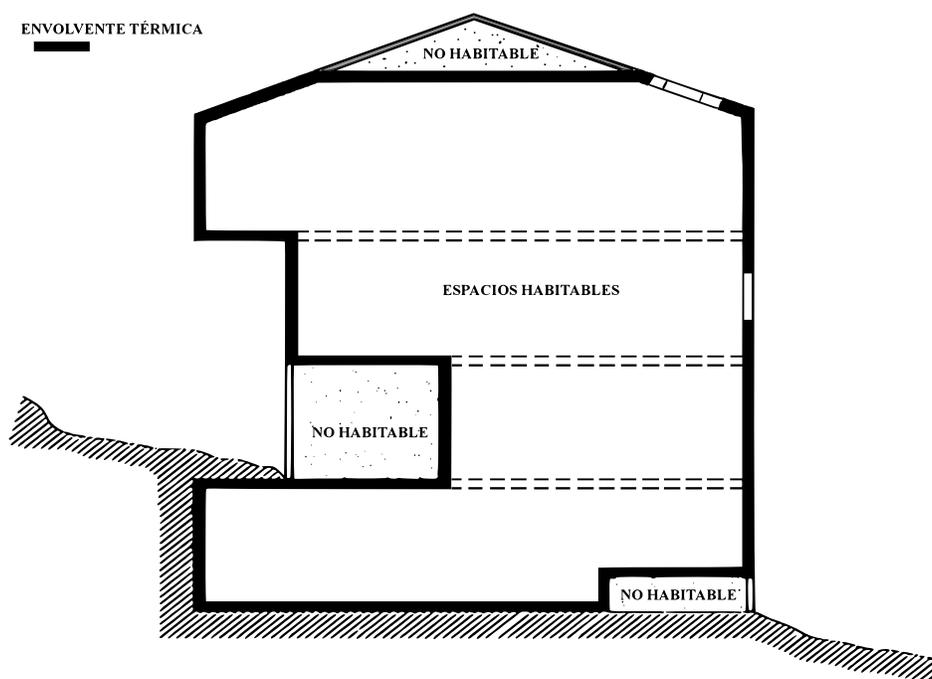


Figura 3: Envoltente térmica de una vivienda

### 2.1.4. Transmitancia térmica

Es la medida del calor que fluye en el tiempo por una superficie, transferido a través de un sistema constructivo, formado por una o más capas de material, de caras plano paralelas.

Se emplea para expresar la capacidad aislante de un elemento constructivo formado por una o más capas de materiales. Físicamente hablando, es la cantidad de energía que

fluye en el tiempo, a través de una superficie. También, es el inverso de la resistencia térmica, y se mide en  $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ , su expresión matemática [13] es:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{k}{L}$$

Donde  $R$  es la resistencia térmica,  $k$  es la conductividad térmica del material, y  $L$  es el espesor del material. De la misma fórmula se puede ver la proporcionalidad inversa con respecto al espesor del material, es decir, a mayor espesor de un mismo sistema constructivo, menor es su transmitancia, por lo que menos calor entra o sale a través de ese sistema. Por otro lado se puede ver que un sistema constructivo con muy alta conductividad térmica, tiene una mayor transmitancia, es decir, la transmitancia térmica, es directamente proporcional a la conductividad del sistema.

### 2.1.5. Alternativas de mejoramiento

Una alternativa de mejoramiento, es una solución o mejora pre-evaluada que busca cumplir algún objetivo como incrementar el espesor del aire, o disminuir la transmitancia térmica de la envolvente, un ejemplo de esto sería aplicar EIFS (External Insulation and Finish System, o Sistema de aislamiento térmico exterior )a los muros exteriores del primer piso, lo que disminuiría la transmitancia térmica de ese muro, debido a que ésta solución aporta al sistema constructivo del muro una conductividad más baja, y espesor mayor [12].

### 2.1.6. Paquete de mejoramiento

Un paquete de mejoramiento energético, es un conjunto de alternativas clasificadas y ordenas por algún criterio, por ejemplo, económico o de eficiencia, cuyo objetivo es entregar una mejora de eficiencia energética a una vivienda en estudio [12].

## 2.2. Resumen artículo base

El actual proyecto se basa en el artículo de García et al [12], "*Analysis of energy-efficiency Improvements in single-family dwellings in Concepcion, Chile*".

Este estudio inicia basándose en el actual agotamiento de los combustibles fósiles que son nuestro principal núcleo energético, y el impacto medioambiental del uso actual de esas fuentes de energía, contextualizado en la provincia de Concepción, específicamente

en viviendas individuales<sup>1</sup>, de familias únicas<sup>2</sup>.

El artículo indica que en Chile, cerca de un quinto del consumo energético del país, corresponde a las viviendas[11]. Además, este consumo está aumentando en el tiempo.

### 2.2.1. Descripción de la metodología del artículo

Se define y declara una metodología para ayudar a la eficiencia energética en estas viviendas.

Define una metodología de cinco pasos, como se muestra en la figura 4, los cuales se detallan a continuación.



Figura 4: Esquema metodología de García et al [12]

#### 1. Recopilación de datos

Implica la reunión de datos necesarios para simular y analizar cada caso. Se recolectan datos acerca de la periferia inmediata (estructuras vecinas), orientación del sol, tamaño y tipo de aperturas (puertas y ventanas), caracterización de la envolvente térmica, es decir, materiales de construcción y espesor de éstos, debido a que afecta directamente a la transmitancia térmica de la envolvente (ver sección 2.1.4). También se recolecta las condiciones del suelo y del cielo. También se toman datos de comportamiento, como los patrones generales de ocupación, o consumo de combustible. Además, se solicita la tasación estimada de la vivienda.

#### 2. Simulación base

Consiste en llevar a cabo el calculo térmico dinámico de la vivienda en estudio (modelado y análisis térmico) por medio de un software de simulación. Esto debe hacerse por un profesional con las habilidades y conocimientos necesarios. Como

<sup>1</sup>No colindan con otras construcciones, es decir, no pareadas

<sup>2</sup>Específicamente se excluyen pensiones, hostales o viviendas con usos distintos

resultado de esta simulación se obtiene la demanda base en promedio, medida en kiloWatts por hora año [kWh], donde se evalúan los meses *fríos*, es decir desde Mayo a Octubre.

### 3. Simulación de alternativas

En estudios previos de la región [4, 8, 10, 11], se recomienda reducir la infiltración de aire y la transmitancia térmica de la envolvente para mejorar la eficiencia energética. En base a las consideraciones de dichos estudios, García et al [12] plantea una tabla con ocho soluciones para reducir la demanda energética (ver tabla 1). Del modelo de la etapa anterior, y a través del mismo software, se realizan modificaciones en la simulación, con cada solución de la tabla 1 aplicada de manera individual. Lo que permite evaluar el impacto en el consumo energético de la vivienda. Esto entrega una demanda asociada a cada alternativa, igualmente medida en [kWh] por año.

NÚMERO	DESCRIPCIÓN	COSTO	UNIDAD
1	Sellado de puertas externas.	US\$ 19	Cada puerta.
2	Sellado de ventanas.	US\$ 12	Cada ventana.
3	Sellado de cañerías y perforaciones eléctricas a través de paredes exteriores, o del techo.	US\$ 13	Cada perforación.
4	Sellado del perímetro de las paredes exteriores (Guardapolvos).	US\$ 9	[m]
5	Aislamiento externo en el primer piso.	US\$ 46	[m <sup>2</sup> ]
6	Aislamiento externo en el segundo piso.	US\$ 55	[m <sup>2</sup> ]
7	Reemplazo de ventanas por cristal doble.	US\$ 261	[m <sup>2</sup> ]
8	Aislamiento adicional en techumbre.	US\$ 16	[m <sup>2</sup> ]

Tabla 1: Alternativas para reducir la demanda energética

#### 4. Análisis económico, y generación de paquetes

Esta etapa radica en la evaluación de cada alternativa de mejora, para crear paquetes de las medidas más eficientes que combinen ahorro de energía a un bajo presupuesto, en base a los precios de la tabla 1.

Para lo cual se necesita calcular un factor de eficiencia definido por García et al [12], el cual se obtiene del costo monetario de la alternativa con respecto al ahorro energético que entrega :

$$\text{Factor de Eficiencia} = \frac{\text{Costo total de la alternativa } [\$]}{\text{Ahorro } [kWh]}$$

Donde: (2.1)

$$\text{Ahorro } [kWh] = \text{Demanda base } [kWh] - \text{Demanda Alternativa } [kWh]$$

$$\text{Costo Total Alternativa} = \text{Costo Unitario} \times \text{Unidades en la vivienda}$$

La interpretación de este factor es, a menor factor, más eficiente será la alternativa, por ende, este factor es inversamente proporcional a la eficiencia de la alternativa. Se debe considerar que el ahorro debe ser mayor a 0.

Los paquetes en esta etapa se calculan bajo los siguientes supuestos.

$$\text{Eficiencia Paquete} = \sum \text{Eficiencia alternativa} \tag{2.2}$$

$$\text{Ahorro del Paquete} = \sum \text{Ahorro alternativas}$$

La selección de alternativas en cada paquete de mejoramiento se puede explicar con el algoritmo 1.

El algoritmo 1, corresponde a ordenar las alternativas de mejoras en cada vivienda, ordenarlas por su factor de eficiencia y luego extraer las primeras alternativas que no superen un máximo predefinido. Los máximos predefinidos por García et al, son de un cinco, un diez, y un quince por ciento de la tasación de la vivienda, lo que de acuerdo a los autores, es el poder de endeudamiento promedio de los dueños de una vivienda. En la práctica estos supuestos pueden muy probablemente variar, ya que, por ejemplo, la sumatoria de las eficiencias de las mejoras en un paquete, no necesariamente se comportan de manera lineal. Es decir, existen casos en que

```

Entrada:
  alternativas[] //alternativas de mejora
  ahorros[] //ahorros por alternativa
  costos[] //costos totales por alternativa
  maximos[] //máximos valores para cada paquetes
Salida:
  paquetes[] //paquetes de mejoramiento
Variables:
  factor[] //factores de eficiencia
  valor_paquete //variable temporal
  it //iterador
  alternativa //variable temporal para la alternativa
  paquete //variable temporal para cada paquete

Inicio

Para cada alternativa en alternativas[] Hacer
  factor[alternativa] <- costos[alternativa] / ahorros[alternativas]
Fin Para

factores[] <-ordenar_ascendentemente(factores[])

Para cada maximo en maximos Hacer
  valor_paquete <- 0
  it <- 1

  Mientras valor_paquete < maximo Hacer
    alternativa <- factor[it].alternativa
    valor_paquete <- valor_paquete+costos[alternativa]
    agregar_alternativa(alternativa, paquete)
    it <- it +1
  Fin Mientras

  quitar_incompatibilidades(paquete)
  paquete = paquete->siguiente
Fin Para

retornar paquetes[]

Fin Algoritmo

```

**Algoritmo 1:** Generación de paquetes de García et al[12]

aplicar una mejora adicional, no aporta en nada a la eficiencia total, o por el contrario, un par de mejoras pueden generar una sinergia positiva, generando un ahorro mayor como conjunto que como mejoras individuales.

Cabe destacar que el enfoque que se aplica al factor de eficiencia, no es estricto, ya que se basa exclusivamente en el poder de endeudamiento de los dueños de una vivienda, pero queda abierta la opción de dar un enfoque distinto, e.g. obviar el costo monetario de las alternativas y solo considerar la más eficiente en términos energéticos, o considerar el esfuerzo en tiempo de implementar la solución con respecto a su reducción en el consumo energético.

Luego de la selección de soluciones y la generación de paquetes, se ejecuta como soporte a la siguiente etapa, un análisis financiero de los paquetes, el cual entrega el costo/beneficio total de las soluciones con respecto a un periodo de tiempo y una tasa de descuento dadas.

Para realizar este análisis, se deben considerar los siguientes atributos adicionales para las soluciones:

**Costo de mantención:** Es el costo de la inversión necesaria sobre una solución para que cumpla su función en el tiempo de estudio (e.g. Las ventanas selladas en base a la solución 1 de la tabla 1, tienen una duración de dos años, plazo en el que se deben reemplazar los burletes y sellos de la ventana, el valor económico de esa inversión, es el costo de mantención).

**Ciclo de mantención:** Es el tiempo de cada solución en el que se debe realizar un cambio para que siga operativa. (para ejemplo anterior es de dos años).

**Valor residual:** Es el valor económico de liquidar una solución en un periodo de tiempo (e.g. vender las ventanas de cristal doble).

**Porcentaje valor residual:** Corresponde al porcentaje del costo inicial de la solución, el cual se valora en un tiempo futuro. Es un concepto similar a la depreciación (e.g. Las ventanas cuestan un 60% de su valor inicial).

**Ciclo reducción residual:** Es el periodo de tiempo en el cual se vuelve a calcular el valor residual de una solución sobre su precio inicial, logrando así que eventualmente su valor residual pueda ser cero.

Con los atributos anteriores, se puede realizar un análisis considerando el valor presente de cada solución, sumando sus costos de mantención y valores residuales. Esto permite estimar cual es la verdadera inversión inicial de cada paquete de

soluciones, en un tiempo acorde a un financiamiento (e.g. credito hipotecario de 20 años).

Por otro lado se considera el ahorro en energía gracias al ahorro entregado por las soluciones de los paquetes. Este ahorro se calcula en base a las fuentes de energía más utilizados (i.e. leña, electricidad, y gas licuado), donde se resta el consumo energético si no hubieran soluciones, contra el caso de la solución aplicada.

También se calcula una estimación del incremento de la tasación comercial de la vivienda, y se puede comparar con la inversión inicial realizada. Es decir, la vivienda aumenta su tasación comercial con la inversión realizada en ella.

$$\text{Tasacion vivienda mejorada} = \text{Tasación vivienda inicial} + \text{Inversion paquete}$$

Con todos estos elementos se puede hacer la consulta a los stakeholders con argumentos económicos.

## 5. Consultación

Esta etapa implica explicar los paquetes definidos a los residentes de la vivienda, así como también supervisores y trabajadores, con la intención de que acepten y entiendan las modificaciones a implantar.

### 2.2.2. Conclusiones del artículo

El artículo presenta una estrategia que propone modificaciones aplicables a viviendas nuevas o existentes. El proceso es realizado en viviendas de la provincia de Concepción, Chile, pero no implica la incapacidad de aplicarse en otros sitios con condiciones similares. No obstante, ciertos datos desconocidos o inciertos, podrían ser gestionadas en el proceso con respecto a la descripción de componentes de construcción, tasas de fuga de aire y niveles de *comfort*, es decir, la comodidad que sienten los habitantes de una vivienda.

Finalmente plantea como trabajo futuro, y como inicio de este proyecto, que el proceso debe ser sistematizado en una plataforma computacional, para ser usado en programas de construcción o renovación de viviendas.

### 2.2.3. Alcance del artículo en el proyecto

Como este trabajo es la primera etapa de los trabajos futuros del artículo, se realizará una plataforma experimental descrita en los siguientes capítulos, que en resumen tomará en cuenta las etapas demarcadas en la figura 5, es decir, considerará el análisis económico de las simulaciones con el factor de eficiencia descrito en la etapa 4 de la metodología para poder generar los paquetes. Así mismo, se excluyen las simulaciones tanto base, como de alternativas, esto implica que para este proyecto se considerarán datos de entrada de estas simulaciones, pero seguirán realizándose en software externos.

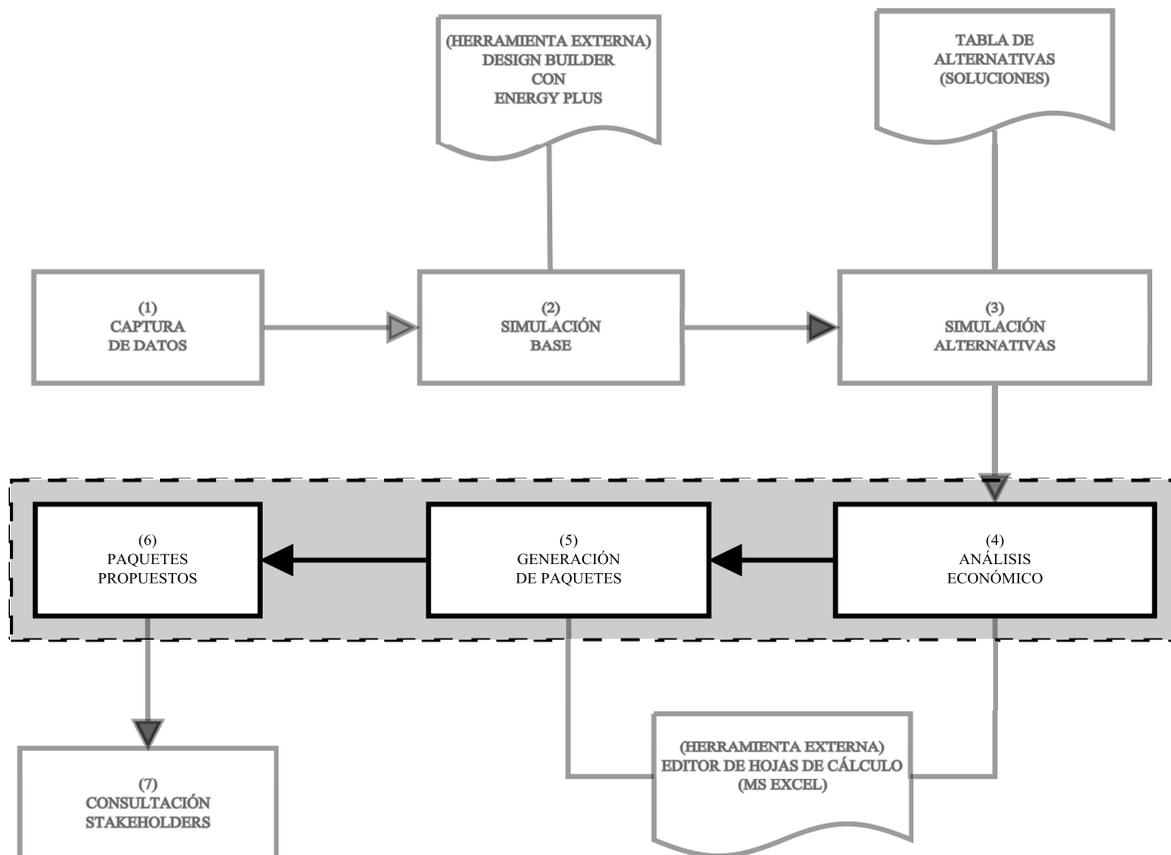


Figura 5: Alcance de la metodología en el proyecto

### 2.3. Estado del arte de herramientas similares

A continuación se presenta un estado del arte de herramientas de evaluación de eficiencia energética en edificios, que son similares a las que se desarrollan en este

proyecto, los artículos considerados, son literatura gris<sup>3</sup> entregada por el académico en visita Alexis Pérez Fargallo, de la Universidad de Sevilla.

Una herramienta de evaluación de eficiencia energética es un programa analítico para la evaluación de los consumos o demandas de energía de los edificios, emisiones de CO<sub>2</sub>, análisis del diseño o de mejoras de su estado actual, y estudios de inversiones en eficiencia energética[16].

Su clasificación es compleja debido a los múltiples conceptos que pueden englobar. Se puede hacer una aproximación a la clasificación atendiendo a los siguientes parámetros:

- Técnicas utilizadas para modelar.
- Metodología de análisis.
- Usuarios.
- Tipos de entradas y de salidas de datos.
- Entorno de programación.
- Zona geográfica.
- Sectores considerados.
- Energías renovables.

En paralelo, la cantidad de herramientas ha estado evolucionando de manera constante, debido a que cada herramienta cumple una función muy específica, al año 2009 ya existían 377 herramientas<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup>Documentos entregados por medios no convencionales, e.g. Documento entregado por un académico, pero que nunca ha sido publicada.

<sup>4</sup>Fuente: [http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools\\_directory/](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/)

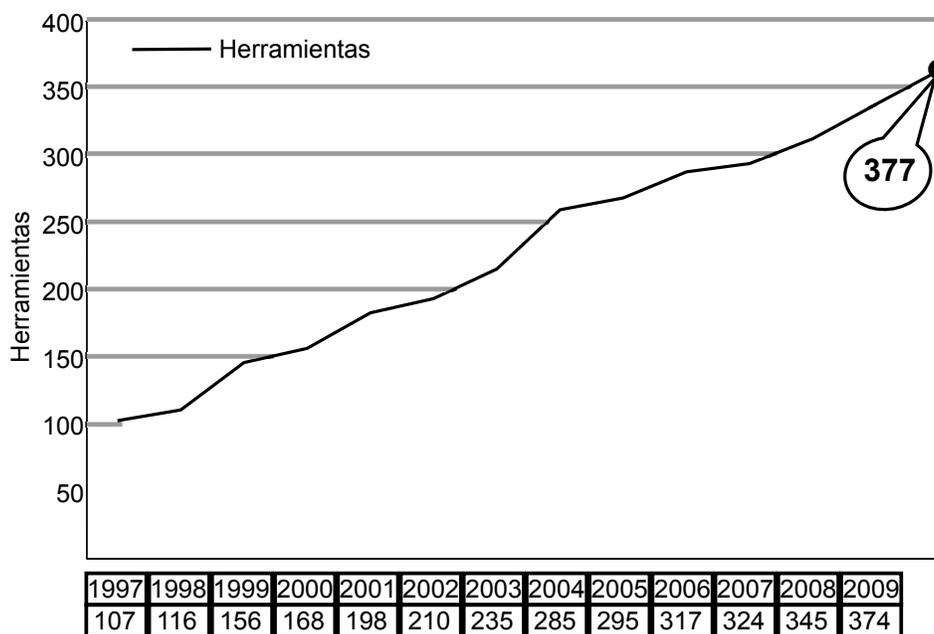


Figura 6: Evolución de la cantidad de herramientas para mejoras de eficiencia energética

### 2.3.1. Clasificación en base a las técnicas utilizadas para modelar

Las técnicas utilizadas para modelar el consumo de energía residencial, en general se pueden agrupar en dos categorías, "top-down", y "bottom-up".

Las simulaciones top-down utilizan la estimación del consumo total de energía en el sector residencial y otras variables pertinentes para atribuir el consumo de energía con las características del sector. En cambio, los modelos bottom-up calculan el consumo de energía de la edificación y extrapolan a la región o nación.

También se conocen como law-driven, para el caso de las técnicas top-down, y data-driven para las bottom-up (ver figura 7), que en términos simples son, menos datos de entrada, con más estimaciones para law-driven, y más datos de entrada con menos estimaciones para data-driven.[9]

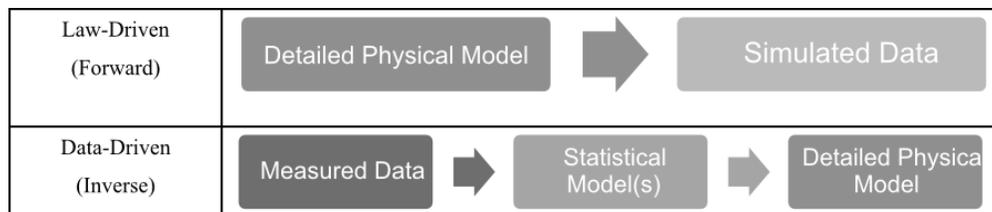


Figura 7: Modelo law-driven v/s data-driven

### 2.3.2. Clasificación en función de su metodología

#### Métodos de estimación global

Son herramientas que permiten estimar una demanda global del edificio, a partir de valores de referencia de algunas variables tipificadas: el tipo de edificación, el clima, perfil de uso y los aportes internos[9].

#### Métodos de evaluación de la demanda a partir del balance de energía del edificio

Se trata de métodos basados en el análisis del balance de flujos energéticos (pérdidas y ganancias) de una edificación para un período determinado. Se pueden clasificar de diversas maneras [9].

- **Tipo de análisis que desarrollan**
  - Análisis mono-zona.
  - Análisis multi-zona (más complejo).
- **El régimen de transferencia de calor que consideran**
  - Análisis en régimen estacionario (La transferencia de calor se considera directa e instantánea)
  - Análisis en régimen estacionario variable (Análisis de la demanda hora a hora).
  - Análisis en régimen transitorio (Se tiene en cuenta el fenómeno de acumulación de calor) (BLAST, DOE-2, energyplus, e-Quest, ENERGY-10, TRNSYS, ECOTECH)<sup>5</sup>.

<sup>5</sup>Motores de calculo para análisis térmico

### **2.3.3. Clasificación por tipos de usuario**

#### **Administración pública**

Prioriza la concesión de ayudas, y la consentización ambiental o económica.

#### **Diseñadores/Arquitectos**

Se enfocan en las bases de datos, análisis energéticos y actualización de conocimientos.

#### **Constructores**

Información sobre novedades en el sector de rehabilitación energética y clientes potenciales.

#### **Promotores**

Detección de clientes potenciales y necesidades sociales

#### **Fabricantes**

Principalmente marketing de sus servicios o productos.

#### **Usuario de un edificio o vivienda**

Concientización, adquirir conocimiento sobre la eficiencia energética de su edificio, estimación de ahorro.

### **2.3.4. Clasificación por tipos de entrada y salida de datos**

#### **Entrada de datos**

Se pueden clasificar por su tipo de entrada de datos, pudiendo solicitar uno o varios de los siguientes datos:

- Geometría del edificio.
- Ubicación.
- Orientación.
- Entorno.

- Sombras.
- Microclimas.
- Materialidad.
- Sistemas constructivos.
- Viento.
- Ventilación natural.
- Infiltraciones.
- Puentes térmicos.
- Características térmicas.
- Cargas internas y externas.
- Ocupación.
- Temperaturas de consigna (Temperatura de confort deseada).
- Iluminación artificial.
- Horas de operación.
- Tipos de sistemas de instalaciones.
- Tipo de combustible o tipo de energía.
- Protecciones solares.
- Precios energía.

### **Salida de datos**

Se pueden clasificar por su tipo de salida, en distintos formatos (plantilla de calculo, pdf, texto), y entregar datos como los siguientes:

- Transmitancias.
- Consumos.
- Demanda.

- Ahorro.
- Costos de ciclo de vida.
- Retorno de la inversión.
- Calificaciones energéticas (ver figura 2).
- Resultados de optimización.

### 2.3.5. Clasificación por plataforma

También se pueden clasificar por la plataforma en la que se ejecutan: Windows, Mac, Unix, o Web; o el lenguaje en que están desarrollados: Delphi, VisualBasic, Java, JavaScript (lado del cliente), PHP (lado del servidor).

### 2.3.6. Clasificación por zona geográfica

Se pueden clasificar por el sector geográfico al que se limitan y contextualizan las herramientas, es decir, regional, nacional, internacional. Por otro lado puede considerarse las áreas de interés como Energía, Transporte, o Ecología.

### 2.3.7. Herramientas conocidas

#### DOE-2

Es una herramienta de simulación de energía del edificio que predice el uso de energía horaria y el coste energético de un edificio dando la información a cada hora, descripción geométrica, instalaciones, y estructura de tarifas de servicios públicos.

#### EnergyPlus

Herramienta de simulación de energía de todo el edificio avanzado, desarrollado sobre la base de los trabajos realizados en DOE-2. Incorpora la misma funcionalidad que DOE-2, la producción por hora (o sub-hora) los costos de energía del edificio determinado. Incorpora muchas características avanzadas que no están disponibles en el DOE-2, como el flujo de aire multi-zona y amplias capacidades de especificación para instalaciones.

## TRNSYS

Programa de simulación de sistemas transitorios con una estructura modular que implementa un enfoque de simulación basado en componentes. Los componentes pueden ser sistemas simples, como bombas o ventiladores o sistemas complejos como edificios multi-zona.

## ESP-r

Herramienta de modelado integrado para la simulación del comportamiento térmico, visual y acústico de los edificios. Similar a EnergyPlus y DOE-2, ESP-r requiere información especificada por el usuario en relación con la geometría de construcción, instalaciones, componentes y horarios.



Figura 8: Elementos condicionadores

### 2.3.8. Estructura general de las herramientas

Todas las aplicaciones tienen una estructura basada en los mismos elementos condicionadores, los cuales se muestran en la figura 8, donde se denota la importancia del usuario, ya que condiciona directamente los datos que se pueden solicitar, y los que se pueden entregar, dependiendo del grado de conocimiento o interés del mismo. Por otro lado, la tipología edificatoria, es decir, el como están construidas las viviendas, es un elemento que modifica los resultados, en especial si se agrega un marco territorial, un caso de esto sería la normativa española, la que define que todas las normas de ahorro energético vigentes, deben ser cumplidas luego de cierto año.

## 2.4. Conclusiones del estado del arte

Se define una amplia clasificación de herramientas, lo cual implica que aún no ocurre un efecto de monopolio en las aplicaciones, es decir, una sola herramienta que englobe todas las tareas, esto debido a lo específico de cada una de las tareas que se pueden realizar para el análisis de eficiencia energética, esto mismo ha creado un universo vasto de software para distintos objetivos. Se logra también identificar que existe una amplia diversidad en las herramientas, donde cada una ataca un tema distinto, con enfoques específicos para cada problemática que intentan solucionar. La ventaja final que entrega este estado del arte, es ayudar a enmarcar la herramienta que se desarrolla en este proyecto, ver como encaja en comparación con las demás, o como se diferencia. La herramienta a desarrollar en este proyecto, se clasifica según las técnicas para modelar (ver sección 2.3.1) como una herramienta tanto de tipo data-driven, porque considera múltiples datos de entrada con una escasa estimación, y como tipo law-driven ya que entrega la opción de estimar datos (e.g. consumo energético a partir de la superficie de la vivienda), a costa de una menor precisión en los cálculos. También se clasifica según su metodología como una herramienta con métodos de estimación global (ver sección 2.3.2), ya que estima consumos energéticos a partir de datos referencia entregados en el estudio de García et al [12], los cuales han sido tipificados por clima (i.e. clima específico de Concepción) y año de construcción. Por otro lado, se clasifica por el tipo de usuario (ver sección 2.3.3), en los que incluye a diseñadores/arquitectos y a los usuarios de la vivienda, aunque esto se puede ampliar en el futuro a otros usuarios como fabricantes y promotores.

Se clasifica finalmente como una plataforma desarrollada en Java, que esta permite ser ejecutada en cualquier entorno que soporte la máquina virtual de este lenguaje (i.e. Windows, Linux, Mac).

## Capítulo 3

# Definición del Sistema

Una vez realizado el análisis del marco conceptual, se debe definir el sistema a realizar, la propuesta de solución, el ambiente de ingeniería de software, y las definiciones y siglas que se utilizarán en el contexto del sistema.

### 3.1. Propuesta

Se propone implementar una librería que permita extender el trabajo de García et al [12] a un tiempo futuro, en base a la toma de requerimientos con los interesados. También toma la decisión de desarrollar una aplicación de escritorio sobre esta librería y que permita realizar pruebas, y comparaciones sobre resultados planteados en el capítulo 2

### 3.2. Ambiente de Ingeniería de Software

En esta sección se definen elementos de ingeniería de software que se aplican en el presente proyecto.

#### 3.2.1. Metodología utilizada

El proyecto de acuerdo a lo señalado previamente puede ser declarado como es experimental, por lo que se aplica una metodología de tipo prototipado, además, se complementa el desarrollo proyecto con la metodología *kanban*, y con controles de tiempo *pomodoro*.

## Prototipado

Esta metodología consisten en la creación de varios prototipos con la intención de probar avances del software y ayudar a definir requisitos, como en este caso, de software que no se de manera específica sus requerimientos [15].

Para este proyecto se plantea realizar dos prototipos, y una entrega final del software, validando su funcionalidad con los usuarios.

## Kanban

Es una herramienta que permite ordenar visualmente las tareas en tres columnas, correspondientes a pendientes, en progreso, y finalizadas respectivamente. Esta herramienta ayuda a ordenar las tareas a realizar, y visualizar el avance del proyecto [3](ver figura 9).



Figura 9: Kanban del proyecto

## Pomodoro

Es una técnica para gestionar el tiempo en los proyectos, donde el objetivo principal es la productividad. Consiste en realizar trabajos en intervalos de veinticinco minutos llamados *pomodoros*, separados por pausas[5].

Se basa en cinco principios básicos para aplicarse:

1. Decidir la tarea a realizar

2. Iniciar el pomodoro (veinticinco minutos)
3. Trabajar en la tarea hasta que termine el tiempo.
4. Tomar una pausa breve (cinco minutos).
5. Cada cuatro pomodoros, hacer una pausa larga (quince a veinte minutos).

### 3.2.2. Estándares utilizados

Para la especificación de requerimientos se utiliza una adaptación de la *IEEE Software requirements Specifications Std 830-1998*.

### 3.2.3. Herramientas de apoyo

- Se utiliza para la programación el entorno de desarrollo integrado, ECLIPSE, en su versión Luna.
- Se utiliza como lenguaje de programación Java 1.7.
- Se utiliza como motor de base de datos, HSQLDB.
- Se utiliza la librería hibernate de java para la persistencia en conjunto con HSQLDB.
- También se utiliza la librería con estilos visuales, Substance.
- Para el versionado se utiliza el motor git, en el servidor bitbucket.
- Para el apoyo de kanban y pomodoro, se utiliza la aplicación de windows 8, TaskMe.

## 3.3. Definiciones de siglas y abreviaciones

### 3.3.1. Definiciones

#### Usuario

El encargado de operar la aplicación, idealmente debe saber de sistemas constructivos, y rehabilitación energética.

## Abreviaciones

**Std:** Estándar.

**IEEE:** Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

**HSQLDB:** Hyper Structured Query Language Database.

**TRNSYS:** Transient System Simulation Tool

**kWh:** KiloWatt Hora.

**UML:** Lenguaje Unificado de Modelado

**FONDECYT:** Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico.

**SMEE** Sistema de mejoramiento eficiencia energética.

## 3.4. Hardware y Software

Se trabaja con un ordenador con las siguientes características, lo que no es obligatorio para su ejecución, ni desarrollo.

**Sistema Operativo:** Windows 8.1, 64 bits.

**Idioma** Español

**Fabricante** Samsung

**Modelo** NP540UC

**Procesador** Intel Core I5 A 1,70[GHz]

**Memoria** 8.00 [GB] de RAM.

**JVM** Versión 1.7

## Capítulo 4

# Requisitos del software

En este capítulo se detallan los requisitos de software relacionados al sistema, tomando como base la especificación de requisitos de la IEEE Std 830-1998 [7].

### 4.1. Alcances

Se debe destacar que estos requerimientos se obtienen de la metodología de García et al[12], junto con reuniones con los autores, Rodrigo García y Jaime Soto, quienes entregan más bien los requerimientos de la interfaz que necesitan para su trabajo, que datos sobre el proceso. Como parte de la solución, la que se describe en los siguientes capítulos, se crea una librería, la que se infiere que debe hacerse en base al artículo, y se valida junto a los académicos encargados del proyecto.

Los requisitos funcionales abarcan principalmente al software de escritorio que se crea, y los no funcionales son trascendentales a la parte gráfica y la librería.

### 4.2. Objetivos del software

1. El software debe proveer una interfaz gráfica para la generación de paquetes de mejora de eficiencia energética.
2. El software debe permitir generar proyectos de mejoramiento energético de viviendas.
3. El software debe permitir parametrizar datos de demandas, soluciones, y métricas de viviendas para estimación de mejoramiento energéticos.

4. El software debe generar reportes financieros y de consumo energético de los proyectos.
5. El software debe permitir caracterizar y almacenar los datos de viviendas ingresadas.

### 4.3. Descripción global del producto

#### 4.3.1. Interfaz de usuario

La interfaz de usuario constará de los siguientes elementos, propuestos y validados por los usuarios.

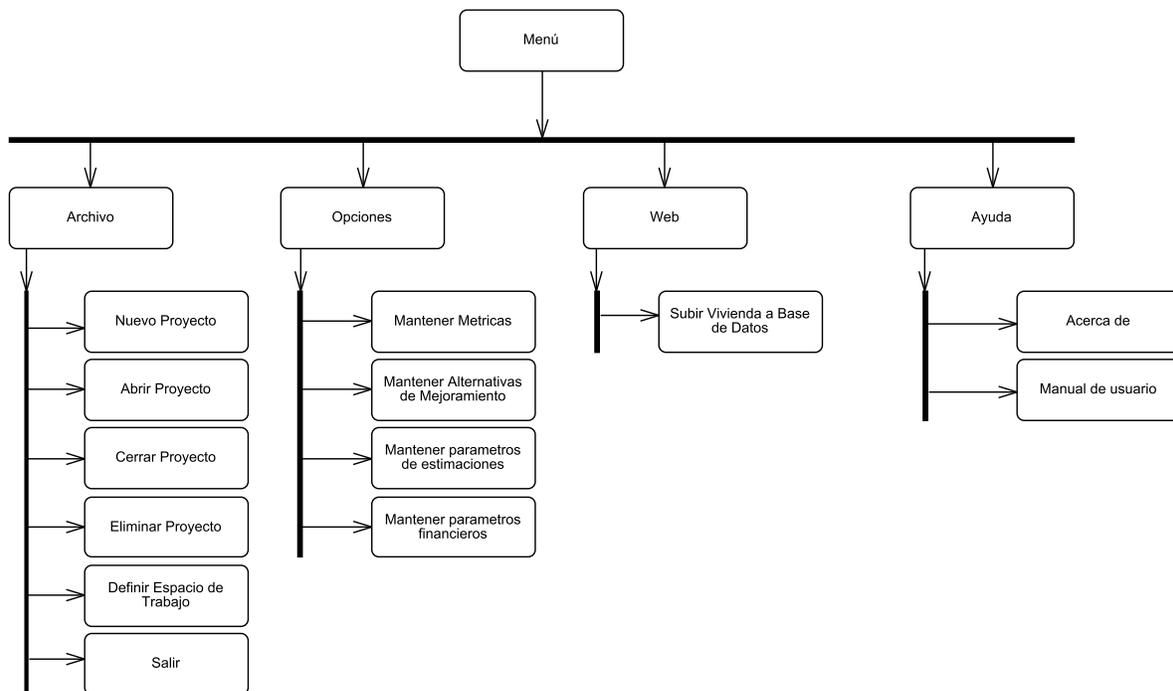


Figura 10: Menú de navegación

**Formato:** El formato de la interfaz de usuario será escritorio.

**Resolución:** La resolución será de 960 x 600 pixeles, siendo ésta adaptable al escritorio en uso.

**Colores:** Se utilizarán colores estandar de ventanas tipo windows 7, con retoques de color azul claro y celeste, similar al de la página <http://msc.ubiobio.cl/>.

<b>Nombre</b>	:	Java Virtual Machine
<b>Abreviación</b>	:	JVM
<b>Versión</b>	:	1.7 ó superior
<b>Fuente</b>	:	<a href="https://www.java.com/es/download/">https://www.java.com/es/download/</a>

Tabla 2: Detalle JVM

**Iconos:** Se utiliza la librería de iconos *Fuge Icons*<sup>1</sup>

**Menú navegación:** Se describe un menú para el usuario del software, el cual se detalla en la figura 10.

### 4.3.2. Interfaz de hardware

El sistema en general no requiere ninguna interfaz de hardware no genérica, es decir, se contempla el uso de:

- Entrada estándar (e.g. teclado).
- Apuntador estándar (e.g. mouse).
- Salida estándar (e.g. monitor).
- Tarjeta de red (e.g. wifi o ethernet).

### 4.3.3. Interfaz de software

Actualmente el sistema no requiere comunicarse con ningún otro sistema, pero al ser desarrollado en el lenguaje Java, debe ejecutarse sobre el entorno de la máquina virtual de java (ver tabla 2). Para la comunicación con la base de datos, la aplicación debe soportar el protocolo HTTP.

### 4.3.4. Interfaces de comunicación

Estas interfaces solo se aplican a una pequeña parte de software, para cumplir el aporte de: *Generación de una base de datos para las viviendas de Concepción* (ver en 1.5).

- La interfaz debe soportar protocolos de la capa de aplicación y de transporte<sup>2</sup>, permitiendo una comunicación fiable y segura extremo a extremo.

<sup>1</sup>Fuente: <http://www.iconarchive.com/show/fuge-icons-by-yusuke-kamiyama.html>

<sup>2</sup>Modelo de referencia TCP/IP

- La comunicación entre el servidor y el cliente se realizará a través del puerto TCP:5432 para el tráfico de la base de datos.

## 4.4. Requisitos específicos

A continuación se especifican los requisitos del sistema, en base a toma de requerimientos con los usuarios.

### 4.4.1. Requisitos funcionales

<b>Requisito</b>	Creación de Proyectos
<b>Identificación</b>	RF01
<b>Descripción</b>	El software deberá permitir la creación de proyectos de mejoramiento de eficiencia energética para viviendas, compuesto por una vivienda (superficie exterior, cantidad de pisos, año de construcción, cantidad de ventanas y puertas), soluciones precargadas (en base a la tabla 1), paquetes de mejoramiento (ver sección 2.1.6) y reportes.
<b>Importancia</b>	Crítico
<b>Validación</b>	El usuario a través de un ítem del menú, un botón, o una combinación de teclas, debe poder crear un proyecto vacío de mejoramiento de eficiencia energética con todos sus elementos.
<b>Requisito</b>	Manipulación de Proyectos
<b>Identificación</b>	RF02
<b>Descripción</b>	El software deberá permitir la manipulación de proyectos de mejoramiento de eficiencia energética para viviendas, es decir, la creación de paquetes de mejoramiento o reportes, edición de paquetes de mejoramiento, reportes o datos de la vivienda, y eliminación de reportes o paquetes de mejoramiento.
<b>Importancia</b>	Crítico
<b>Validación</b>	El usuario a través de un ítem del menú, un botón, una combinación de teclas, o un menú contextual, debe poder agregar, editar o eliminar elementos de un proyecto de mejoramiento de eficiencia energética.

<b>Requisito</b>	Viviendas
<b>Identificación</b>	RF03
<b>Descripción</b>	El software deberá permitir la creación y edición de los datos de identificación, materialidad, y demandas energéticas de cada vivienda asociada a algún proyecto, es decir, superficie exterior, cantidad de pisos, año de construcción, cantidad de ventanas, y cantidad de puertas.
<b>Importancia</b>	Esencial
<b>Validación</b>	El usuario a través de un elemento del menú, un botón, una combinación de teclas, o un menú contextual, debe poder crear, eliminar o editar una vivienda por cada proyecto.

<b>Requisito</b>	Alternativas de Mejoras
<b>Identificación</b>	RF04
<b>Descripción</b>	El software deberá permitir mantener alternativas mejoras energéticas genéricas, así como también deberá permitir la creación, edición o eliminación de éstas (ver tabla 1).
<b>Importancia</b>	Esencial
<b>Validación</b>	El usuario mediante un elemento del menú, un botón, una combinación de teclas, o un menú contextual, debe poder mantener alternativas de mejoras genéricas.

<b>Requisito</b>	Paquetes de mejoramiento
<b>Identificación</b>	RF05
<b>Descripción</b>	El software deberá permitir la generación de paquetes de mejoramiento en base a las mejoras individuales del proyecto y en relación a la tasación comercial de la vivienda (ver algoritmo 1).
<b>Importancia</b>	Esencial
<b>Validación</b>	El usuario mediante un elemento del menú, un botón, una combinación de teclas, o un menú contextual, debe poder generar los paquetes de mejoramiento del proyecto, respetando incompatibilidades, y asociando el valor total del paquete a un porcentaje de la tasación comercial de la vivienda.

<b>Requisito</b>	Reportes financieros
<b>Identificación</b>	RF06
<b>Descripción</b>	El software deberá permitir generar reportes financieros para cada proyecto, en base a sus valores futuros, costos, y recuperación en la tasación de la vivienda, se utilizarán gráficos, y también deberá permitir exportarlos a formato pdf y xls(x)
<b>Importancia</b>	Deseada
<b>Validación</b>	El usuario a través de un elemento del menú, un botón, una combinación de teclas, o un menú contextual, seguido de un cuadro de diálogo debe poder generar reportes financieros asociados a un proyecto. luego de esto debe poder exportarlos a pdf o xls(x), según corresponda

<b>Requisito</b>	Persistencia
<b>Identificación</b>	RF07
<b>Descripción</b>	El software deberá permitir guardar los proyectos en un espacio de trabajo para poder acceder a ellos más tarde sin perder datos. Así mismo, debe permitir abrir proyectos existentes dentro o fuera del espacio de trabajo.
<b>Importancia</b>	Deseada
<b>Validación</b>	El usuario mediante un elemento del menú, un botón, una combinación de teclas, o un menú contextual, debe poder guardar el proyecto actual, junto con todos sus archivos. Una vez reiniciado el software (abrir y cerrar), deberá poder abrir éste sin perder ningún cambio.

<b>Requisito</b>	Espacio de trabajo
<b>Identificación</b>	RF08
<b>Descripción</b>	El software deberá permitir mantener un conjunto de proyectos en un espacio común, y así lograr compararlos entre ellos, esto permite separar los proyectos si el usuario así lo quiere (e.g. el usuario quiere separar proyectos para las comunas de Hualpen, y para San Pedro, podrá separarlos en espacios de trabajo para cada Comuna en específico)
<b>Importancia</b>	Deseada

<b>Validación</b>	El usuario mediante un elemento del menú, un botón, una combinación de teclas, o un menú contextual debe poder generar un reporte equivalente al del RF06, pero con datos comparativos de otro proyecto en el directorio del espacio de trabajo.
-------------------	--

<b>Requisito</b>	Estimación
<b>Identificación</b>	RF09
<b>Descripción</b>	El software deberá permitir la estimación de datos de la vivienda (i.e demanda energética, cantidad infiltraciones, superficie muros, superficie ventanas), mediante parámetros ingresados por el usuario (factor infiltraciones, altura promedio, superficie por ventana, kwh por metro cuadrado), los cuales deben guardarse en el software.
<b>Importancia</b>	Esencial
<b>Validación</b>	El usuario mediante un elemento del menú, un botón, una combinación de teclas, o un menú contextual debe poder establecer parámetros para la estimación de datos de vivienda, es decir, mediante un dialogo debe ser capaz de entregar métricas de la vivienda a partir de otras.

<b>Requisito</b>	Pila de acciones
<b>Identificación</b>	RF10
<b>Descripción</b>	El software deberá mantener una pila de acciones realizadas por el usuario, y permitir a éste que deshaga o rehaga dichas acciones en su orden de ejecución, estas acciones pueden ser la creación, edición, o eliminación de un archivo o campo del proyecto
<b>Importancia</b>	Deseada
<b>Validación</b>	El usuario debe poder eliminar, editar o crear un archivo o un campo dentro del proyecto, y deshacer los cambios de manera exitosa, así mismo, el usuario una vez deshecha una acción, y sin que modifique nada, puede rehacer la acción deshecha.

<b>Requisito</b>	Instalador
<b>Identificación</b>	RF11
<b>Descripción</b>	El software debe entregar un asistente explicativo al usuario para su instalación en un equipo.
<b>Importancia</b>	Deseada

<b>Validación</b>	El usuario debe poder instalar el software en su equipo mediante un asistente con múltiples diálogos, los cuales entreguen información sobre el lugar de instalación, y sobre su configuración inicial. Así mismo, el software deberá entregar la opción de desinstalarlo en el equipo mediante otro asistente.
<b>Requisito</b>	Carga web
<b>Identificación</b>	RF12
<b>Descripción</b>	El software deberá permitir la carga de los datos de identificación y consumo energéticos de la vivienda asociada al proyecto, a una base de datos en un servidor web.
<b>Importancia</b>	Deseada
<b>Validación</b>	El software debe mediante un botón, un elemento del menú, o una combinación de teclas, poder cargar los datos de la vivienda perteneciente al proyecto seleccionado.

#### 4.4.2. Interfaces externas de entrada

<b>Interfaz</b>	Datos estimación vivienda
<b>Identificación</b>	IE01
<b>Detalle de datos</b>	DIRECCIÓN,AÑO CONSTRUCCIÓN, SUPERFICIE, PERÍMETRO EXPUESTO, PISOS, CANTIDAD DE PUERTAS, CANTIDAD DE VENTANAS.
<b>Interfaz</b>	Métricas vivienda
<b>Identificación</b>	IE02
<b>Detalle de datos</b>	DIRECCIÓN,AÑO CONSTRUCCIÓN, SUPERFICIE, SUPERFICIE MURO PISO 1, SUPERFICIE MURO PISO 2, SUPERFICIE VENTANAS, CANTIDAD INFILTRACIONES, CANTIDAD PUERTAS, CANTIDAD VENTANAS, SUPERFICIE CIELO, CONSUMO ENERGÉTICO
<b>Interfaz</b>	Parámetros estimación
<b>Identificación</b>	IE03
<b>Detalle de datos</b>	FACTOR INFILTRACIONES, ALTURA PROMEDIO, SUPERFICIE PROMEDIO POR VENTANA, KWH POR METRO CUADRADO.

<b>Interfaz</b>	Metrica
<b>Identificación</b>	IE04
<b>Detalle de datos</b>	NOMBRE, DESCRIPCIÓN, UNIDAD, ABREVIACIÓN UNIDAD, MÉTRICAS DEPENDIENTES.
<b>Interfaz</b>	Alternativa de mejora
<b>Identificación</b>	IE05
<b>Detalle de datos</b>	MÉTRICA, NOMBRE, DESCRIPCIÓN, COSTO UNITARIO, ALTERNATIVAS INCOMPATIBLES, PORCENTAJE COSTO MANTENCIÓN, AÑO MANTENCIÓN, PORCENTAJE VALOR RESIDUAL, REDUCCIÓN VALOR RESIDUAL, AÑO REDUCCIÓN.
<b>Interfaz</b>	Alternativa en vivienda
<b>Identificación</b>	IE06
<b>Detalle de datos</b>	ALTERNATIVA SOLUCIÓN, DEMANDA ALTERNATIVA, COSTO PERSONALIZADO.
<b>Interfaz</b>	Parámetros generación de paquetes
<b>Identificación</b>	IE07
<b>Detalle de datos</b>	PORCENTAJE PAQUETE 1, PORCENTAJE PAQUETE 2, PORCENTAJE PAQUETE 3
<b>Interfaz</b>	Reporte financiero
<b>Identificación</b>	IE08
<b>Detalle de datos</b>	TASA DESCUENTO, PERIODO, CONSUMO MONETARIO ANUAL, TIPO DE COMBUSTIBLE.

#### 4.4.3. Interfaces externas de salida

<b>Interfaz</b>	Vivienda
<b>Identificación</b>	IS01
<b>Detalle de datos</b>	DIRECCIÓN, CONSUMO ENERGÉTICO, SUPERFICIE EXTERNA, SUPERFICIE MUROS, SUPERFICIE VENTANAS, CANTIDAD VENTANAS , SUPERFICIE CIELO, AÑO CONSTRUCCIÓN.

<b>Interfaz</b>	Paquete
<b>Identificación</b>	IS02
<b>Detalle de datos</b>	IDENTIFICACIÓN PAQUETE, ALTERNATIVAS DEL PAQUETE, CONSUMO TOTAL KWH, AHORRO KWH, AHORRO PORCENTUAL.

<b>Interfaz</b>	Detalle Anual Financiero
<b>Identificación</b>	IS03
<b>Detalle de datos</b>	TOTAL COSTOS ANUALES, TOTAL MANTENCIÓN, TOTAL VALOR RESIDUAL.

<b>Interfaz</b>	Resumen financiero
<b>Identificación</b>	IS04
<b>Detalle de datos</b>	TOTAL INVERSIÓN INICIAL, TOTAL GASTOS MANTENCIÓN, TOTAL GASTOS RESIDUALES, TOTAL AHORRO, INCREMENTO TASACIÓN, VARIACIÓN PORCENTUAL TASACIÓN, FACTOR MEJORAMIENTO-TASACIÓN.

#### 4.4.4. Requisitos no funcionales

<b>Requisito</b>	Interfaz Gráfica
<b>Identificación</b>	RNF01
<b>Descripción</b>	El software deberá proveer una interfaz gráfica de escritorio para realizar todas las operaciones descritas en los requerimientos funcionales
<b>RF(s) relacionados</b>	Todos
<b>Importancia</b>	Esencial
<b>Validación</b>	El usuario deberá poder realizar las funciones del software mediante una interfaz gráfica de escritorio que acepte el uso de un dispositivo apuntador un teclado estándar, el cual debe mostrar su operación a través de un monitor estándar.

<b>Requisito</b>	Ayuda
<b>Identificación</b>	RNF02
<b>Descripción</b>	El software deberá proveer un manual de ayuda integrado, que permita guiar al usuario, mediante un índice de temas o un buscador.
<b>RF(s) relacionados</b>	Todos
<b>Importancia</b>	Deseada
<b>Validación</b>	El usuario mediante un elemento de un menú, un botón, o una combinación de teclas, debe poder ver el manual del software indexado alfabéticamente por temas. Además, el usuario debe poder buscar temas por palabras clave.

<b>Requisito</b>	Mantenibilidad
<b>Identificación</b>	RNF03
<b>Descripción</b>	El software deberá presentar características que permitan su adecuada mantención y escalabilidad, esto mediante una documentación precisa, y el uso del principio SOLID[14] <sup>3</sup> de orientación a objetos
<b>RF(s) relacionados</b>	Todos
<b>Importancia</b>	Deseada
<b>Validación</b>	Se validará mediante métricas de orientación a objetos en base al modelo y diseño del software.

<b>Requisito</b>	Documentación
<b>Identificación</b>	RNF04
<b>Descripción</b>	El software debe estar correctamente documentado, es decir, el código debe contener comentarios, y se deben realizar los modelos de diseño UML asociados.
<b>RF(s) relacionados</b>	No aplica
<b>Importancia</b>	Opcional
<b>Validación</b>	Deben existir al menos el diagrama de clases, de casos de uso y el modelo físico, para el código debe existir una documentación generada de los comentarios, con el detalle de cada clase, método, atributo.

<sup>3</sup>Principio de única responsabilidad, abierto/cerrado, sustitución de Liskov, segregación de interfaces, e inversión de dependencias

<b>Requisito</b>	Usabilidad
<b>Identificación</b>	RNF05
<b>Descripción</b>	El software deberá ser lo más intuitivo y agradable posible, presentando menús en español, iconos representativos, y una interfaz clara, es decir, solo con una barra de menú, una barra de herramientas, y menús con un máximo de 2 subniveles.
<b>RF(s) relacionados</b>	Todos
<b>Importancia</b>	Opcional
<b>Validación</b>	El usuario debe ser capaz de entender a usar el software con una sola capacitación inicial.
<b>Requisito</b>	Modificable
<b>Identificación</b>	RNF06
<b>Descripción</b>	El software debe permitir modificaciones locales con el menor impacto posible.
<b>RF(s) relacionados</b>	Ninguno
<b>Importancia</b>	Deseada
<b>Validación</b>	El software debe estar diseñado de tal manera que no se altere código en contextos distintos a la modificación propiamente tal.
<b>Requisito</b>	Portabilidad
<b>Identificación</b>	RNF07
<b>Descripción</b>	El software debe ser portable entre distintos equipos, así como sus proyectos deben ser compatibles en distintas instalaciones.
<b>RF(s) relacionados</b>	TODOS
<b>Importancia</b>	Opcional
<b>Validación</b>	El usuario debe ser capaz de instalar el software en varios equipos distintos, así mismo debe ser capaz de abrir proyectos creados en otros equipos.

## Capítulo 5

# Estudio factibilidad

Para un correcto desarrollo de un proyecto, siempre se debe realizar un análisis comprensivo del resultado de los estudios que consideran:

- Factibilidad técnica
- Factibilidad económica
- Factibilidad operacional

En cada estudio, se consideran los insumos necesarios y factores que intervienen en la evolución de este proyecto, aquellos que se encuentran presentes, y los que se necesiten para el éxito del desarrollo de esta aplicación.

### 5.1. Factibilidad técnica

El estudio de factibilidad técnica permitirá identificar y especificar las necesidades técnicas para desarrollar el proyecto y la disponibilidad de recursos con los que se cuenta. Dichos recursos contemplan el software, el hardware, mano de obra necesarios para dicho desarrollo.

#### 5.1.1. Análisis

El sistema se desarrollará en java, por lo que se utilizarán los requisitos mínimos técnicos para este lenguaje<sup>1</sup>. Además los requerimientos necesarios para desarrollar la aplicación en base a los requisitos descritos en el capítulo anterior.

---

<sup>1</sup>Fuente:<https://www.java.com/es/download/help/sysreq.xml>

**Hardware**

Item	Nombre
Procesador	Mínimo Pentium 2 a 266MHz
Memoria	Mínimo 128 MB
Periféricos	Apuntador estándar (mouse), teclado estándar en español, y monitor estándar mínimo 960x600 pixeles.

Tabla 3: Hardware factibilidad técnica

**Hardware**

Item	Nombre	version
Servidor web	Apache Web Server	2.3 o Superior
Lenguaje de Programación	Java	1.7
Entorno de Desarrollo	Eclipse	4.4
Motor de Base de Datos(servidor)	Postgresql	9 o Superior
Motor de Base de Datos (local)	HSQLDB	2.3.2
Modelado de datos	Power Designer	16.5
Simulador Energético	EnergyPlus	6 o superior

Tabla 4: Software factibilidad técnica

**Recurso Humano**

PerfilAptitudes	
Ingeniero de Software	Ingeniero Informático con conocimientos en desarrollo orientado a objetos con Java y Base de datos. Conocimientos esperados en librerías Swing y HSQLDB.

Tabla 5: Recurso Humano factibilidad técnica

**5.1.2. Recursos disponibles**

Actualmente en el área de trabajo donde se desarrolla el proyecto, se encuentran disponibles de manera completa, tanto en requisitos mínimos, como óptimos, los recursos necesarios para el desarrollo del proyecto.

## 5.2. Factibilidad económica

El actual proyecto está asociado a un proyecto de investigación, por lo que el factor económico no se considera importante, pero, para hacer este estudio igualmente se estima lo siguiente:

### **El costo de hardware y software para la aplicación que se está considerando**

Dado que sólo se trabaja con computadores existentes en la universidad, y de uso personal, el costo de hardware para el desarrollo de la aplicación es cero.

El costo de software es mínimo, ya que el sistema se desarrolla utilizando software libre y el costo de implementación es asumido por el desarrollador del proyecto.

### **Beneficios en la forma de reducción de costos y disminución de errores**

El sistema debe proporcionar una forma de apoyo a una investigación, por lo que se evita de que se generen errores costosos, debido a que no existen riesgos asociados.

Además

## 5.3. Factibilidad operativa

Los principales usuarios, es decir, los académicos autores del artículo central, solicitaron el desarrollo de éste, por lo que están dispuestos a prestar toda la ayuda necesaria para el proyecto.

El sistema fue pensado para trabajar con información de fácil acceso para los usuarios, es decir, omitiendo los cálculos que se ven en las hojas de cálculo anteriores, por entradas en diálogos más limpias, y salidas con sólo los datos relevantes.

Como es un sistema principalmente experimental, no afecta el desempeño de otros sistemas o áreas de la universidad.

## 5.4. Notas finales del estudio de factibilidad

El sistema es factible ya que cumple satisfactoriamente con las condiciones de factibilidad operacional, económica y técnica. El proyecto es desarrollado sin inconvenientes debido a que se cuenta con todos los recursos necesarios, y los ítems antes mencionados no representan riesgos para su puesta en funcionamiento.

# Capítulo 6

## Análisis

Este capítulo corresponde a un análisis sobre los requerimientos y sobre el conocimiento obtenido del marco teórico. Se presentan en detalle los casos de uso y el modelamiento de datos.

### 6.1. Casos de uso

En esta sección se exponen los diagramas de casos de uso.

#### 6.1.1. Actores

Sólo se considera un actor, y en este caso es el usuario del software, quien puede ser un académico, un profesional, o cualquier otro usuario con conocimientos mínimos sobre el contexto del software.

#### 6.1.2. Diagramas

A continuación se muestran los diagramas de casos de uso, separados por contexto para su legibilidad. Se separan en casos de uso de opciones, proyectos, vivienda y paquetes, y misceláneo.

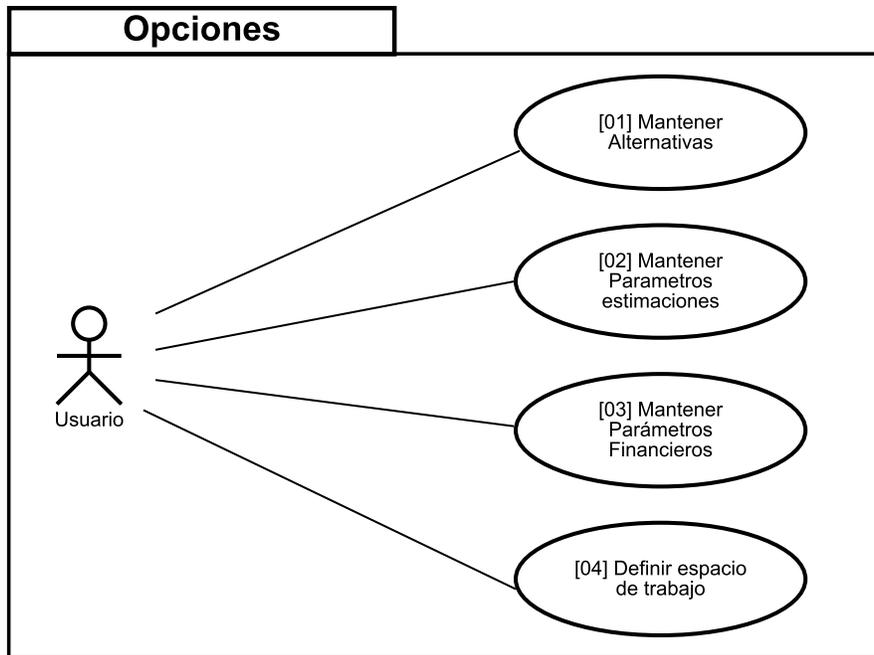


Figura 11: Diagrama de casos de uso de Opciones

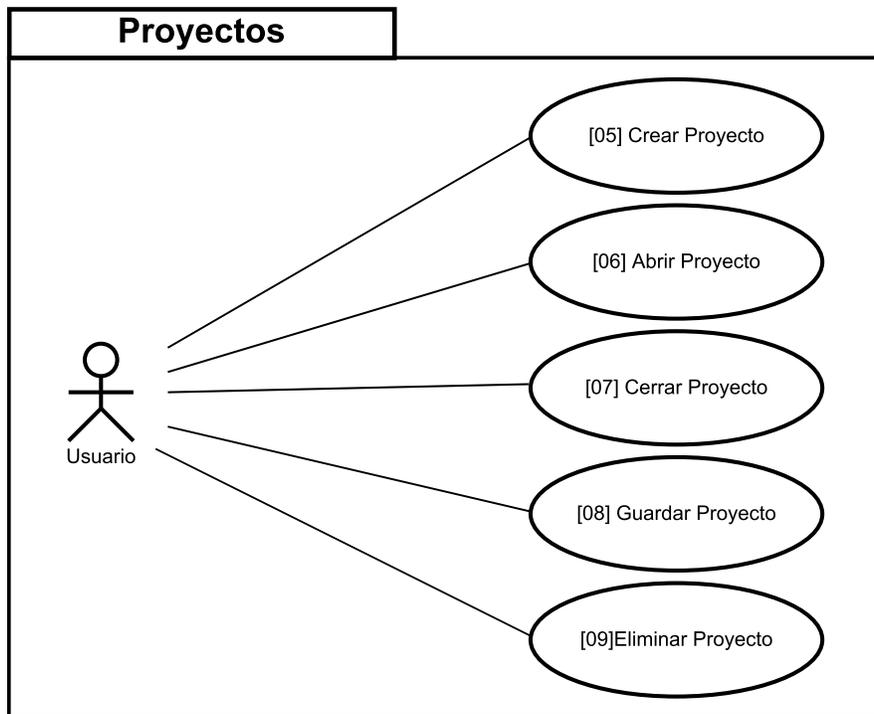


Figura 12: Diagrama de casos de uso de Proyectos

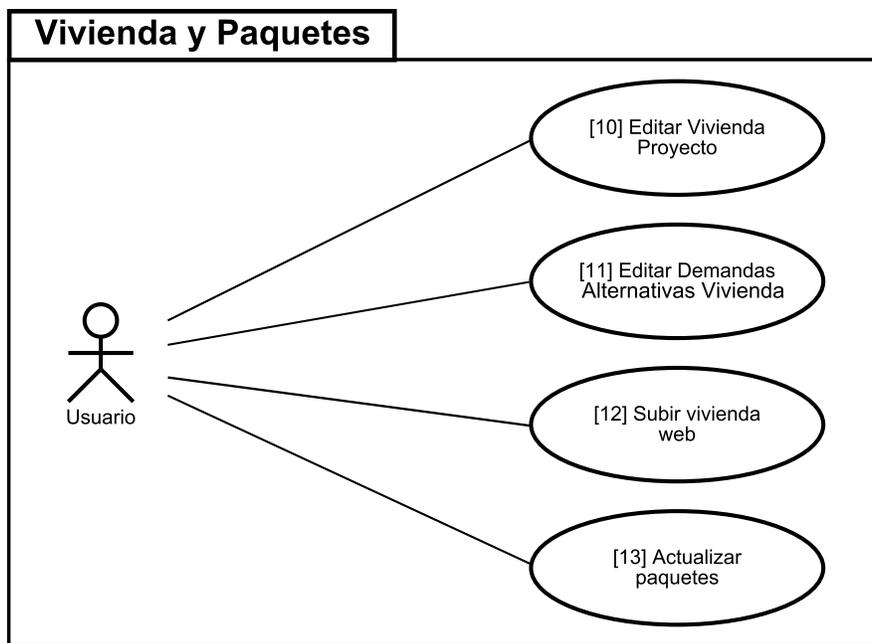


Figura 13: Diagrama de casos de uso de Vivienda y Paquetes

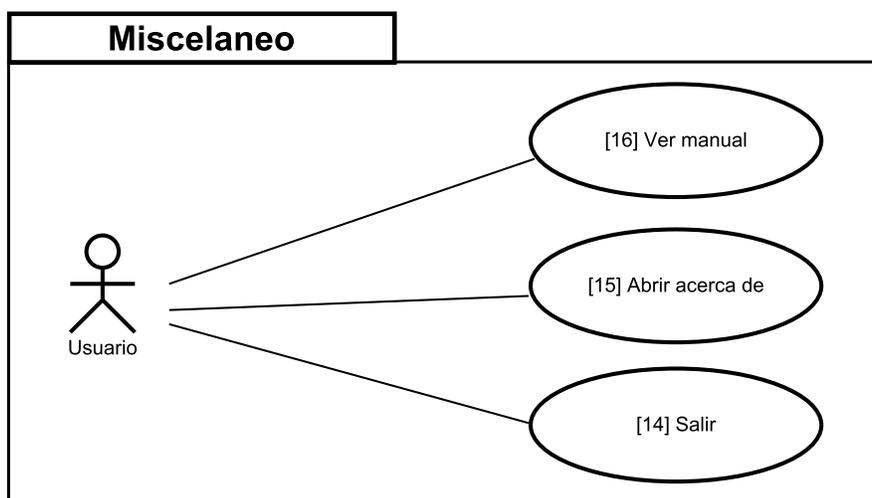


Figura 14: Diagrama de casos de uso misceláneo

### 6.1.3. Especificación de los casos de uso

A continuación se especifican cada uno de los casos de uso mostrados en la sección anterior. Al existir un único usuario, se omite el detalle de los usuarios que trabajan con cada caso de uso.

Para ver un detalle paso a paso de cada caso de uso, vea el apéndice B, “Especificación Detallada de Casos de Uso”.

<b>Caso de Uso</b>	Mantener alternativas
<b>Resumen</b>	Este caso permite la visualización, edición y eliminación de las alternativas de solución del software.
<b>Precondiciones</b>	El usuario debe abrir el diálogo de mantener alternativas dentro del software.
<b>Postcondiciones</b>	Se modifican las alternativas y se actualizan en el software
<b>Requisitos asociados</b>	RF04, RF07

Tabla 6: Especificación caso de uso 01

<b>Caso de Uso</b>	Mantener parámetros estimación
<b>Resumen</b>	Este caso de uso permite la visualización y edición de los parámetros para la estimación de métricas de viviendas, utilizando la interfaz de entrada IE06
<b>Precondiciones</b>	El usuario debe abrir el diálogo de mantener parámetros estimación dentro del software
<b>Postcondiciones</b>	Se modifican los parámetros de estimación y se actualizan en el software
<b>Requisitos asociados</b>	RF03, RF07, RF09

Tabla 7: Especificación caso de uso 02

<b>Caso de Uso</b>	Mantener parámetros financieros
<b>Resumen</b>	Este caso de uso permite la visualización y edición de los parámetros para la estimación financiera sobre los paquetes del proyecto.
<b>Precondiciones</b>	El usuario debe abrir el diálogo de mantener parámetros financieros dentro del software, utilizando la interfaz de entrada IE08.
<b>Postcondiciones</b>	Se modifican los parámetros financieros y se actualizan en el software
<b>Requisitos asociados</b>	RF06, RF07

Tabla 8: Especificación caso de uso 03

<b>Caso de Uso</b>	Definir espacio de trabajo
<b>Resumen</b>	Este caso de uso permite al usuario definir el directorio donde se almacenan los proyectos realizados, y así poder separarlos y organizarlos.
<b>Precondiciones</b>	El usuario debe abrir el diálogo de definir espacio de trabajo dentro del software.
<b>Postcondiciones</b>	Se modifican el directorio del espacio de trabajo, y se cargan los proyectos de éste, si es que existen.
<b>Requisitos asociados</b>	RF07, RF08

Tabla 9: Especificación caso de uso 04

<b>Caso de Uso</b>	Crear Proyecto
<b>Resumen</b>	Este caso de uso describe la creación de un proyecto de mejoramiento energético, y la consecuente creación de paquetes, y de reportes financieros de éste.
<b>Precondiciones</b>	El usuario debe abrir el diálogo de crear proyecto dentro del software, utilizando la interfaz de entrada IE01 para estimar datos, o la interfaz de entrada IE02, para datos específicos..
<b>Postcondiciones</b>	Se modifican los parámetros financieros y se actualizan en el software
<b>Requisitos asociados</b>	RF01, RF03 RF07

Tabla 10: Especificación caso de uso 05

<b>Caso de Uso</b>	Abrir Proyecto
<b>Resumen</b>	Este caso de uso describe la opción de abrir un proyecto de mejoramiento energético existente.
<b>Precondiciones</b>	El usuario debe abrir el diálogo de abrir proyecto dentro del software, y debe existir el proyecto en el ordenador donde se está trabajando.
<b>Postcondiciones</b>	Se muestra el proyecto en la interfaz gráfica del software.
<b>Requisitos asociados</b>	RF01, RF03 RF07

Tabla 11: Especificación caso de uso 06

<b>Caso de Uso</b>	Cerrar Proyecto
<b>Resumen</b>	Este caso de uso describe la opción de cerrar un proyecto de mejoramiento energético disponible en el programa.
<b>Precondiciones</b>	El usuario debe abrir el diálogo de cerrar proyecto dentro del software.
<b>Postcondiciones</b>	Se cierra el proyecto, quitandolo de la memoria principal, y dejando un icono que indica que esta cerrado.
<b>Requisitos asociados</b>	RF01, RF02

Tabla 12: Especificación caso de uso 07

<b>Caso de Uso</b>	Guardar Proyecto
<b>Resumen</b>	Este caso de uso describe la opción de almacenar en memoria secundaria un proyecto de mejoramiento energético existente en el software.
<b>Precondiciones</b>	El usuario debe abrir el diálogo de guardar proyecto dentro del software.
<b>Postcondiciones</b>	Se almacena el proyecto en el espacio de trabajo actual.
<b>Requisitos asociados</b>	RF01, RF02, RF12

Tabla 13: Especificación caso de uso 08

<b>Caso de Uso</b>	Eliminar Proyecto
<b>Resumen</b>	Este caso de uso describe la eliminación física de un proyecto de mejoramiento energético.
<b>Precondiciones</b>	El usuario debe abrir el diálogo de crear proyecto dentro del software, seleccionando un proyecto ya abierto y/o creado en el espacio de trabajo actual.
<b>Postcondiciones</b>	Se elimina el proyecto tanto a nivel lógico como físico, tanto en el software como en la memoria secundaria del ordenador donde se ejecuta el software.
<b>Requisitos asociados</b>	RF01, RF02

Tabla 14: Especificación caso de uso 09

<b>Caso de Uso</b>	Editar vivienda Proyecto
<b>Resumen</b>	Este caso de uso describe la edición de los datos de una vivienda en el proyecto seleccionado.
<b>Precondiciones</b>	El usuario debe seleccionar la opción editar vivienda, y en el apartado de la vivienda editar los datos de acuerdo a la interfaz de entrada IE02.
<b>Postcondiciones</b>	Se modifican los datos de la vivienda en el software.
<b>Requisitos asociados</b>	RF02, RF03

Tabla 15: Especificación caso de uso 10

<b>Caso de Uso</b>	Editar demandas alternativas vivienda
<b>Resumen</b>	Este caso de uso describe la opción de editar la demandas energética de alguna de las alternativas de mejoramiento (ver tabla 1) aplicadas a la vivienda.
<b>Precondiciones</b>	El usuario debe modificar la demanda en KWh en el proyecto seleccionado, dato obtenido con herramientas externas.
<b>Postcondiciones</b>	Se modifican la demanda de la alternativa de mejoramiento, dejando la opción de recalcular los paquetes de mejoramiento del proyecto.
<b>Requisitos asociados</b>	RF04, RF05

Tabla 16: Especificación caso de uso 11

<b>Caso de Uso</b>	Subir vivienda web
<b>Resumen</b>	Este caso de uso describe la opción de cargar los datos de la vivienda a un servidor web.
<b>Precondiciones</b>	El usuario debe seleccionar la opción carga web, seleccionando un proyecto en el espacio de trabajo. El dispositivo debe estar tener acceso al servidor web.
<b>Postcondiciones</b>	Se almacenan los datos de la vivienda en la base de datos.
<b>Requisitos asociados</b>	RF012

Tabla 17: Especificación caso de uso 12

<b>Caso de Uso</b>	Alcualizar paquetes
<b>Resumen</b>	Este caso de uso describe la opción de actualizar los paquetes de mejoramiento, en caso de que se hayan modificado valores de las métricas de la vivienda.
<b>Precondiciones</b>	El usuario debe seleccionar la opción actualizar paquetes, si es que ha existido alguna modificación en el proyecto
<b>Postcondiciones</b>	Se modifican los parámetros financieros y se actualizan en el software
<b>Requisitos asociados</b>	RF05

Tabla 18: Especificación caso de uso 13

<b>Caso de Uso</b>	Ver manual
<b>Resumen</b>	Este caso de uso describe la opción de una ventana navegable con temas de ayuda para el software.
<b>Precondiciones</b>	El usuario debe seleccionar la opción ver manual en el menú ayuda.
<b>Postcondiciones</b>	Se muestra una ventana emergente con ayuda.
<b>Requisitos asociados</b>	RNF02

Tabla 19: Especificación caso de uso 16

<b>Caso de Uso</b>	Ver Acerca de
<b>Resumen</b>	Este caso de uso describe la opción de ver las notas acerca del software, como su fecha de creación, autores, y alcances sobre lo que hace y no hace.
<b>Precondiciones</b>	El usuario debe seleccionar la opción acerca de en el menú ayuda.
<b>Postcondiciones</b>	Se muestra una ventana emergente con las notas acerca del software.
<b>Requisitos asociados</b>	RNF02

Tabla 20: Especificación caso de uso 15

<b>Caso de Uso</b>	Salir
<b>Resumen</b>	Este caso de uso describe la opción de cerrar el software de manera segura, alertando el guardar los trabajos sino se ha hecho previamente.
<b>Precondiciones</b>	El usuario debe seleccionar la opción salir, o presionar la X de la ventana.
<b>Postcondiciones</b>	Si todos los proyectos con cambios estan guardados, se cierra el software, de lo contrario, da la opción de guardarlos.
<b>Requisitos asociados</b>	RF07

Tabla 21: Especificación caso de uso 14

## 6.2. Modelamiento de datos

El diseño lógico de los datos utilizados por la aplicación será representado por un diagrama de entidad-relación, donde se explican en términos de su lógica de negocios, cada una de las entidades participantes dando a conocer el ámbito dentro del sistema.

En base a la propuesta de la sección 3.1 se realiza un modelo para la aplicación de escritorio. Por otro lado, en base al requerimiento RF12, se desarrolla un modelo para la base de datos en el servidor web.

El siguiente diagrama representa a los datos utilizados para la aplicación de escritorio.

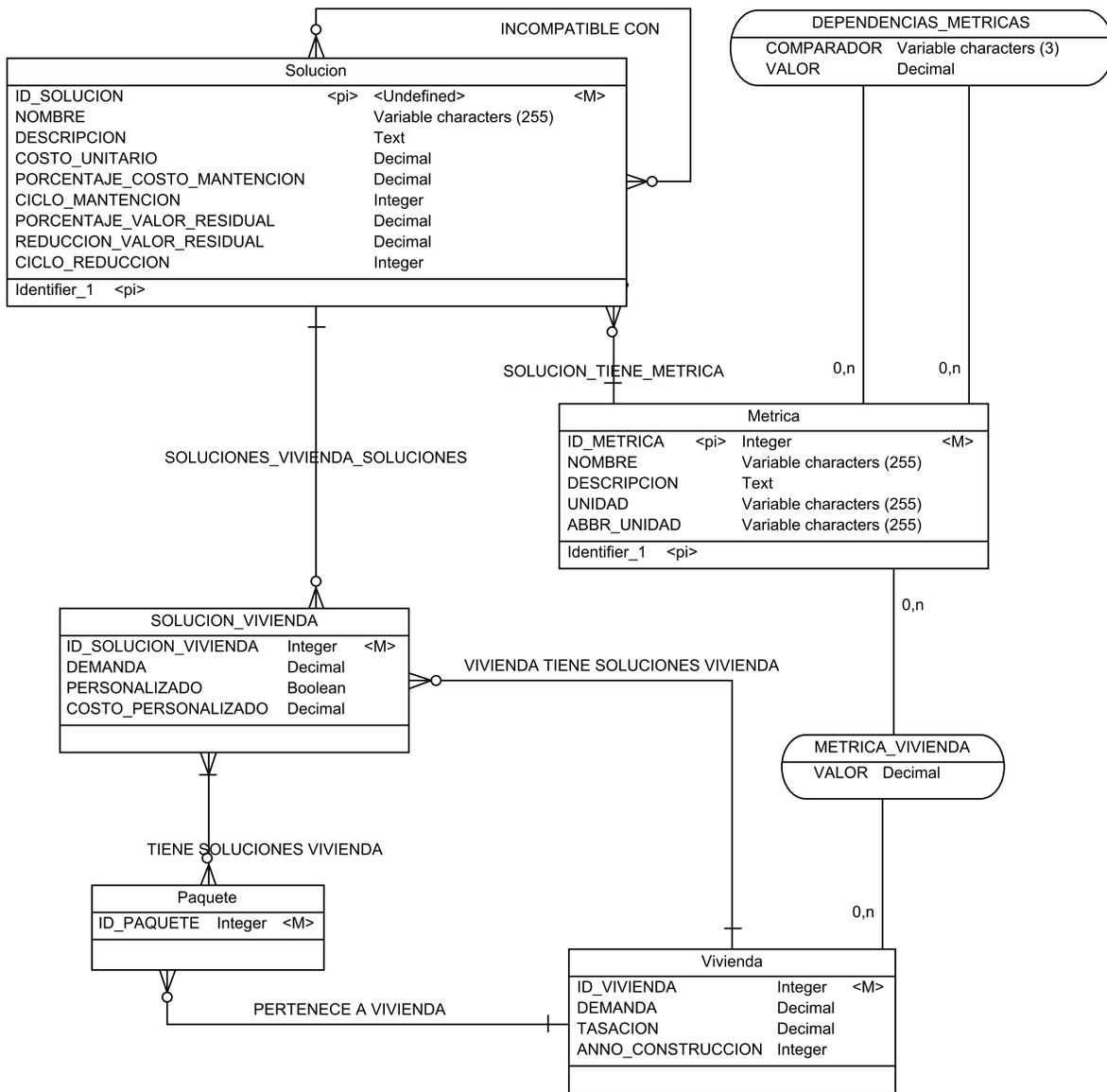


Figura 15: Modelo entidad relación aplicación

### 6.2.1. Representación de entidades aplicación

ENTIDAD	ATRIBUTOS	ÁMBITO EN EL SISTEMA
SOLUCION	ID_SOLUCION, NOMBRE, DESCRIPCION, COSTO_UNITARIO, PORCENTAJE_COSTO _MANTENCION, CICLO_MANTENCION, PORCENTAJE_VALOR _RESIDUAL, REDUCCION_VALOR _RESIDUAL, CICLO_REDUCCIÓN	Entidad que representa a las alternativas de soluciones (ver tabla 1).
METRICAS	ID_METRICA, NOMBRE, DESCRIPCIÓN, UNIDAD, ABBR_UNIDAD	Entidad que representa las métricas con que se mide una vivienda en relación a las unidades necesarias para cada solución, e.g métrica “cantidad de puertas”.
DEPENDENCIAS_METRICAS	COMPARADOR, VALOR	Relación que permite validar algunas métricas, e.g métrica superficie muro segundo piso, requiere que métrica cantidad de pisos sea mayor (comparador lógico), a dos.
VIVIENDA	ID_VIVIENDA, DEMANDA, TASACIÓN, AÑO_CONSTRUCCIÓN	Entidad que representa a la vivienda en el sistema.

MÉTRICA_VIVIENDA	VALOR	Relación entre la vivienda y la métrica, que sirve para poder representar el valor en esta misma, e.g métrica cantidad de puertas, en la vivienda 'X'su valor es dos.
SOLUCIÓN_VIVIENDA	ID_SOLUCION_VIVIENDA, DEMANDA, PERSONALIZADO, COSTO_PERSONALIZADO	Entidad que representa a las soluciones evaluadas en alguna vivienda en específico, estas tiene también una métrica asociada que permite calcular su costo y eficiencia.

Tabla 22: Representación de entidades aplicación

El siguiente diagrama representa la base de datos en el servidor.

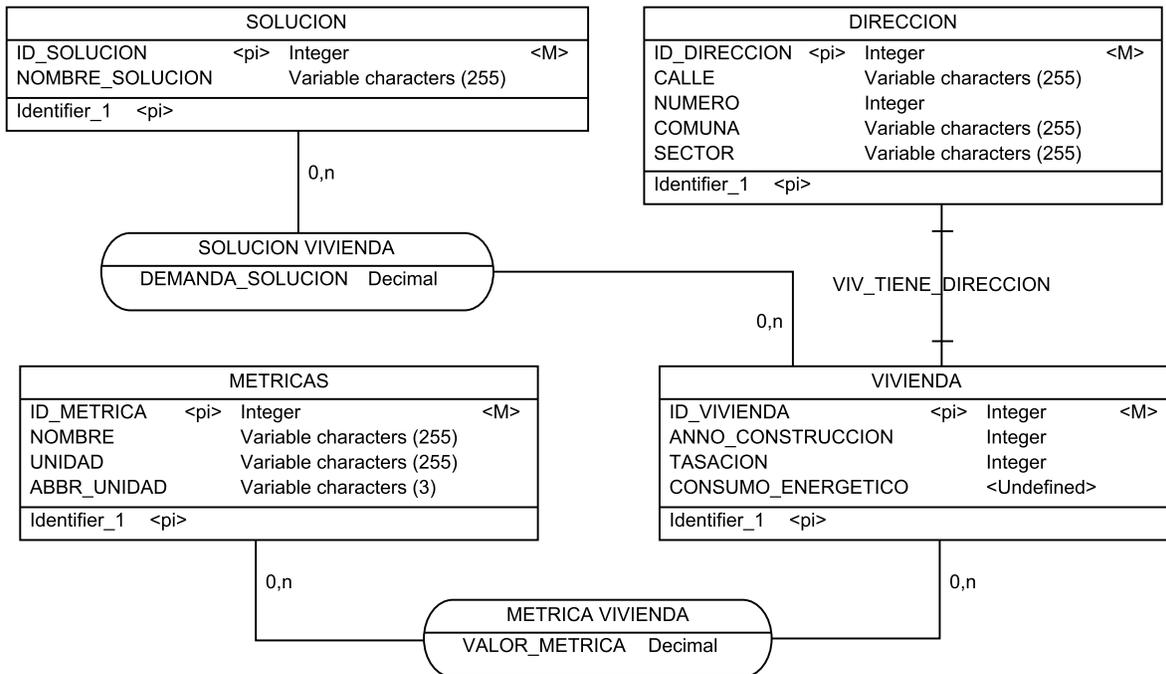


Figura 16: Diagrama entidad relación web

### 6.2.2. Representación entidades web

ENTIDAD	ATRIBUTOS	ÁMBITO EN EL SISTEMA
VIVIENDA	ID_VIVIENDA, AÑO_CONSTRUCCIÓN, TASACIÓN, CONSUMO_ENERGÉTICO	Entidad que representa a la vivienda en el servidor.
DIRECCIÓN	ID_DIRECCIÓN, CALLE, NÚMERO, COMUNA, SECTOR	Entidad que representa a la dirección de la vivienda
METRICAS	ID_METRICA, NOMBRE, UNIDAD, ABBR_UNIDAD	Entidad que representa a la métricas con que se mide una vivienda, de acuerdo a las unidades de las soluciones.
METRICAS_VIVIENDA	VALOR_METRICA	Relación entre la vivienda, y las métricas, que representa al valor establecido para cada métrica en la vivienda en específico
SOLUCIÓN	ID_SOLUCIÓN, NOMBRE_SOLUCIÓN	Entidad que representa a las alternativas de solución (ver tabla 1).
SOLUCIÓN_VIVIENDA	DEMANDA_SOLUCIÓN	Relación que representa a la demanda de la vivienda con una solución aplicada.

Tabla 23: Representación de entidades web

# Capítulo 7

## Diseño y construcción

### 7.1. Diseño arquitectónico

El diseño arquitectónico define la relación entre los elementos estructurales del software. A continuación se expone gráficamente la estructura del sistema.

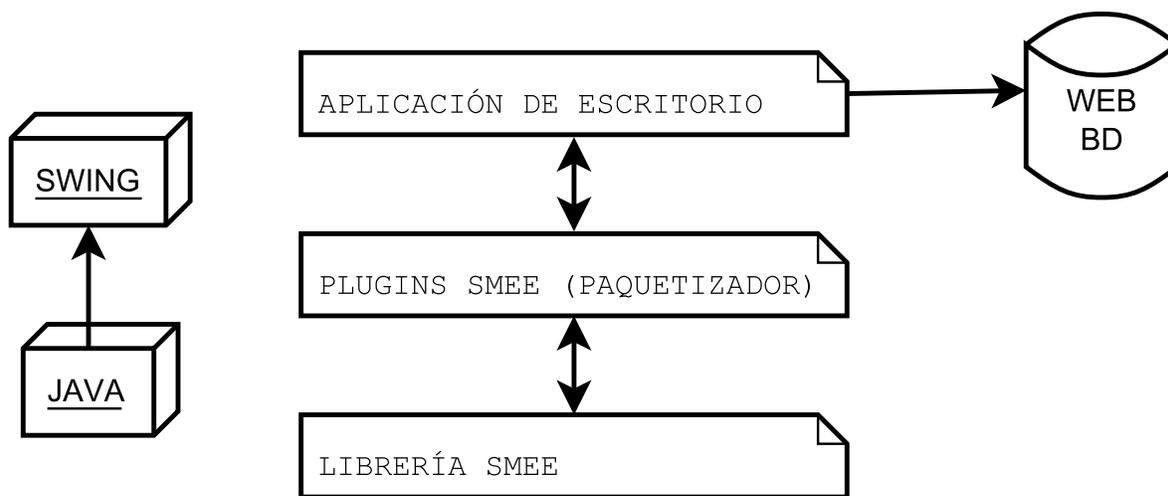


Figura 17: Diseño arquitectónico

En la figura, se pueden apreciar de manera general los elementos que componen el sistema.

La librería SMEE será el núcleo central de la aplicación, almacenando los datos generales de vivienda, y la generación de paquetes de mejoramiento energético, todo esto a un nivel lógico, y desarrollado en java.

La capa de extras o “plugins”, representa a las librerías adicionales, que tienen como dependencia a la librería SMEE, esta librería es la que permite realizar estimaciones

a partir de parámetros como los descritos en la interfaz de entrada IE01 (ver sección 4.4.2), realizar los cálculos financieros.

Finalmente la capa de aplicación de escritorio, representa al conjunto de interfaces gráficas, que utilizan las librerías antes descritas, entregando al usuario un acceso limpio a través de menús, todo esto utilizando como base las librerías de SWING, entregadas por Java.

También el diseño arquitectónico muestra que la aplicación de escritorio es la que se encarga de cargar los datos web, para poder cumplir con el requerimiento RF12.

## 7.2. Diagramas de clases

A continuación se presentan los diagramas de clases correspondiente a la librería central del sistema. Cabe destacar, que se omiten para la claridad del lector, diagramas en relación a eventos, o estructuras visuales del software.

Clase	Ámbito en el software
Paquetizador	Interfaz que permite generalizar la forma de generar paquetes, hasta ahora solo es usada por el método propuesto por García et al [12], pero tiene el potencial para generar paquetes de acuerdo a otro criterios.
PaquetizadorEstandar	Clase que implementa a la interfaz Paquetizador, es la que contiene la lógica para generar paquetes de acuerdo al algoritmo visto en la sección 2.1.6.

Tabla 24: Representación de clases paquete utils

Clase	Ámbito en el software
Solución	Representa a las alternativas de soluciones vistas en la tabla 1.
Métrica	Representa al concepto que almacena medidas de la vivienda, y que tienen como utilidad poder calcular costos y eficiencias de las soluciones.
Vivienda	Representa a la vivienda en si, almacenando los datos necesarios para identificarla en los proyectos.
SolucionVivienda	Representa a la solución aplicada en la vivienda, con su respectivo consumo energético, y forma parte esencial de los paquetes de mejoramiento.
Paquete	Representa la colección de soluciones aplicadas a una vivienda, que cumplen con los criterios para crear un paquete de mejoramiento (ver sección 4).

Tabla 25: Representación de clases paquete core

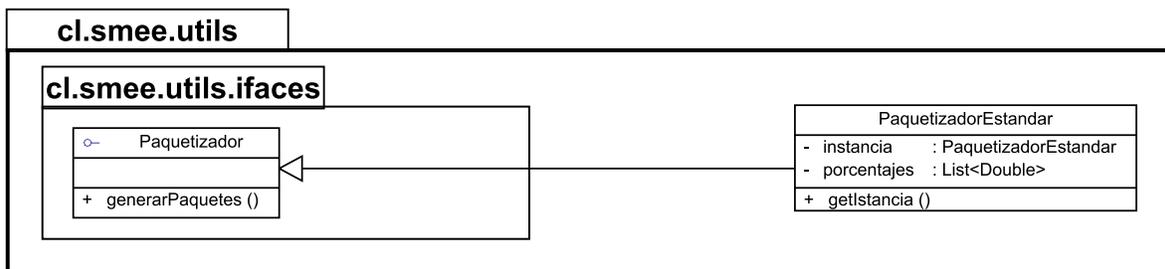


Figura 18: Diagrama de clases libreria SMEE(paquete utils)

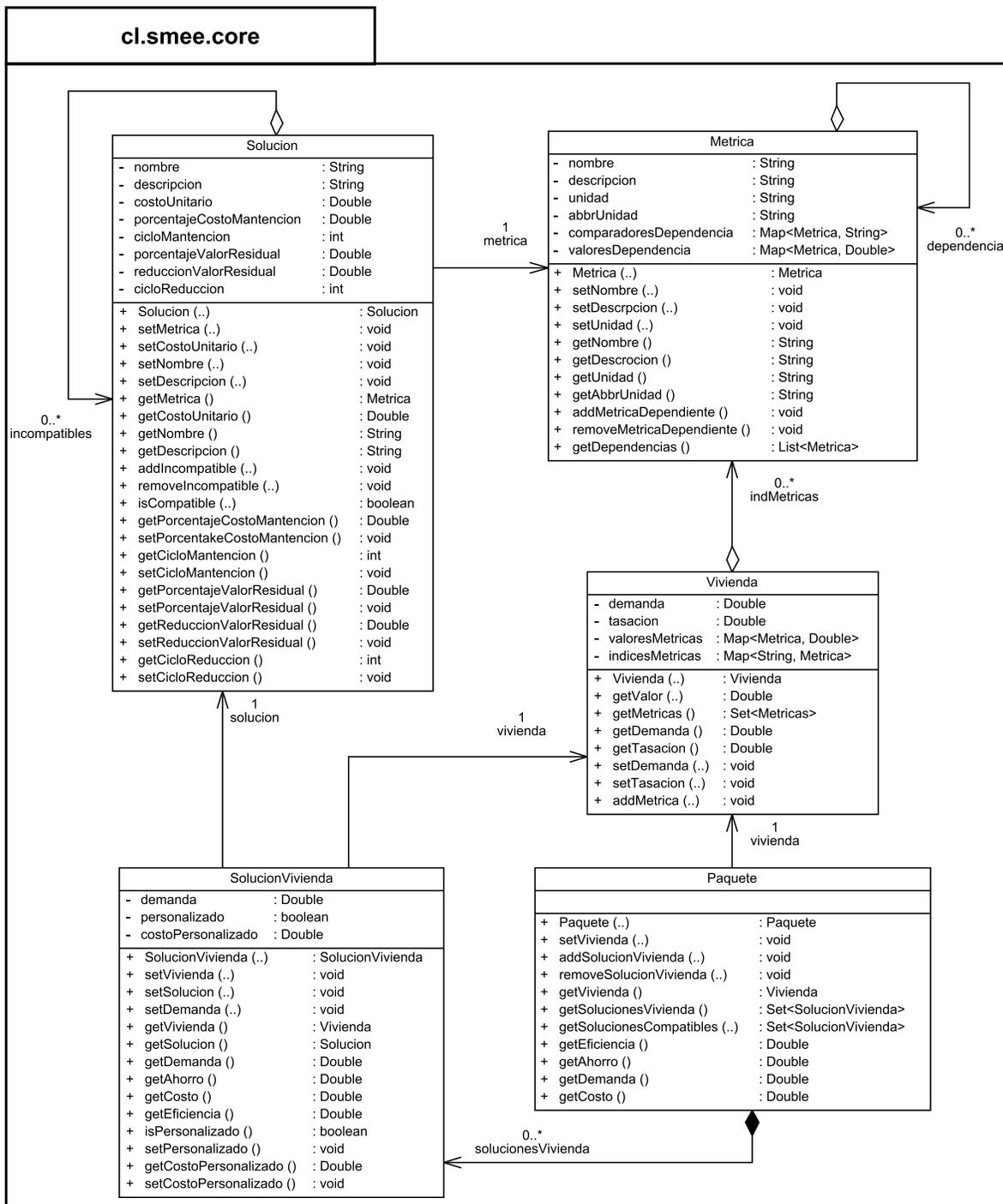


Figura 19: Diagrama de clases librería SMEE(paquete core)

### 7.3. Modelo físico de las base de datos

A continuación se detalla el modelo físico de las bases de datos para la aplicación, y para la web.

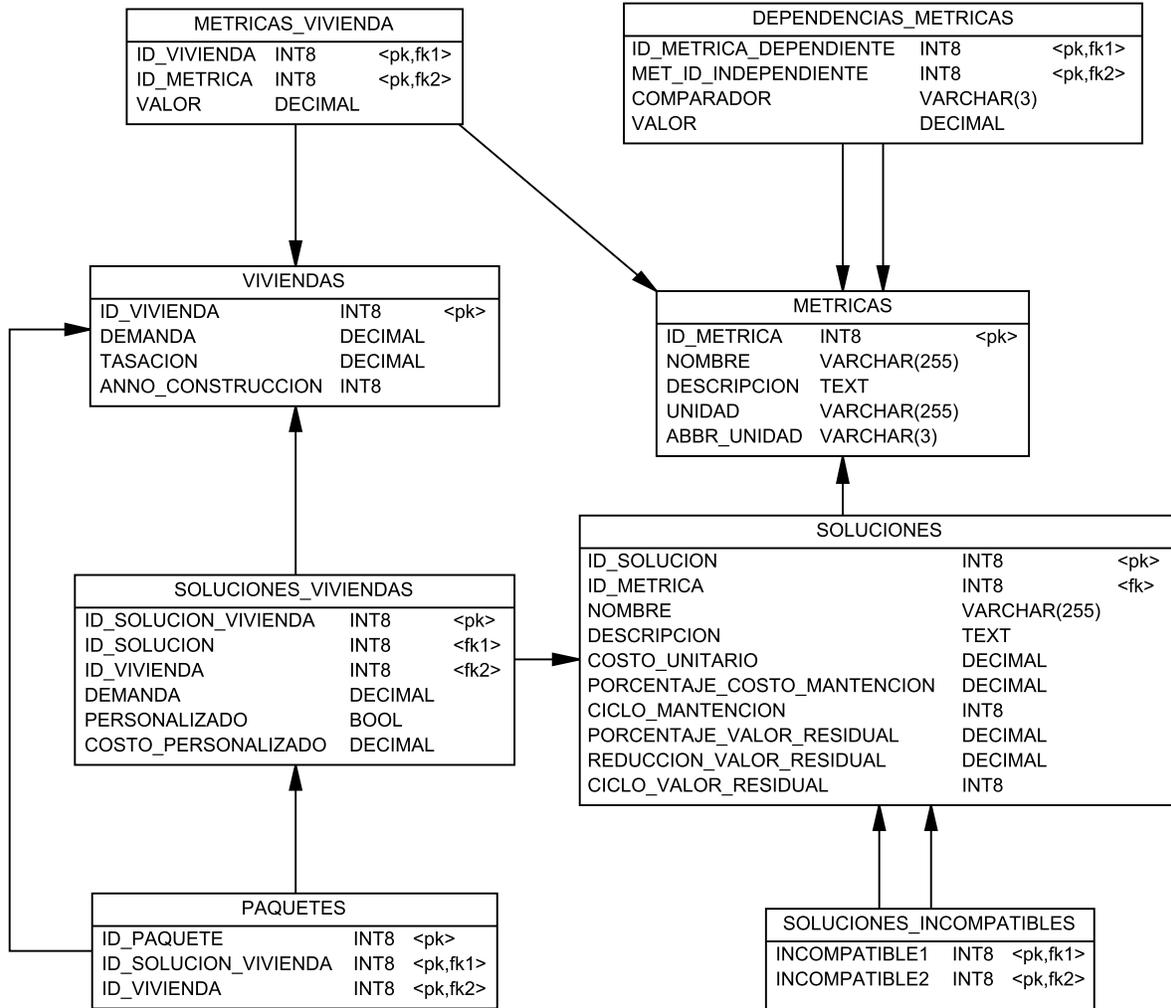


Figura 20: Modelo físico base de datos aplicación

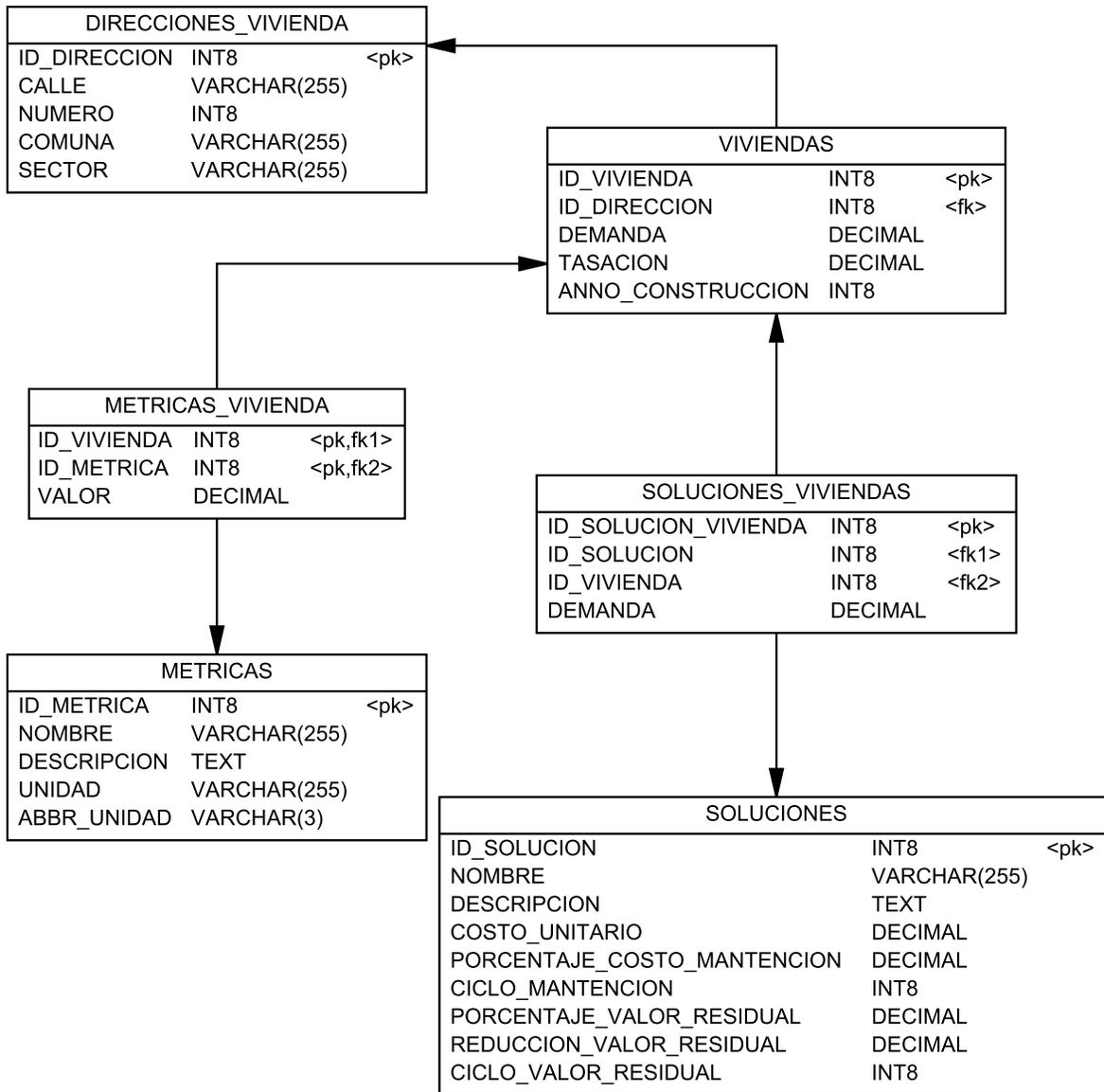


Figura 21: Modelo físico base de datos aplicación

## 7.4. Diseño interfaz de Usuario

Al fin de que la aplicación tenga usabilidad es relevante contar una interfaz gráfica para que el usuario pueda manipularla.

### 7.4.1. Diseño Visual

El tratamiento gráfico de los elementos de la interfaz, son esenciales para mejorar la experiencia de usuario. A pesar de que este proyecto intenta entregar como herramienta la librería, es necesario que los usuario no informáticos vean como funciona. Es por ello que se muestra a continuación cada uno de los elementos visuales de la aplicación.

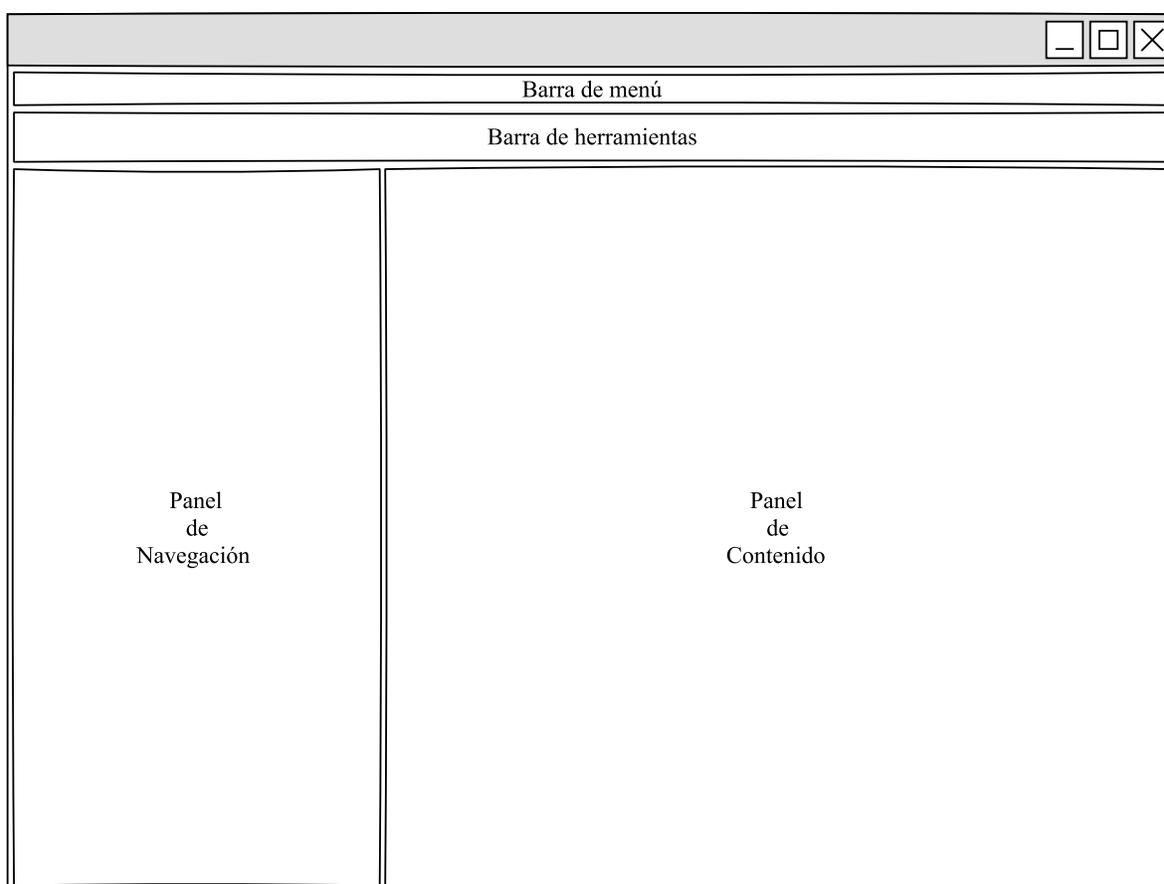


Figura 22: Esquema de la interfaz principal

### 7.4.2. Organización áreas de contenido en interfaz visual

- **Área de barra de menús:** Este contenedor implementará las opciones disponibles para que acceda el usuario a la lógica de la aplicación (ver menú de

navegación, en figura 10).

- **Área de barra de herramientas** Un acceso a las tareas más importantes, pero a través de iconos representativos.
- **Área de proyectos** Un espacio que muestra los proyectos del espacio de trabajo en la aplicación.
- **Área de contenido** Un contenedor que muestra el contenido de lo que se esté seleccionando actualmente, es decir, vivienda, soluciones, paquetes, o reportes financieros.

### 7.4.3. Diseño de diálogos

Para ayudar a entender mejor la comprensión de la interfaz de usuario, se incluye una plantilla que muestra de manera general los diálogos que pueden visualizarse durante el uso de la aplicación.

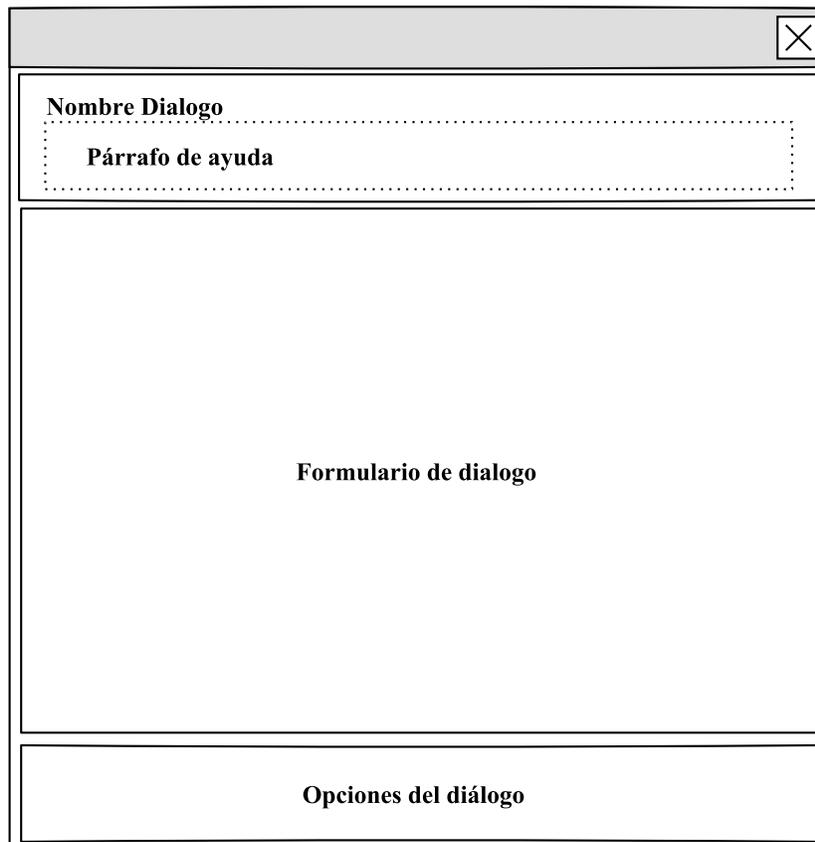


Figura 23: Esquema diálogos

#### 7.4.4. Organización áreas contenido diálogo

- **Nombre diálogo:** Muestra claramente el nombre del diálogo abierto.
- **Párrafo de ayuda** Muestra una ayuda breve para entender en el input que se está actualmente.
- **Formulario de diálogo** Un contenedor que muestra las opciones del diálogo, dependiendo si se esta creando un proyecto nuevo, editando los parámetros de estimación, o alguna de las interfaces de entrada de la sección [4.4.2](#)
- **Opciones del diálogo** Un contenedor con las opciones en forma de botones, estas son "cancelar", "siguiente", "atrás", y "finalizar", y se activan dependiendo de la etapa del diálogo en que se encuentre el usuario.

# Capítulo 8

## Pruebas

Las pruebas de software son proceso que permiten identificar posibles fallos de implementación o usabilidad. El presente capítulo expone y detalla las pruebas tanto unitarias, como de integración.

### 8.1. Plan de pruebas

A continuación se describe de una manera detallada, el contenido de la fase de pruebas.

#### 8.1.1. Objetivos del plan de pruebas

El plan de pruebas tiene como objetivo el entregar las pautas y definir cual es la estrategia para llevar a cabo correctamente la fase de generación de pruebas.

Es por esto que este plan refleja los aspectos más relevantes para finalizar el proyecto con éxito, como son: elementos de pruebas, las pruebas a ejecutar y responsables.

#### 8.1.2. Elementos de pruebas

**Módulo Datos estimación vivienda:** este módulo ingresa las medidas de estimación de las viviendas.

**Módulo editar vivienda:** Este módulo edita las métricas de la vivienda.

**Módulo métricas:** Este módulo almacena las medidas genéricas para las viviendas.

**Módulo alternativas:** Este módulo almacena las alternativas de solución para los paquetes de mejoramiento energético.

**Módulo actualizar paquetes:** Este módulo permite regenerar los paquetes si se modificaron las métricas de la vivienda.

**Módulo mantener parámetros financieros:** Este módulo permite mantener los parámetros para los reportes financieros.

## 8.2. Especificación de las pruebas

Nivel	Unidad, sistema
Objetivo	Que el sistema realice la navegación de los menús correctamente. Que el sistema no contenga faltas de ortografía. Que el sistema contenga todas sus instrucciones en español.
Enfoque	Caja negra
Actividades	Realizar una navegación completa a través de todos los menús disponibles.
Criterio de cumplimiento	Los cambios realizados en el registro deben verse reflejados en la base de datos y en los proyectos.

Tabla 26: Especificación prueba de funcionalidad

Nivel	Unidad, y sistema
Objetivo	Que el sistema maneje, procese y almacene los datos correctamente
Enfoque	Caja negra
Técnicas	Valores límite, particiones, y valores de entorno.
Actividades	Ingresar datos de distintos tipos de vivienda, estimación, alternativa de mejora, parámetros de generación de paquetes, y datos financieros.
Criterio de cumplimiento	Sistema no contiene errores ortográficos. Sistema contiene todas sus instrucciones en español. Sistema carga correctamente los menús.

Tabla 27: Especificación prueba de interfaz y navegación

Nivel	Unidad, y sistema
Objetivo	Que el sistema realice los procesos de forma eficiente. Que no se generen interrupciones ni fallas en los datos.
Enfoque	Caja negra
Técnicas	Sobrecarga de datos
Actividades	Ingresar datos de distintos tipos de vivienda, estimación, alternativa de mejora, parámetros de generación de paquetes, y datos financieros .
Criterio de cumplimiento	El sistema debe realizar, cargar datos y el tiempo de respuesta no debe ser superior 10 segundos.

Tabla 28: Especificación prueba de desempeño

### 8.2.1. Responsable de las pruebas

El responsable de las pruebas es el autor del informe, Manuel Vásquez.

## Capítulo 9

# Conclusiones y trabajos futuros

El presente proyecto fue creado con el objetivo de desarrollar una herramienta inicial para apoyar la investigación realizada por Garcia et al.

El presente informe ha podido concluir que es técnicamente factible realizar el proyecto, ya que los recursos necesarios existen en el área que se desarrollo el trabajo. Así mismo es factible operacionalmente, debido a que el sistema a no afecta ningún proceso crucial ni existente, por el contrario, sólo existe para motivos de investigación. Además, económicamente el proyecto es factible de ejecutar, debido que no es imperante que genere algún recurso, si no que genere un valor agregado para trabajos futuros sobre el mejoramiento energético en viviendas.

Acerca de las herramientas de mejoramiento de eficiencia energética existentes, se puede notar anecdoticamente, como no ha salido aun al mercado alguna aplicación que haga de “depredador” y absorba la funcionalidad de todas en una sola. Esto posiblemente se deba a lo especifico de las tareas de cada una de las herramientas, como es el caso del software que se desarrolla en éste trabajo, el cual trata la situación especifica para las viviendas individuales, en los meses frios desde abril a octubre, en Concepción, Chile.

El uso de la metodología de prototipado fue bastante util debido a que los usuarios demostraron no tener claros los requerimientos, y estos fueron variando levemente durante el desarrollo del proyecto, esto se debía principalmente a que tenían una idea muy general de lo que querían, lo que invito a encausar los requerimientos, para poder acotar el proyecto a tareas que fueran factibles y posibles de realizar en el tiempo disponible. En la misma linea, el uso de las herramientas de kanban, y de pomodoro lograron asegurar un correcto desarrollo respetando tiempos, y mostrando visualmente el trabajo que se desarrollaba en cada momento. Analizando específicamente los objetivos:

- Realizar una breve investigacion del estado del arte acerca de las herramientas

de mejoramiento energético: Esta investigación se realizó junto con la ayuda del académico Alexis Fargallo de la Universidad de Sevilla, lo que arrojó datos que informaban la gran cantidad de herramientas existentes sobre el tema.

- Formalizar y modelar el proceso de mejoras de eficiencia energética: Se modeló y formalizó través de flujogramas, y de un algoritmo dicho proceso.
- Diseñar y construir un software que permita apoyar el proceso de mejoramiento de eficiencia energética: Se desarrolló un software con partes relevantes con usos para cada una. Primero se desarrolló una librería base, que puede ser utilizada para realizar cambios según corresponda, segundo se desarrolló una extensión de la librería la cual se adapta a los requerimientos específicos del trabajo de García, tercero se realizó una aplicación gráfica para que los académicos e interesados pudieran trabajar con el sistema, y finalmente se implementó una base de datos para en la web, para poder generar una base de conocimiento acerca de las viviendas que se estudien en el sistema.
- Diseñar manuales y procedimientos que operen sobre el sistema: se desarrollaron los manuales y quedaron integrados al software.
- Redactar y mantener documentación técnica del software: en su totalidad este informe junto con el código fuente, es la documentación técnica del presente trabajo.

## 9.1. Trabajo futuro

Este proyecto tiene muchas alternativas para seguir creciendo, la primera de ellas es que gracias al desarrollo de una librería, esta puede expandirse a otras herramientas, u otros medios, como podría ser el caso de llevarlo a una plataforma completamente web.

También se puede notar la relevancia de empezar a llenar una base de datos sobre las demandas energéticas en Concepción, lo que abre la puerta a realizar minería de datos una vez exista una cantidad importante de casos.

# Bibliografía

- [1] Energy conservation vs. energy efficiency. online. URL <http://www.nrcan.gc.ca/energy/efficiency/buildings/eeb/key/3969>. Consultado el 18 de Diciembre de 2014.
- [2] Qué es la envolvente térmica de un edificio y qué elementos la componen. 2012. URL <http://eco-logicos.es/2012/03/que-es-la-envolvente-termica-de-un-edificio-casa-o-vivienda-y-sus-elementos/>. Consultado el 18 de Diciembre de 2014.
- [3] David J. Anderson. *Kanban: Successful Evolutionary Change for Your Technology Business*. Blue Hole Press, 2010.
- [4] Waldo Bustamante. Guía de diseño para la eficiencia energética de la vivienda social. Ministerio de Vivienda y Urbanismo, División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional y Programa País de Eficiencia Energética, Santiago, Chile, 2009.
- [5] Francesco Cirillo. *The Pomodoro Technique (The Pomodoro)*. Lulu Enterprises Incorporated, 2009.
- [6] CNE. Estudios. 2015. URL <http://www.cne.cl/estudios/estudios>. Consultado el 23 de Enero de 2015.
- [7] Software Engineering Standards Committee y IEEE-SA Standards Board. Ieee recommended practice for software requirements specifications. Inf. téc., IEEE Computer Society, 1998.
- [8] Ambiente Consultores. Programa de inversión pública para fomentar el reacondicionamiento térmico del parque construido de viviendas. Santiago, Chile, 2007.
- [9] Coakley Daniel, Paul Raftery, y Marcus Keane. A review of methods to match building energy simulation models to measured data. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2014.

- 
- [10] Corporación de Desarrollo Tecnológico. Estudio de usos finales y curva de oferta de conservación de la energía en el sector residencial. Santiago, Chile, 2010.
- [11] Comisión Nacional de Energía. Antecedentes sobre la matriz energética en Chile y sus desafíos futuros. Santiago, Chile, 2009.
- [12] Rodrigo García, Jaime Soto, Cristian Muñoz, Ariel Bobadilla, Rodrigo Herrera, y Waldo Bustamante. Analysis of energy-efficiency improvements in single-family dwellings in Concepción, Chile. *Open House International*, 2014.
- [13] Wark Kenneth. *Termodinámica*. McGraw Hill, 2001.
- [14] Robert C Martin. Design principles and design patterns. *Object Mentor*, 2000.
- [15] Roger Pressman. *Ingeniería del Software: Un enfoque práctico*. McGraw Hill, 2010.
- [16] Sunanda Sinha y S.S. Chande. Review of software tools for hybrid renewable energy systems. *Elsevier*, 2014.

# Apéndice A

## Caso de ejemplo

A continuación se presenta un caso de ejemplo con la metodología de García et al[12].

### A.1. Características de la vivienda

La vivienda esta compuesta de las siguientes características:

**Ubicación:** Hualpen.

**Superficie Construida:** 116,21 m<sup>2</sup>.

**Ocupantes:** 3.

**Meses de calefacción:** 6.

**Consumo energético:** 7805,61 [KWh].

**Tasación comercial:** \$37.125.000

#### **Cantidad de puertas externas**

El consumo energético de la vivienda es en base a una simulación realizada con la herramienta EnergyPlus, y corresponde exclusivamente a la energía necesaria para la calefacción de la vivienda promedio entre los meses de mayo y octubre.

#### **A.1.1. Simulaciones de mejoras**

Se simula en EnergyPlus la vivienda con cada una de las alternativas de mejoramiento entregadas en la tabla 1, lo que entrega los siguientes resultados.

**Sellado puertas**

**Consumo energético:** 7371,65 [KWh].

**Costo de implementación:** \$54.276.

**Ahorro energético:** 433,96 [KWh].

**Ahorro energético porcentual** 5,56 %.

**Factor de eficiencia:** 7.

**Sellado Ventanas**

**Consumo energético:** 7155,04 [KWh].

**Costo de implementación:** \$390.443.

**Ahorro energético:** 650,57 [KWh].

**Ahorro energético porcentual** 8,33 %.

**Factor de eficiencia:** 55.

**Sellado Instalaciones**

**Consumo energético:** 7371,65 [KWh].

**Costo de implementación:** \$138.850.

**Ahorro energético:** 433,96 [KWh].

**Ahorro energético porcentual** 5,56 %.

**Factor de eficiencia:** 19.

**Sellado Muros**

**Consumo energético:** 7155,04 [KWh].

**Costo de implementación:** \$582.867.

**Ahorro energético:** 650,57 [KWh].

**Ahorro energético porcentual** 8,33 %.

**Factor de eficiencia:** 81.

**EIFS Primer Piso**

**Consumo energético:** 6952,03 [KWh].

**Costo de implementación:** \$1.558.412.

**Ahorro energético:** 853,58 [KWh].

**Ahorro energético porcentual** 10,94 %.

**Factor de eficiencia:** 224.

**EIFS Segundo Piso**

**Consumo energético:** 7141,36 [KWh].

**Costo de implementación:** \$2.053.360-

**Ahorro energético:** 664,26 [KWh].

**Ahorro energético porcentual** 8,51 %.

**Factor de eficiencia:** 288.

**Ventanas Termopanel Doble Cristal**

**Consumo energético:** 6636,12 [KWh].

**Costo de implementación:** \$2.506.262.

**Ahorro energético:** 1169,49 [KWh].

**Ahorro energético porcentual** 14,98 %.

**Factor de eficiencia:** 378.

**Aislación Cielo**

**Consumo energético:** 7405,42 [KWh].

**Costo de implementación:** \$560.169.

**Ahorro energético:** 400,19 [KWh].

**Ahorro energético porcentual** 5,13 %.

**Factor de eficiencia:** 76.

## A.2. Ordenamiento de soluciones

Luego de entregar y calcular los consumos y costos de cada solución, se ordenan de forma ascendente con respecto al factor de eficiencia, quedando en el siguiente orden.

Número	Mejora	Factor Eficiencia	Costo	Costo Acumulado
1	Sellado Puertas	7	\$54.276	\$54.276
3	Sellado Instalaciones	19	\$138.8506	\$193.126
2	Sellado Ventanas	55	\$390.443	\$583.569
8	Aislación Cielo	76	\$560.169	\$1.143.738
4	Sellado Muros	81	\$582.867	\$1.726.604
5	EIFS Primer piso	224	\$1.558.412	\$3.285.016
6	EIFS Segundo piso	288	\$2.053.360	\$5.338.377
7	Ventanas termopanel doble Cristal	378	\$2.506.262	\$7.844.638

Tabla 29: Ejemplo Soluciones ordenadas

## A.3. Selección paquetes

Los paquetes se seleccionan en base a la tasación comercial de la vivienda, el cual es de \$37.125.000. De este valor se considera que los propietarios tienen un poder de endeudamiento en mejoras de máximo un 15% de la tasación, por eso los paquetes corresponden a un 5%, un 10%, y un 15% de dicho valor.

Finalmente los paquetes pueden tener los siguientes valores máximos:

- \$1.856.250 (05 %).
- \$3.712.500 (10 %).
- \$5.568.750 (15 %).

Si se observa la tabla 29, considerando un orden descendente (del primero, al último), el primer paquete de un 5% tendría como tope la solución 4, con un costo de \$1.726.604.

El segundo paquete, con un 10%, tendría como tope la solución 5, con un costo de \$3.285.016. Y finalmente el tercer paquete con un 15%, tendría como tope la solución 6, con un costo de \$5.338.377.

#### **A.4. Eliminación de incompatibilidades**

Luego de la selección de paquetes, se deben realizar las soluciones incompatibles, las cuales para la tabla 1, solamente son la solución 2, con la solución 7 (y viceversa).

Para este caso en particular, la solución 7 no forma parte de ningún paquete, lo que implica que todas las soluciones de cada paquete son compatibles entre si.

## Apéndice B

# Especificación Detallada de Casos de Uso

A continuación se especifica en detalle cada caso de uso descrito en la sección 6.1.

Acción del actor	Respuesta del sistema
<p>3) Si el usuario ingresa los datos que se desean modificar,</p> <p>7) Si el usuario busca eliminar una alternativa de solución de software.</p> <p>10) El usuario confirma operación.</p>	<p>1) El sistema despliega por pantalla la información de las alternativas de solución del software.</p> <p>2) Si la alternativa se encuentra registrada, el sistema despliega en pantalla un formulario cargando con los datos solicitados</p> <p>4) El sistema valida lo datos y los campos vacíos.</p> <p>5) Los datos son verificados por el sistema.</p> <p>6) Si lo datos son válidos y son verificados correctamente, el sistema despliega en pantalla un mensaje de modificación de datos exitosa.</p> <p>8) El sistema válida los datos.</p> <p>9) El sistema despliega en pantalla un mensaje de confirmación de la operación.</p> <p>11) El sistema despliega un mensaje de eliminación exitosa.</p>

Tabla 30: Especificación detallada CU 01

Flujo alternativo	
<p>10b) Si el usuario cancela la operación.</p>	<p>1b) Si el sistema vuelve a cargar la pantalla principal.</p> <p>2b) Si los datos solicitados no existen, se despliega un mensaje de error.</p> <p>4b) Si los datos ingresados no están bien formada semánticamente, se despliega un mensaje de error.</p> <p>5b) Si los datos son ingresados de forma incorrecta el sistema despliega un mensaje de error y vuelve al paso 3.</p> <p>8b) Si lo datos solicitados no existen, se cancela la operación despliega un mensaje de error.</p> <p>11b) Si el sistema vuelve a cargar la pantalla principal.</p>

Tabla 31: Flujo alternativo CU 01

Acción del actor	Respuesta del sistema
<p>3) Si el usuario ingresa los datos que se desean modificar.</p> <p>7) Si el usuario busca eliminar una estimación de métricas de viviendas.</p> <p>10) El usuario confirma operación.</p>	<p>1) El sistema despliega por pantalla la información de las alternativas de solución del software.</p> <p>2) Si la alternativa se encuentra registrada, el sistema despliega en pantalla un formulario cargando con los datos solicitados.</p> <p>4) El sistema valida lo datos y los campos vacíos.</p> <p>5) Los datos son verificados por el sistema.</p> <p>6) Si lo datos son válidos y son verificados correctamente, el sistema despliega en pantalla un mensaje de modificación de datos exitosa.</p> <p>8) El sistema válida los datos.</p> <p>9) El sistema despliega en pantalla un mensaje de confirmación de la operación.</p> <p>11) El sistema despliega un mensaje de eliminación exitosa.</p>

Tabla 32: Especificación Detallada CU 02

Flujo alternativo	
10b) . Si el usuario cancela la operación.	<p>1b) Si el sistema vuelve a cargar la pantalla principal.</p> <p>2b) Si los datos solicitados no existen, se despliega un mensaje de error.</p> <p>4b) Si los datos ingresados no están bien formada semánticamente, se despliega un mensaje de error.</p> <p>5b) Si los datos son ingresados de forma incorrecta el sistema despliega un mensaje de error y vuelve al paso 3.</p> <p>8b) Si lo datos solicitados no existen, se cancela la operación despliega un mensaje de error.</p> <p>11b) Si el sistema vuelve a cargar la pantalla principal.</p>

Tabla 33: Flujo alternativo CU02

Acción del actor	Respuesta del sistema
<p>3) Si el usuario ingresa los datos que se desean modificar.</p> <p>7) Si el usuario busca eliminar una estimación financiera sobre los paquetes.</p> <p>10) El usuario confirma operación.</p>	<p>1) El sistema despliega por pantalla la información de las alternativas de solución del software.</p> <p>2) Si el parámetro se encuentra registrado, el sistema despliega en pantalla un formulario cargando con los datos solicitados.</p> <p>4) El sistema valida lo datos y los campos vacíos.</p> <p>5) Los datos son verificados por el sistema.</p> <p>6) Si lo datos son válidos y son verificados correctamente, el sistema despliega en pantalla un mensaje de modificación de datos exitosa.</p> <p>8) El sistema válida los datos.</p> <p>9) El sistema despliega en pantalla un mensaje de confirmación de la operación.</p> <p>11) El sistema despliega un mensaje de eliminación exitosa.</p>

Tabla 34: Especificación Detallada CU 03

Flujo alternativo	
<p>10b) Si el usuario cancela la operación.</p>	<p>1b) Si el sistema vuelve a cargar la pantalla principal.</p> <p>2b) Si los datos solicitados no existen, se despliega un mensaje de error.</p> <p>4b) Si los datos ingresados no están bien formada semánticamente, se despliega un mensaje de error.</p> <p>5b) Si los datos son ingresados de forma incorrecta el sistema despliega un mensaje de error y vuelve al paso 3.</p> <p>8b) Si lo datos solicitados no existen, se cancela la operación despliega un mensaje de error.</p> <p>11b) Si el sistema vuelve a cargar la pantalla principal.</p>

Tabla 35: Flujo alternativo CU03

Acción del actor	Respuesta del sistema
<p>2) El usuario ingresa los datos del directorio.</p>	<p>1) El sistema despliega en pantalla un formulario para el llenado de datos.</p> <p>3) El sistema valida los datos y los campos requeridos.</p> <p>4) El sistema verifica los datos.</p> <p>5) Si lo datos son válidos y verificados el directorio se registra en el sistema.</p>

Tabla 36: Especificación Detallada CU 04

Flujo alternativo	
	<p>3b) Si alguno de los datos no está bien formada semánticamente, se despliega un mensaje de error.</p> <p>4b) Si alguno de los datos ingresados se ingresan de forma incorrecta, se despliega un mensaje de error.</p>

Tabla 37: Flujo alternativo CU04

Acción del actor	Respuesta del sistema
<p>2) El usuario ingresa los datos del nuevo proyecto.</p>	<p>1) El sistema despliega en pantalla un formulario para el llenado de datos.</p> <p>3) El sistema valida los datos y los campos requeridos.</p> <p>4) El sistema verifica los datos.</p> <p>5) Sí lo datos son válidos y verificados, el proyecto se registra en el sistema.</p>

Tabla 38: Especificación Detallada CU 05

Flujo alternativo	
	<p>3b) Si alguno de los datos no está bien formada semánticamente, se despliega un mensaje de error.</p> <p>4b) Si alguno de los datos ingresados se ingresan de forma incorrecta, se despliega un mensaje de error.</p>

Tabla 39: Flujo alternativo CU05

Acción del actor	Respuesta del sistema
<p>2) El usuario hace clic en “Abrir Proyecto” y selecciona el proyecto a abrir.</p>	<p>1) El caso de uso “Crear Proyecto” se debe haber ejecutado previamente.</p> <p>3) El sistema despliega el proyecto seleccionado.</p>

Tabla 40: Especificación Detallada CU 06

Flujo alternativo	
4b) El usuario cancela la operación	3b) Si el sistema no carga el proyecto por archivo corrupto.

Tabla 41: Flujo alternativo CU06

Acción del actor	Respuesta del sistema
2) El usuario hace clic en “Cerrar Proyecto”. 4) Si el usuario confirma la operación.	1) El caso de uso “Crear Proyecto” se debe haber ejecutado previamente. 3) El sistema despliega en pantalla un mensaje para la confirmación de la operación. 5) El sistema cierra el proyecto.

Tabla 42: Especificación Detallada CU 07

Flujo alternativo	
4b) El usuario cancela la operación.	5b) Si el sistema vuelve a cargar el proyecto.

Tabla 43: Flujo alternativo CU07

Acción del actor	Respuesta del sistema
<p>2) El usuario hace clic en “Guardar Proyecto”.</p> <p>4) El usuario ingresa los datos del proyecto.</p>	<p>1) El caso de uso “Crear Proyecto” se debe haber ejecutado previamente.</p> <p>3) El sistema despliega en pantalla el formulario y las opciones para guardar el proyecto.</p> <p>5) El sistema valida los datos y los campos requeridos.</p> <p>6) El sistema verifica los datos.</p> <p>7) Si lo datos son válidos y verificados el proyecto se registra en el sistema.</p>

Tabla 44: Especificación Detallada CU 08

Flujo alternativo	
<p>4b) El usuario cancela la operación.</p>	<p>4b) Si alguno de los datos no está bien formada semánticamente, se despliega un mensaje de error.</p> <p>5b) Si alguno de los datos ingresados se ingresan de forma incorrecta, se despliega un mensaje de error.</p>

Tabla 45: Flujo alternativo CU08

Acción del actor	Respuesta del sistema
<p>4) El usuario confirma la operación.</p>	<p>1) El caso de uso “Crear Proyecto” se debe haber ejecutado previamente.</p> <p>2) El sistema válida lo datos.</p> <p>3) Si los datos son válidos, el sistema despliega en pantalla un mensaje para la confirmación de la operación.</p> <p>5) Si el usuario confirma, el sistema despliega un mensaje de eliminación exitosa.</p>

Tabla 46: Especificación Detallada CU 09

Flujo alternativo	
<p>4b) El usuario cancela la operación.</p>	<p>3b) Si los datos solicitados no existen, se despliega un mensaje de error.</p> <p>5b) Si el sistema vuelve a cargar la pantalla principal.</p>

Tabla 47: Flujo alternativo CU09

Acción del actor	Respuesta del sistema
<p>2) El usuario ingresa los datos que se desean modificar.</p>	<p>1) El sistema despliega en pantalla un formulario cargando con los datos solicitados por el usuario.</p> <p>3) El sistema valida lo datos y los campos vacíos.</p> <p>4) Los datos son verificados por el sistema.</p> <p>5) Si lo datos son válidos y son verificados correctamente, el sistema despliega en pantalla un mensaje de modificación de datos exitosa.</p>

Tabla 48: Especificación Detallada CU 10

Flujo alternativo	
	<p>1b) Si los datos solicitados no existen, se despliega un mensaje de error.</p> <p>3b) Si los datos ingresados no están bien formada semánticamente, se despliega un mensaje de error.</p> <p>4b) Si los datos son ingresados de forma incorrecta el sistema despliega un mensaje de error y vuelve al paso 2.</p>

Tabla 49: Flujo alternativo CU10

Acción del actor	Respuesta del sistema
<p>2) El usuario ingresa los datos que se desean modificar.</p>	<p>1) El sistema despliega en pantalla un formulario cargando con los datos solicitados por el usuario.</p> <p>3) El sistema valida lo datos y los campos vacíos.</p> <p>4) Los datos son verificados por el sistema.</p> <p>5) Si lo datos son válidos y son verificados correctamente, el sistema despliega en pantalla un mensaje de modificación de datos exitosa.</p>

Tabla 50: Especificación Detallada CU 11

Flujo alternativo	
	<p>1b) Si los datos solicitados no existen, se despliega un mensaje de error.</p> <p>3b) Si los datos ingresados no están bien formada semánticamente, se despliega un mensaje de error.</p> <p>4b) Si los datos son ingresados de forma incorrecta el sistema despliega un mensaje de error y vuelve al paso 2.</p>

Tabla 51: Flujo alternativo CU11

Acción del actor	Respuesta del sistema
<p>1) El usuario hace clic en “subir vivienda web”.</p> <p>3) El usuario ingresa los datos requeridos.</p>	<p>2) El sistema despliega en pantalla el formulario y las opciones para cargar la vivienda.</p> <p>4) El sistema valida los datos y los campos requeridos.</p> <p>5) El sistema verifica los datos.</p> <p>6) Si lo datos son válidos y verificados la vivienda se sube a la web.</p>

Tabla 52: Especificación Detallada CU 12

Flujo alternativo	
<p>3b) El usuario cancela la operación.</p>	<p>4b) Si alguno de los datos no está bien formada semánticamente, se despliega un mensaje de error.</p> <p>5b) Si alguno de los datos ingresados se ingresan de forma incorrecta, se despliega un mensaje de error.</p>

Tabla 53: Flujo alternativo CU12

Acción del actor	Respuesta del sistema
<p>2) El usuario ingresa los datos que se desean modificar.</p>	<p>1) El sistema despliega en pantalla un formulario cargando con los datos solicitados por el usuario.</p> <p>3) El sistema valida lo datos y los campos vacíos.</p> <p>4) Los datos son verificados por el sistema.</p> <p>5) Si lo datos son válidos y son verificados correctamente, el sistema despliega en pantalla un mensaje de actualización exitosa.</p>

Tabla 54: Especificación Detallada CU 13

Flujo alternativo	
	<p>1b) Si los datos solicitados no existen, se despliega un mensaje de error.</p> <p>3b) Si los datos ingresados no están bien formada semánticamente, se despliega un mensaje de error.</p> <p>4b) Si los datos son ingresados de forma incorrecta el sistema despliega un mensaje de error y vuelve al paso 2.</p>

Tabla 55: Flujo alternativo CU13

Acción del actor	Respuesta del sistema
1) El usuario hace clic en “Salir”.  3) Si el usuario confirma la operación.	2) El sistema despliega en pantalla un mensaje para la confirmación de la operación.  4) El sistema cierra el programa.

Tabla 56: Especificación Detallada CU 14

Flujo alternativo	
3b) El usuario cancela la operación	4b) Si el sistema vuelve a cargar el programa.

Tabla 57: Flujo alternativo CU14

Acción del actor	Respuesta del sistema
1) El usuario hace clic en “Abrir acerca de”.	2) El sistema despliega la información por pantalla.

Tabla 58: Especificación Detallada CU 15

Flujo alternativo	
	2b) El sistema vuelva a cargar la pantalla principal

Tabla 59: Flujo alternativo CU15

Acción del actor	Respuesta del sistema
1) El usuario hace clic en “ver manual”.	2) El sistema despliega por pantalla el manual.

Tabla 60: Especificación Detallada CU 16

Flujo alternativo	
	2b) El sistema vuelva a cargar la pantalla principal.

Tabla 61: Flujo alternativo CU16

# Apéndice C

## Especificación Detallada de pruebas

A continuación se detallan de las pruebas esenciales a efectuar sobre el software para su los posibles errores que podría generar.

Cabe destacar que se presenta una cantidad reducida de pruebas para efectos de la claridad del presente informe.

### C.1. Pruebas de unidad

Validar año de construcción	
Dato de Entrada	Salida Esperada
1999	Éxito
-100	Error Año muy antiguo
20016	Error año superior actual

Tabla 62: Prueba unitaria año construcción

Validar Superficie	
Dato de Entrada	Salida Esperada
120	Éxito
-10	Error superficie negativa
0	Error superficie en 0
10000	Error superficie muy grande

Tabla 63: Prueba unitaria Superficie

Validar perímetro expuesto	
Dato de Entrada	Salida Esperada
100	Éxito
0	Error perímetro en 0
-10	Error perímetro negativo
10000	Error perímetro muy grande

Tabla 64: Prueba unitaria perímetro expuesto

Validar cantidad pisos	
Dato de Entrada	Salida Esperada
2	Éxito
0	Error 0 pisos
-1	Error pisos negativos
4	Error cantidad de pisos mayor al contexto
Dato de Entrada	Salida Esperada

Tabla 65: Prueba unitaria cantidad pisos

Validar superficie muros	
Dato de Entrada	Salida Esperada
200	Éxito
0	Error superficie muros en 0
-10	Error superficie muros negativa
20000	Error superficie muros muy grande

Tabla 66: Prueba unitaria superficie muros

Validar superficie ventanas	
Dato de Entrada	Salida Esperada
1.2	Éxito
0	Error superficie ventanas en 0
-1	Error superficie ventanas negativa
200	Error superficie ventanas muy grande

Tabla 67: Prueba unitaria superficie ventanas

Validar cantidad puertas	
Dato de Entrada	Salida Esperada
2	Éxit
0	Error no hay puertas
-1	Error puertas negativas
20	Error cantidad de puertas muy grande

Tabla 68: Prueba unitaria cantidad puertas

Validar cantidad ventanas	
Dato de Entrada	Salida Esperada
4	Éxito
0	Error cantidad de ventanas en 0
-1	Error cantidad de ventanas negativa
200	Error cantidad de ventanas muy grande

Tabla 69: Prueba unitaria cantidad ventanas

Validar cantidad infiltraciones	
Dato de Entrada	Salida Esperada
10	Éxito
0	Éxito
-1	Error cantidad negativa de infiltraciones
500	Error cantidad muy grande de infiltraciones

Tabla 70: Prueba unitaria cantidad infiltraciones

Validar superficie cielo	
Dato de Entrada	Salida Esperada
80	Éxito
0	Error superficie cielo en 0
-10	Error superficie cielo negativa
1000	Error superficie cielo muy grande

Tabla 71: Prueba unitaria superficie cielo

Validar factor de infiltraciones	
Dato de Entrada	Salida Esperada
0.1	+Éxito
1	Error factor debe ir ser menor que 1
0	Error factor debe ser mayor que 0

Tabla 72: Prueba unitaria factor de infiltraciones

Validar altura promedio	
Dato de Entrada	Salida Esperada
2	Éxito
0	Error altura promedio en 0
-1	Error altura promedio negativa
5	Error altura promedio muy grande
Dato de Entrada	Salida Esperada

Tabla 73: Prueba unitaria altura promedio

Validar superficie promedio por ventana	
Dato de Entrada	Salida Esperada
1.2	Éxito
0	Error superficie promedio por ventana en 0
-1	Error superficie promedio por ventana negativo
20	Error superficie promedio por ventana muy grande

Tabla 74: Prueba unitaria superficie promedio por ventana

Validar KWh por superficie	
Dato de Entrada	Salida Esperada
80	Éxito
0	Error KWh por superficie en 0
-1	Error KWh por superficie negativo
1000	Error KWh por superficie muy grande

Tabla 75: Prueba unitaria KWh por superficie

## Apéndice D

# Planificación Inicial y Resumen del Esfuerzo Requerido

Este capítulo entrega los datos necesarios para comprender el esfuerzo utilizado en horas/hombre para realizar el proyecto.

El cálculo toma como referencia el método de puntos de caso de uso.

### D.1. Cálculo de los puntos de casos de uso sin ajustar

Actor	Complejidad	Factor
"Usuario"	Complejo	3
	<b>Factor de peso de los actores (UAW)</b>	3

Tabla 76: Factor de peso de los actores

Caso de uso	Transacciones	Complejidad	Factor
[01]Mantener alternativas	Validar, Verificar, Insertar, Eliminar, Seleccionar, Actualizar	Medio	10
[02]Mantener parámetros estimaciones	Validar, Verificar, Insertar, Eliminar, Seleccionar, Actualizar	Medio	10
[03]Mantener parámetros financieros	Validar, Verificar, Insertar, Eliminar, Seleccionar, Actualizar	Medio	10
[04]Definir espacio de trabajo	Validar, Verificar, Seleccionar, Actualizar	Medio	10
[05]Crear proyecto	Validar, Verificar, Insertar,	Simple	5
[06]Abrir proyecto	Validar, Seleccionar	Simple	5
[07]Cerrar Proyecto	Seleccionar	Simple	5
[08]Guardar Proyecto	Validar, Verificar, Insertar	Simple	10
[09]Eliminar proyecto	Validar, Seleccionar	simple	5
[10]Editar vivienda proyecto	Validar, Verificar, Insertar, Seleccionar, Actualizar	Medio	10
[11]Editar demandas alternativas	Validar, Verificar, Insertar, Seleccionar, Actualizar	Medio	10

[12]Subir vivienda web	Validar, Insertar, Seleccionar	Medio	10
[13]Actualizar paquetes	Validar, Verificar, Seleccionar, Actualizar	Medio	10
[14]Salir	Seleccionar	simple	5
[15]Abrir acerca de	Seleccionar	Simple	5
[16]Ver manual	Seleccionar	simple	5
		Total	115

Tabla 77: Factor de peso de los casos de uso sin ajustar

Calculando:

$$UUCP + UUCW = 3 + 115 = 118$$

## D.2. Factores técnicos

TF	Peso	Factor	Resultado
Sistema distribuido	2	0	0
Objetivos de rendimiento aplicación	1	3	3
Eficiencia usuario final	1	3	3
Reusabilidad	1	5	5
Fácil instalación	0,5	2	1
Fácil de operar	0,5	4	2
Posibilidad de cambiar	1	5	5
Concurrencia	1	3	3
Características de seguridad	1	2	2
Proveer acceso directo a aplicaciones de terceros	1	0	0
Usuario especial	1	0	0
		TFactor	32

Tabla 78: Complejidad factores técnicos

$$TCF = 0,6 + (0,01 \times TFactor) = 0,6 + (03,2) = 0,92$$

Familiaridad con objetos rub	1,5	3	4,5
Experiencia en aplicaciones	0,5	2	1
Experiencia en orientación a objetos	1	5	5
Capacidad de analisis	0,5	4	2
Motivacion	1	5	5
Requerimientos estables	2	4	8
Trabajo part time	-1	0	0
Dificultad en el lenguaje de programación	-1	3	-3
		EFactor	22,5

Tabla 79: Complejidad en factores medioambientales

### D.3. Factores de entorno

$$EF = 1,4 + (-0,03 \times EFactor) = 1,4 + (-0,675) = 0,725$$

$$UCP = UUCP \times TCF \times EF = 118 \times 0,92 \times 0,725 = 78,706 \text{ puntos de caso de uso ajustados}$$

Tomando en cuenta un LOE de 20 horas por punto de caso de uso ajustado.

$$Esfuerzototal = UCP \times LOE = 78,706 \times 20 = 1574HH$$

#### D.3.1. Estimación por etapa

La estimación de los puntos de caso de uso corresponden a un 40% del proyecto, el cual es desarrollo, un 30% forma parte del análisis y diseño, y el otro 30% es para efectuar pruebas.

En base a esos porcentajes, las horas hombre quedan divididas como se describe a continuación:

**Análisis:** 1180 HH.

**Programación:** 1574 HH.

**Pruebas:** 1180 HH.

## **D.4. Planificación inicial**

Por los cálculos estimados se muestra la planificación inicial, la que se basó en la carta Gantt descrita en la tabla 80. Se puede ver en la tabla 80 que el proyecto no se pudo realizar en el tiempo inicial debido a que la cantidad de horas hombre es mayor al disponible.

## **D.5. Esfuerzo real**

### **D.5.1. Análisis**

La etapa de análisis en este proyecto, fue una de las etapas más costosas en cuanto a horas hombre, su tiempo real fue cercano a los 3 meses.

### **D.5.2. Programación**

Esta etapa esencial del proyecto, se solapaba con la etapa de análisis, permitiendo así su ejecución en un tiempo coherente, su tiempo total fue cercano a los 7 meses.

### **D.5.3. Pruebas**

La etapa de pruebas tiene un tiempo estimado de 3 meses, pero aun se desempeña, y tiene un esfuerzo acumulado de 2 meses, también solapados dentro del tiempo de programación.

## **D.6. Conclusiones de planificación**

Se puede apreciar claramente que los tiempos calculados con los puntos de casos de uso, son excesivos, mas cuando se trata de una sola persona, pero gracias al trabajo concurrente se pudo desarrollar el proyecto en un porcentaje aceptable.

01	Elicitación de requerimientos	18-08-2014	18-08-2014
02	Especificación de requisitos	19-08-2014	19-08-2014
03	Diseño y especificación de C.U	20-08-2014	21-08-2014
04	Diseño de M.E.R.	21-08-2014	21-08-2014
05	Diseño de modelo conceptual	22-08-2014	22-08-2014
06	Diseño de pruebas de aceptación	22-08-2014	23-08-2014
07	Validación con usuarios 1	25-08-2014	25-08-2014
08	Refactorización diagramas, modelos y requisitos	25-08-2014	27-08-2014
09	Diseño pruebas de sistema	27-08-2014	28-08-2014
10	Diseño protocolo para revisión sistemática	27-08-2014	27-08-2014
11	Aplicación y redacción de búsqueda sistemática	27-08-2014	28-08-2014
12	Redacción del estado del arte	28-08-2014	30-08-2014
13	Estudio de factibilidad técnica	29-08-2014	29-08-2014
14	Estudio de factibilidad económica	30-08-2014	01-09-2014
15	Estudio de factibilidad operativa	01-09-2014	01-09-2014
16	Entrega avance informe 1	01-09-2014	01-09-2014
17	Diseño de UML	01-09-2014	02-09-2014
18	Diseño de modelo físico	02-09-2014	02-09-2014
19	Diseño de mockups	03-09-2014	03-09-2014
20	Validación con usuarios 2	03-09-2014	04-09-2014
21	Refactorización diagramas y mockups	04-09-2014	05-09-2014
22	Diseño de pruebas de Integración	06-09-2014	08-09-2014
23	Codificación prototipo 1	06-09-2014	13-09-2014
24	Validación con usuarios 3	15-09-2014	15-09-2014
25	Refactorización prototipo 1	15-09-2014	18-09-2014
26	Codificación prototipo final	18-09-2014	29-09-2014
27	Validación con usuarios 4	29-09-2014	30-09-2014
28	Refactorización prototipo final	30-09-2014	02-10-2014
29	Diseño pruebas unitarias	02-10-2014	03-10-2014
30	Aplicación pruebas unitarias	02-10-2014	03-10-2014
31	Aplicación pruebas de integración	03-10-2014	04-10-2014
32	Aplicación pruebas de sistema	02-10-2014	03-10-2014
33	Redacción manual e integración de ayuda	02-10-2014	03-10-2014
34	Aplicación de pruebas de aceptación	03-10-2014	09-10-2014
35	Redacción final del informe	09-10-2014	15-10-2014

Tabla 80: Carta Gantt inicial