



Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería - Ingeniería Civil Informática

Herramienta de simulación de consumo energético de viviendas basado en morfología y materiales

Memoria para optar al grado de
INGENIERO CIVIL INFORMÁTICO

POR
MATÍAS DANIEL MEDINA SILVA
CONCEPCIÓN, CHILE
Enero 2019

Profesor guía: GONZALO ROJAS DURÁN
Comisión: LILIAN SALINAS AYALA, PEDRO PINACHO DAVIDSON
Departamento de Ingeniería Informática y Ciencias de la Computación
Facultad de Ingeniería
Universidad de Concepción

©

b) Se autoriza la reproducción total o parcial con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

Resumen

El diseño arquitectónico de edificaciones que considera las variables del entorno y las actividades humanas a realizar en la edificación se conoce como diseño bioclimático, el cual busca reducir el consumo energético, el impacto medioambiental y económico. Actualmente, existen herramientas computacionales que proveen una solución a este problema, pero estas herramientas están orientadas a mejorar una vivienda que ya existe, no consideran la situación del país, las variables del entorno y requieren una alta especialización por parte del usuario para ser utilizadas. En este trabajo se desarrolló un prototipo web de una aplicación de una sola página que busca poder ser un aporte al ser utilizada por arquitectos proyectistas y usuarios en general. El sistema hace un balance energético en base a variables morfológicas, de emplazamiento, climáticas e uso del hogar. En este informe se define las bases teóricas del cálculo de balance energético y las justificaciones del proyecto. Aparte de esto, se describe el sistema y sus funcionalidades, principalmente las funcionalidades relacionadas con las variables morfológicas y el proceso de diseño y desarrollo llevado a cabo.

Índice

1.- Introducción	6
1.1.- Descripción del problema	6
1.2.- Descripción de la solución	7
1.3.- Objetivo general	7
1.4.- Objetivos específicos	8
1.5.- Metodología de trabajo	8
1.5.1.- Roles	8
1.5.2.- Flujo de trabajo	9
1.6.- Estructura del informe	9
2.- Descripción del marco teórico	10
2.1.- Diseño bioclimático	10
2.1.1.- Balance de energía	10
2.2.- Herramientas de prediseño	13
2.2.1.- MIT Design Advisor	13
2.2.1.1 Análisis interfaz	13
2.2.2.- Kipus A+ Vivienda Sustentable	15
2.2.2.1 Análisis interfaz	15
2.2.3.- Home Energy Saver	17
2.2.3.1 Análisis interfaz	18
2.2.4.- Conclusiones sobre las herramientas	19
3.- Descripción de la solución	21
3.1.- Descripción sistema	21
3.2.- Arquitectura	21
3.3.- Desarrollo de la aplicación	21
3.3.1.- Requerimientos	21
3.3.2.- Prototipo final	22
4.- Descripción de componentes de la arquitectura	25
4.1.- Componentes cliente	25
4.1.1.- Store	25
4.4.2.- Reducers	25
4.4.3.- Actions	26
4.4.3.1 Acciones normales	26
4.4.3.2 Acciones con middleware	26
4.4.4.- React Components	27

4.4.5.- Utils	27
5.- Evaluación y Testing	29
5.1.- Testing de usuario	29
5.2.- Resultados	29
6.- Implementación	31
6.1.- Diseño de la interfaz	31
6.2.- Demostración de la aplicación	34
7.- Conclusión	37
8.1.- Cumplimiento de los objetivos	37
7.2.- Principales virtudes	37
7.3.- Aspectos mejorables	37
7.4.- Trabajos futuros	38
8.- Bibliografía	39
9.- Anexos	41
9.1.- Vistas	41
9.1.1.- Vista general de la aplicación	41
9.1.2.- Vista panel de balance energético y geográfico	42
9.1.3.- Vista módulo emplazamiento	43
9.1.4.- Vista módulo morfología	44
9.1.5.- Vista configuración pared y ventana	45
9.1.6.- Vista configuración puerta, piso y techo	45
9.1.7.- Vista barra de herramientas módulo morfología	46
9.1.8.- Vista barra de herramientas módulo emplazamiento	46
9.1.9.- Vista panel variables internas	46
9.2.- Testing de usuario	47
9.3.- Requerimientos de desarrollo	62
9.4.- Acciones	63
Acciones normales	63
Acciones con middleware	66
9.5.- React components	69
9.6.- Reducers	70
9.7.- Propuesta tema Memoria de Título informática	73

1.- Introducción

El proyecto trabajado en esta memoria consiste en el desarrollo de un prototipo de una herramienta de simulación que apoye el diseño bioclimático de viviendas, buscando mejorar las carencias que se encuentran en las herramientas existentes hasta ahora y también que esta herramienta pueda ser utilizada por usuarios no expertos en el tema, específicamente arquitectos proyectistas.

El desarrollo de este proyecto está abordado en dos temáticas distintas, separadas principalmente por la naturaleza de las variables que toman parte en el diseño bioclimático de una vivienda. El primer tema trata sobre las variables que tienen que ver con la morfología y materiales que componen a la casa y el segundo tema trata sobre las variables que tienen que ver con localización, geografía y como el entorno afectan a una vivienda. Estas dos temáticas deben coexistir dentro de la misma herramienta.

Es un proyecto interno de la Facultad de Ingeniería, en colaboración conjunta con el Departamento de Ingeniería Civil y el Departamento de Ingeniería Informática y Ciencias de la Computación.

En el caso de esta memoria, el tema es el desarrollo de una herramienta de simulación de consumo energético de viviendas basado en morfología y los materiales de construcción. Para cumplir esto se espera que el prototipo permita al usuario tener claridad y control total de las variables que afectan el consumo energético de una vivienda y que este tenga claridad como el consumo puede cambiar, ya sea para bien o para mal, al modificar cada una de estas variables. Dentro de estas variables se encuentran: temperatura de confort, ventilación de la casa, cantidad de personas que viven en la casa, horas de iluminación, superficie y volumen de la vivienda, materiales, composición y grosor de cada capa de los elementos principales de la casa. Los elementos principales de la vivienda en sentido morfológico son: puertas, ventanas, paredes, piso y techo.

Existen otras variables que afectan el consumo pero no son mencionadas en este informe ya que tienen que ver específicamente con el manejo de las variables bioclimáticas y de localización, las cuales no están abordadas por esta memoria.

1.1.- Descripción del problema

La descripción del problema se obtuvo de la propuesta de Memoria de Título (ver anexo 9.7). El diseño arquitectónico, etapa inicial del diseño de una vivienda, tiene una alta incidencia en la demanda energética de la vivienda proyectada, en términos de calefacción, iluminación y agua caliente sanitaria. En esta etapa, el arquitecto proyectista dibuja y propone las características principales de la vivienda, tales como superficie a construir, número y altura de pisos, dimensiones y ubicación de ventanas, o materiales principales de la envolvente de la vivienda.

Para adoptar criterios de eficiencia energética desde el diseño de la vivienda, en esta etapa el proyectista debe armonizar la vivienda con su entorno natural, lo que se llama diseño bioclimático. Esto requiere de un análisis climático del lugar de emplazamiento de la vivienda, procesando datos meteorológicos como temperatura, humedad, precipitación pluvial, viento y radiación solar, junto con características del entorno, como construcciones aledañas que podrían provocar sombra.

Actualmente, el diseño bioclimático se aborda de manera manual por parte del proyectista, pero la gran cantidad de variables a considerar y las normas y ordenanzas que regulan las construcciones urbanísticas dificultan gravemente la implementación del diseño bioclimático de viviendas.

Las herramientas computacionales que apoyan este proceso presenta varias carencias:

- Demandan un alto grado de especialización por parte del usuario, con conocimiento técnico previo poco adecuado al uso descrito.
- Ofrecen una interacción compleja para la introducción y modificación de parámetros de simulación.
- Consideran aisladamente sólo algunos aspectos relevantes para el diseño bioclimático, principalmente factores meteorológicos.
- No priorizan factores relevantes de la realidad nacional.
- Ofrecen una simulación de consumo energético en etapas tardías, cuando la vivienda está construida.

1.2.- Descripción de la solución

La solución consiste en un sistema web, una aplicación de una sola página donde se espera que cualquier usuario no experto en el tema pueda crear de manera fácil e interactiva la forma de la vivienda, agregar, borrar y modificar los distintos elementos, como ventanas, puertas y definir todos los materiales de una vivienda, definir y modificar la orientación de la vivienda, definir la localización de la vivienda, agregar obstrucciones que puedan afectar a esta y finalmente definir y modificar las distintas variables que forman parte del consumo energético dentro de una vivienda.

Es una herramienta interactiva, donde el usuario no define directamente algunas variables, si no que estas son ingresadas al sistema a través de representaciones gráficas de la vivienda y su entorno que el usuario puede modificar a través de diferentes herramientas dentro del prototipo. Al mismo tiempo mientras el usuario hace cambios, este puede visualizar de manera gráfica e interactiva el consumo energético, los aportes, pérdidas y la calificación energética de la vivienda, para así poder tomar decisiones en la etapa de diseño y poder corregir o evaluar su diseño de manera interactiva y clara.

1.3.- Objetivo general

El objetivo general del proyecto es desarrollar un sistema que permita a un usuario no experto, ver que tan eficiente es una vivienda en términos de gasto energético y hacer los cambios pertinentes en caso de ser muy ineficiente. El usuario sabrá si es eficiente o no en base a una calificación acorde al gasto y esta calificación será calculada en tiempo real, cada vez que se modifique una variable ya sea de morfología o de materiales. Se espera que el uso de esta herramienta sea intuitivo, fácil de usar y entendible por cualquier usuario.

1.4.- Objetivos específicos

Si bien ya se ha definido cuál será el objetivo que cumplirá la herramienta, es necesario establecer cuales son las funcionalidades de ésta y definir claramente qué podrá hacer y que no podrá hacer. Los objetivos específicos se listan a continuación:

- Brindar facilidades para crear y editar edificios y viviendas en una interfaz 3D.
- Crear una herramienta web para brindar mejor acceso a ella a través de internet.
- Permitir el análisis de distintos escenarios para poder comparar el consumo energético de distintos diseños.
- Obtener una herramienta eficiente y optimizada, donde todo se ejecute sin problemas, para no entorpecer la experiencia del usuario.

1.5.- Metodología de trabajo

La metodología de desarrollo para la realización de este proyecto se podría clasificar como una metodología ágil, pero con ciertas modificaciones, ya que se contaba con un equipo de trabajo de tan solo dos programadores, a diferencia de una metodología ágil donde el equipo está conformado de aproximadamente entre 5 a 9 personas. Cada miembro del equipo estaba encargado de distintas tareas, dependiendo principalmente de la naturaleza de las variables a tomar en cuenta para cada una de estas tareas, en vez de cada uno tener un rol específico dentro del desarrollo, como por ejemplo, tener un miembro del equipo dedicado a la interfaz de usuario y a otro encargado de la base de datos.

El objetivo del desarrollo fue construir un prototipo final validado por los stakeholders, que cumpla con los requerimientos especificados al comienzo del proyecto. Este prototipo evoluciona periódicamente en distintas iteraciones hasta llegar a su versión final entregable.

1.5.1.- Roles

Dentro de la metodología usada para el desarrollo, existen distintos roles para cada uno de los actores involucrados en el proceso, a continuación se explican cada uno de estos roles.

Director del proyecto y cliente, Profesor Luis Merino Quilodrán

El rol del profesor consiste en exponer el problema al equipo y validar los distintos prototipos luego de ser validados por el profesor patrocinante. El profesor solo participa activamente en las reuniones periódicas, resolviendo dudas específicas del tema, mostrando inquietudes al equipo de trabajo y definiendo objetivos esperables a futuro.

Jefe de desarrollo, Profesor Gonzalo Rojas Durán

El rol del profesor patrocinante consiste en asegurar que el equipo de trabajo cumpla el objetivo principal definiendo las tareas principales en cada iteración del proyecto y también es el encargado de priorizar las tareas. El profesor actúa como intermediario entre el equipo de desarrollo y el cliente, resolviendo las dudas de ambos y definiendo límites en sus acciones. En cada iteración, el equipo de trabajo debe mostrar los avances al profesor patrocinante, para validar el trabajo antes ser mostrado al cliente.

Coordinador de trabajos, Ingeniero y tesista Ángel Hernández

El rol del coordinador es principalmente resolver dudas entre reuniones, a medida que estas aparezcan para poder continuar con el trabajo y entender mejor el problema.

Equipo de desarrollo, Estudiantes Matías Medina y Diego Rodríguez

El rol del equipo de trabajo es definir las tareas específicas de cada uno para poder cumplir los distintos objetivos definidos por profesor Gonzalo Rojas. También son los encargados de proponer una solución al problema, capturar los requerimientos y definir el sistema.

1.5.2.- Flujo de trabajo

Reuniones de desarrollo

Para poder comenzar el desarrollo y luego de pasar por una primera etapa para definir los requerimientos de la herramienta, el equipo de desarrollo, junto con el profesor patrocinante debían acordar reuniones periódicas flexibles entre una o dos semanas para planificar las diferentes tareas a realizar y definir las fechas de reunión con el cliente para mostrar los avances del prototipo.

Trabajo de tareas acordadas

Cada integrante del equipo trabaja en sus tareas y define sub tareas para estas, luego, al final de cada iteración es necesario hacer pruebas de integración para juntar el trabajo de ambos y asegurarse del correcto funcionamiento del sistema.

Reuniones con el cliente

Al final de cada iteración, el prototipo es mostrado al cliente y se definen las aristas a seguir, cambios en el prototipo y se resuelven dudas de ambas partes.

1.6.- Estructura del informe

El informe está separado en 7 secciones: Sección 1, Introducción, donde se muestra el problema a solucionar en esta memoria, cual es la solución propuesta, los objetivos generales, los objetivos específicos que complementan el cumplimiento del objetivo general y la metodología de trabajo que se implementó en el desarrollo. Sección 2, Descripción del marco teórico, donde se explica que es el diseño bioclimático, se mencionan y analizan algunas herramientas existentes para el diseño de viviendas. Sección 3, Descripción de la solución, donde se describe el sistema y se muestran los distintos prototipos desarrollados durante el transcurso de esta memoria. Sección 4, Descripción de los componentes de la arquitectura, donde se profundiza en mostrar el funcionamiento completo de la aplicación, Sección 5, Evaluación y Testing, donde se muestra como se llevó a cabo el testeó de usuarios y cuáles fueron las mejoras a la interfaz que se pudieron extraer. Sección 6, Implementación, donde se muestra como se desarrolló y evolucionó la interfaz y una demostración de la aplicación para mostrar las distintas funcionalidades. Sección 7, Conclusión, donde se mencionan los cumplimientos de los objetivos, las principales virtudes de la herramienta, los aspectos mejorables durante el trabajo y se dan aristas a seguir para trabajos futuros en este tema.

2.- Descripción del marco teórico

2.1.- Diseño bioclimático

El diseño bioclimático, etimológicamente significa “Diseño relativo al clima y a la vida”, es un diseño de edificios que toma en cuenta factores del clima y los recursos disponibles para dar soporte y confort a la actividad humana que se desarrollará en tal edificio, buscando optimizar los gastos de energía, balanceando los aportes y pérdidas de energéticas. Antes de mencionar como se hace este balance, es necesario saber porqué es importante un buen diseño bioclimático.

Se puede definir a la energía como el recurso principal de la actividad humana, es importante tener claro cuál es el origen de esta y cuales pueden ser sus impactos en el país. En Chile, a septiembre de 2018, las centrales termoeléctricas alcanzan un 56% de la capacidad eléctrica del país [3], estas centrales utilizan combustibles fósiles, generando así emisiones atmosféricas por la combustión de estos, como dióxido de azufre, óxido de nitrógeno, material particulado, monóxido de carbono y gases de efecto invernadero [5]. Así mismo, a septiembre de 2018, las centrales hidroeléctricas alcanzan un 29% de la capacidad eléctrica del país [3]. Estas centrales tienen diversos impactos, dependiendo también del sector donde se encuentre la central, estos impactos son [6]:

- Alteración de ecosistemas, terrestres y acuáticos, afectando la biodiversidad.
- Cambios en régimen de ríos, alterando ciclos naturales de crecidas.
- Alteración del paisaje natural.

Sumado a esto, Chile es el segundo país en Latinoamérica con el costo más elevado de energía residencial [12].

Es por esto que es de vital importancia para la calidad de vida de las personas y el medioambiente del país poder proporcionar viviendas que sean sustentables, para poder minimizar tanto el consumo energético de una vivienda y el costo eléctrico de esta. Para diseñar edificaciones más sustentables se recurre a un análisis profundo no sólo de las formas arquitectónicas sino también de los procesos constructivos y de las condiciones ambientales del entorno. Para ello los diseñadores requieren programas especiales para la simulación y cálculo de eficiencia energética, análisis climático, etc.

Simular en la etapa de diseño de una edificación nos permite identificar alternativas que posean un alto desempeño energético, analizando las distintas variables de diseño: tipo y espesor de aislante térmico, ubicación y tamaño de ventanas, porcentaje de acristalamiento, orientación de la edificación, etc. También permite buscar estrategias que permitan disminuir la demanda de energía que se traduce en menores costos de calefacción y climatización para los ocupantes, y una disminución de la demanda energética del país.

2.1.1.- Balance de energía

El balance de energía es un valor que se obtiene al juntar las distintas pérdidas y aportes de la vivienda. Todas las fórmulas fueron proporcionadas por el coordinador de trabajos. La Fórmula 1 representa el

balance energético, donde P_c y P_v representan las pérdidas por conducción y ventilación respectivamente, A_s y A_i representan los aportes solares e internos respectivamente y $SupV$ la superficie de la vivienda. El aporte solar no será definido en esta memoria.

$$BE = \frac{(P_c + P_v) - (A_s + A_i)}{1000 \cdot SupV}$$

Fórmula 1: Balance energético.

La Fórmula 2 representa el cálculo de los aportes internos dentro del periodo de calefacción por cada mes, donde P_u representa el perfil de usuario, C_u es el coeficiente de usuario, $N^\circ Oc$ es la cantidad de ocupantes de la vivienda e $Illum$ es la cantidad de energía aportada por la iluminación y n_{mes} es la cantidad de días del mes.

$$A_i = \sum_i^n (P_u * C_u * N^\circ Oc + Illum) * n_{mes}$$

$$Illum = 1.5 * N^\circ Horas * SupV * n_{mes}$$

$$P_u(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 6 \\ 0.8 & x = 7 \\ 0.5 & x = 8 \\ 0.4 & x = 9 \\ 0.3 & 10 \leq x \leq 19 \\ 0.5 & 18 \leq x \leq 19 \\ 0.8 & x = 20 \\ 0.9 & x = 21 \\ 1 & 22 \leq x \leq 24 \end{cases}$$

$$C_u(h) = \begin{cases} 98.4W & 7 \leq h \leq 21 \\ 85W & 22 \leq h \leq 6 \end{cases}$$

Fórmula 2: Aporte interno.

La Fórmula 3 representa la pérdida por conducción de todos los elemento de la vivienda dentro del periodo de calefacción, donde S_i es la superficie del elemento i de la vivienda, U_i es la transmitancia térmica del elemento i , R_i es la resistencia térmica del elemento, R_{se} es la resistencia térmica externa, R_{si} es la resistencia térmica interna, e_i es el espesor del elemento en metros, λ_i es el coeficiente de transmisión térmica del elemento, GD es los grados días, definido como la diferencia entre T_c , definida como la temperatura de confort y T_{mni} como la temperatura mensual en el mes i por la cantidad de días en el mes,

P_t es el puente térmico de la vivienda, l es el perímetro de la vivienda y kl es el coeficiente de pérdidas lineales.

$$P_c = 24 * \left(\sum_{i=1}^n (S_i * U_i * GD) + P_t * GD \right)$$

$$U_i = \frac{1}{R_i}$$

$$R_1 = R_{se} + \frac{e_i}{\lambda_i} + R_{si}$$

$$GD = \sum_{i=1}^n (T_c - T_{mm_i}) * n_{mes}$$

$$P_t = k_l * l$$

Fórmula 3: Pérdida por conducción.

Para obtener los valores de las resistencias térmicas de cada elemento, se toman los datos obtenidos desde la tabla de resistencias (ver Tabla 1).

La Tabla 1 representa los valores de las resistencias térmicas de superficies de los elementos, donde se utiliza el sentido del flujo del calor. Las paredes, ventanas y puertas utilizan el flujo horizontal, el techo el flujo ascendente y el piso utiliza el flujo descendente.

Sentido del flujo de calor	$R_{si} + R_{se}$ separación externa	$R_{si} + R_{se}$ separación interna
Flujo horizontal	0,17	0,24
Flujo ascendente	0,14	0,20
Flujo descendente	0,22	0,34

Tabla 1: Tabla de resistencias térmicas de superficie.

Para obtener los coeficientes de pérdidas lineales, se toman los datos obtenidos en base a la resistencia térmica del piso, cuyos valores se obtienen de la tabla de transmitancia térmica lineal (ver Tabla 2).

La Tabla 2 representa el valor de la transmitancia térmica lineal del piso en contacto con el suelo, dependiendo del tipo de aislación del piso. El tipo de aislación depende del valor de las resistencias térmicas de la superficie del piso.

Aislación piso	R_t	K_l
Corriente	0,15 - 0,25	1,4

Medianamente aislado	0,26 - 0,6	1,2
Aislado	> 0.6	1

Tabla 2: Tabla de transmitancia térmica lineal.

Finalmente, la Fórmula 4 representa las pérdidas por ventilación, donde q es el volumen de aire renovado por hora, V es el volumen interno de la vivienda y GD son los grados días definidos anteriormente.

$$P_v = 24 * (0.34 * q * GD * V)$$

Fórmula 4: Pérdidas por ventilación

2.2.- Herramientas de prediseño

En esta sección se presenta un análisis de las diferentes herramientas existentes para un diseño conceptual de una vivienda que permite obtener en tiempos relativamente rápidos aproximaciones sobre la demanda energética.

2.2.1.- MIT Design Advisor

Es un sitio web creado por el Departamento de Arquitectura del Instituto Tecnológico de Massachusetts en el año 2009. En la página se plantea: “El uso de modelos computacionales pueden ser usados para mejorar la comodidad y rendimiento energético de diseños de edificaciones” y plantea que la mayoría de las herramientas son muy complicadas para este propósito [1]. En esta herramienta el usuario puede definir las distintas propiedades del edificio, divididas en 6 categorías: clima, ocupación y equipos, sistemas de ventilación, masa térmica, geometría del edificio y descripción del techo. También se definen las propiedades de una habitación, dividida en 3 categorías: dimensiones de la habitaciones, descripciones de las ventanas y descripción de paredes. Se pueden definir 4 diseños distintos para poder comparar sus resultados. Una vez definidas las variables se muestran los resultados en distintas categorías, estas son: energía, comodidad, ventilación natural, luz del sol: habitación completa, luz del sol: espacio de trabajo, ciclo de vida, optimizador y reporte.

2.2.1.1 Análisis interfaz

La interfaz de esta página es bastante antigua (ver Figura 1), está diseñada para una baja resolución, ya que la página solo toma la mitad izquierda de la página, lo que da la sensación de mucho espacio muerto. La interfaz cuenta con un panel, dividiendo la inicialización de variables con los resultados. Es bastante intuitivo el manejo de este panel y cada categoría le cambia el color a la herramienta, aunque estos colores no representan la naturaleza misma de la pantalla actual, parecieran solo ser diferenciadores.

Cada categoría de la herramienta tiene un botón de información, que busca ayudar al usuario a entender que sucede al cambiar las variables. La propuesta de esta interfaz es básicamente rellenar un formulario y

una vez completado, se puede guardar esta configuración en un escenario al final de la página. Al momento de guardar el escenario, se hacen los cálculos a nivel de servidor y los resultados son mostrados en las distintas pestañas de resultados de la barra izquierda. La página tiene mucho texto, lo que hace un poco tedioso el trabajo en la misma. Se muestran los resultados de los distintos escenarios de forma conjunta, lo que permite hacer una comparativa de cualquier diferencia entre las distintas configuraciones.

Las propiedades del edificio son ingresadas en un formulario, donde la forma queda limitada a 3 geometrías predeterminadas, no existe la posibilidad de ingresar la materialidad de los distintos

Setup: Describe the Building You Wish to Simulate SI Units IP Units

Getting Started

Building Properties

1. Climate f Region: Select a region... City: Select a city...

2. Occupancy and Equipment f Choose an occupancy type, or select options manually... Lighting control...
 Occupancy Schedule: 8:00 AM begins 7:00 PM ends
 Person-density: 0.10 people per m²
 Lighting: 400 - office work (EU) lux
 Equipment: 5.0 - office (light) W/m²

3. Ventilation System f Mechanical Cooling & Heating More ventilation options...
 Indoor Air Temperature: Max: 26 °C Min: 20 °C
 Max Relative Humidity: 60 %
 Ventilation Rate: Fresh Air Rate: 15 liters / sec per person
 Air Change Rate: 1.8 roomfuls per hour

4. Thermal Mass f ☒ High Mass: exposed concrete slab floor
☐ Low Mass: lightweight or obstructed floor
☐ Zero Mass

5. Building Geometry f Single Zone (1 facade)

6. Roof Description f --- Don't consider roof ---

Typical Room Properties

7. Room Dimensions f
 Width: 5 m
 Depth: 5 m
 Height: 3 m
 Window / Primary Facade Orientation: east

8. Window Description f Window Area: 50 % of exterior wall area Window blind settings...
Ventilated window settings...
 Select a Window Type: single glazed double glazed triple glazed single glazed double glazed triple glazed inside vent. outside vent.
 no blinds includes blinds
 Glass Type: Choose a glass coating...

Overhang f Distance: 0 m

9. Wall Description f Wall Insulation: Choose an insulation, or enter an R-Value manually... Wall R-Value: 3.0 (m²·°C)/W

save **save** **save** **save**

Scenario One **Scenario Two** **Scenario Three** **Scenario Four**

Figura 1: Interfaz MIT Design Advisor.

elementos y las ventanas se definen por un porcentaje total de las paredes exteriores. Aunque existe la posibilidad de elegir el tipo de ventana, esta se define para la casa completa, quitando así la posibilidad de tener distintas ventanas.

2.2.2.- Kipus A+ Vivienda Sustentable

Kipus A+ es una aplicación móvil desarrollada por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Talca orientada a reducir el consumo energético de sus usuarios, al ingresar la información de la vivienda y simular el gasto energético para luego entregar los resultados. La aplicación busca evaluar el consumo energético de una vivienda y generar recomendaciones para mejorar la eficiencia energética. Estas recomendaciones incluyen el costo de la inversión requerida y los ahorros anuales en dinero y emisiones de CO₂.

2.2.2.1 Análisis interfaz

La aplicación cuenta de una barra inferior (ver Figura 2), tiene 5 iconos, una casa, titulada como home, un panel solar, titulada como solar, una ampolleta, titulada como iluminación, un grifo, titulado como agua y el último icono pareciera ser una casa y unos materiales de construcción, titulado como aislación. Al apretar estos íconos se cambia la pantalla principal y aparece el título bajo los iconos.

La primera parte de la aplicación, home, tiene que ver con las variables de la casa: perfil de consumo, área y ubicación. Esta información es ingresada en distintas pantallas. El perfil de usuario es bastante directo, se pide ingresar variables del tipo de usuario de una vivienda y el tipo de calefacción de la casa. Para el área de la casa se pide dibujar el área de la vivienda, limitado en dos pisos. Para dibujar se debe arrastrar el dedo en una cuadrícula hasta obtener la forma general de la vivienda, si uno comete un error, las cuadrículas pueden ser borradas al apretarlas con el dedo nuevamente y esta desaparece. En esta pantalla se encuentra un botón de ayuda, el cual muestra un texto cortado, lo cual desafía enormemente su propósito, ya que la información no aparece completa. Finalmente uno puede apretar un botón de finalizado, representado por un tick o una flecha para volver atrás, ambos en la barra principal de la aplicación. En la barra principal hay un icono de un archivo, el cual lleva al usuario a la sección de reportes, donde se resumen los datos ingresados y las distintas inversiones.

En la barra existe un ícono de un trabajador, el cual nos muestra un listado de proveedores, mostrando siempre como principal a Kipus y luego proveedores locales.

La segunda parte de la aplicación, Solar, tiene que ver con la información solar, la cual se divide en dos pestañas: calentadores solares de agua, con el título de solar y sistemas fotovoltaico con el título PV. En la pestaña solar se puede definir 8 orientaciones, la inclinación, el área y los litros de agua. Al ingresar esta información, la aplicación calcula la inversión requerida, el ahorro en dinero al año, los años de reembolso y la reducción de CO₂ al año. En la pestaña PV, se define la orientación de paneles solares en 8 orientaciones y la inclinación de estos, con esta información se calculan los mismos campos que en la pestaña solar.

La tercera parte, iluminación, se ingresan los distintos tipos de iluminación de una vivienda, la cantidad de cada uno y los watts. Se muestra abajo los mismos campos de ahorro e inversión de las secciones anteriores si se reemplaza por la solución que se propone, este cálculo se hace siempre y no se puede ingresar si esta solución ya se encuentra implementada. Si la cantidad de watts ingresados es menor a la solución única propuesta, el ahorro anual es negativo.

La cuarta parte, agua, se divide en dos pestañas: ahorro de agua y reciclaje de agua. En la pestaña de ahorro se ingresa el precio del agua y los diferentes sistemas gastadores de agua, como los son inodoros, duchas, lavamanos, duchas y lavaplatos, cada uno representado con un icono. Para cada uno de estos sistemas se puede presionar una solución, representada con una imagen y un texto ilegible. cada uno de estas soluciones viene un con porcentaje de ahorro, lo cual nos aporta al ahorro de dinero al año. En la

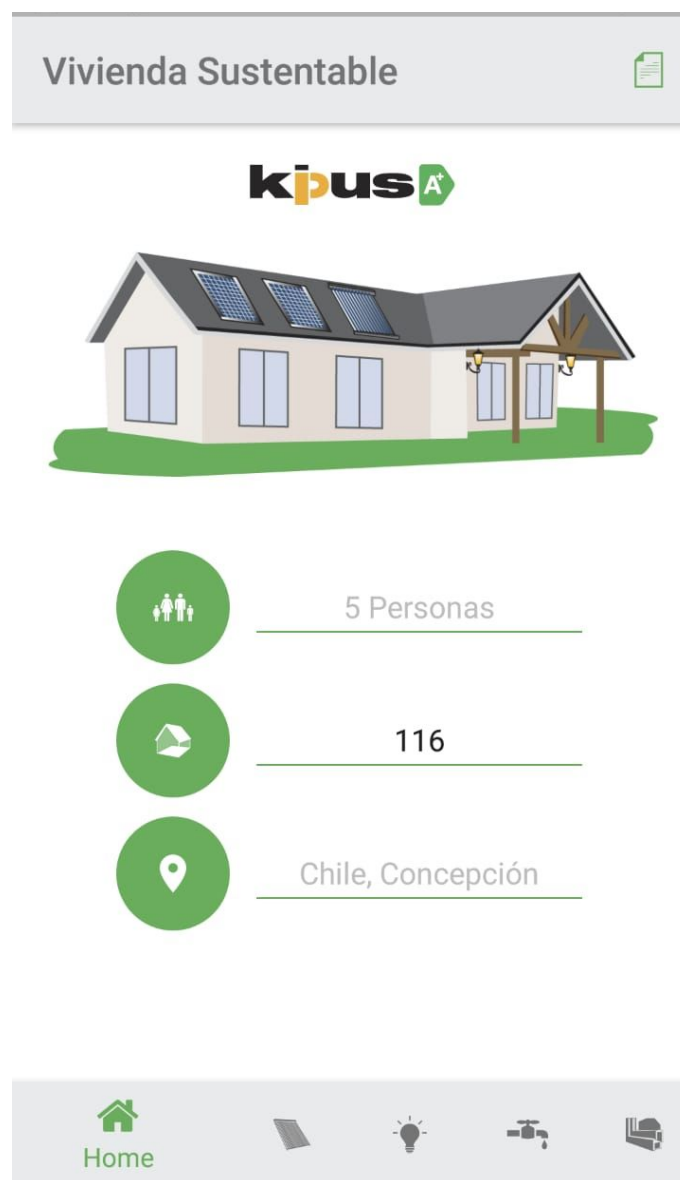


Figura 2: Interfaz Kipus A+ Vivienda Sustentable.

pestaña de reciclaje de agua aparecen cuatro imágenes, un lavamanos, un lavaplatos, una ducha y una lavadora, cada uno junto con un tick, al clicar cada uno de estos tick modifica la inversión y el ahorro anual, esta interfaz es muy poco explicativa y no queda muy claro que es lo que se propone aquí, para un usuario no conocido en el tema.

La última parte, aislación, es solo accesible desde home, al apretarla desde cualquier otra parte que no sea esta, aparece el texto “Debes completar los datos de tu casa”. Primero, aparecen 12 imágenes de casas en una lista vertical, al apretar el botón de ayuda aparece el texto “Selecciona la casa que más se parezca a la tuya en cuanto a su diseño”, si no se elige ninguna casa, no se puede avanzar. Al avanzar se muestran los materiales de los muros, divididos por piso. El texto de ayuda en esta sección también se encuentra cortado. Por cada piso se muestra la estructura de los muros, representado por imágenes y un texto, y la aislación de estos, representados de la misma forma. No se puede avanzar si no se eligen ambos, cada piso.

La siguiente sección en la aplicación trata de los materiales de las ventanas, que se muestran con 6 imágenes que representan el tipo de ventana y el marco. Solo se puede seleccionar un tipo de ventana para toda la casa. El texto de ayuda de esta sección se encuentra incompleto y dice que los materiales son del techo, lo que no es consistente con la interfaz de ventanas. La siguiente sección trata de los materiales del techo, esta interfaz es parecida a la de muros, con la diferencia que no se divide por pisos. El texto de ayuda es el mismo que de las ventanas y también se encuentra cortado.

La siguiente sección trata del gasto de calefacción, el usuario debe ingresar el gasto anual (no aparece unidad de medida) y el tipo de calefacción, dividido en eléctrica, gas licuado, gas natural, leña estufa, leña caldera, parafina, petróleo, bomba de calor, pellets estufa y pellets caldera. Los tipos de calefacción son representados por un dibujo junto con un texto. Estos se muestran en una lista horizontal y al principio pareciera que solo hay 3 opciones, si un usuario no es lo suficientemente curioso no tiene forma de saber que existen más, ya que no hay ningún apoyo visual que indique esto. Hay dos barras, una de desempeño actual y otra de emisiones de co2 al año, se muestra un indicador a la izquierda que no se mueve al ingresar ninguna variable.

Finalmente se muestra una lista de soluciones, divididas en soluciones del primer piso, del segundo piso, del techo y de ventanas, donde uno puede clicar estas soluciones (uno por sección) y esto cambia la inversión y el ahorro. Cabe destacar que se muestra una barra, titulada desempeño nuevo que no cambia nunca, no queda claro si no está sucediendo nada o que el desempeño ya es óptimo.

2.2.3.- Home Energy Saver

Es una herramienta web creado para el departamento de energía de Estados Unidos y desarrollado por Lawrence Berkeley National Lab. Esta herramienta busca reducir el consumo energético de viviendas, ofreciendo mejoras apropiadas al hogar que tengan sentido con el clima de la vivienda y los precios locales de energía. La herramienta también estima la huella de carbono y muestra cuánto podría ser reducida. Esta herramienta está orientada a ser usado por usuarios no expertos y dueños de casa.

2.2.3.1 Análisis interfaz

La página está dividida en 5 pestañas: start, describe, compare, upgrade y community, cada uno representando una etapa distinta en cuanto al cálculo de simulación energética.

En la pestaña start (ver Figura 3) se pide entrar el código zip de la vivienda (de Estados Unidos) o entrar un número de sesión anterior. Cabe destacar que existe un link para buscar el código zip, el cual no está funcionando por el momento.

Una vez ingresado el código, se cambia a la pestaña describe. En esta pestaña se muestra la información de la ubicación, el código zip ingresado y el número de sesión. Es necesario guardar este número si se planea revisar la calculadora de nuevo y no ingresar todos los datos desde cero. Esta pestaña cuenta con dos modos, uno detallado y uno rápido, para este análisis solo se considerara el modo rápido. Este modo se divide en 3 secciones: general, building design y appliances & equipment.

La sección general es un formulario el cual tiene información sobre la identificación de la casa: identificador, email y propósito, información sobre la dirección, es decir, la ciudad, estado, ciudad con clima similar, año de construcción, personas que habitan la casa e información sobre los precios de energía: electricidad, gas natural, gas propano y petróleo.

La sección building design es un formulario sobre la morfología de la casa: pisos, área, tipo de aislación de piso, aislación de techo, tipo de ático, aislación de pared, hermeticidad y el tipo de ventana para casa cara del hogar. En esta sección el usuario especifica de manera muy abstracta la casa, se debe ingresar la cantidad de pisos, la superficie de la casa y en vez de ingresar la materialidad, se debe especificar para cada componente (piso, techo, paredes y ventanas) de la vivienda el valor de la aislación. En ninguna parte se puede ingresar la forma de la casa.

La sección appliances & equipment es un formulario sobre los electrodomésticos y equipos eléctricos de la vivienda: lavadora, número de refrigeradores, calentadores de agua, estufa, aire acondicionado.

Cada sección cuenta con un botón de radio para marcar si la sección está lista. eso se ve reflejado en el panel izquierdo que muestra las secciones, el cual mostrará un icono completamente verde si está listo o un delineado verde si no. bajo este botón existen 3 botones, uno para recorrer las secciones, otro calcular el consumo y otro para guardar y salir. Al apretar guardar y salir la herramienta vuelve a la pestaña start, sin que el usuario confirme que va a salir, perdiendo todo el progreso si no se guardó o copió el número de sesión con anterioridad. El apretar el botón de calcular cambia a la pestaña compare.

En la pestaña compare se muestra un resumen de los costos anuales de energía, dividiéndolos en calefacción, enfriamiento, agua caliente, electrodomésticos grandes, equipos eléctricos pequeños e iluminación. Estos valores se muestran como están actualmente y su valor si se aplican mejoras.

Se puede ver el detalle de los costos cambiando de sección, lo cual muestra una tabla, con el detalle de cada costo mencionado con anterioridad y el porcentaje de reducción al aplicar una mejora.



Figura 3: Interfaz Home Energy Saver.

Finalmente en la pestaña upgrade, se muestra un resumen del costo de las mejoras recomendada, el ahorro anual, el costo agregado, el tiempo de retribución en años, el porcentaje de retorno de inversión y el ahorro de emisiones de CO2. Estas recomendaciones se pueden ver en detalle en la sección recomendaciones. Cada una de estas recomendaciones se pueden borrar y se pueden agregar otras. Todo depende del presupuesto y aquí el usuario ve que es más conveniente en términos de costo, ahorro y retorno. Todas estas recomendaciones aparecen con detalle en la sección de detalle, donde se genera un reporte de cada mejora, mostrando los beneficios económicos, beneficios adicionales, descripción de la mejora, tips de compra y links con más información.

2.2.4.- Conclusiones sobre las herramientas

A pesar de que ya existen herramientas para el cálculo de gasto energético de una vivienda, dichas herramientas asumen que la casa ya existe y buscan mejoras para bajar los costos energéticos, tomando en cuenta aspectos como calefacción, electrodomésticos, equipos eléctricos y otros. Además de esto, estas

herramientas poseen una descripción bastante limitada sobre la forma de la casa, lo que no permite al usuario definir un edificio completo, una casa con un diseño complejo o definir distintas materialidades en los elementos. A continuación se detallan los pros y los contras de estas herramientas.

Pros:

- Recomendaciones de mejoras.
- Simplificación de la casa.
- Información de costos muy detalladas.
- Abordan todo el aspecto energético en cuanto a gasto.
- Comparación de distintos escenarios.

Contras:

- Muy poco interactivas.
- Un poco tediosas de usar.
- En algunas no se puede ingresar Chile, en otras están limitadas por solo algunas ciudades.
- No se puede describir la casa completamente detallada.
- No se puede detallar materialidad de la casa.
- No se puede agregar obstrucciones del contexto el cual podría afectar el balance.
- No se puede detallar las ventanas ni sus posiciones.

Las herramientas existentes no otorgan la opción de detallar la materialidad de los elementos que conforman una casa ni definir la forma de la misma de forma detallada. Si existiera una vivienda con una forma no convencional, esta no podría ser evaluada por las herramientas. En casi todas las herramientas la forma es ingresada con formas predefinidas, lo que le quita un poco de libertad al usuario. Cabe destacar que aunque este campo representa una realidad en 3 dimensiones, ninguna herramienta cuenta con abstracciones en 3 dimensiones para representar la forma de la casa.

3.- Descripción de la solución

3.1.- Descripción sistema

El sistema permite obtener el balance energético en base a la morfología de la casa y las variables bioclimáticas. Es un programa interactivo, el cual busca que el usuario pueda ver en tiempo real como al modificar alguna variable, cuanto cambia el balance energético, para así poder tomar decisiones para mejorar este. El sistema se divide en 4 grandes módulos: módulo de morfología, donde el usuario se encarga de definir cómo es la vivienda en base a los distintos elementos que la forman, sus dimensiones, posiciones, orientaciones y materiales, módulo de emplazamiento, donde el usuario define cuales son las obstrucciones que afectan a la vivienda y se define la comuna (de Chile) donde se encuentra la vivienda, módulo de variables internas, que son un conjunto de variables que el usuario puede modificar que afectan en el cálculo del balance, estas variables son: número de personas, temperatura de confort, horas de iluminación y renovaciones de aire, módulo de balance energético, el cual muestra el valor del balance, el área y volumen de la vivienda, los aportes y pérdidas de manera gráfica y detallada, y una calificación energética, en base a balance y la zona en la cual pertenece la comuna. En esta memoria no se describe el módulo de emplazamiento, ya que tiene que ver con las variables bioclimáticas y no se encuentra dentro del espectro de esta memoria.

3.2.- Arquitectura

El sistema está desarrollado en un entorno web, donde el módulo del backend se ejecuta en el servidor utilizando el framework de PHP Laravel [8] y el módulo del front end utiliza Node.js [7], un entorno de ejecución de Javascript que se ejecuta en el cliente. Las librerías más importantes de Javascript utilizadas son React [10], una librería para la creación de interfaces de usuario, Material-UI [14], un framework de React para la creación de interfaces que implementa el material design de Google [4], ThreeJs [7], una librería para la creación y animación de objetos 3D en un entorno web y finalmente React-Redux [11], una librería para el manejo del estado de la aplicación que permite separar las preocupaciones y tener un código más modular y escalable. La descripción en detalle de la arquitectura se encuentra en la sección 4.

3.3.- Desarrollo de la aplicación

3.3.1.- Requerimientos

Al inicio del proyecto, se capturaron en una reunión inicial los requerimientos del sistema. Se necesita que el usuario pueda elegir la localidad de la vivienda, mostrar la información climática y geográfica local, agregar obstrucciones solares existentes en el terreno. También que el usuario pueda agregar, modificar y borrar distintos elementos de la vivienda de manera fácil e interactiva, modificar los materiales de cada elemento, y en base al estado de la vivienda y localidad, calcular el valor del balance energético y comparar este balance con un objetivo, dependiendo de la zona a la que pertenece la comuna,

para calcular una calificación energética, parecida a la etiqueta de eficiencia energética de los aparatos eléctricos.

3.3.2.- Prototipo final

Durante el desarrollo de la aplicación se avanzó de forma gradual, creando prototipos que cumplieran parte de los requerimientos, En la Figura 4 se muestra el prototipo final, el cual permite al usuario diseñar una vivienda en base a habitaciones. Estas habitaciones son dibujadas en el plano con el mouse y cada habitación cumple el rol de bloque de construcción, permitiendo al usuario agregar bloques arriba de bloques, creando así la forma que este desee. Sobre las paredes se pueden agregar ventanas y puertas libremente, mostrando siempre las dimensiones, para otorgar claridad de lo que se está haciendo. Si el usuario se equivoca, todos los cambios se pueden deshacer o rehacer utilizando las flechas de la barra de herramientas. En esta versión del prototipo todos los cálculos son asíncronos, lo que otorga una buena experiencia de usuario.

Aunque no es parte de la interfaz, la exportación de resultados y estado de la vivienda es posible gracias a react-redux, ya que el estado de la aplicación puede ser exportado a formato JSON de manera directa.

El prototipo final fue modificado en base a las conclusiones obtenidas gracias al testeo de usuarios, las cuales son mencionadas en la sección 5 de este informe.

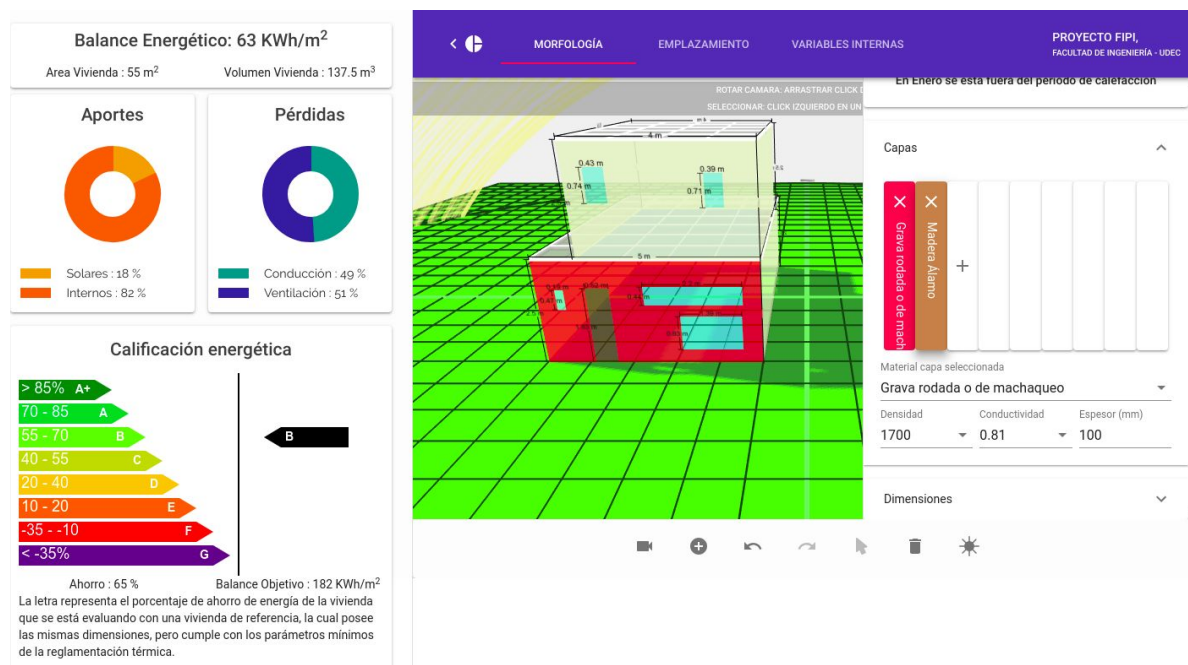


Figura 4: Versión 0.7 final del prototipo alojada en Github.

El proceso de creación de viviendas es el siguiente: primero se abre el panel de balance energético para poder ver como cambia a medida que se aplican cambios en la vivienda, luego el usuario debe decidir entre elegir un diseño predeterminado o crear uno desde cero, si el usuario decide utilizar un diseño predeterminado, este puede modificar el diseño o continuar con los materiales, si el usuario decide crear diseño de manera manual, este debe agregar bloques en el plano, agregar ventanas o

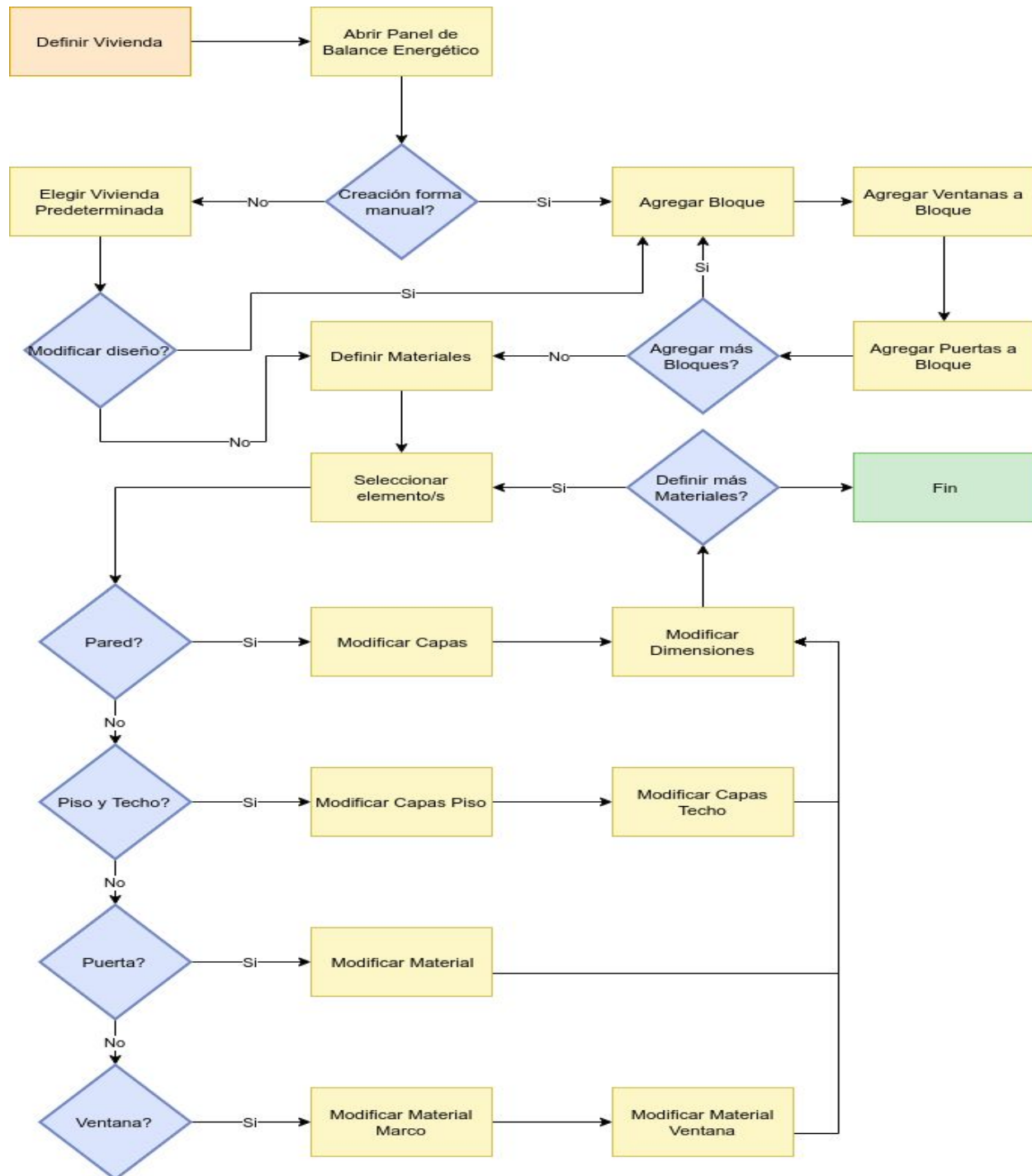


Figura 5: Diagrama de flujo del proceso de creación de viviendas.

puertas a los bloques y seguir agregando bloques y repetir este proceso o continuar con la definición de los materiales de los elementos. El usuario puede seleccionar uno o varios elementos del mismo tipo y modificarlos al mismo tiempo. En esencia este proceso es el mismo para todos los elementos, con pequeñas diferencias, las paredes tienen capas que se pueden modificar y sus dimensiones, el piso y techo de un bloque se seleccionan siempre juntos y se pueden modificar sus capas por separado, al modificar las dimensiones en esta parte, se modifican las dimensiones del bloque al que pertenecen los elementos, las puertas solo tienen un material y las ventanas tienen material para el marco y material para la ventana en sí. Este proceso termina cuando el usuario termina de definir los materiales. A lo largo de todo este proceso el usuario puede ver los resultados del balance y ver como va cambiando a medida que va modificando cada variable de la vivienda. Este proceso está graficado en la Figura 5.

Para definir la materialidad de las paredes, se utiliza el panel de configuración (ver Figura 6). Se utiliza lo que se llama informalmente como “Sándwich”, que representa cada material de la pared como una capa, la cual puede ser modificada en términos de espesor. En cambio, para la materialidad de ventanas se definen dos materiales: marco y ventana. La configuración de un elemento puede ser aplicado a todos los elementos seleccionados del mismo tipo para ahorrar tiempo y no tener que ingresar estos datos uno por uno.

Configuración Pared

Información Solar, periodo entre Abril y Noviembre

En Mayo el muro recibe sol

Desde: 12:49 Hasta: 17:50 RB: 1.467

Capas

×

Grava rodada o de mach

×

Madera Álamo

+

Dimensiones

Altura (m) Ancho (m)

2.5 9

Configuración Ventana

Información Solar

Material ventana

Nombre material	Tipo
Vidrio Monolítico	Sin espaciador
Transmitancia Térmica	Factor Solar
5.8	0.87

Material Marco

Nombre material
Madera
Transmitancia Térmica
5.8
Factor solar
0.87

Configuración dimensiones

Altura (m)	Ancho (m)
0.64	0.85
Altura al Piso (m)	Posicion en pared (m)
1.1	-1.8

Figura 6: Panel de configuración de paredes y ventanas.

4.- Descripción de componentes de la arquitectura

4.1.- Componentes cliente

Antes de describir cada componente de la arquitectura hay que entender cómo funciona Redux. En Redux se tiene un estado inmutable y único, el cual solo puede ser modificado a través de acciones. Este estado es instanciado por un objeto único llamado store, el cual está compuesto por los distintos reducers en la aplicación. Los reducers representan una parte específica del estado, teniendo un estado inicial y modificando este dependiendo de la acción que fue llamada mediante un método llamado dispatch. La Figura 7 representa la arquitectura del sistema.

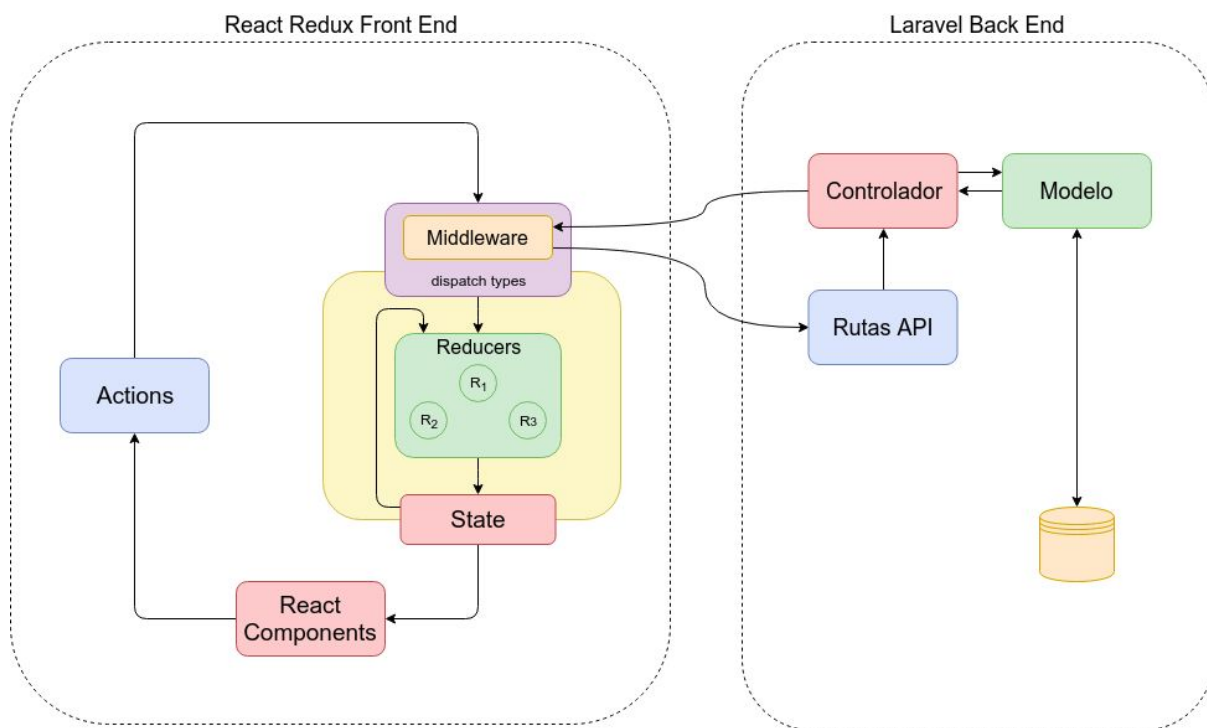


Figura 7: Arquitectura del sistema.

4.1.1.- Store

En este paquete se encuentra y se instancia el objeto único store, tomando como parámetro los reducers y especificando que se utilizará un middleware.

4.4.2.- Reducers

En este paquete se encuentra cada reducer de la aplicación. Los reducers se encargan de especificar cómo cambia un estado de la aplicación en respuesta a ciertas acciones y definir cuál es el valor inicial de este estado. Existe un reducer encargado de juntar todos los reducers se instancia en el store.

4.4.3.- Actions

El paquete actions contiene la carga de lo que se modificará en la aplicación. Existen dos tipos de acciones, la acción normal, que se trata de un objeto de javascript el cual cuenta con el tipo de acción a realizar y la carga de este, y la acción con middleware, que es una función la cual se aplica cuando una acción podría desencadenar otras acciones o cuando el tiempo de cálculo de una acción podría tardar demasiado y esta se hace de forma asíncrona, para que así la aplicación no se quede detenida. En redux cuando se desea llamar a una acción, se utiliza el método dispatch, que llama a los reducers necesarios y se modifica el estado. El tipo de acción se define como una constante, que se encuentra en el archivo constants/action-types.js y es esta constante que se utiliza en los reducers para saber cual acción fue llamada.

4.4.3.1 Acciones normales

A continuación se describen los distintos tipo de acciones (relevantes para esta memoria) que existen actualmente en el paquete.

Acciones de barra de herramientas morfología

Estas acciones se utilizan para cambiar el estado de la barra de herramientas de morfología y también para reaccionar pertinentemente en la vista 3D dependiendo de la acción que se está realizando actualmente (por ejemplo, activar agregar un bloque).

Acciones de morfología

Estas acciones son llamadas cuando el usuario está utilizando el módulo de morfología y este interactúa con el sistema, las acciones modifican el estado de la morfología de la casa.

Acciones de balance energético

Estas acciones son llamadas al modificar el estado de la morfología, emplazamiento o variables internas, solo actualizan y se recalculan los valores calculados del balance energético.

Acciones de variables internas

Estas acciones se llaman al modificar alguna variable interna para ser seteada en el estado.

Acciones de barra de la aplicación

Estas acciones se utilizan para mostrar distintos paneles o para mostrar un diálogo de espera mientras se hacen cálculos. también se utilizan para obtener datos del servidor, como por ejemplo, la información de los materiales.

4.4.3.2 Acciones con middleware

En estas acciones se pueden llamar a distintas acciones normales de mane, hacer llamadas al servidor a través de las rutas api, todo de manera asíncrona. El uso principal de estas acciones es de recalculan el balance al modificar cualquier variable.

Un tipo de acción con middleware especial es undo y redo, que permiten volver a un estado anterior o futuro. Cuando esto sucede, se evalúa qué se debe recalcular para actualizar el balance energético.

4.4.4.- React Components

En este paquete se encuentran todas las vistas de la página como componentes de react. Estos componentes son pasivos y muestran el estado de la aplicación. Son puertas de entrada para las acciones del usuario y desde aquí comienza la interacción con el sistema. Cada componente conoce una parte pertinente del estado y las acciones a llevar a cabo con cada interacción. Cuando estas acciones son ejecutadas, el estado se modifica y la vista se actualiza.

En la Figura 8 y 9 se muestra el diagrama de clases de los componentes de react, la vista es básicamente un árbol donde la raíz es el componente padre de la aplicación y este tiene hijos componentes que a su vez también tienen hijos componentes. Estas vistas no tienen referencias entre sí, solo conocen el estado y las acciones.

4.4.5.- Utils

Este paquete contiene métodos u objetos necesarios para el funcionamiento de la aplicación. Se utiliza para mantener el orden y la modularidad del código. En este paquete se encuentran las fórmulas necesarias para el cálculo del balance energético (descritas en la sección 2.1.1), los métodos utilizados para hacer dibujos en Three js y las llamadas al servidor.

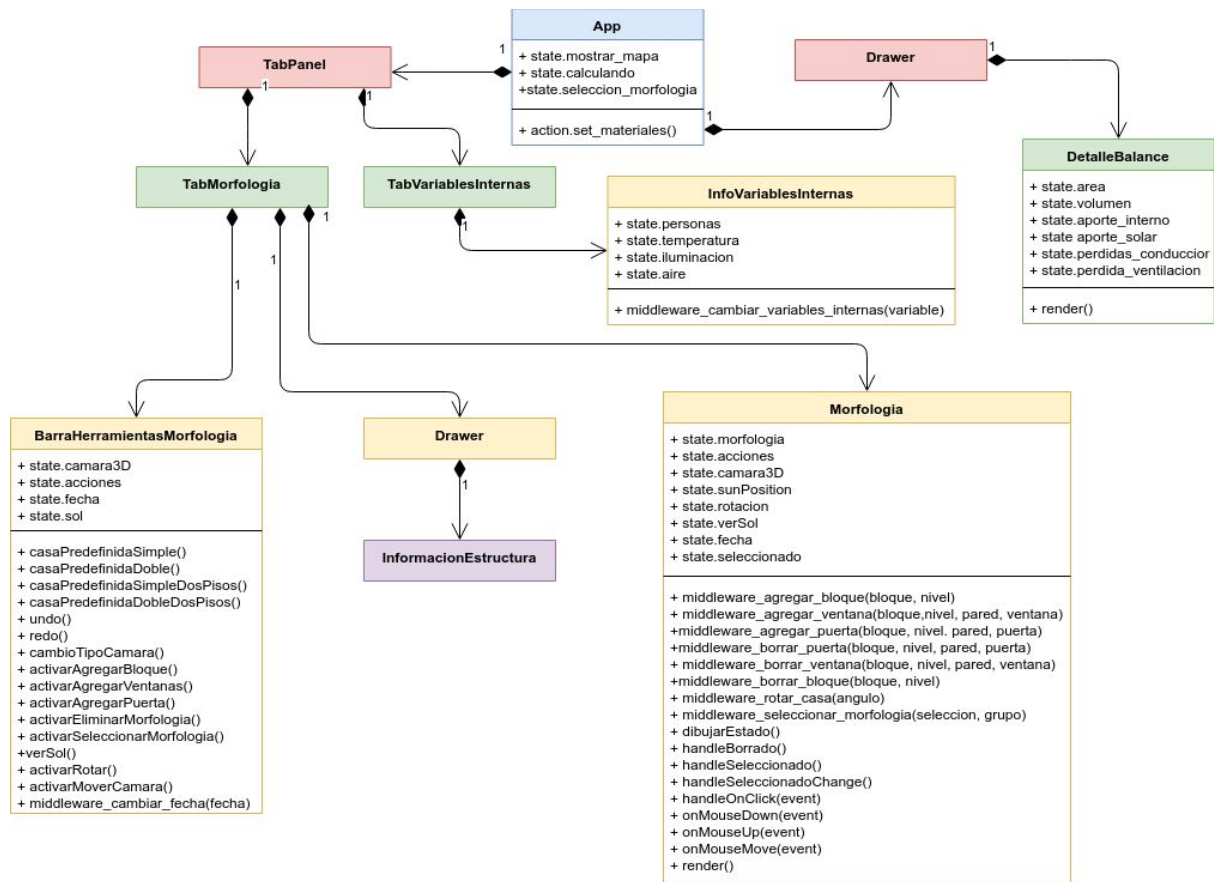


Figura 8: Diagrama de clases componentes de React.

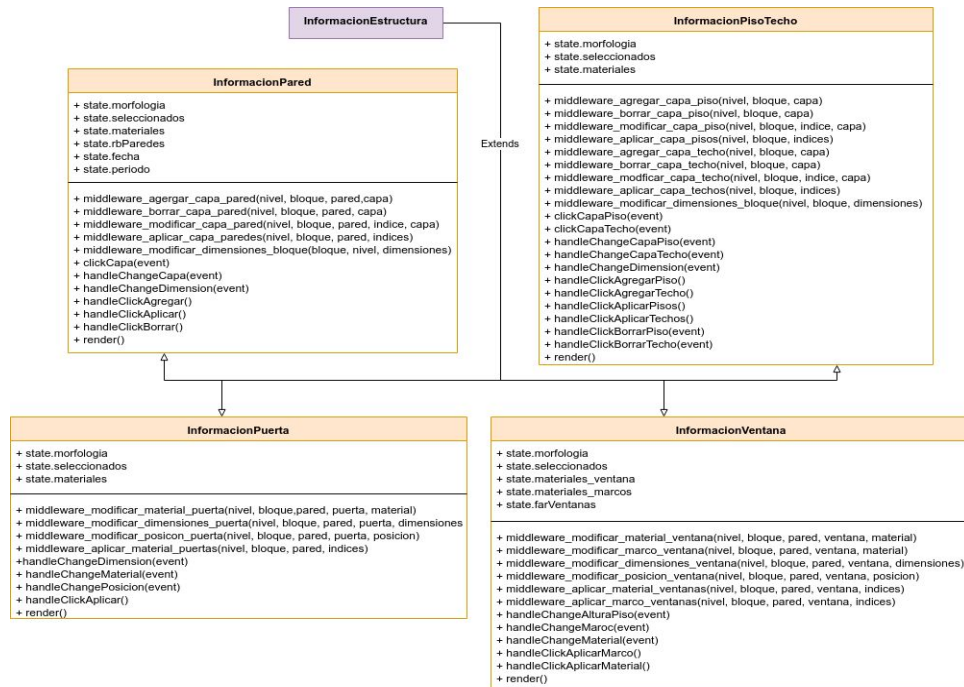


Figura 9: Diagrama de clases Información Estructura.

5.- Evaluación y Testing

Antes de modificar el prototipo y llegar a la versión final entregable, este fue testeado con usuarios reales para poder detectar cambios relevantes. La interfaz que fue testeada se puede ver en la Figura 10.

5.1.- Testing de usuario

El testing de usuario fue llevado a cabo con estudiantes de la Universidad de Concepción pertenecientes a la carrera de Ingeniería Civil. El testing contaba con una serie de tareas, donde se le exponía al usuario que es lo que debía hacer y este debía calificar la herramienta en 3 campos distintos con una nota de 1 a 7, estos campos son: facilidad de completar la tarea, el tiempo que requirió completar la tarea y la interfaz proporcionada para completar la tarea. Anexada a esta memoria se encuentran las preguntas del testing de usuario. Además del formulario, se observó a los usuarios para poder capturar otros aspectos, como la dificultad de encontrar ciertas cosas o algunos problemas que no fueron reportados en el testing.

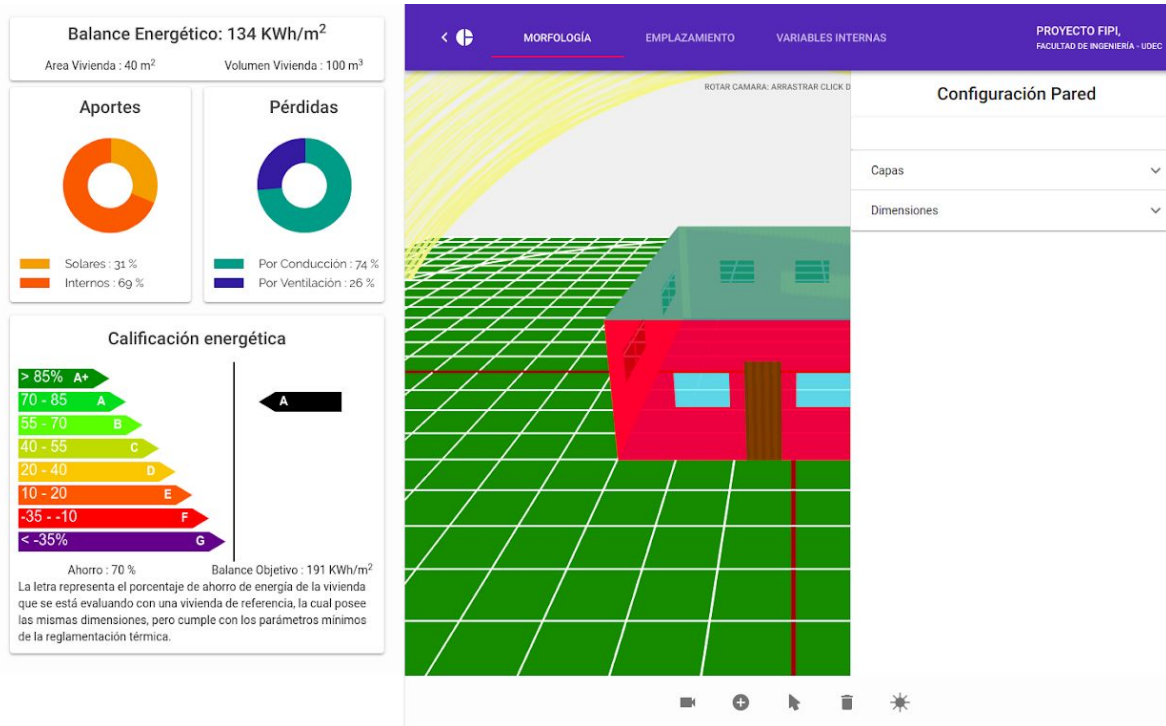


Figura 10: Versión 0.6.

5.2.- Resultados

En la Tabla 3 se puede ver los resultados del testeo por cada tarea en los tres campos distintos mencionados con anterioridad. En general se puede apreciar que los usuarios estaban bastante satisfechos con la herramienta. Existen algunas tareas que tienen menores notas en promedio, pero igual obtienen una

nota satisfactoria. Tomando esto en cuenta y las observaciones a los usuarios durante el testing, se pudo extraer aspectos mejorables en la interfaz, listados a continuación:

- Resaltar texto de instrucción en módulo de morfología
- Agregar opción de rehacer y deshacer para no comenzar de cero si se cometen errores
- Mostrar las dimensiones de los elementos en la morfología
- Mostrar dimensiones en las obstrucciones al dibujarlas
- Mostrar la información solar de la fecha seleccionada
- Poder modificar materiales en grupo
- Mover la posición de la cámara
- Mostrar la vivienda en el módulo de emplazamiento
- Que la comuna seleccionada cambia al momento de buscar una vivienda y se muestre la selección en el mapa
- Limitar la búsqueda a comunas de Chile
- Mostrar un diálogo que diga calculando para acciones que tomen demasiado tiempo
- Hacer llamadas asíncronas para que el programa no se congele
- Libertad de posición y dimensiones para Ventanas y Puertas.
- Creación de bloques en más pisos

Tareas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Promedio
Facilidad	6.54	6.38	5.54	6.15	6.77	7	6.15	6.38	6.69	6.85	5.85	6.85	6.77	6.46
Tiempo	6.84	6.38	6.23	5.84	6.76	6.92	6.69	6.84	7	6.46	6.30	6.61	6.15	6.54
Interfaz	6.53	6.07	5.53	6.30	6.69	6.46	6.46	6.53	6.76	6.53	6.07	6.69	6.84	6.41

Tabla 3: Resultados testing de usuario.

6.- Implementación

Como se explicó en la sección 5, la última versión de la página fue modificada en base al testing de usuario del penúltimo prototipo, del cual se pudo extraer varios problemas que fueron resueltos en la última versión. La última versión (ver Figura 4) se puede encontrar funcionando en la dirección www.bioclimapp.host y el código fuente se encuentra en [www.github.com/matisin/bioclimapp](https://github.com/matisin/bioclimapp).

6.1.- Diseño de la interfaz

Al estar el proceso de desarrollo fuertemente inspirado en la metodología ágil, con prototipos cada vez más fidedignos y robustos, la creación de la interfaz comenzó a través de mock-ups en la pizarra, los cuales fueron implementados de a poco, probando las distintas funcionalidades, mientras se conocían las herramientas de desarrollo a fondo hasta llegar a la versión final del prototipo, el cual cumple con las expectativas de lo prometido al comienzo del trabajo.

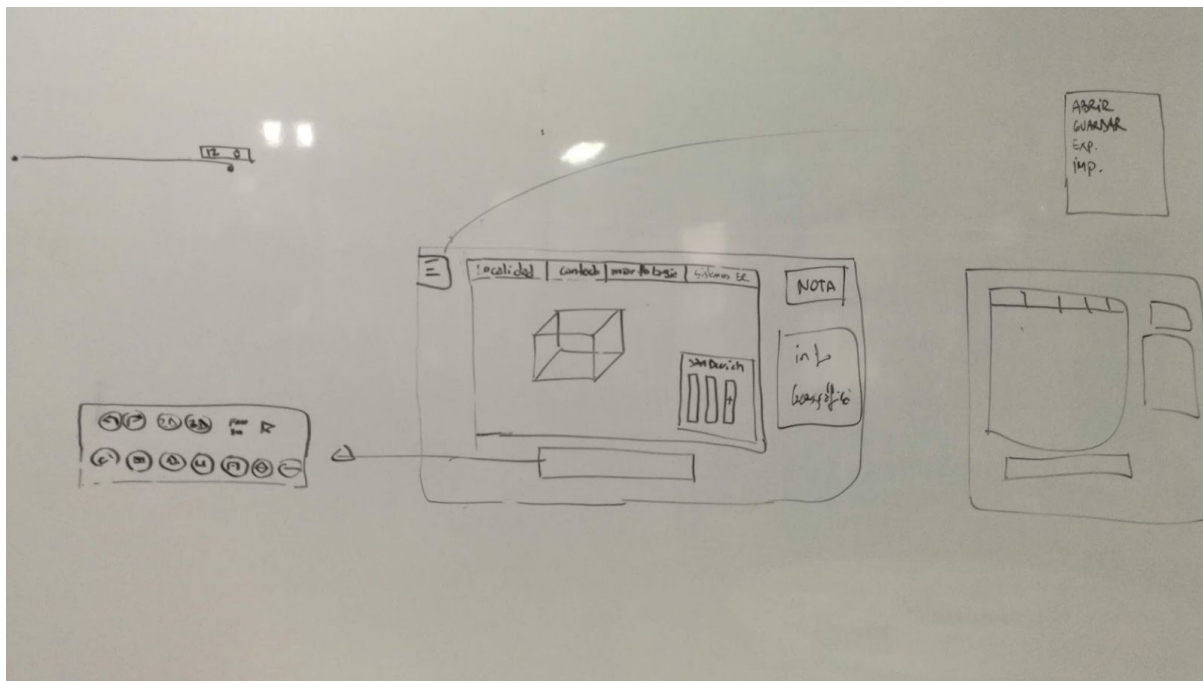


Figura 11: Primer diseño de la interfaz.

En la Figura 11 se puede apreciar el primer diseño preliminar de la aplicación, en este diseño se definió un layout tipo pestaña, donde cada pestaña representa un módulo del sistema. También se definió que la creación de morfologías sería de manera interactiva, mediante el uso de una visualización 3D y una barra de herramientas que contenga las diferentes acciones necesarias para esto. En este diseño, se decidió crear un panel general con la información geográfica y la nota asignada a la vivienda.

En la Figura 12 se puede ver la implementación de este mockup, donde se puede apreciar un cubo 3D representando una casa con una ventana, además se aprecia el panel con la información geográfica a la derecha y un espacio blanco que sería dedicado a mostrar la información de los elementos de la vivienda (no implementada en ese momento).

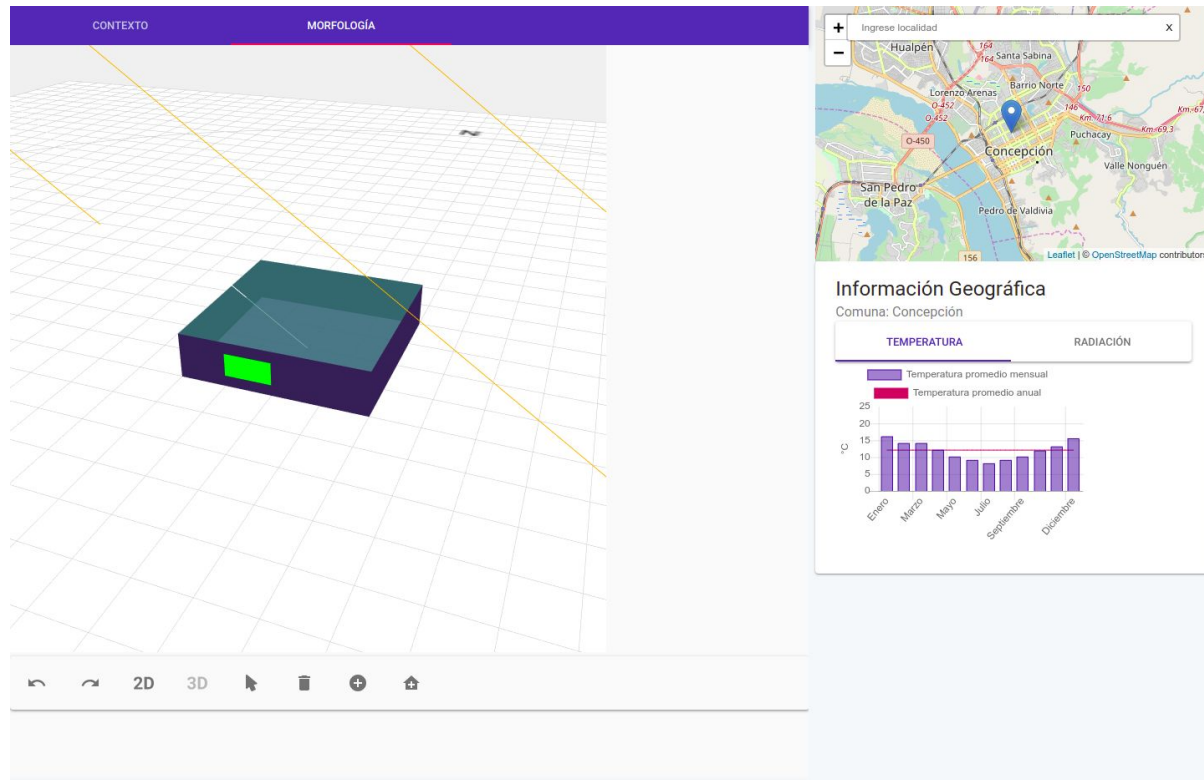


Figura 12: Versión 0.3.

La Figura 13 representa el diseño de la interfaz, dibujada en una reunión con el profesor guía. Este diseño define un panel general al lado izquierdo, dedicado a mostrar los gráficos del balance, el valor del balance y la calificación. Además se plantea el agregar paneles a cada pestaña en vez de mostrar la info geográfica de manera general, agregando esta info a la pestaña de emplazamiento.

A partir de esto, se implementó el nuevo layout de la aplicación, el cual busca hacer un mejor uso de los espacios de la pantalla (ver Figura 14). En esta versión se decide borrar los botones de deshacer y rehacer ya que aún no habían sido implementados. También se agregó una nueva pestaña, la cual contenía las variables internas de la vivienda. Además, en esta versión el usuario puede modificar la vivienda o el emplazamiento y ver como cambia el balance energético. Aunque esto es opcional, ya que este panel puede ser escondido cuando el usuario lo desee, a través de un botón. Esta es la versión que fue probada en el testing de usuarios y que a partir de la retroalimentación obtenida, se pudo desarrollar la versión final.

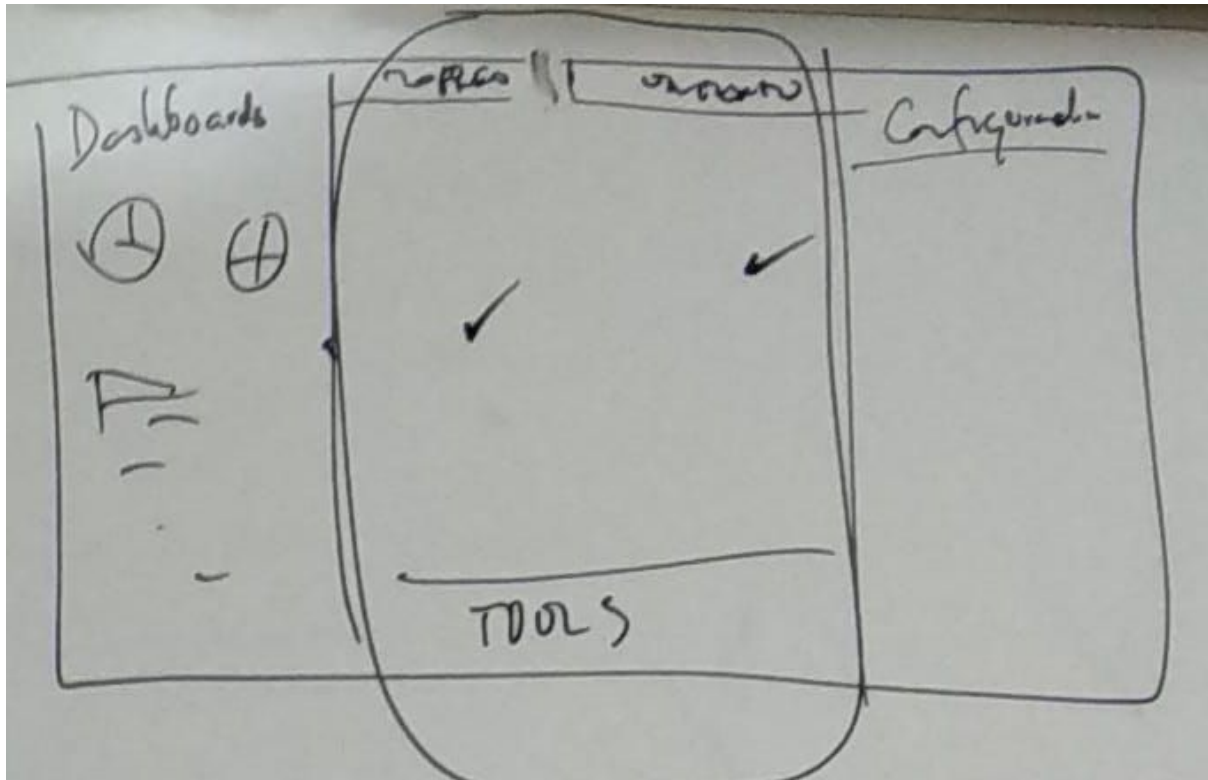


Figura 13: Diseño conceptual de cambio de la interfaz.

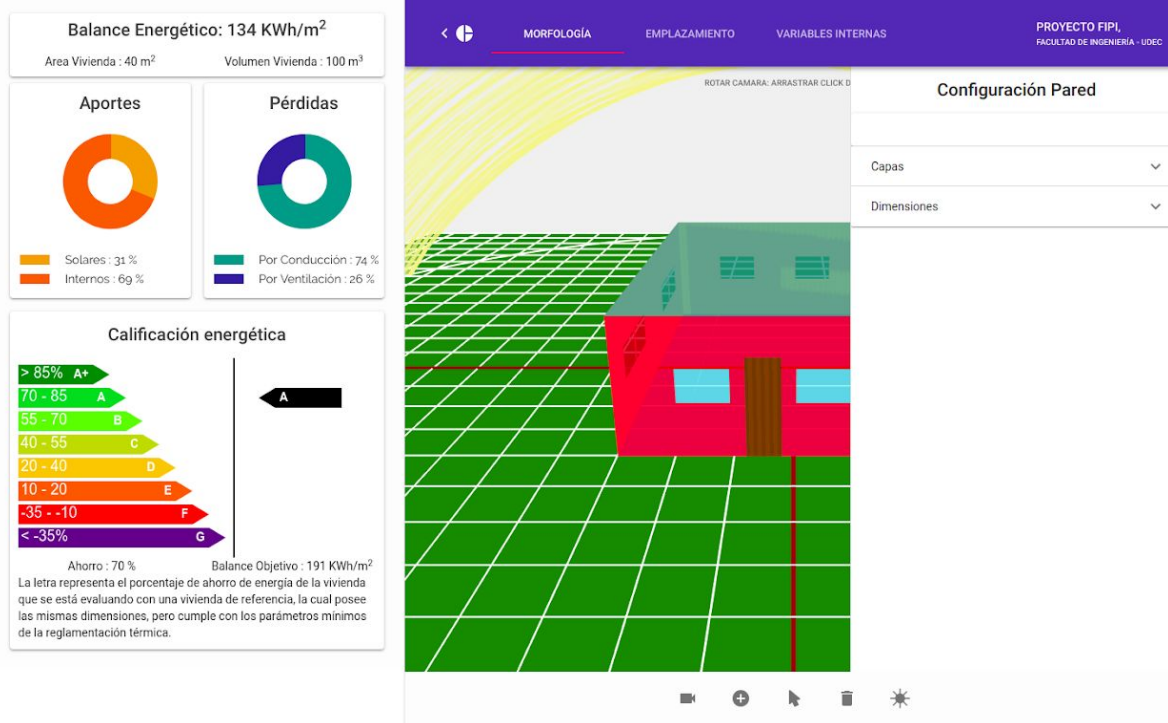


Figura 14: Versión 0.6.

Luego de eso, se modifican algunas variables internas de la vivienda (ver Figura 17), las cuales son independientes de la morfología y emplazamiento. Estas variables se encuentran dentro del módulo de variables internas en el panel superior de la aplicación y son ingresadas por el teclado.

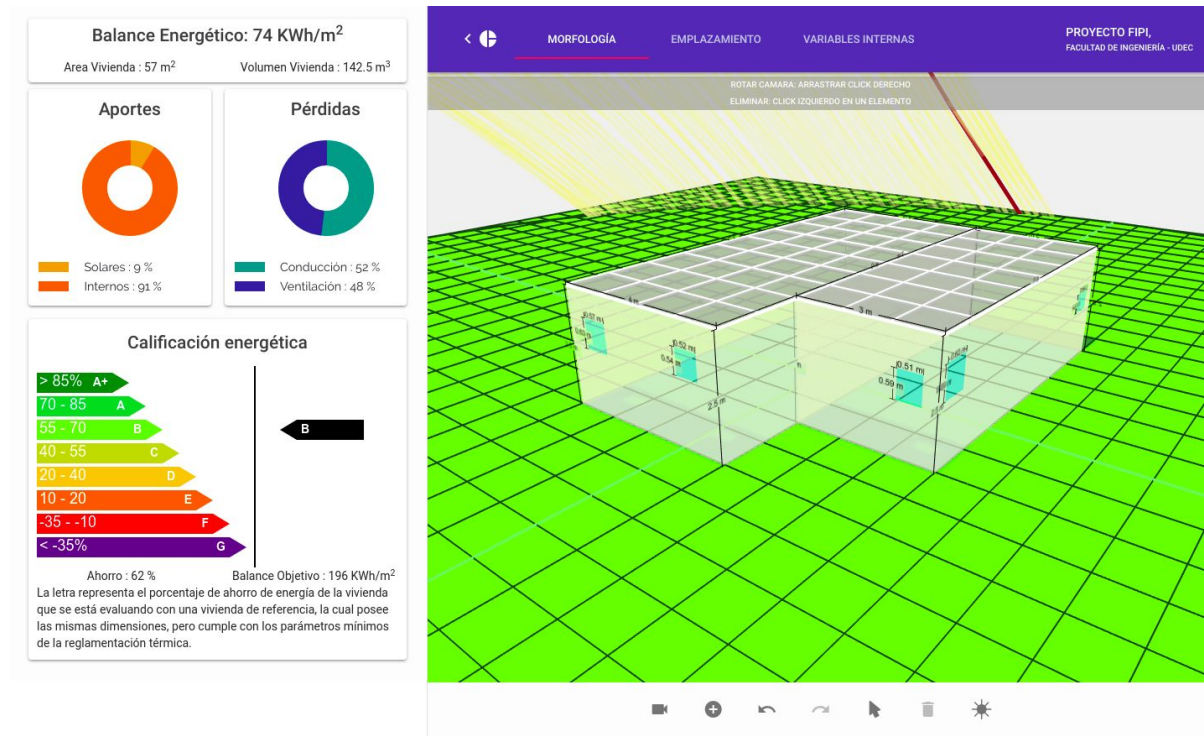


Figura 16: Borrando partes de la vivienda.

Luego, se vuelve a un estado anterior de la vivienda, al hacer clic en el botón de deshacer de la barra de herramientas (representado por una flecha curva a la izquierda). El bloque que se había borrado aparece nuevamente y se le agregan puertas a la vivienda, por lo que se pierde el estado futuro donde se había borrado el bloque (ver Figura 18).

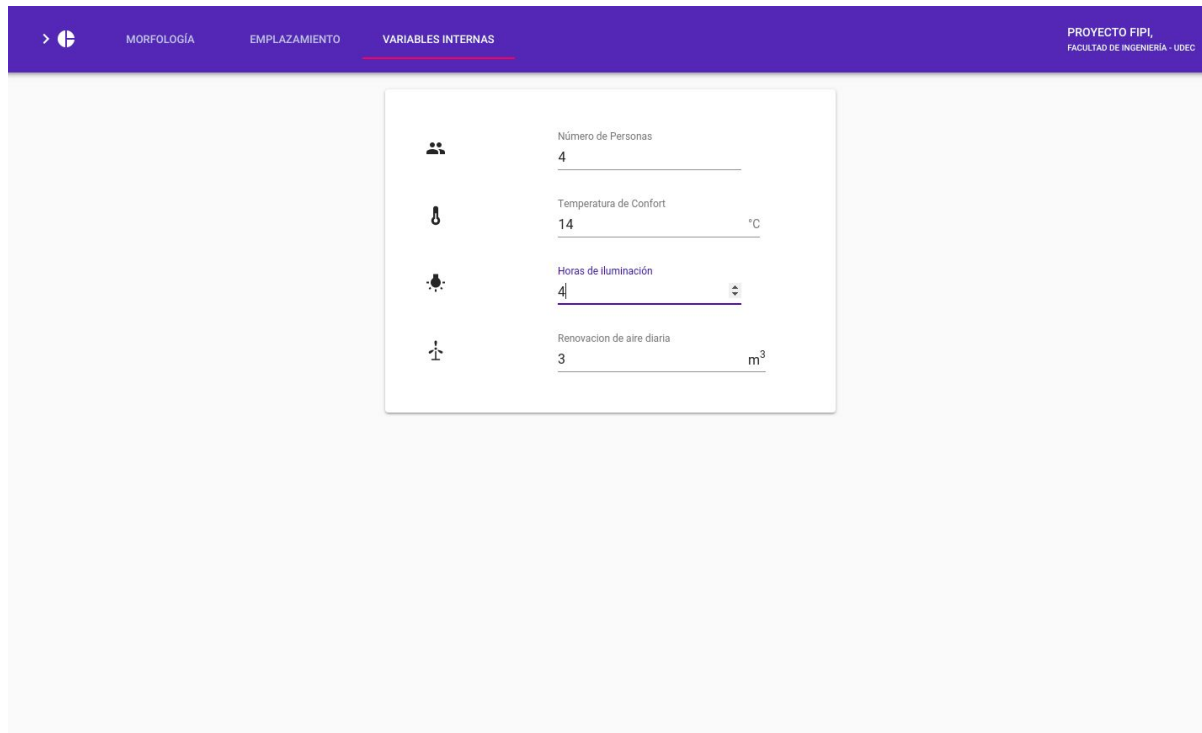


Figura 17: Modificando las variables internas.

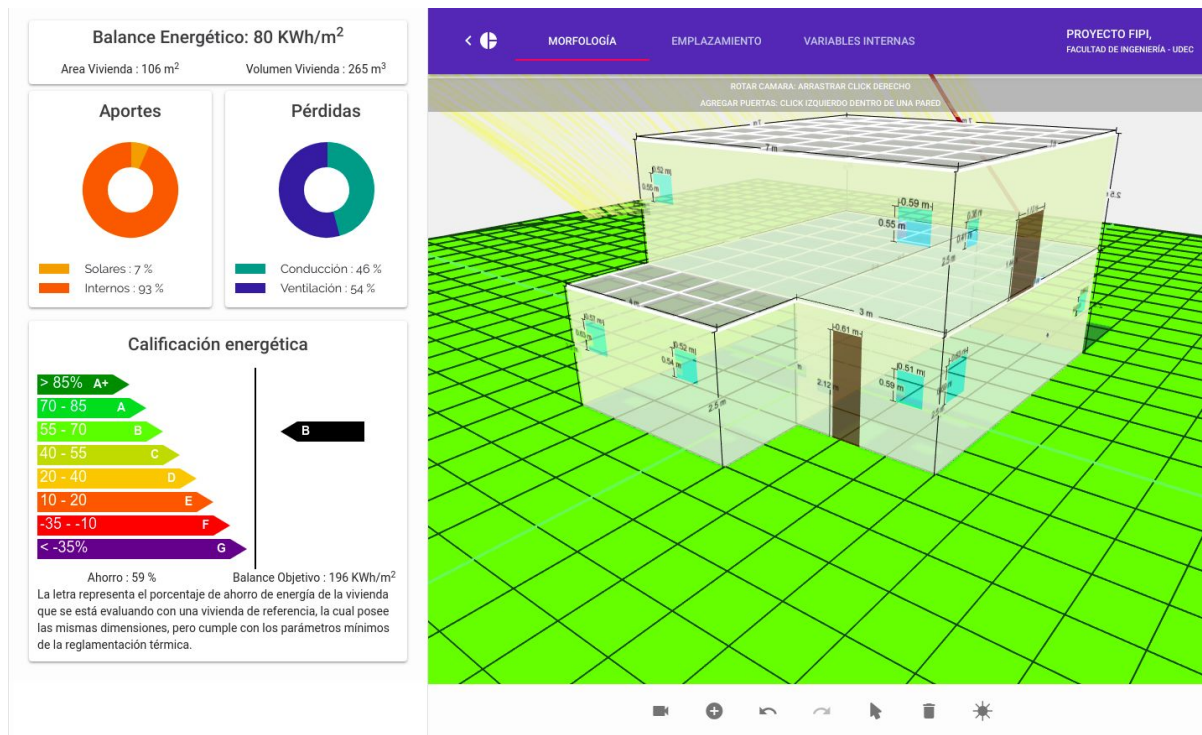


Figura 18: Deshaciendo y agregando elementos.

7.- Conclusión

8.1.- Cumplimiento de los objetivos

Durante el desarrollo de este proyecto, se cumplieron la mayoría de los objetivos, se completó la creación de un prototipo web, que permite al usuario el diseñar viviendas y tener claro cuál es el gasto energético de estas, al modificar cada una de las variables. La herramienta cuenta con una calificación acorde al gasto y esta calificación depende principalmente de la localidad, ya que depende de distintas normas por cada zona. Gracias al testeado de usuario, se cuenta con un prototipo fácil de usar e intuitivo, todo esto en un entorno 2D y 3D.

A pesar que no existe la opción de importar y exportar los el estado de la vivienda y los resultados, ni la comparación de distintos escenarios, gracias a la arquitectura utilizada, agregar esta funcionalidad y otras no requeriría demasiado esfuerzo, se debe agregar el elemento de interfaz encargado de llamar a una acción y crear los métodos en el servidor encargados de guardar y enviar los datos de un usuario.

7.2.- Principales virtudes

Las principales virtudes de la herramienta es que toma algo que ya está disponible para ingenieros civiles especializados en el tema y lo hace accesible a usuarios no expertos en el tema, siendo una herramienta muy interactiva donde el arquitecto podrá usar y poner a prueba su intuición y conocimientos, obteniendo así un prediseño eficiente energéticamente de forma rápida.

El desarrollo de la aplicación utiliza herramientas que están siendo utilizadas por las empresas líderes en la industria, como por ejemplo React, Redux y Node.js, que fomentan el desarrollo de aplicaciones ordenadas y eficientes, que pueden ser ejecutadas por el lado del cliente en un entorno web, esto permite obtener aplicaciones de una página realmente robustas e interactivas.

7.3.- Aspectos mejorables

Aunque esta herramienta actualmente hace cálculos sobre el balance energéticos, estos no han sido evaluados todavía por los expertos en el tema, no existe certeza actualmente si dichos valores están correctamente, por lo que la herramienta no puede ser llevada al público todavía.

Otro defecto, relacionado con el proceso de desarrollo fue los roles asignados a cada alumno, separar el desarrollo de software por temas pareciera ser mucho menos típico que separar los roles por tipo de trabajo. Al separar el desarrollo por temas, los alumnos tienen que encargarse de las mismas tareas, es decir, la creación de interfaces, lo que lleva a que la estética de las interfaces difiera un poco, la creación de la base de datos, donde los datos son distintos por su naturaleza. Sería más real que los roles sean separados por tipo de trabajo, donde ambos alumnos tratan los mismos temas pero en niveles diferentes,

por ejemplo un alumno trabaje todo lo que es la interfaz de usuario y cliente, mientras que otro alumno podría trabajar en todo lo que es servidor, APIs y base de datos.

Hay que destacar que una característica típica de las aplicaciones de una página es que todo podría perderse al presionar atrás en un navegador web. Si uno se encuentra trabajando en la aplicación y se retorna, se pierde todo el trabajo.

7.4.- Trabajos futuros

Al ser el sistema un prototipo, esta versión debe seguir evolucionando hasta llegar a una versión final. Para cumplir los objetivos del proyecto falta el registro e identificación de usuario, exportar e importar resultados, comparar distintos escenarios de vivienda, seguir testeando la interfaz de usuario, validar los resultados con los expertos (Ingenieros Civiles), optimizar los cálculos lo más posible y lo más importante, probar la herramienta con usuarios arquitectos, que son los usuarios objetivos del proyecto.

8.- Bibliografía

1. (n.d.). *MIT Design Advisor (Version 1.1)*. Retrieved from <http://designadvisor.mit.edu/design/>
2. Calificación Energetica de Viviendas I. (n.d.). *Calificación Energetica de Viviendas*. Retrieved from <http://www.calificacionenergetica.cl/>
3. Capacidad instalada – Energía Abierta | Comisión Nacional de Energía. (n.d.). *Inicio*. Retrieved from <http://energiaabierta.cl/visualizaciones/capacidad-instalada/>
4. Design. (n.d.). *Material Design*. Retrieved from <https://material.io/design/>
5. Impacto ambiental de las plantas termoelectricas. (n.d.). *GRN*. Retrieved from <https://www.grn.cl/impacto-ambiental/impacto-ambiental-de-las-plantas-termoelectricas.html>
6. Impacto ambiental de la Generación Hidroeléctrica. (n.d.). Obtenido de http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/mercados/impamb/EIA%20Electrico_archivos/Page1099.htm
7. Node.js, F. de. (n.d.). Documentación. *Node.js*. Retrieved from <https://nodejs.org/es/docs/>
8. Otwell, T. (n.d.). Installation. *Installation - Laravel - The PHP Framework For Web Artisans*. Retrieved from <https://laravel.com/docs/5.7>
9. Papparelli, A., Kurban, A., Cunsulo, M., Montilla, E., & Ríos, E. (n.d.). Aporte del diseño bioclimático a la sustentabilidad de áreas urbanas en zonas áridas. *Revista INVI*. Retrieved from <http://www.revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/402/836>
10. React – A JavaScript library for building user interfaces. (n.d.). – *A JavaScript library for building user interfaces*. Retrieved from <https://reactjs.org/>
11. Redux · A Predictable State Container for JS Apps. (n.d.). *Read Me - Redux*. Retrieved from <https://redux.js.org/>
12. Sputnik. (2018, May 30). Estos son los países de América Latina que más pagan por la

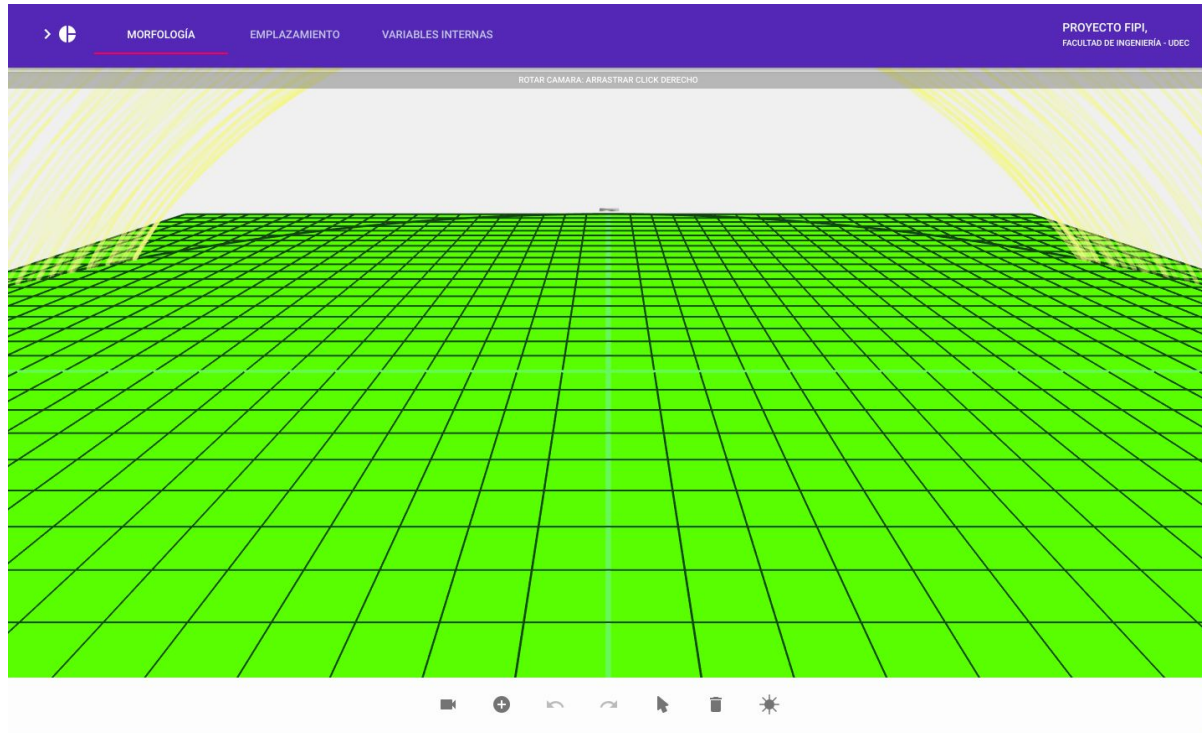
electricidad. *Sputnik Mundo*. Retrieved from
<https://mundo.sputniknews.com/economia/201805301079158845-argentina-precio-electricidad-america-latina/>

13. three.jsr100. (n.d.). *three.js / examples*. Retrieved from <https://threejs.org/>
14. The world's most popular React UI framework - Material-UI. (n.d.). *The world's most popular React UI framework - Material-UI*. Retrieved from <https://material-ui.com/>

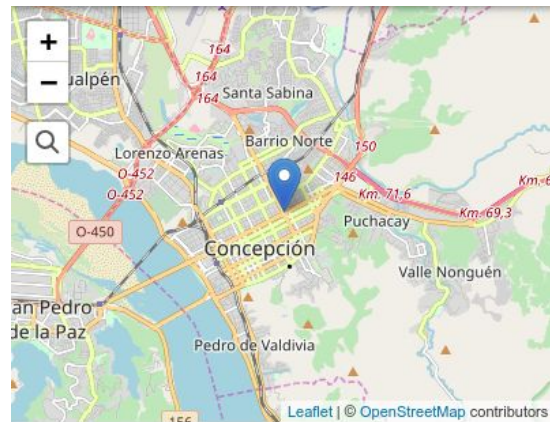
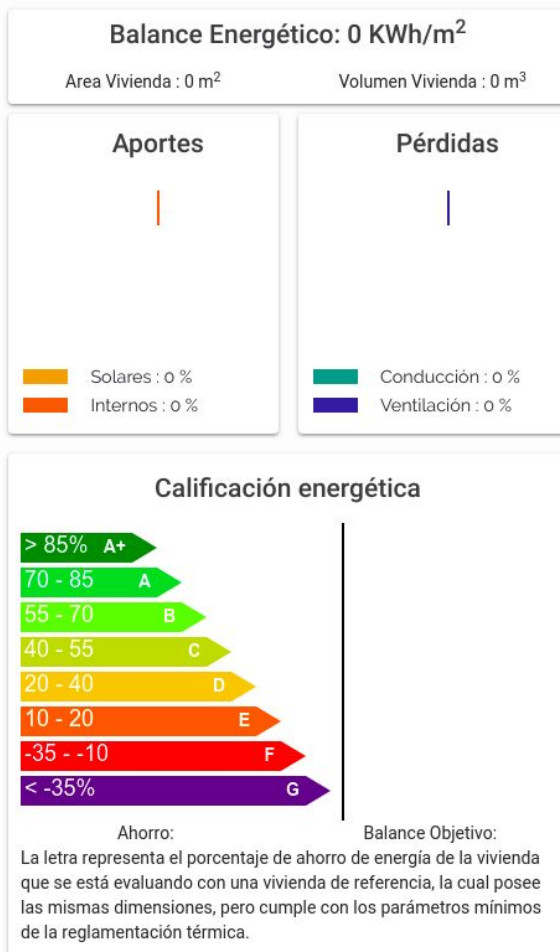
9.- Anexos

9.1.- Vistas

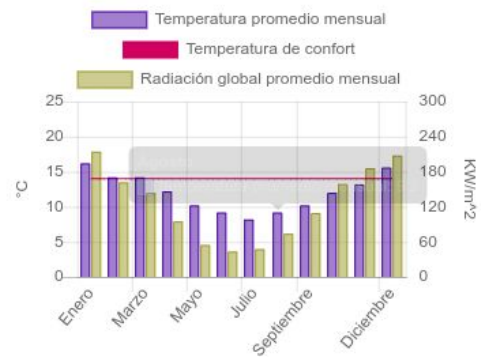
9.1.1.- Vista general de la aplicación



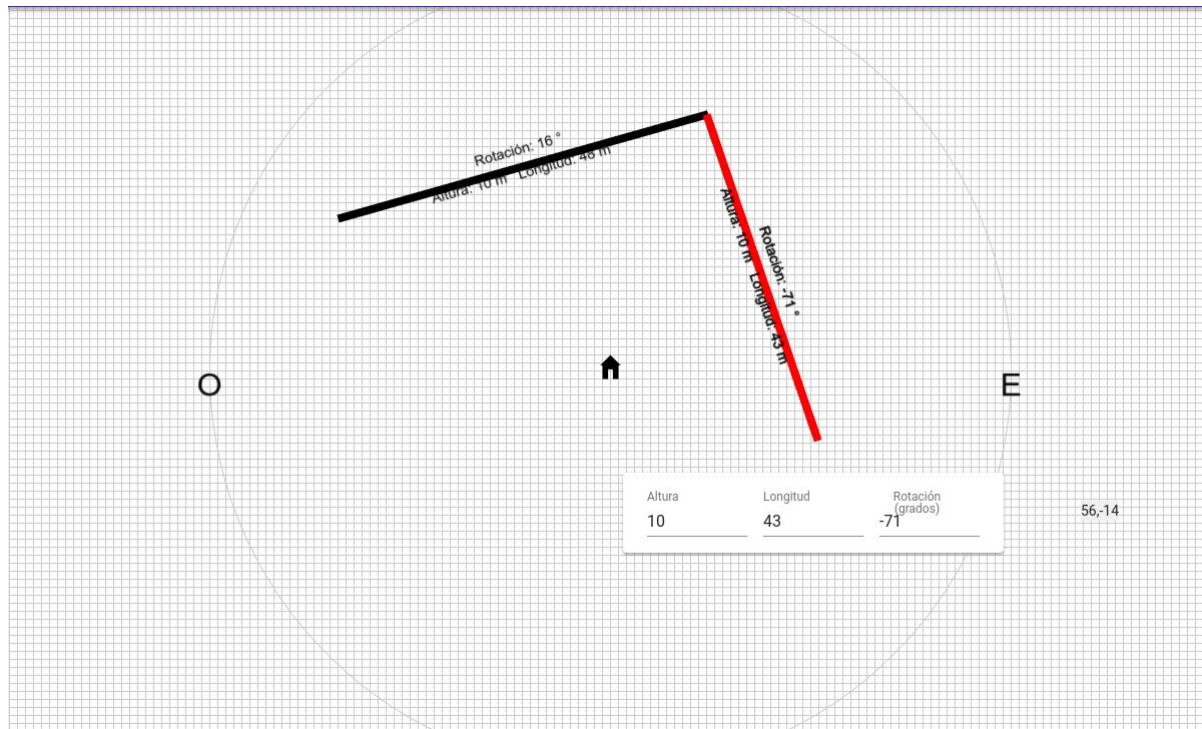
9.1.2.- Vista panel de balance energético y geográfico



Comuna: Concepción



9.1.3.- Vista módulo emplazamiento



9.1.5.- Vista configuración pared y ventana

Configuración Pared

Información Solar, periodo entre Abril y Noviembre

En Mayo el muro recibe sol

Desde: 12:49 Hasta: 17:50 RB: 1.467

Capas

×

Grava rodada o de mach

×

Madera Alamo

+

Dimensiones

Altura (m) Ancho (m)

2.5 9

Configuración Ventana

Información Solar

Material ventana

Nombre material Tipo

Vidrio Monolítico Sin espaciador

Transmitancia Térmica Factor Solar

5.8 0.87

Material Marco

Nombre material

Madera

Transmitancia Térmica Factor solar

5.8 0.87

Configuración dimensiones

Altura (m) Ancho (m)

0.64 0.85

Altura al Piso (m) Posicion en pared (m)

1.1 -1.8

9.1.6.- Vista configuración puerta, piso y techo

Configuración Puerta

Materiales

Material puerta Tipo

Madera Pino insigne

Densidad Conductividad Espesor (mm)

410 0.104 100

Dimensiones

Altura (m) Ancho (m) Posicion en pared (m)

1.86 0.68 0.1

Configuración Piso y Techo

Capas piso

×

Grava rodada o de mach

×

Madera Alamo

+

Capas techo

Dimensiones

Profundidad (m) Ancho (m)

6 4





9.1.7.- Vista barra de herramientas módulo morfología



9.1.8.- Vista barra de herramientas módulo emplazamiento



9.1.9.- Vista panel variables internas

	Número de Personas <input type="text" value="5"/>
	Temperatura de Confort <input type="text" value="14"/> °C
	Horas de iluminación <input type="text" value="3"/>
	Renovacion de aire diaria <input type="text" value="3"/> m ³

9.2.- Testing de usuario

Testing de Usuario de la Herramienta de Apoyo al Diseño Bioclimático de Viviendas

Introducción

En este documento se presentan una serie de tareas realizables dentro del software para ser llevadas a cabo por un grupo de potenciales usuarios del sistema. Cada tarea será evaluada mediante tres aseveraciones a las cuales los *testers* asignarán un puntaje en el rango 1 a 7 que representa el nivel de desacuerdo o de acuerdo con la oración. Además, de manera opcional, podrán escribir sus comentarios respecto al desarrollo de cada tarea asignada. Finalmente, se realizará una evaluación de la apreciación general del sistema respondiendo nuevamente el nivel de conformidad en una escala de 1 a 7 y permitiendo al usuario o usuaria escribir comentarios, críticas y funcionalidades que le gustaría que estuvieran presentes en el sistema.

Cabe destacar que el cuestionario es respondido de manera anónima y servirá como base para futuras mejoras y la incorporación de nuevas funcionalidades.

Lista de tareas

1.- Cambiar entre la vista de morfología, emplazamiento, variables internas y la visualización de resultados.

En general, estoy satisfecho con la facilidad de completar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1 2 3 4 5 6

**Fuertemente
de acuerdo**

7

Comentarios:

En general, estoy satisfecho con la cantidad de tiempo que tomó realizar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

**Fuertemente
de acuerdo**

1 2 3 4 5 6 7

Comentarios:

Estoy satisfecho con la interfaz gráfica que permite realizar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

**Fuertemente
de acuerdo**

1 2 3 4 5 6 7

Comentarios:

Tareas de emplazamiento

2.- Definir localidad con ciudad de preferencia que no sea Concepción.

En general, estoy satisfecho con la facilidad de completar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

**Fuertemente
de acuerdo**

1 2 3 4 5 6 7

Comentarios:

En general, estoy satisfecho con la cantidad de tiempo que tomó realizar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

**Fuertemente
de acuerdo**

1 2 3 4 5 6 7

Comentarios:

Estoy satisfecho con la interfaz gráfica que permite realizar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1

2

3

4

5

6

7

**Fuertemente
de acuerdo**

Comentarios:

3.- Crear dos obstrucciones alrededor de la vivienda. La primera al Norte con longitud de Oeste a Este a no menos de 10 metros de la vivienda. La segunda al Oeste con longitud de Sur a Norte a no menos de 15 metros de la vivienda. Luego seleccionarlasy modificar su altura a elección.

En general, estoy satisfecho con la facilidad de completar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1

2

3

4

5

6

7

**Fuertemente
de acuerdo**

Comentarios:

En general, estoy satisfecho con la cantidad de tiempo que tomó realizar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1

2

3

4

5

6

7

**Fuertemente
de acuerdo**

Comentarios:

Estoy satisfecho con la interfaz gráfica que permite realizar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1

2

3

4

5

6

7

**Fuertemente
de acuerdo**

Comentarios:

Tareas de morfología

4.- Crear habitación vacía o bloque de paredes y visualizar resultados de balance energético.

En general, estoy satisfecho con la facilidad de completar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1

2

3

4

5

6

7

**Fuertemente
de acuerdo**

Comentarios:

En general, estoy satisfecho con la cantidad de tiempo que tomó realizar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1

2

3

4

5

6

7

**Fuertemente
de acuerdo**

Comentarios:

Estoy satisfecho con la interfaz gráfica que permite realizar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1

2

3

4

5

6

**Fuertemente
de acuerdo**

7

Comentarios:

5.- Agregar 2 ventanas, en el muro norte y oeste respectivamente. Visualizar cambios de balance energético y de la vista de emplazamiento (color de obstrucciones).

En general, estoy satisfecho con la facilidad de completar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1

2

3

4

5

6

**Fuertemente
de acuerdo**

7

Comentarios:

En general, estoy satisfecho con la cantidad de tiempo que tomó realizar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1

2

3

4

5

6

**Fuertemente
de acuerdo**

7

Comentarios:

Estoy satisfecho con la interfaz gráfica que permite realizar esta tarea.

Fuertemente en desacuerdo							Fuertemente de acuerdo
	1	2	3	4	5	6	7

Comentarios:

6.- Agregar puerta y techo a vivienda.

En general, estoy satisfecho con la facilidad de completar esta tarea.

Fuertemente en desacuerdo							Fuertemente de acuerdo
	1	2	3	4	5	6	7

Comentarios:

En general, estoy satisfecho con la cantidad de tiempo que tomó realizar esta tarea.

Fuertemente en desacuerdo							Fuertemente de acuerdo
	1	2	3	4	5	6	7

Comentarios:

Estoy satisfecho con la interfaz gráfica que permite realizar esta tarea.

Fuertemente en desacuerdo							Fuertemente de acuerdo
	1	2	3	4	5	6	7

Comentarios:

7.- Modificar parámetros de muro. Para un muro a escoger seleccionar un “sandwich” que considere una capa de hormigón, lana mineral y yeso (en ese orden), luego modificar dimensiones.

En general, estoy satisfecho con la facilidad de completar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1

2

3

4

5

6

7

**Fuertemente
de acuerdo**

Comentarios:

En general, estoy satisfecho con la cantidad de tiempo que tomó realizar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1

2

3

4

5

6

7

**Fuertemente
de acuerdo**

Comentarios:

Estoy satisfecho con la interfaz gráfica que permite realizar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1

2

3

4

5

6

7

**Fuertemente
de acuerdo**

Comentarios:

8.- Modificar parámetros de ventana. Para una ventana a escoger, seleccionar tipo de vidrio y material del marco, luego modificar dimensiones.

En general, estoy satisfecho con la facilidad de completar esta tarea.

Fuertemente en desacuerdo							Fuertemente de acuerdo
	1	2	3	4	5	6	7

Comentarios:

En general, estoy satisfecho con la cantidad de tiempo que tomó realizar esta tarea.

Fuertemente en desacuerdo							Fuertemente de acuerdo
	1	2	3	4	5	6	7

Comentarios:

Estoy satisfecho con la interfaz gráfica que permite realizar esta tarea.

Fuertemente en desacuerdo							Fuertemente de acuerdo
	1	2	3	4	5	6	7

Comentarios:

9.- Eliminar ventanas, puertas y luego el bloque de paredes (para borrar la vivienda completa).

En general, estoy satisfecho con la facilidad de completar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1 2 3 4 5 6

**Fuertemente
de acuerdo**

7

Comentarios:

En general, estoy satisfecho con la cantidad de tiempo que tomó realizar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1 2 3 4 5 6

**Fuertemente
de acuerdo**

7

Comentarios:

Estoy satisfecho con la interfaz gráfica que permite realizar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1 2 3 4 5 6

**Fuertemente
de acuerdo**

7

Comentarios:

10.- Crear una casa predefinida a elección.

En general, estoy satisfecho con la facilidad de completar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1 2 3 4 5 6

**Fuertemente
de acuerdo**

7

Comentarios:

En general, estoy satisfecho con la cantidad de tiempo que tomó realizar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1 2 3 4 5 6

**Fuertemente
de acuerdo**

7

Comentarios:

Estoy satisfecho con la interfaz gráfica que permite realizar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1 2 3 4 5 6

**Fuertemente
de acuerdo**

7

Comentarios:

11.- Modificar orientación de la vivienda. Rotar las coordenadas 180°.

En general, estoy satisfecho con la facilidad de completar esta tarea.

Fuertemente en desacuerdo							Fuertemente de acuerdo
	1	2	3	4	5	6	7

Comentarios:

En general, estoy satisfecho con la cantidad de tiempo que tomó realizar esta tarea.

Fuertemente en desacuerdo							Fuertemente de acuerdo
	1	2	3	4	5	6	7

Comentarios:

Estoy satisfecho con la interfaz gráfica que permite realizar esta tarea.

Fuertemente en desacuerdo							Fuertemente de acuerdo
	1	2	3	4	5	6	7

Comentarios:

12.- Cambiar fecha y hora para ver posición del sol en distintos días del año. Seleccionar el solsticio de invierno (21 de junio).

En general, estoy satisfecho con la facilidad de completar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1 2 3 4 5 6

**Fuertemente
de acuerdo**

7

Comentarios:

En general, estoy satisfecho con la cantidad de tiempo que tomó realizar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1 2 3 4 5 6

**Fuertemente
de acuerdo**

7

Comentarios:

Estoy satisfecho con la interfaz gráfica que permite realizar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1 2 3 4 5 6

**Fuertemente
de acuerdo**

7

Comentarios:

Tareas de variables internas

13.- Mejorar (o empeorar) la calificación energética modificando el número de personas, temperatura de confort, horas de iluminación y renovaciones de aire diarias.

En general, estoy satisfecho con la facilidad de completar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1

2

3

4

5

6

**Fuertemente
de acuerdo**

7

Comentarios:

En general, estoy satisfecho con la cantidad de tiempo que tomó realizar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1

2

3

4

5

6

**Fuertemente
de acuerdo**

7

Comentarios:

Estoy satisfecho con la interfaz gráfica que permite realizar esta tarea.

**Fuertemente
en desacuerdo**

1

2

3

4

5

6

**Fuertemente
de acuerdo**

7

14.- Probar libremente otras funcionalidades de la herramienta.

Apreciación General

Fui capaz de completar eficientemente las tareas y escenarios usando el sistema

**Fuertemente
en desacuerdo**

**Fuertemente
de acuerdo**

1 2 3 4 5 6 7

Comentarios:

Me sentí cómodo utilizando el sistema

**Fuertemente
en desacuerdo**

**Fuertemente
de acuerdo**

1 2 3 4 5 6 7

Comentarios:

Fue fácil aprender a usar el sistema

**Fuertemente
en desacuerdo**

**Fuertemente
de acuerdo**

1 2 3 4 5 6 7

Comentarios:

La interfaz de este sistema es agradable

**Fuertemente
en desacuerdo**

**Fuertemente
de acuerdo**

1 2 3 4 5 6 7

Comentarios:

El sistema tiene todas las funcionalidades que esperaba que tuviera

**Fuertemente
en desacuerdo**

**Fuertemente
de acuerdo**

1 2 3 4 5 6 7

Comentarios:

En general estoy satisfecho con el sistema

**Fuertemente
en desacuerdo**

1

2

3

4

5

6

7

**Fuertemente
de acuerdo**

Comentarios:

Por favor, describe nuevas funcionalidades que te gustaría ver incluidas en el futuro.

Resumen de tareas

- 1.- Cambiar entre la vista de morfología, emplazamiento, variables internas y la visualización de resultados.
- 2.- Definir localidad con ciudad de preferencia que no sea Concepción.
- 3.- Crear dos obstrucciones alrededor de la vivienda. La primera al Norte con longitud de Oeste a Este a no menos de 10 metros de la vivienda. La segunda al Oeste con longitud de Sur a Norte a no menos de 15 metros de la vivienda. Luego seleccionarlasy modificar su altura a elección.
- 4.- Crear habitación vacía o bloque de paredes y visualizar resultados de balance energético.
- 5.- Agregar 2 ventanas, en el muro norte y oeste respectivamente. Visualizar cambios de balance energético y de la vista de emplazamiento (color de obstrucciones).
- 6.- Agregar puerta y techo a vivienda.
- 7.- Modificar parámetros de muro. Para un muro a escoger seleccionar un “sandwich” que considere una capa de hormigón, lana mineral y yeso (en ese orden), luego modificar dimensiones.

8.- Modificar parámetros de ventana. Para una ventana a escoger, seleccionar tipo de vidrio y material del marco, luego modificar dimensiones.

9.- Eliminar ventanas, puertas y luego el bloque de paredes (para borrar la vivienda completa).

10.- Crear una casa predefinida a elección.

11.- Modificar orientación de la vivienda. Rotar las coordenadas 180°.

12.- Cambiar fecha y hora para ver posición del sol en distintos días del año. Seleccionar el solsticio de invierno (21 de junio).

13.- Mejorar (o empeorar) la calificación energética modificando el número de personas, temperatura de confort, horas de iluminación y renovaciones de aire diarias.

14.- Probar libremente otras funcionalidades de la herramienta.

9.3.- Requerimientos de desarrollo

- Elegir localidad
- Mostrar información climática y geográfica
- La casa puede tener varios pisos
- El usuario agrega, modifica, borra paredes, puertas y ventanas, de los cuales cuales se modifica:
 - -Dimensiones
 - -Orientación
 - -Posición
- El usuario elige materiales de:
 - Muros
 - Ventanas
 - Pisos
 - Techo
- Agregar, modificar y borrar Adosamiento
- Verificar norma de materiales
- Elegir ventilación
- Elegir periodo calefacción
- Importar/Exportar Resultados (Opcional)
- Manejo de usuarios (Opcional)

9.4.- Acciones

Acciones normales

A continuación se listan y explican las acciones (relevantes para esta memoria) que existen actualmente en el paquete.

Acciones de barra de herramientas morfología

- activarAgregarBloque
 - Se activa la creación de bloques en la aplicación.
- activarAgregarPuerta
 - Se activa la creación de puertas en la aplicación.
- activarAgregarVentana
 - Se activa la creación de ventanas en la aplicación.
- activarEliminarMorfologia
 - Se activa la eliminación de elementos en la aplicación.
- activarMoverCamara
 - Se activa la funcionalidad de mover la posición de la cámara en la morfología.
- activarRotar
 - Se activa la funcionalidad de rotar el plano de la vivienda.
- activarSeleccionarMorfologia
 - Se activa la selección de elementos en la morfología.
- cambiarFecha
 - Se cambia la fecha para modificar el ángulo del sol y la información solar de las paredes.
- cambioTipoCamara
 - Se cambia entre visión 2D o 3D de la vivienda.
- casaPredefinidaSimple
 - Se modifica el estado de morfología con un estado predefinido.
- casaPredefinidaDoble
 - Se modifica el estado de morfología con un estado predefinido.
- casaPredefinidaSimpleDosPisos
 - Se modifica el estado de morfología con un estado predefinido.
- casaPredefinidaDobleDosPisos
 - Se modifica el estado de morfología con un estado predefinido.
- morfologiaUndo
 - Se retorna al estado anterior de morfología si es que existe.
- morfologiaRedo
 - Se avanza a un estado futuro de morfología si es que existe.

Acciones de morfología

- agregarBloque
 - Se agrega un bloque de cuatro paredes en el nivel y posición indicados por el usuario.

- agregarCapaPared
 - Se agrega una capa nueva a la primera pared actualmente seleccionada.
- agregarCapaPiso
 - Se agrega una capa nueva al primer piso actualmente seleccionado.
- agregarCapaTecho
 - Se agrega una capa nueva al primer techo actualmente seleccionado.
- agregarNivel
 - Se agrega un nuevo nivel a la vivienda.
- agregarPuerta
 - Se agrega una puerta en la pared, posición y dimensiones indicado por el usuario.
- agregarVentana
 - Se agrega una ventana en la pared, posición y dimensiones indicado por el usuario.
- aplicarCapaAParedes
 - Se le aplica las capas de la primera pared actualmente seleccionada al resto de las paredes seleccionadas.
- aplicarCapaAPisos
 - Se le aplica las capas del primer piso actualmente seleccionado al resto de los pisos seleccionados.
- aplicarCapaATechos
 - Se le aplica las capas del primer techo actualmente seleccionado al resto de los techos seleccionados.
- aplicarMarcosAVentanas
 - Se le aplica el marco de la primera ventana seleccionada al resto de las ventanas seleccionadas.
- aplicarMaterialAPuertas
 - Se le aplica el material de la primera puerta seleccionada al resto de las puertas seleccionadas.
- aplicarMaterialAVentanas
 - Se le aplica el material de la primera ventana seleccionada al resto de las ventanas seleccionadas.
- borrarBloque
 - Se borra el bloque de paredes indicado por el usuario
- borrarCapaPared
 - Se borra la capa indicada por el usuario de la primera pared actualmente seleccionada.
- borrarCapaPiso
 - Se borra la capa indicada por el usuario del primer piso actualmente seleccionado.
- borrarCapaTecho
 - Se borra la capa indicada por el usuario del primer techo actualmente seleccionado.
- borrarVentana
 - Se borra la ventana indicada por el usuario
- borrarPuerta
 - Se borra la puerta indicada por el usuario
- modificarCapaPared

- Se modifica la capa indicada por el usuario de la primera pared actualmente seleccionada.
- `modificarCapaPiso`
 - Se modifica la capa indicada por el usuario del primer piso actualmente seleccionado.
- `modificarCapaTecho`
 - Se modifica la capa indicada por el usuario del primer techo actualmente seleccionado.
- `modificarDimensionesBloque`
 - Se modifican las dimensiones del primer bloque de paredes actualmente seleccionado.
- `modificarDimensionesPuerta`
 - Se modifican las dimensiones de la primera puerta actualmente seleccionado.
- `modificarDimensionesVentana`
 - Se modifican las dimensiones de la primera ventana actualmente seleccionado.
- `modificarMarcoVentana`
 - Se modifica el marco de la primera ventana actualmente seleccionado.
- `modificarMaterialPuerta`
 - Se modifica el material de la primera puerta actualmente seleccionado.
- `modificarMaterialVentana`
 - Se modifica el material de la primera ventana actualmente seleccionado.
- `modificarPosicionVentana`
 - Se modifica la posición de la primera ventana actualmente seleccionado.
- `modificarPosicionPuerta`
 - Se modifica la posición de la primera puerta actualmente seleccionado.

Acciones de balance energético

- `setAporteIntero`
- `setPerdidaVentilacion`
- `setTransmitancias`
- `setTransmitanciaElemento`

Acciones de variables Internas

- `cambiarVarsInternas`
- `setPeriodo`
 - Esta acción se llama cuando una variable interna modifica el periodo y se debe actualizar.

Acciones de la aplicación

- `seleccionarMorfologia`
 - Se modifica el estado de selección en morfología para mostrar el panel de selección.
- `setCalculando`
 - Se modifica el estado de calculando en la aplicación para mostrar un diálogo.
- `setMateriales`
 - Se setea en el estado los materiales existentes en la base de datos del servidor
- `setMaterialesVentana`
 - Se setea en el estado los materiales de las ventanas existentes en la base de datos del servidor

- setMaterialesMarcos
 - Se setea en el estado los materiales de los marcos de las ventanas existentes en la base de datos del servidor.

Acciones con middleware

- middleware_agregar_bloque
 - agregarBloque
 - middleware_recalcular_aporte_interno
 - middleware_recalcular_perdida_ventilacion
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
- middleware_agregar_capa_pared
 - agregarCapaPared
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
- middleware_agregar_capa_piso
 - agregarCapaPiso
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
- middleware_agregar_capa_techo
 - agregarCapaTecho
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
- middleware_agregar_puerta
 - agregarPuerta
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
- middleware_agregar_ventana
 - agregarVentana
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
 - middleware_agregar_far
- middleware_aplicar_capa_paredes
 - aplicarCapaAParedes
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
- middleware_aplicar_capa_pisos
 - aplicarCapaAPisos
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
- middleware_aplicar_capa_techos
 - aplicarCapaATechos
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
- middleware_aplicar_marco_ventanas
 - aplicarMarcoAVentanas
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
- middleware_aplicar_material_puertas
 - aplicarMaterialAPuertas
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
- middleware_aplicar_material_ventanas

- aplicarMaterialAVentanas
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
- middleware_borrar_bloque
 - borrarBloque
 - middleware_recalcular_aporte_interno
 - middleware_recalcular_perdida_ventilacion
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
- middleware_borrar_capa_pared
 - borrarCapaPared
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
- middleware_borrar_capa_piso
 - borrarCapaPiso
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
- middleware_borrar_capa_techo
 - borrarCapaTecho
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
- middleware_borrar_puerta
 - borrarPuerta
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
- middleware_borrar_ventana
 - borrarVentana
 - borrarFarVentana
 - middleware_recalcular_aporte_solar
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
- middleware_cambiar_variables_internas
 - setCalculando
 - cambiarVarsInterna
 - variable = temperatura
 - setPeriodo
 - middleware_recalcular_aporte_interno
 - middleware_recalcular_perdida_ventilacion
 - variable = iluminacion o personas
 - middleware_recalcular_aporte_interno
 - variable = aire
 - middleware_recalcular_perdida_ventilacion
- middleware_modificar_capa_pared
 - modificarCapaPared
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
- middleware_modificar_capa_piso
 - modificarCapaPiso
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
- middleware_modificar_capa_techo
 - modificarCapaTecho

- middleware_recalcular_perdida_conduccion
- middleware_modificar_dimensiones_bloque
 - modificarDimensionesBloque
 - middleware_recalcular_aporte_interno
 - middleware_recalcular_perdida_ventilacion
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
- middleware_modificar_dimensiones_puerta
 - modificarDimensionesPuerta
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
- middleware_modificar_dimensiones_ventana
 - modificarDimensionesVentana
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
 - middleware_recalcular_aporte_solar
- middleware_modificar_marco_ventana
 - modificarMarcoVentana
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
 - middleware_recalcular_aporte_solar
- middleware_modificar_material_puerta
 - modificarMaterialPuerta
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
- middleware_modificar_material_ventana
 - modificarMaterialVentana
 - middleware_recalcular_perdida_conduccion
- middleware_modificar_posicion_ventana
 - modificarPosicionVentana
 - middleware_agregar_far
 - middleware_recalcular_perdidas_conduccion
- middleware_modificar_posicion_puerta
 - modificarPosicionPuerta
 - middleware_recalcular_perdidas_conduccion
- middleware_recalcular_aporte_interno
 - balance.aporteInterno
 - setAporteInterno
- middleware_recalcular_perdida_ventilacion
 - balance.perdidasVentilacion
 - setPerdidaVentilacion
- middleware_recalcular_perdidas_conduccion
 - balance.transmitanciaSuperficies
 - balance.puenteTermico
 - balance.perdidasConduccion
 - setPerdidaConduccion
- middleware_rotar_casa
 - balance.calcularRbParedes

- setRb
- middleware_recalcular_aporte_interno
- rotarCasa
- middleware_recalcular_aporte_solar
- middleware_set_materiales
 - getMateriales
 - getMaterialesVentanas
 - getMaterialesMarcos

9.5.- React components

App.js

Es el componente raíz de la página, en este componente se define el layout general y se instancian el resto de los componentes, dentro de este componente se encuentra el TabPanel, que contiene los distintos componentes que serán mostrados en las pestañas. Este componente necesita conocer si en el estado está definido el mostrar el mapa o si hay objetos seleccionados en la morfología para poder mostrar los drawers necesarios con dicha información.

BarraHerramientasMorfologia.js

Este componente describe la vista de la barra de herramientas del módulo de morfología, aquí se define el layout de los botones y sus íconos. Cada botón está asociado a una acción de redux definida con anterioridad.

Morfologia.js

Este componente está compuesto de un plano en Three js, el cual recibe eventos del mouse para llamar a las distintas acciones de redux, dependiendo del estado de la barra. Este componente redibuja el estado de la vivienda cuando el estado de esta ha cambiado.

InformacionEstrucutra.js

Componente que contiene otros componentes de información de estructuras

InformacionPared.js

Componente que muestra la información de las paredes al seleccionarlasy, aquí el usuario puede modificar los materiales de las paredes, modificar sus dimensiones y visualizar la información solar. Si actualmente no se selecciona nada o la selección no es una pared, entonces no se renderiza nada.

InformacionPuerta.js

Componente que muestra la información de las puertas al seleccionarlasy, aquí el usuario puede modificar los materiales de las puertas, modificar sus dimensiones y modificar la posición. Si actualmente no se selecciona nada o la selección no es una puerta, no se renderiza nada.

InformacionVentana.js

Componente que muestra la información de las ventanas al seleccionarlás, aquí el usuario puede modificar los materiales, tanto de la ventana como los marcos, modificar las dimensiones y posición. Si actualmente no se selecciona nada o la selección no es una ventana, no se renderiza nada.

InformacionPisoTecho.js

Este componente junta las estructuras piso y techo de un mismo bloque en la misma vista, aquí el usuario puede modificar las capas de tanto el piso como el techo del bloque, y modificar las dimensiones de este. Si actualmente no se selecciona nada o la selección no es un piso o techo, no se renderiza nada.

InfoVariablesInternas.js

Este componente muestra las variables internas al usuario y permite modificarlas.

DetalleBalance.js

En este componente se muestran los valores del estado actual del balance, aquí no se llama a ninguna acción ya que es un componente netamente informativo, donde el usuario puede ver los gráficos y los valores del balance energético.

9.6.- Reducers

index.js

Este reducer toma todos los reducers en el paquete y los junta en un mismo reducer, que es usado por el store.

app.js

Este reducer contiene el estado inicial general de la aplicación, es un estado simple para manejar algunos datos como los materiales de construcción guardados en la base de datos, definir si la aplicación está ocupada y saber si actualmente se está seleccionando un objeto.

El estado inicial de este reducer es:

```
estadoInicial = {  
  seleccion_morfologia : null,  
  cargando : {},  
  materiales : null,  
  materiales_ventana: null,  
  materiales_marco : null,  
  obstrucciones : null,
```

```
}
```

balance.js

Este reducer contiene los resultados del balance energético, estos valores se setean una vez que son calculados, dependiendo de la situación y los cambios que ha hecho el usuario.

El estado inicial de este reducer es:

```
estadoInicial = {  
  far_ventanas : {},  
  aporte_interno : null,  
  aporte_solar : null,  
  perdidas_ventilacion : null,  
  transmitancias: {  
    total : 0,  
    total_objetivo : 0,  
    transmitancias_elementos: {},  
  },  
  puente_termico : {},  
  perdida_conduccion : {},  
}
```

barraHerramientasMorfologia.js

Este reducer contiene el estado de la barra herramientas, utilizado para desactivar botones que se estén usando y para setear acciones en la aplicación.

El estado inicial de este reducer es:

```
estadoInicial = {  
  camara3D: true,  
  accion: null,  
  acciones: {  
    mover_camara : false,  
    agregar_bloque : false,  
    agregar_ventana : false,  
    agregar_puerta : false,  
    seleccionar : false,  
    eliminar : false,  
    rotar : false,  
  },  
  fecha : (fecha de hoy)  
  sol : true,
```

```
}
```

morfologia.js

Este reducer contiene el estado de la morfología, se utiliza para describir la casa y sus distintos componentes. Este reducer guarda cada acción aplicada para saber cómo reaccionar al deshacer o rehacer.

El estado inicial de este reducer es:

```
estadoInicial = {  
  rotacion : 0,  
  niveles : [{  
    bloques: [],  
    altura : 0,  
  }],  
  ventanas: {},  
  elementos: {},  
  volumen: 0,  
  area : 0,  
  action : null,  
}
```

variables.js

Este reducer contiene el estado de las variables internas y otras variables que podrían cambiar al modificar alguna variable interna de la vivienda, como por ejemplo el periodo de calefacción que puede cambiar al modificar la temperatura de confort. También contiene algunos datos sobre el clima, los cuales serán omitidos en esta memoria.

El estado inicial de este reducer es:

```
estadoInicial = {  
  personas : 5,  
  iluminacion: 3,  
  temperatura : 14,  
  aire : 3,  
  periodo : {},  
  rbParedes : null,  
  gradosDias = null,  
}
```


9.7.- Propuesta tema Memoria de Título informática

Tema: Memoria de Título

Desarrollo de Software para el Diseño Bioclimático de Viviendas

Patrocinante: Gonzalo Rojas Durán

La eficiencia energética en las viviendas es un desafío de gran importancia para la población. A la reducción del impacto ecológico de nuestro quehacer, se unen beneficios económicos a las familias y comunidades, ahorro en el uso de combustibles fósiles, generación de nuevos empleos e innovaciones. Por el contrario, el soslayar este aspecto afecta seriamente la calidad de vida de las familias que ocupan una vivienda, que deben desembolsar altos montos para satisfacer sus requerimientos básicos a partir de un uso energético ineficiente.

El diseño arquitectónico, etapa inicial del diseño de una vivienda, tiene una alta incidencia en la demanda energética de la vivienda proyectada, en términos de calefacción, iluminación y agua caliente sanitaria. En esta etapa, el arquitecto proyectista dibuja y propone las características principales de la vivienda, tales como superficie a construir, número y altura de pisos, dimensiones y ubicación de ventanas, o materiales principales de la envolvente de la vivienda.

Para adoptar criterios de eficiencia energética desde el diseño de la vivienda, en esta etapa el proyectista debe armonizar la vivienda con su entorno natural, lo que llamamos **diseño bioclimático**. Esto requiere de un análisis climático del lugar de emplazamiento de la vivienda, procesando datos meteorológicos como temperatura, humedad, precipitación pluvial, viento y radiación solar, junto con características del entorno, como construcciones aledañas que podrían provocar sombra.

Actualmente, el diseño bioclimático se aborda de manera manual por parte del proyectista, pero la gran cantidad de variables a considerar y las normas y ordenanzas que regulan las construcciones urbanísticas dificultan gravemente la implementación del diseño bioclimático de viviendas.

Las herramientas computacionales que apoyan este proceso adolecen de varias carencias:

- Demandan un alto grado de especialización por parte del usuario, con conocimiento técnico previo poco adecuado al uso descrito
- Ofrecen una interacción compleja para la introducción y modificación de parámetros de simulación
- Consideran aisladamente sólo algunos aspectos relevantes para el diseño bioclimático, principalmente factores meteorológicos
- No priorizan factores relevantes de la realidad nacional
- Ofrecen una simulación de consumo energético en etapas tardías, cuando la vivienda está construida.

Se requiere desarrollar un prototipo de herramienta computacional que apoye el diseño bioclimático de viviendas, subsanando las carencias descritas. Se espera, como resultado, que el alumno sea capaz de:

- Especificar los requerimientos del sistema, en base al estudio del dominio del problema y entrevistas con stakeholders (ingenieros civiles, arquitectos)
- Proponer una interacción que soporte adecuadamente el proceso completo de diseño, preservando la eficiencia de cada una de sus etapas.
- Implementar un prototipo de software que soporte la interacción propuesta, en plataforma de código abierto
- Realizar la transición de la solución propuesta a uso experimental

El trabajo será abordado a través de dos Memorias de Título:

- Herramienta de simulación de consumo energético de viviendas basado en morfología y materiales
- Herramienta de apoyo al diseño bioclimático de viviendas basado en factores de localización y emplazamiento

Los productos de ambos trabajos serán integrados en una sola herramienta, por lo que se requerirá realizar las pruebas de integración correspondientes.

El presente trabajo se enmarca dentro de la ejecución de un Proyecto Interno de la Facultad de Ingeniería, por lo que el alumno memorista recibirá un incentivo económico.

Referencias Bibliográficas:

Calificación Energética de Viviendas, Ministerio de Vivienda y Urbanismo www.calificacionenergetica.cl

The MIT Design Advisor

<http://designadvisor.mit.edu/design/>