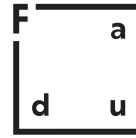




UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



# Estudio interdisciplinario para la validación de criterios de diseño de eficiencia energética en los programas de vivienda

Instituto de Ingeniería Mecánica y Producción Industrial - Facultad de Ingeniería  
Departamento de Construcción - Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo  
Departamento de Sociología - Facultad de Ciencias Sociales

Universidad de la República

Revisión Marzo 2022.

## **Equipo de investigación**

### **Facultad de Ingeniería:**

Gabriel Pena<sup>a</sup> (Resp.); Juan Pablo Kosut; Federico Favre; Daiana De León; Lucía Garín.

### **Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo:**

María Noel López<sup>b</sup> (Co-Resp.); Lucía Pereira; Lucía Gutiérrez.

### **Facultad de Ciencias Sociales:**

Pablo Ezquerro<sup>c</sup> (Co-Resp.); Andrés Wilkins; Abril Ocampo; Bruno Andreoli.

### **Colaboración:**

Sofía Gervaz; Juan Romero.

(a) gabpena@fing.edu.uy

(b) marialop@fadu.edu.uy

(c) pablo.ezquerro@cienciassociales.edu.uy

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen a UTE por su apoyo a través de las Primeras Jornadas UTE-UdelaR ID-27.

A la Dirección Nacional de Energía (MIEM) por su participación y colaboración en los trabajos de campo.

A los técnicos y autoridades de MEVIR, Intendencia de Montevideo, MVOT, entre otros, por su interés en la temática y facilitar información fundamental a lo largo de todo el proyecto. Especialmente al Arq. Liber Marichal por su buena disposición siempre que fue consultado y por su compromiso profesional con la eficiencia energética en las viviendas de MEVIR.

A las familias que fueron entrevistadas y en especial a las familias que nos permitieron entrar en sus viviendas a pesar de la pandemia de COVID-19.





# Índice general

<b>Lista de acrónimos</b>	<b>1</b>
<b>Resumen</b>	<b>5</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>9</b>
1.1. Descripción del problema a ser abordado y relevancia del mismo para UTE. . . . .	9
1.2. Objetivos . . . . .	10
1.3. Población objetivo y universo de viviendas . . . . .	11
1.4. Estrategia de investigación y organización del texto . . . . .	13
<b>2. Normativa</b>	<b>19</b>
2.1. Introducción . . . . .	19
2.2. Países de la región . . . . .	21
2.2.1. Argentina . . . . .	21
2.2.2. Brasil . . . . .	25
2.2.3. Chile . . . . .	29
2.3. Internacional . . . . .	34
2.3.1. Estados Unidos . . . . .	34
2.3.2. Europa . . . . .	37
2.3.3. Japón . . . . .	41
2.4. Uruguay . . . . .	42
2.4.1. Zonificación climática . . . . .	43
2.4.2. Eficiencia energética de la envolvente . . . . .	43
2.4.3. Medidas de eficiencia energética de equipos internos . . . . .	50
2.5. Síntesis de la normativa . . . . .	55
2.6. Recomendaciones de medidas de eficiencia energética . . . . .	55
2.6.1. Principales MEE . . . . .	55
2.6.2. Medidas preliminares de eficiencia aplicables a viviendas de interés social . . . . .	59

<b>3. Planes y programas de vivienda social</b>	<b>61</b>
3.1. Mapeo institucional . . . . .	61
3.1.1. Metodología . . . . .	61
3.1.2. Principales planes de vivienda de interés social . . . . .	64
3.1.3. Programas de vivienda de interés social . . . . .	67
3.1.4. Análisis general – Conclusiones . . . . .	81
3.2. Criterios de diseño . . . . .	83
3.2.1. Movimiento de Erradicación de la Vivienda Rural (MEVIR)	86
3.2.2. Realajo del Programa de Mejoramiento de Barrios . . . . .	90
3.2.3. Plan Juntos . . . . .	97
3.2.4. Vivienda económica . . . . .	101
3.2.5. Síntesis de criterios de diseño . . . . .	105
<b>4. Hábitos de la población objetivo</b>	<b>109</b>
4.1. Introducción . . . . .	109
4.2. La población objetivo de los programas . . . . .	109
4.2.1. MEVIR . . . . .	110
4.2.2. La situación de los asentamientos en el Uruguay . . . . .	115
4.2.3. Los usuarios del Plano Económico en Montevideo . . . . .	117
4.3. La entrevista en profundidad . . . . .	118
4.4. Informe de campo . . . . .	119
4.5. Pautas de Entrevista y dimensiones de interés. . . . .	120
4.6. Análisis . . . . .	121
4.6.1. Características generales del hogar y la vivienda . . . . .	121
4.6.2. Evaluación del confort del hogar . . . . .	124
4.6.3. Prácticas en relación al uso de la energía . . . . .	125
4.6.4. Conocimiento sobre consumo energético y estrategias de efi-	
ciencia . . . . .	131
4.6.5. Otros artefactos . . . . .	133
4.6.6. Especificaciones por programa . . . . .	134
4.7. Conclusiones . . . . .	135
<b>5. Valoraciones de los responsables</b>	<b>137</b>
5.1. Introducción . . . . .	137
5.1.1. Metodología de entrevistas . . . . .	138
5.1.2. Potencial de aplicación de MEE . . . . .	139
5.1.3. Sistematización de las entrevistas . . . . .	140
5.2. Autoridades políticas . . . . .	140
5.2.1. Rol del gobierno departamental en políticas de vivienda . . .	140
5.2.2. Lineamientos . . . . .	141
5.2.3. Fortalezas y debilidades . . . . .	142

5.2.4.	Cambios recientes . . . . .	143
5.2.5.	Eficiencia energética . . . . .	143
5.3.	MEVIR . . . . .	143
5.3.1.	Descripción del programa . . . . .	143
5.3.2.	Fortalezas y debilidades . . . . .	145
5.3.3.	Diseño de las viviendas . . . . .	146
5.3.4.	Proceso de construcción . . . . .	146
5.3.5.	Relación con la comunidad . . . . .	147
5.3.6.	Eficiencia energética . . . . .	147
5.4.	Plano Económico . . . . .	147
5.4.1.	Descripción del programa . . . . .	147
5.4.2.	Fortalezas y debilidades . . . . .	149
5.4.3.	Diseño de las viviendas . . . . .	150
5.4.4.	Proceso de construcción . . . . .	150
5.4.5.	Relación con la comunidad . . . . .	150
5.4.6.	Eficiencia energética . . . . .	150
5.5.	Plan Juntos . . . . .	151
5.5.1.	Descripción del programa . . . . .	151
5.5.2.	Fortalezas y debilidades . . . . .	153
5.5.3.	Diseño de las viviendas. . . . .	154
5.5.4.	Proceso de construcción. . . . .	155
5.5.5.	Relación con la comunidad . . . . .	155
5.5.6.	Eficiencia energética . . . . .	155
5.6.	Programa de Mejoramiento de Barrios . . . . .	156
5.6.1.	Descripción del programa . . . . .	156
5.6.2.	Fortalezas y debilidades . . . . .	157
5.6.3.	Diseño de las viviendas . . . . .	158
5.6.4.	Proceso de construcción . . . . .	158
5.6.5.	Relación con la comunidad . . . . .	159
5.6.6.	Eficiencia energética . . . . .	159
5.7.	Discusión . . . . .	160
5.8.	Conclusiones . . . . .	164
<b>6.</b>	<b>Relevamiento y mediciones de las viviendas</b>	<b>165</b>
6.1.	Introducción . . . . .	165
6.2.	Metodología . . . . .	166
6.2.1.	Equipos . . . . .	168
6.2.2.	Criterio de ubicación de los instrumentos . . . . .	169
6.2.3.	Período de mediciones . . . . .	170
6.3.	Resultados . . . . .	171
6.3.1.	Programa de Mejoramiento de Barrios (PMB) . . . . .	171

6.3.2.	Programa Movimiento de Erradicación de la Vivienda Rural insalubre (MEVIR) . . . . .	178
6.3.3.	Plano Económico . . . . .	184
6.4.	Conclusiones . . . . .	190
<b>7.</b>	<b>Desempeño de las viviendas</b>	<b>193</b>
7.1.	Introducción . . . . .	193
7.2.	Calibración de modelos . . . . .	194
7.2.1.	Metodología de la calibración . . . . .	194
7.2.2.	Resultados de la calibración . . . . .	199
7.3.	Consideraciones generales para las simulaciones . . . . .	205
7.3.1.	Tipologías . . . . .	206
7.3.2.	Clima . . . . .	206
7.3.3.	Confort adaptativo . . . . .	206
7.3.4.	Criterio de acondicionamiento térmico . . . . .	207
7.3.5.	Orientación . . . . .	208
7.3.6.	Caso base . . . . .	209
7.3.7.	Usuarios . . . . .	209
7.3.8.	Criterios para el procesamiento de datos . . . . .	211
7.4.	Caso base, usuarios y orientaciones . . . . .	213
7.4.1.	MEVIR . . . . .	213
7.4.2.	PMB . . . . .	221
7.4.3.	Desempeño de las viviendas y posibles medidas de eficiencia energética . . . . .	229
7.5.	Evaluación de modificaciones en la envolvente . . . . .	230
7.5.1.	Cubierta . . . . .	235
7.5.2.	Muro exterior . . . . .	236
7.5.3.	Protecciones solares . . . . .	236
7.5.4.	Vidrio doble en ventanas . . . . .	237
7.6.	Análisis de protecciones fijas . . . . .	238
7.6.1.	Metodología del análisis . . . . .	238
7.6.2.	Análisis de resultados del diseño de protecciones fijas . . . . .	244
7.7.	Evaluación económica de las MEE . . . . .	247
7.7.1.	Identificación, cuantificación y valoración de costos . . . . .	247
7.7.2.	Costos de las MEE . . . . .	248
7.7.3.	Cuantificación y valoración de beneficios . . . . .	249
7.7.4.	Evaluación económica . . . . .	250
7.8.	Conclusiones . . . . .	253

<b>8. MEE y barreras para su implementación</b>	<b>255</b>
8.1. Medidas de eficiencia energética . . . . .	255
8.2. Barreras para la implementación . . . . .	257
<b>9. Conclusiones generales</b>	<b>263</b>
<b>Anexos</b>	<b>276</b>
<b>A. Leyes, decretos y resoluciones</b>	<b>277</b>
<b>B. Recomendaciones de medidas de eficiencia energética</b>	<b>279</b>
B.1. MIEM - Eficiencia Energética . . . . .	279
B.2. UTE . . . . .	282
B.3. ENFORCE: Eficiencia Energética en Edificios . . . . .	283
<b>C. Carta bioclimática de Givoni</b>	<b>289</b>
<b>D. Formulario de Entrevista a Usuarios</b>	<b>293</b>
<b>E. Configuración de usuario de las calibraciones</b>	<b>301</b>
E.1. MEVIR . . . . .	302
E.2. Plan de Mejoramiento de Barrio . . . . .	303
E.3. Plano Económico . . . . .	304
<b>F. Configuración de usuario tipo</b>	<b>305</b>
F.1. Período frío . . . . .	306
F.2. Período caluroso . . . . .	307
<b>G. Propiedades de materiales utilizados</b>	<b>309</b>
G.1. MEVIR . . . . .	310
G.2. Plan de Mejoramiento de Barrio . . . . .	311
G.3. Plano Económico (caso medido) . . . . .	312



# Lista de acrónimos

ACS	Agua Caliente Sanitaria
ANCAP	Administración Nacional de Combustibles Alcohol y Pórtland
ANEP	Administración Nacional de Educación Pública
ANSI	American National Standards Institute
ANV	Agencia Nacional de Vivienda
ASHRAE	Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado
ATMUY	Año Típico Meteorológico de Uruguay
BHU	Banco Hipotecario del Uruguay
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BNI	Radiación normal directa
BPS	Banco de Previsión Social
CAIF	Centro de Atención a la Primera Infancia
CB	Caso Base
CEE	Comunidad Económica Europea
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CEV	Calificación Energética de Vivienda (Chile)
CEVE	Calificación Energética de Vivienda Existente (Chile)
CGIEE	Comité Gestor de Indicadores y Niveles de Eficiencia Energética.
CIVIS	Cartera de Inmuebles para Viviendas de Interés Social
CLO	Unidad de medida de aislamiento térmico de la vestimenta
COP	Coficiente de eficiencia de una bomba de calor
CV(RMSE)	Coefcient of Variation of Root Mean Square Error
DAT	Documento de Aptitud Técnica
DINAVI	Dirección Nacional de Vivienda
DNE	Dirección Nacional de Energía
DOE	Department Of Energy (Estados Unidos)
DS	Departamento de Sociología
DVH	Doble Vidrio Hermético
ECH	Encuesta Continua de Hogares
EPA	Environmental Protection Agency (Estados Unidos)

EPBD	Energy Performance of Buildings
Fadu	Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo
FCS	Facultad de Ciencias Sociales
Fh	factor de Hueco
FING	Facultad de Ingeniería
FONAVI	Fondo Nacional de Vivienda y Urbanización
Fs	Factor Solar
FUCVAM	Federación Uruguaya de Cooperativas de Vivienda por Ayuda Mutua
Fudae	Fideicomiso Uruguayo de Ahorro y Eficiencia Energética
GDC	Grados Día de Calefacción
GHI	Radiación global horizontal
GLP	Gas Licuado Propano
HERS	Home Energy Raters System (Estados Unidos)
HR	Humedad relativa
HUD	Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano de Estados Unidos
HVAC	Heating Ventilation Air Conditioning
IAT	Instituto de Asistencia Técnica
IC	Instituto de Construcción
IECC	International Energy Conservation Code
IIMPI	Instituto de Ingeniería Mecánica y Producción Industrial
IM	Intendencia de Montevideo
INAU	Instituto del Niño y Adolescente del Uruguay
INE	Instituto Nacional de Estadísticas
IRAM	Instituto Argentino de Normalización y Certificación
LATU	Laboratorio Tecnológico del Uruguay
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
LES	Laboratorio de Energía Solar
LP	Línea de Pobreza
LPI	Licitación Pública Internacional
LPN	Licitación Pública Nacional
MBE	Mean Bias Error
MEE	Medidas de eficiencia energética
MET	Unidad de medida de la cantidad de calor disipado por metro cuadrado de piel
MEVIR	Movimiento ProErradicación de la Vivienda Rural Insalubre
MIDES	Ministerio de Desarrollo Social
MIEM	Ministerio de Industria Energía y Minería
MINVU	Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Chile)
MVOT	Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial
MVOTMA	Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente



NBI	Necesidad Básica Insatisfecha
NBR	Norma Brasileira
NEEAP	National Energy Efficiency Action Plan
OGUC	Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (Chile)
OPP	Oficina de Planeamiento y Presupuesto
OSE	Obras Sanitarias del Estado
Pa	Pascal
PE	Plano Económico
PIAI	Programa de Integración de Asentamientos Irregulares
PIB	Producto Interno Bruto
PMB	Programa de Mejoramiento de Barrios
PROCEL	Programa Nacional de Conservación de Energía Eléctrica (Brasil)
RESNET	Residential Energy Service Network (Estados Unidos)
RMSE	RootMean Square Error
RTQ	Reglamento Técnico de Calidad
SCNT	Sistemas constructivos no tradicionales
SIG	Sistema de Información Geográfica
SPV	Sistema Público de Vivienda
SuAmVi	Modelo de Sustentabilidad Ambiental en la Vivienda
T	Temperatura
tep	Tonelada Equivalente Petróleo
U	Trasmitancia térmica
UCP	Unidad de Coordinación de Programa
UI	Unidad Indexada
UNE	Asociación Española de Normalización
UNIT	Instituto Uruguayo de Normas Técnicas
UNIT EPB	serie de normas destinadas a la armonización internacional de la metodología de evaluación de desempeño energético de los edificios
UR	Unidad Reajutable
UTE	Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas
VAN	Valor Actual Neto



# Resumen

En Uruguay se construye un número muy significativo de viviendas sociales sujetas a subsidio, debido a las dificultades que tiene un sector de la población para acceder a una vivienda propia en el marco de un mercado inmobiliario costoso, mejorando así la calidad de vida de la población socio económicamente vulnerable. UTE ha venido desarrollando desde hace muchos años políticas específicas en zonas de vulnerabilidad socioeconómica, con el objetivo de favorecer la inclusión social de estos segmentos de la población, y además atacar el problema de las pérdidas no técnicas de energía eléctrica. Una de las premisas fundamentales definidas por UTE es la sostenibilidad del proceso de inclusión social, lo cual implica un diseño integral de las acciones, que asegure que el consumo eléctrico de las viviendas del segmento esté acorde con las tarifas ofrecidas por UTE y con la capacidad de pago de las personas incluidas en estos planes. Resulta de gran relevancia para UTE identificar elementos de mejora en el proceso global que involucra a varias instituciones. Un adecuado diseño energético de las viviendas puede tener un impacto importante en la sostenibilidad de los procesos de inclusión social. Por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo integrar conocimientos desde un enfoque multidisciplinario para proponer medidas de eficiencia energética en viviendas de interés social, teniendo en cuenta los hábitos de consumo de energía de la población objetivo.

La implementación de estrategias de eficiencia energética está directamente relacionada, entre otras cosas, con el diseño de códigos, normas y reglamentaciones. En este aspecto, Uruguay se encuentra relegado en comparación con otros países de la región y del mundo, principalmente en las exigencias relacionadas con la construcción y en la generalización de los requisitos. La construcción de viviendas públicas en Uruguay tiene exigencias de transmitancias térmicas, así como horas de asoleamiento, entre otras. Los gobiernos departamentales también plantean requisitos constructivos, donde la Intendencia de Montevideo es la más exigente. No obstante, otros países (de mayor extensión territorial y climas diversos) plantean distinciones según la zona climática y varios niveles de exigencia (mínima, media y recomendada). También es notorio el avance en el etiquetado energético de edificaciones que otros países han logrado en las últimas décadas, así como las exigencias que plantean en la iluminación, agua caliente sanitaria y sistemas de acondiciona-

miento térmico. En cuanto a los equipos interiores, nuestro país presenta un grado de avance importante, donde el etiquetado de equipos es ampliamente difundido.

A su vez, se constata una multiplicidad de programas y planes que inciden en la políticas de viviendas mostrando ciertos rasgos de solapamiento en general en los objetivos y en la población objetivo a intervenir. Algunos de estos programas son: Plan Nacional de Relocalizaciones, Plan de rehabilitación y consolidación urbano habitacional, Programa de financiación de cooperativas de vivienda, Sistema público de financiación de vivienda por el Banco Hipotecario del Uruguay (BHU), Programa de Mejoramiento de Barrios (PMB), Programa de adquisición de vivienda, Soluciones habitacionales para pasivos, préstamos para la compra de vivienda usada, autoconstrucción en terreno privado, Regularizaciones de tenencia y readjudicaciones de núcleos básicos evolutivos, sistemas constructivos no tradicionales, plan nuevas urbanizaciones, Plan Juntos, Política Nacional de Alquileres de Viviendas de Interés Social, Movimiento de Erradicación de la Vivienda Insalubre Rural (MEVIR) y Viviendas populares (también llamado Plano Económico). Por lo tanto, se denota un trade - off entre la cantidad de programas para abarcar las soluciones habitacionales y el solapamiento de objetivos y población objetivo. En particular, se estudiaron cuatro planes en profundidad: MEVIR, PMB, Plan Juntos y Plano Económico. En estos programas se estudió el desempeño energético y térmico de las tipologías utilizadas, las valoraciones de los usuarios acerca de la vivienda y el uso energético, así como diferentes barreras institucionales que surjan a través del análisis documental de la normativa de los programas de vivienda y de las valoraciones de los técnicos y autoridades de cada uno de los programas de vivienda social mencionados.

Con el fin de conocer los hábitos (en relación con el consumo de energía) de la población objetivo de estos programas de viviendas, se realizaron 42 entrevistas semiestructuradas a usuarios de los cuatro programas seleccionados (19 entrevistados de MEVIR, 6 de Plan Juntos, 5 entrevistados correspondientes a Plano Económico en Montevideo y 12 entrevistados correspondientes a PMB). En cuanto a los hallazgos, en términos generales se valora de forma positiva las nuevas viviendas otorgadas a los usuarios, especialmente, en comparación con las viviendas en las que solían habitar. Los principales aspectos a mejorar señalados son el confort térmico (especialmente la necesidad de calor, donde la mayoría de los hogares no cuenta con equipamiento específico) y la humedad. Específicamente en cuanto a las decisiones y hábitos de los usuarios, se observa que, en muchos casos, la necesidad inmediata lleva a los hogares a tomar decisiones sub - óptimas en el mediano plazo. Esto se puede ilustrar en que, aunque los diferentes programas otorgan en su mayoría lámparas de bajo consumo al entregar la vivienda, al reemplazarlas se recurre por lámparas incandescentes debido a su menor precio. Por otra parte, los usuarios que han contado con talleres de información sobre medidas de eficiencia

energética valoran muy positivamente a dichos talleres, sobre todo, se puede apreciar un mayor cuidado del agua caliente, conocimiento de las etiquetas de eficiencia y un mayor control de la temperatura de la vivienda.

Se analizaron los recaudos gráficos (planos y memorias constructivas) de tipologías actuales de los cuatro programas. Luego se realizaron relevamientos y mediciones (temperatura, humedad relativa, infiltraciones, nivel de iluminación y consumos eléctricos) en viviendas de tres programas durante dos semanas en el período frío. Las tres tipologías presentan varias horas de discomfort por frío, siendo la del PMB la que tiene la mayor cantidad. Seguidamente se desarrollaron modelos de simulación numérica en *Energy Plus* y calibraron en base a las mediciones registradas de estas tipologías. Con los modelos calibrados, se simuló el desempeño térmico de dos tipologías a lo largo del año típico de Montevideo, modificando la orientación y el comportamiento del usuario (respecto a la manipulación de ventanas y protecciones solares). Finalmente se analizaron las variaciones en la demanda energética de acondicionamiento térmico al realizar modificaciones en la envolvente. Los detalles constructivos de los muros exteriores (y por lo tanto su transmitancia) se ajustan a las exigencias nacionales, lo cual se refleja positivamente en los resultados de las simulaciones, donde se obtuvieron buenos desempeños térmicos. De este modo, las viviendas logran mejorar sensiblemente las condiciones interiores respecto a las exteriores. Resulta de mayor relevancia priorizar una transmitancia reducida en el cerramiento horizontal respecto al vertical. Un aspecto no considerado en las memorias técnicas pero que puede representar grandes fluctuaciones en las demandas de acondicionamiento térmico es la orientación respecto al sol. Según los resultados de las simulaciones, las ganancias solares (según la orientación de las ventanas) pueden cambiar los consumos de forma muy apreciable. Relacionado con las ganancias de radiación solar, también son influyentes los aleros y protecciones solares móviles exteriores (persianas). La efectividad de estas últimas depende de cómo son manipuladas, al igual que la ventilación natural (apertura de ventanas). En este sentido, el comportamiento del usuario repercute significativamente en las demandas térmicas. En los relevamientos se observó un sub aprovechamiento del recurso solar en invierno. El desempeño de las viviendas con modificaciones en la envolvente (cambio del tipo de techo, muro exterior, inclusión de persianas o DVH en superficies vidriadas) repercutió en ahorros (en caso de reducirse la transmitancia térmica) los cuales no fueron tan significativos como los observados al optimizar la orientación y/o mejorar los hábitos de los usuarios. A partir de los relevamientos también se destaca que el principal consumo de energía eléctrica se debe al agua caliente sanitaria. Finalmente se realizó un análisis económico de la implementación de algunas medidas de eficiencia energética.

Analizado el problema de eficiencia energética en vivienda social de forma multidisciplinaria, se identificaron una serie de barreras para implementar mejoras.

Estas barreras incluyen: (i) limitaciones económicas para reemplazar materiales, así como invertir en diseño, investigación y acompañamiento post obra, entre otras; (ii) institucionales u organizativas, donde se destaca la complejidad de los procesos y tiempos de ejecución de las obras (en su totalidad de factores); (iii) desactualización de la normativa referente a eficiencia energética en la construcción; (iv) tradición en las soluciones constructivas, que si bien garantizan la calidad de la vivienda, también significan una inercia al cambio y la actualización; (v) por último y tal vez la más significativa, barreras de información y culturales de todos los actores (usuario, técnicos y políticos).

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Descripción del problema a ser abordado y relevancia del mismo para UTE.

En Uruguay se construye un número muy significativo de viviendas sociales sujetas a subsidio de vivienda nueva, debido a las dificultades que tiene un sector de la población para acceder a una vivienda propia en el marco de un mercado inmobiliario costoso. Según los datos del Plan Quinquenal de Vivienda 2015-2019, en el período anterior (2010-2014) se construyeron 25.319 viviendas nuevas de interés social por parte del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA). El Estado realiza una fuerte inversión social para resolver el problema del déficit habitacional, con un importante énfasis en el mejoramiento de la calidad de vida de la población socio económicamente vulnerable. Si bien se ha trabajado durante años en el desarrollo de estas viviendas, aún existen oportunidades para mejorar su diseño. En particular, se entiende fundamental la incorporación de criterios de eficiencia energética y seguridad, tanto en lo que refiere al uso de los servicios básicos, como al propio diseño y construcción de la vivienda. El sector Residencial representa el 39 % del consumo de energía eléctrica total del país. [1].

En los sectores de menores recursos las condiciones de temperatura interior se encuentran generalmente fuera los rangos de confort térmico, 18°C a 24°C, durante gran parte del período frío [2]. Una mejora en el comportamiento térmico de la vivienda, implica por tanto una mejora en la calidad de vida de las personas.

UTE ha venido desarrollando desde hace muchos años políticas específicas en zonas de vulnerabilidad socioeconómica, con el objetivo de favorecer la inclusión social de estos segmentos de la población, y además atacar el problema de las pérdidas no técnicas de energía. En particular, desde el año 2013 se ha profundizado el trabajo en estas zonas, con la incorporación de personal especializado en

la materia y acciones coordinadas en todos los niveles de la empresa. En 2014 se firmó un convenio UTE-MIDES [3] para la articulación entre ambos organismos, con el objetivo de implementar el uso más eficiente y seguro de la energía eléctrica por parte de los hogares de menores recursos relativos. Desde el Directorio de UTE se ha enfatizado en la necesidad de coordinación entre los diferentes organismos para lograr una mejor eficacia de las políticas sociales y energéticas. En este sentido se han desarrollado también articulaciones [4] con la Dirección Nacional de Energía (DNE) y la Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland (ANCAP) para la incorporación de otros energéticos, como por ejemplo el super gas.

Se desprende que una de las premisas fundamentales definidas por UTE es la sostenibilidad del proceso de inclusión social. Esto implica un diseño integral de las acciones, que asegure que el consumo eléctrico de las viviendas del segmento esté acorde con las tarifas ofrecidas por UTE y con la capacidad de pago de las personas incluidas en estos planes.

Resulta de gran relevancia para UTE la elaboración de un trabajo que identifique elementos de mejora en el proceso global que involucra varias instituciones. Un adecuado diseño energético de las viviendas puede tener un impacto importante en la sostenibilidad de los procesos de inclusión social.

## **1.2. Objetivos**

### **Objetivo general**

Integrar conocimientos desde un enfoque multidisciplinario para proponer medidas de eficiencia energética en viviendas de interés social, teniendo en cuenta los hábitos de consumo de energía de la población objetivo.

### **Objetivos específicos**

- Identificar y realizar un análisis crítico de normativa, definiciones y manuales existentes para la incorporación de criterios de eficiencia energética en viviendas de interés social.
- Identificar a qué nivel de las instituciones involucradas se adoptan las decisiones de diseño de las viviendas que inciden en el consumo posterior de energía.
- Estudiar los hábitos de la población objetivo respecto al uso de la energía.



- Evaluar el consumo energético y ahorro generado mediante la implementación de medidas de eficiencia energética (MEE) en función de los hábitos de consumo, para mejorar el diseño de las viviendas.
- Identificar los principales factores que limitan la adopción de MEE en viviendas de interés social.

## 1.3. Población objetivo y universo de viviendas

### Población objetivo

En Uruguay se reconoce legalmente el derecho de todo ciudadano a la vivienda a partir de la constitución de 1934, que en su artículo 45 expresa: *“Todo habitante de la República tiene derecho a gozar de vivienda decorosa. La Ley propenderá a asegurar la vivienda higiénica y económica, facilitando su adquisición y estimulando la inversión de capitales privados para ese fin”*.

La población objetivo de este trabajo es la que se encuentra entre el primer y el tercer decil de ingresos (aproximadamente 59000 pesos uruguayos como máximo por núcleo familiar), y que accede a su vivienda a partir del apoyo del Estado. Por lo tanto, considerando la EHCA-INE 2013 [5] y las proyecciones del INE, la población objetivo que está en condiciones de acceder a estos programas aproximadamente de unas **980.000** personas en todo el país, es decir, poco menos de un tercio de la población total.

A los efectos del análisis, será necesario identificar las tipologías utilizadas en la construcción de viviendas para el segmento de población definido.

Los programas gubernamentales considerados son los siguientes:

1. Realojos del Programa de Mejoramiento de Barrios (PMB).
2. Viviendas del Movimiento de Erradicación de la Vivienda Insalubre Rural (MEVIR).
3. Plan socio-habitacional Juntos
4. Plano económico de auto construcción.

### Universo de estudio de viviendas.

El Plan Nacional de Vivienda 2015-2019 [6], indica la cantidad de viviendas ejecutadas en el período 2010-2014 y realiza una proyección para el período 2015-2019. Según el propio plan: *“el Plan aportará un conjunto de instrumentos que permitan alcanzar una solución habitacional a amplios sectores de la población.”*

En todo el país. El Plan Quinquenal de Vivienda es el marco de acción, es decir la hoja de ruta de los cinco años que tiene el Sistema Público de Vivienda (SPV).

1. El **PMB** concretó **322** realojos en el período **2010-2014**. Según el plan Plan Nacional de Vivienda 2015-2019 [6], entre los años **2015 y 2019 se finalizaron 9** proyectos para un total de **1.365** hogares beneficiarios y al finalizar el año 2019 tendrían **8.499 hogares beneficiarios**, atendiendo a 44 asentamientos. Es difícil en este número determinar cuántos realojos efectivamente se ejecutaron.
2. El programa **MEVIR** construyó **3.109 viviendas** en el período **2010-2014**. Pero desde el año **2015** al 31 de diciembre de **2019 MEVIR finalizó 3.279 intervenciones** que incluyen viviendas nucleadas, unidades productivas y otras construcciones tales como merenderos o escuelas. Al cierre del 2019 se encontraban además 445 unidades de construcción en ejecución.
3. En lo que refiere al **Plan Juntos**, el cual ahora se denomina: Mejora habitacional de hogares en extrema vulnerabilidad. Para el período **2015-2019** se tenía previsto la construcción de 3500 viviendas, de las cuales **se construyeron 2316** (ya finalizadas) y **aún se encontraban en ejecución 749** más.
4. En lo que refiere a la vivienda económica en el nuevo plan se habla de Autoconstrucción en Terreno Propio (plano económico). La modalidad de Autoconstrucción en terreno propio está dirigida a hogares cuyo titular o titulares sean perceptores de ingresos y cuenten con un terreno en propiedad o cedido por un familiar, se le otorga un préstamo que es de hasta 250.000 UI a pagar hasta en 15 años con un interés y la posibilidad del subsidio a la cuota. Cada hogar recibe asesoramiento por parte de un equipo técnico durante el proceso de obra. De acuerdo a la información brindada por la oficina de Tierras y Vivienda de la Intendencia de Montevideo, **a la fecha hay solicitados 54.800** permisos de construcción bajo la modalidad del plano económico, si bien es posible que no todos los permisos solicitados se hayan ejecutado, este número representa cerca del 20,0 % del total de viviendas del tipo “Casa” de Montevideo. Específicamente en el período **2015-2019**, a través de Autoconstrucción en terreno propio **se finalizaron 1.246 obras** y al finalizar el año 2019, se encontraban **en ejecución 390 obras** en distintos departamentos del país.

El MVOTMA planificó para el período 2015-2019 ejecutar 48000 viviendas. Por lo tanto, los resultados de este trabajo, determinarían un análisis de aproximadamente 9000 viviendas, que corresponde a un 19 % del total total de viviendas

proyectadas por el estado. Si analizamos además que los planes económicos son alrededor de 3000 anuales, también representa una cantidad de viviendas importante.

En la tabla 1.1 se especifican las obras ejecutadas en los quinquenios 2010-2014 y 2015-2019 para los cuatro programas, así como lo planificado por el MVOT para el período 2020-2024. Se especifica también el aporte de los usuario, el apoyo que brinda el Estado y el alcance territorial de cada programa.

Tabla 1.1: Viviendas ejecutadas y planificadas por quinquenio

Programa/Plan	2010-2014	2015-2019	2020-2024	Usuario aporta	Estado brinda	Alcance
PMB	322*	8499	5519	-	Subsidio	Nacional
MEVIR	3109	3279	2250	Autoconstrucción	Subsidio	Rural - Pequeñas ciudades
Plan Juntos	n/d	2316	1177	Autoconstrucción	Subsidio	Nacional
Plano Económico	n/d	1246	1160	Autoconstrucción. Terreno propio	Préstamo a 15 años con bajos intereses. Apoyo técnico en obra	Nacional

(\*) En este programa se desglosa los realojos de forma independiente. Para el resto de los programas se incluye cualquier acción de infraestructura

## 1.4. Estrategia de investigación y organización del texto

El proyecto se llevó adelante por tres servicios de la Universidad de la República (UdelaR). Éstos son la Facultad de Ingeniería (FING) a través del Instituto de Ingeniería Mecánica y Producción Industrial (IIMPI), Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU) a través del Instituto de Construcción (IC) y la Facultad de Ciencias Sociales (FCS) por medio del Departamento de Sociología (DS).

Las actividades se dividen en tres etapas, cada una de las cuales se lleva adelante bajo la responsabilidad de al menos uno de los servicios, y la colaboración de los restantes.

Inicialmente, en el **Capítulo 2** se realiza una investigación sobre la normativa, literatura y reglamentación vinculada a la temática de eficiencia energética utilizados al momento del diseño de viviendas. La misma se orienta a los tipos de viviendas de interés social, y tiene como objetivo determinar las MEE que en principio serían las recomendables para ser implementadas.

En paralelo con dicha actividad, se realiza un relevamiento de planes, programas y criterios de diseño en las viviendas de interés social abordado en el **Capítulo 3**. Por un lado, en la Sección 3.1 se relevan las instituciones vinculadas a los planes de

vivienda, de forma de obtener un mapeo que permita conocer a todos los actores que influyen en la toma de decisiones relacionadas con la eficiencia energética en el diseño. Se busca también profundizar el conocimiento respecto a los diferentes planes de vivienda y los requisitos que éstos imponen para la construcción. Por otra parte, en la Sección 3.2 se realiza un análisis de los criterios de diseño establecidos en los programas de vivienda seleccionados, donde se analizan, a partir de los planos y pliegos, las características de la envolvente, cerramientos vidriados, protecciones solares y ventilación natural.

Posteriormente, con el fin de identificar las barreras que no permiten actualmente la incorporación de MEE, se abordará el problema de la siguiente forma. Por un lado, en el **Capítulo 4** se presenta el estudio de las percepciones y comportamiento entorno al uso de la vivienda, mediante el desarrollo de una entrevista dirigida a la población usuaria, en cuanto al uso eficiente de la energía y la apropiación de la tecnología. Seguido a esto, se realizan intercambios con los actores que participan activamente de la toma de decisiones al momento de incorporar requisitos para el diseño de viviendas (**Capítulo 5**).

Paralelamente, se realiza un análisis exhaustivo del desempeño de los hogares. En primer lugar, en el **Capítulo 6** se llevan adelante relevamientos y mediciones energéticas de tres viviendas de diferentes programas. Estos resultados, además del valor en sí mismos como datos reales de desempeño de las viviendas, se utilizan como base para la validación (o calibración) de modelos numéricos, los cuales son utilizados para simular el desempeño térmico y energético de las viviendas. De este modo, en el **Capítulo 7** se desarrollan y calibran los modelos, luego se analiza el desempeño de dos tipologías a lo largo de todo un año, con diferentes tipos de usuarios, diferentes orientaciones y modificaciones en la envolvente, a fin de determinar estrategias que permitan generar ahorros energéticos. Por último, en este Capítulo se realiza un análisis económico preliminar de costo asociado a cada modificación constructiva planteada para la envolvente y el ahorro que genera la misma.

Finalmente, en el **Capítulo 8** se realiza un análisis transversal a todo el estudio resultando los principales vectores de mejora en términos de eficiencia energética, las barreras identificadas para su implementación y posibles rutas para eliminarlas o sobrepasarlas.

## **Identificación, análisis y evaluación de normativa**

En busca de determinar cuáles son los criterios más recomendables a ser incorporados para considerar MEE en el diseño de viviendas de interés social, se lleva adelante actividades de búsqueda y análisis en la bibliografía relacionada a la temática.

Se estudia bibliografía (manuales, normativa, publicaciones, etc.) aplicable a

nivel nacional e internacional que se encuentre relacionada con MEE, tanto en lo relativo al diseño de viviendas, como a los artefactos eléctricos a ser instalados en las mismas y la modalidad de uso de éstos. Producto de esto se obtiene una primera evaluación de las MEE que son posteriormente estudiadas con mayor profundidad.

## **Relevamiento de instituciones involucradas con el diseño de viviendas de interés social**

Se realiza un mapeo inicial de instituciones involucradas en el diseño de viviendas de interés social, buscando identificar a qué nivel se toman las decisiones. Identificadas las instituciones, se profundiza en los requisitos de eficiencia energética establecidos con el objetivo de obtener insumos para la etapa de simulación.

### **Mapeo institucional**

Se busca mediante la revisión exhaustiva de planes, programas y servicios que brinda el Estado, no sólo a través del MVOT, sino desde todos los Ministerios y las Intendencias Departamentales y posibles convenios público-privados, una base de datos que permita conocer cuántos son, en dónde están, qué objetivos se proponen y desde cuándo existen.

Esta base de datos del Repertorio de Políticas de Vivienda permite contar con información relevante de las instituciones vinculadas a la construcción de viviendas de interés social, así como llevar adelante un mapeo de cada institución desde las diferentes variables mencionadas. Por ejemplo, se pueden georreferenciar y mapear, así como organizarlas según sus objetivos y los niveles en los cuales toman las decisiones.

Una vez elaborada la base del Repertorio de Políticas de Vivienda, se avanza sobre la sistematización de los programas de vivienda existentes en Uruguay, identificando los requisitos para la población que accede a los mismos, así como el tipo de vínculo que se plantean con la población objetivo (si se trata de sujetos pasivos ante la política, activos con los cuales se construye la política pero de manera individual, o como sujetos activos parte de un colectivo familiar o comunitario con los cuales se construye la política).

Para realizar este estudio se lleva a cabo un análisis de documentos y de su contenido, clasificando a los mismos en diferentes categorías considerando sus objetivos y el vínculo que establecen con la población objetivo. El análisis documental es una técnica de investigación cualitativa que permite describir y representar los documentos (fuentes de datos secundarias), analizándolos por categorías y dimensiones relevantes teóricamente[7].

En resumen, a través del armado de las bases del Repertorio de Políticas de Vivienda y el análisis de documentos se cuenta con un mapa de instituciones, nive-

les de toma de decisiones y también con un análisis de los objetivos que permitirá conocer si existe coherencia interna en la matriz de políticas para luego vincularlo con cómo son planteadas (en el marco de qué tipo de política) las medidas de eficiencia energética.

## **Criterios de diseño establecidos en los Programas de Vivienda**

Para el análisis de las edificaciones es necesario seleccionar las tipologías de los edificios a estudiar y los materiales empleados en su construcción. En el componente edificio se consideran también las instalaciones que refieren al mantenimiento de las condiciones de confort ambiental (lumínico, térmico y acústico).

Se efectúa el relevamiento de los planos de las viviendas públicas que actualmente se construyen por parte del MVOT, a través de la Agencia Nacional de Vivienda (ANV) y las Intendencias.

Cada llamado a licitación establece sus propias exigencias térmicas debido a que no existe una normativa particular. Se debe aclarar que para las licitaciones del Banco Hipotecario del Uruguay (BHU) posteriores a 1999 se han establecido las exigencias mínimas para mejorar la calidad higrotérmica de las viviendas, a partir de recomendaciones por asesoramiento de la FADU, de la UdelaR.

Se analizan las tipologías de acuerdo a las siguientes características de la envolvente: transmitancia térmica de las paredes exteriores ( $U_{paredes}$ ), transmitancia térmica del techo ( $U_{techo}$ ), porcentaje de huecos por fachada, transmitancia y factor solar de los cerramientos vidriados; existencia y tipo de protecciones (exteriores, interiores, así como colores).

## **Hábitos de la población objetivo**

A partir de entrevistas semiestructuradas se estudian los hábitos de los usuarios respecto al uso de la energía. Los entrevistados se seleccionan por muestreo teórico, orientado a maximizar las diferencias entre los participantes, buscando generar datos que permitan inferencias sobre los entrevistados de forma general a través de los programas y los territorios. La herramienta desarrollada busca generar una conversación con el usuario de la vivienda, a través de preguntas abiertas.

El objetivo general de la herramienta es generar datos que ayuden a contestar las preguntas respecto a los hábitos de la población objetivo de los programas seleccionados de vivienda respecto al uso de la energía y a la identificación de los factores que podrían estar limitando la adopción de medidas de eficiencia energética de en las viviendas de interés social.

## **Relevamiento y mediciones de las viviendas**

Con el fin de aproximarse al desempeño energético de los distintos programas, luego de efectuadas las encuestas a los usuarios de los programas habitacionales, se seleccionan familias de tres programas diferentes para efectuar una auditoría energética a partir de las mediciones de parámetros interiores. De este modo se realizan mediciones de temperatura de bulbo seco, humedad relativa, nivel de iluminación, infiltraciones y consumo eléctrico de los equipos que disponían, así como un relevamiento general de la vivienda (visual y termográfico).

## **Simulaciones y evaluación de MEE**

Para determinar cuáles son las MEE más recomendables, desde el punto de vista de los ahorros que producen en comparación con las inversiones que implican, tomando en cuenta a la población que las utiliza, se llevan adelante simulaciones energéticas. Este estudio teórico se realiza a través del software *Energy Plus*, el cual permite analizar las demandas energéticas de las viviendas a lo largo de un año tipo. Se modelan las tipologías de los programas de vivienda, los cuales en primera instancia se validan (o calibran) a partir de los resultados de las mediciones y con la finalidad de mejorar la credibilidad de los resultados obtenidos en las simulaciones. Una vez calibrados los modelos, se realiza un análisis en profundidad del desempeño de las viviendas, estudiando el impacto de la orientación de la misma, el comportamiento de los usuarios, así como modificaciones en la envolvente.

## **Impacto económico de las MEE**

Una vez identificadas las MEE con mayor impacto en el desempeño energético de las viviendas, se realiza un análisis económico de las mismas, a fin de identificar las medidas que sean más fácilmente aplicables por no significar cambios en la inversión, así como medidas que generen un ahorro a corto o mediano plazo.

## **Estudio de los motivos por los cuales no son implementadas**

Conociendo las MEE que pueden mejorar la calidad de las viviendas, generando ahorros en los usuarios así como mejorando el confort, se busca conocer los factores principales que están limitando la adopción de las mismas en viviendas de interés social. Por lo tanto, además de identificar a los actores que toman decisiones, se deben conocer los objetivos éstos y las herramientas que utilizan, buscando determinar los motivos por los cuales no se implementan las MEE.





# Capítulo 2

## Identificación, análisis y evaluación de normativa

### 2.1. Introducción

Los recursos energéticos se producen a partir de recursos naturales que se pueden agotar o degradar, por lo que se requiere su protección y uso racional para asegurar que estos recursos permanezcan en el tiempo. Por su parte, tales recursos energéticos deben utilizarse y explotarse mediante prácticas y tecnologías eficientes, para asegurar estas prácticas se requiere un marco regulatorio. La legislación sobre la eficiencia energética en el mundo depende en gran medida del mercado energético de cada región. El objetivo de los instrumentos regulatorios es obligar en última instancia a los agentes económicos a adoptar ciertos comportamientos considerados beneficiosos para el Estado y su uso de la energía, e impedir los perjudiciales, ya que la administración utilizará instrumentos legales (multas, tribunales, policía) para castigar y garantizar su cumplimiento [8].

Para la implementación de una estrategia nacional de eficiencia energética cinco aspectos fundamentales se deben tener en cuenta [9]:

1. La educación que se imparte a los ciudadanos.
2. La capacitación de arquitectos, ingenieros y técnicos.
3. El establecimiento de señales de precio reales del mercado, energético.
4. El desarrollo de programas estratégicos de eficiencia energética.
5. El diseño de códigos, normas y reglamentaciones.

En este estudio son abordados los dos últimos aspectos. En general, las políticas normativas presentan valores mínimos que se deben cumplir, son en una primera instancia voluntarias, para luego ser taxativas. Las normas son frecuentemente

desarrolladas por industrias o grupos de profesionales, basados en el consenso. Cuando se trata de normas relativas a la eficiencia energética de edificios, deben cumplirse los requerimientos establecidos, estos son los mínimos niveles de eficiencia energética a los que debe llegarse [10]. A continuación se detallan y analizan en primera instancia algunas de las normas desarrolladas por otros países, pasando desde los países de la región a otros más lejanos, y terminando con Uruguay.

Se pone especial énfasis en regulación normativa de eficiencia energética en la vivienda social, aunque en algunos países no existe una normativa focalizada en esta área de estudio. Posteriormente se sintetizan las medidas centrales de eficiencia energética propuestas en cada uno de los países.

Para el análisis de las normativas internacionales se utilizan las siguientes categorizaciones para poder hacerlas comparables posteriormente:

1. Zonificación climática para establecer requerimientos energéticos.
2. Eficiencia energética de la envolvente:
  - a) Transmitancia térmica de la envolvente opaca.
  - b) Transmitancia térmica de la envolvente vidriada.
3. Relación entre envolvente opaca y la vidriada: Factor de hueco, siendo la fracción existente entre lo opaco y lo vidriado.
4. Requisitos de ventilación natural e infiltraciones.
5. Exigencias de instalaciones de generación (por ejemplo calentamiento solar, etc).
6. Exigencias para los sistemas de calefacción y refrigeración.
7. Otras exigencias.

Luego para cada país se efectúa un pequeño resumen donde se priorizan los aspectos que son insumos para el desarrollo de propuestas en esta investigación, propuestas en el capítulo 8.

Nótese que la amplia mayoría de la normativa y recomendaciones analizadas, no se restringe únicamente a viviendas de interés social, sino que abarca todo tipo de viviendas.

## 2.2. Países de la región

### 2.2.1. Argentina

Argentina cuenta con una reglamentación de eficiencia energética para la construcción de edificios en general, tanto públicos como privados que se localicen en la Provincia de Buenos Aires. Pero paralelamente existe una propuesta de normativa para el etiquetado de viviendas. En 2018, se creó el Programa Nacional de Etiquetado de Viviendas que tiene como objetivo generar e instituir la Etiqueta de Eficiencia Energética como un instrumento que brinde información a los usuarios acerca de las prestaciones energéticas de una vivienda y constituya una herramienta de decisión adicional a la hora de realizar una operación inmobiliaria (compra o alquiler), evaluar un nuevo proyecto o realizar intervenciones. El punto central para entender la normativa de este país, es identificar que existen distintos niveles de gobierno, teniendo mayor nivel de desarrollo a nivel provincial y de municipios que del gobierno nacional. Por otro lado, la provincia es la que implementaría el sistema de etiquetado de viviendas, y los municipios serían los que planifican la construcción a través de aceptar los distintos permisos de construcción. El marco normativo más importante argentino que refieren a la eficiencia en viviendas, en orden cronológico es:

- Resolución N°59/2019 – Secretaría de Vivienda de la Nación Estándares Mínimos de Calidad para Viviendas de Interés Social.
- Ley N°13.903/2019 – Provincia de Santa Fe. Etiquetado de Eficiencia Energética de inmuebles destinados a vivienda.
- Procedimiento de Cálculo del Índice de Prestaciones Energéticas (IPE)/2015. Documento de base técnica para la reglamentación de la Ley – Provincia de Santa Fe.
- Ley N°4.458/2012 – Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Normas de Acondicionamiento Térmico en la Construcción de Edificios. Obligatoriedad de la normativa IRAM para viviendas nuevas de más de 1500 m<sup>2</sup>. No se ha reglamentado por ende no se ha establecido.
- Ordenanza N°8.757/2011 – Ciudad de Rosario, Provincia de Santa Fe. Aspectos Higrotérmicos y Demanda Energética de las Construcciones
- Norma IRAM 11.900/2010. Etiqueta de Eficiencia Energética de Calefacción para Edificios.

- Ley N°13.059/2010 – Provincia de Buenos Aires. Acondicionamiento Térmico de Edificios. Establece que son obligatorias las Normas del Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) relacionadas al Acondicionamiento Térmico de edificaciones, Aislamiento Térmico y Carpintería de Obra.
- El Decreto 1.030/10, de la Ley 10.059/03 que define las condiciones de acondicionamiento térmico exigidas en la construcción de todos los edificios públicos y privados localizados en la Provincia de Buenos Aires.
- Norma IRAM 11.603 que establece el mapa bioambiental de Argentina,
- Decreto N°140/2007 – Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONUREE).
- IRAM 11507-1:2001 establece los requisitos básicos que deben cumplir las ventanas y ventanas balcón exteriores de los edificios, con todos sus componentes, vidrios, accesorios y herrajes incluidos.

### **Zonificación climática para establecer requerimientos energéticos**

Si se analiza la normativa argentina existen exigencias en función del clima, la norma IRAM 11.603. Esta establece el mapa bioambiental de Argentina, dividiendo el territorio en 6 zonas, según las características climáticas que se explicitan en la Tabla 2.1. Para cada una de estas zonas, la norma IRAM 11.605 establece la transmitancia térmica máxima admisible, definiendo tres niveles de confort: A-Recomendado, B-Medio y C-Mínimo.

### **Eficiencia energética de la envolvente**

#### **Transmitancia térmica de la envolvente opaca**

Como ya se estableció el Decreto 1.030/10, de la Ley 10.059/03, informa que toda obra debe cumplir con los valores de  $U$  ( $W/m^2K$ ) para invierno y verano (IRAM 11.605). En la Tabla 2.2 se presentan los valores máximos que deben cumplir en función de la zona bioambiental en condiciones de verano y en la Tabla 2.3 los valores máximos de transmitancia en función de la temperatura exterior de diseño (TED) en condiciones de invierno [11]. Específicamente para vivienda social, establecen los requerimientos de transmitancia máxima de la envolvente en formato de semáforo (Figura 2.1), haciendo alusión a valores establecidos en la norma IRAM 11.605 antes mencionada.

#### **Transmitancia térmica de la envolvente vidriada**

La norma IRAM 11507-1 establece los requisitos básicos que deben cumplir las ventanas, con todos sus componentes, vidrios, accesorios y herrajes incluidos.

Tabla 2.1: Zonas bioambientales de Argentina IRAM 11.603 [11].

Clasificación	Zona	Temperatura efectiva corregida (TEC)	Amplitud Térmica
I - Muy cálida	A	Centro este del norte del país	Verano: Mayores a 26,3°C
	B		Invierno: Mayores a 12°C
II - Cálida	A	Ext. este-oeste del norte del país	Verano: Mayores a 24°C
	B		Invierno: Entre 8°C y 12°C
III - Temp. cálida	A	Predominancia en el centro del país	Verano: Entre 20°C y 26°C
	B		Invierno: Entre 8°C y 12°C
IV - Temp. fría	A	Predominancia en el centro sur del país	18°C
	B		17°C
	C		16°C
	D		15°C
V - Fría	Extensión norte - sur de la cordillera y la región central de la Patagonia	Verano: 16°C Invierno: 4°C	
VI - Muy fría	Altas cumbres de la Cordillera de los Andes y el extremo Sur de la Patagonia	Verano: Menores a 12°C Invierno: Máximo 4°C	

Tabla 2.2: Valores máximos de transmitancia térmica ( $W/m^2.K$ ) para condiciones de verano en Argentina [11].

Zona bioambiental	Muros			Techos		
	Nivel A	Nivel B	Nivel C	Nivel A	Nivel B	Nivel C
I y II	0,45	1,10	1,80	0,18	0,45	0,72
III y IV	0,50	1,25	2,00	0,19	0,48	0,76

Respecto a la aislación térmica, las ventanas deben presentar un valor de transmitancia térmica total menor que  $4W/m^2K$ . Las carpinterías se clasifican en función del desempeño térmico requerido para la zona bioambiental donde se instale la ventana el fabricante.

### Relación entre envolvente opaca y la vidriada

Si se analiza el factor de hueco, siendo la fracción existente entre lo opaco y lo vidriado. En la normativa argentina no hay una exigencia en referencia al

Tabla 2.3: Valores máximos de transmitancia térmica ( $W/m^2.K$ ) para condiciones de invierno en Argentina [11].

TED ( $^{\circ}C$ )	Muros			Techos		
	Nivel A	Nivel B	Nivel C	Nivel A	Nivel B	Nivel C
-5	0,31	0,83	1,45	0,27	0,69	1,00
-4	0,32	0,87	1,52	0,28	0,72	1,00
-3	0,33	0,91	1,59	0,29	0,74	1,00
-2	0,35	0,95	1,67	0,30	0,77	1,00
-1	0,36	0,99	1,75	0,31	0,80	1,00
>0	0,38	1,00	1,85	0,32	0,83	1,00

4.2.1	Aislación de la envolvente: muros Condición de VERANO									
	ZONA I		ZONA II		ZONA III		ZONA IV			
	IA	IB	IIA	IIB	IIIA	IIIB	IVA	IVB	IVC	IVD
NORMA IRAM A (W/m <sup>2</sup> K)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
NORMA IRAM B (W/m <sup>2</sup> K)	1,10	1,10	1,10	1,10	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
NORMA IRAM C (W/m <sup>2</sup> K)	1,80	1,80	1,80	1,80	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00

4.2.2	Aislación de la envolvente: techos Condición de VERANO									
	ZONA I		ZONA II		ZONA III		ZONA IV			
	IA	IB	IIA	IIB	IIIA	IIIB	IVA	IVB	IVC	IVD
NORMA IRAM A (W/m <sup>2</sup> K)	0,18	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
NORMA IRAM B (W/m <sup>2</sup> K)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
NORMA IRAM C (W/m <sup>2</sup> K)	0,72	0,72	0,72	0,72	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76

Figura 2.1: Presentación de valores máximos de transmitancia térmica para viviendas de interés social en forma de semáforo para Argentina [12].

área máxima de vidriado sobre la de opacos. Esto determinaría las pérdidas y las ganancias de calor.

### Requisitos de ventilación natural e infiltraciones

En lo que refiere a las infiltraciones, se exige un método de cálculo de las mismas y una clasificación de las calidades de las aberturas, en función de estas. La infiltración de aire a través de las juntas debe ser calculada según el método de la IRAM 11523 , y debe cumplir con los valores establecidos en IRAM 11507-1.

### Exigencias de instalaciones de generación

Dentro de la propuesta de etiquetado se establece como ponderación positiva si se cuenta con instalaciones eficientes energéticamente.

## **Exigencias para los sistemas de calefacción y refrigeración**

La norma IRAM 11900, establece la etiqueta de eficiencia para calefacción en función de la transmitancia térmica de la envolvente. También se cuenta con etiquetado obligatorio de equipos de aire acondicionado.

## **Otras exigencias**

En Argentina existe etiquetado obligatorio de: lámparas y lavarropas entre otros.

## **Conclusión**

A modo de resumen, el proceso desarrollado por Argentina presenta requerimientos respecto a la exigencia de transmitancia térmica máxima (de envolvente opaca y vidriada), riesgo de condensación, calidad de infiltraciones. Hay diferentes exigencias de acuerdo a la zona bioambiental donde se encuentre la edificación. Se encuentra en etapa de desarrollo la certificación y etiquetado de viviendas. Se aprecia la existencia de un enfoque específico para vivienda social con distintos niveles de requisitos.

### **2.2.2. Brasil**

En 1985, Brasil crea el Programa Nacional de Conservación de Energía Eléctrica (PROCEL) cuyo objetivo es promover la racionalización de la producción y del consumo de energía eléctrica, por el cual se eliminaría el desperdicio de energía y reducirían los costos y las inversiones sectoriales. Además de combatir las pérdidas y el derroche de energía, los objetivos del PROCEL incluyen: estimular el uso eficiente y racional de la energía eléctrica y apoyar la promulgación de leyes y reglamentos que fomenten la eficiencia energética. En 1991 PROCEL fue transformado en un programa de gobierno, por ello tuvo más competencias y atribuciones. El PROCEL posee competencias en las siguientes materias: educación, Información de Eficiencia Energética (PROCEL Info) y etiquetado de Selo PROCEL (para inmuebles de vivienda y comerciales, edificios públicos, administración de la energía municipal, industria, saneamiento ambiental y alumbrado público y semáforos).

El proceso desarrollado por Brasil permitió implementar un etiquetado energético de edificios, que incluyó innovación propia, e incorporación de reglamentaciones de otros países. Aunque se debe aclarar que el etiquetado para vivienda es voluntario.

El marco normativo más importante brasileño que refieren a la eficiencia en viviendas, en orden cronológico es:

- Ley N°10.295/2001 (llamada ley de Eficiencia Energética) que dispone sobre la Política Nacional de Conservación y Uso Racional de Energía.
- Decreto N°4059 de 19 de diciembre de 2001, reglamentó esta Ley, estableciendo los “niveles máximos de consumo de energía (o mínimos de eficiencia energética), de máquinas y equipos”. Este decreto creó el Comité Gestor de Indicadores y Niveles de Eficiencia Energética (CGIEE), el cual debió establecer los niveles mínimos de eficiencia energética, según un reglamento específico.
- Reglamento Técnico de la Calidad (RTQ: Regulamento Técnico da Qualidade) del Nivel de Eficiencia Energética de Edificios Comerciales, de Servicios y Públicos (RTQ-C) y de Edificios Residenciales (RTQ-R).
- Requisitos de Evaluación de la Conformidad (RAC: Requisitos de Avaliação da Conformidade) del Nivel de Eficiencia Energética de Edificios Comerciales, de Servicios y Públicos (RAC-C) y de Edificios Residenciales (RAC-R).
- Manuales para la aplicación de RTQ-C, RTQ-R, RAC-C y RAC-R.
- NBR 15575 (Asociación brasilera de normas técnicas, ABNT, 2013). Desempeño habitacional. Establece los requisitos mínimos de desempeño, vida útil y garantía para los sistemas que componen la edificación.
- NBR 15220 Desempeño térmico de las edificaciones.

Las principales iniciativas en vivienda social en Brasil en el tema de eficiencia energética tienen que ver con el calentamiento de agua, el etiquetado, la energía solar y la selección de materiales de baja energía. En lo que respecta al proceso de etiquetado en el año 2003, se creó un sistema de eficiencia energética basado en un nivel de calidad de eficiencia energética (PROCEL), que se inició con la aplicación a la edificación del sector terciario (PROCEL Edificación) y luego pasó a residencia.

Se establecieron normas de calidad de la construcción para los servicios públicos y los edificios públicos RTQ-C y las residencias a través del denominado: RTQ-R y sus documentos complementarios (manuales, planillas, etc). Según el Ministerio de Minas y Energía, para definir el nivel de eficiencia energético residencial la norma propone dos métodos a ser utilizados: el prescriptivo y el de simulación. Para el etiquetado de vivienda usando el método prescriptivo se utilizan ecuaciones y tablas que limitan parámetros de la envolvente, iluminación, acondicionamiento de aire y la producción de agua caliente sanitaria, determinando un nivel de eficiencia energética determinado. Mientras que en el segundo método se utiliza la simulación termo-energética de dos modelos computacionales representando dos



edificios: un modelo del edificio real (edificio propuesto en proyecto) y un modelo de referencia, este último basado en el método prescriptivo. La clasificación es obtenida comparando el consumo anual de energía eléctrica simulado para los dos modelos, siendo que el consumo del modelo del edificio real debe ser menor que del modelo de referencia para el nivel de eficiencia pretendido.

La calificación de un edificio residencial, establece un determinado etiquetado a partir de la consideración de cuatro puntos, los cuales poseen un porcentaje variable de ponderación en la calificación total: la envolvente: 45 %, sistema de acondicionamiento: 20 %, sistema de agua caliente sanitaria: 22 % y sistema de iluminación y equipos: 13 %. El valor de cada ítem será obtenido mediante su equivalente numérico, el cual depende de la eficiencia del sistema a calificar. El valor del equivalente numérico puede estar entre 1 y 5, en donde el número 5 representa el más eficiente.

### **Zonificación climática para establecer requerimientos energéticos**

El territorio brasileño fue dividido en 8 zonas, según su temperatura media diaria y su amplitud, según se aprecia en la Figura 2.2. Estas zonas bioclimáticas determinan un conjunto de recomendaciones y estrategias de diseño que deben ser aplicadas a la construcción en función de la zona bioclimática en que se encuentra.

### **Eficiencia energética de la envolvente**

La norma 15575 es la que obliga a que todos los edificios de viviendas, unifamiliares aisladas o construidas con cualquier tipo de tecnología, deben tener una transmitancia térmica máxima según las diferentes zonas bioclimáticas.

Según la norma 15575 la envolvente de las edificaciones además deben cumplir requisitos mínimos de capacidad térmica y absorción a la radiación. Se pretende que la vivienda alcance un nivel mínimo de desempeño para cada proceso de la obra: estructura, pisos, cerramientos verticales, cubiertas y acondicionamiento sanitario, por lo que para cada sistema establece requisitos y criterios para garantizar la habitabilidad (estanqueidad, desempeño térmico, acústico y lumínico, salud, higiene y calidad del aire, funcionamiento y accesibilidad, confort táctil y antropo dinámico), la seguridad (estructural, contra incendio y durante el uso y operación) y la sustentabilidad (durabilidad, mantenimiento y adecuación ambiental).

La norma indica otros dos niveles de desempeño opcional: Intermedio (I) y Superior (S). Esta norma es obligatoria en Edificaciones residenciales, incluyendo las viviendas en altura.

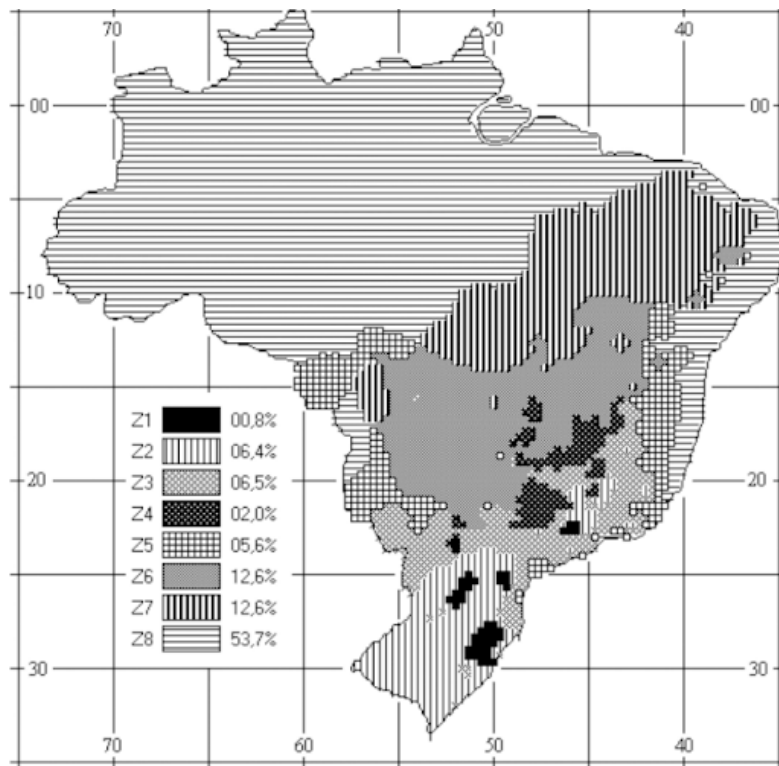


Figura 2.2: Zonificación térmica de Brasil.

### **Relación entre envolvente opaca y la vidriada**

En referencia a la relación entre la envolvente opaca y vidriada, la evaluación prescriptiva del etiquetado RTQ -R, establece que se debe calcular el área opaca por fachada así como el área vidriada y estas se ponderan en función de la orientación solar.

### **Requisitos de ventilación natural e infiltraciones**

Dentro de la propuesta de etiquetado se establece como ponderación positiva si se cuenta con ventilación natural.

### **Exigencias de instalaciones de generación**

Existe la ponderación en el etiquetado de las instalaciones de agua caliente por ejemplo a gas, pero tiene un menor peso relativo que la envolvente.

## **Exigencias para los sistemas de calefacción y refrigeración**

En lo referente de los sistemas de calefacción y refrigeración artificial sobre todo en el caso de este último tiene una ponderación positiva a la horade otorgar el etiquetado de la vivienda.

## **Otras exigencias**

Dentro de la propuesta de etiquetado se establece como ponderación positiva si se cuenta con iluminación natural y gestión adecuada del agua.

## **Conclusión**

En resumen, el proceso desarrollado por Brasil a través de PROCEL, necesidad de más de 20 años de trabajo multidisciplinario para desarrollar el manual: RTQ-R [13]. Brasil comenzó un poco después que Argentina, pero tiene mayor obligatoriedad que en Argentina. En este proceso se estableció sobretodo requerimientos para la envolvente, la iluminación, y el confort térmico como aspectos centrales.

### **2.2.3. Chile**

El proceso que ha desarrollado Chile ha promovido el uso eficiente de la energía como un recurso energético desde su matriz y ha introducido como meta el conseguir un ahorro del 20 % de energía al año 2025. Este proceso se ha desarrollado en forma paulatina en lo que refiere al parque habitacional.

De acuerdo a la información del Ministerio de Energía (MINENERGIA) y según Méndez et al. 2015 [14], el sector comercial, público y residencial representa el 25 % del consumo total de energía de Chile. Dentro de este sector, se estima que los programas vinculados a la certificación energética de edificios y artefactos, y los vinculados al reacondicionamiento térmico del parque habitacional existente, serían los programas (o medidas) que contribuyen en mayor medida a la reducción de la demanda energética. Por otra parte, estimaciones indican que el 56 % de la energía consumida en el sector residencial es utilizada para calefacción de las viviendas. Estos niveles de consumo, sumado a las hipótesis de crecimiento futuro de este uso final, hacen relevante la búsqueda de herramientas de fomento para mejorar la eficiencia energética del sector residencial, principalmente de la envolvente.

El marco normativo más importante chileno que refieren a la eficiencia en viviendas, en orden cronológico es:

- Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC) de Chile DE 1992.
- Primera Reglamentación térmica para viviendas nuevas, en el año 2000 se establece un nivel mínimo de transmitancia térmica que era obligatorio para las viviendas nuevas.
- Segunda etapa para la Reglamentación térmica para viviendas nuevas del año 2007 incrementando las exigencias de los elementos de muros, pisos ventilados y superficie máxima para ventanas.
- Términos de referencia estandarizados TDRé. Confort ambiental y eficiencia energética para licitaciones de diseño y obra de la dirección de Arquitectura (2012). También existe una clasificación energética, voluntaria de las viviendas.
- Propuesta de nuevo estándar de nueva reglamentación térmica(2013) que deriva en el 2015 en el estándar de reglamentación térmica en el plan de descontaminación atmosférica.
- Ley de eficiencia energética del 2020.
- Adicionalmente y de manera transversal, se ha introducido el etiquetado energético de múltiples artefactos de uso domiciliario, tales como hornos, lavadoras, refrigeradoras y lámparas, entre otros.

El marco institucional de la eficiencia energética en Chile comienza con la creación del Ministerio de Energía, que incorpora la División de Eficiencia Energética que asume las funciones regulatorias y de elaboración de política pública, y por último existe la Agencia Chilena de Eficiencia Energética que cumple con el rol de implementación y ejecución de dichas políticas y regulaciones.

### **Zonificación climática para establecer requerimientos energéticos**

La normativa Chilena, también define zonas térmicas se realizó en función de los grados días de calefacción (GDC), los cuales están directamente relacionados con las demandas de energía que requiere la vivienda en el período frío, para lograr la temperatura interior base. En el caso de la zonificación térmica de la Reglamentación Térmica, para la estimación de los GD tomó como base de temperatura interior 15°C, bajo el supuesto de que la diferencia para alcanzar confort de 18 a 20°C es aportado por las ganancias internas (personas, electrodomésticos, iluminación artificial y otros) y las ganancias solares. Para la zonificación se determinaron grados-día anuales, estableciendo cada zona según los siguientes criterios:

- Zona 1: grados-días  $\leq 500$ .
- Zona 2:  $500 < \text{grados-días} \leq 750$
- Zona 3:  $750 < \text{grados-días} \leq 1000$
- Zona 4:  $1000 < \text{grados-días} \leq 1250$
- Zona 5:  $1250 < \text{grados-días} \leq 1500$
- Zona 6:  $1500 < \text{grados-días} \leq 2000$
- Zona 7:  $2000 < \text{grados-días}$ .

### Eficiencia energética de la envolvente

La ley de “Ordenanza General de Urbanismo y Construcción” (OGUC) de Chile, en su artículo 4.1.10, incorpora los estándares mínimos de aislamiento (como transmitancia y resistencia térmica) y superficie vidriada según la zonificación térmica. En la tabla 2.4 se presentan los valores exigidos de transmitancia máxima y porcentaje máximo de abertura vidriada. No obstante, la zonificación térmica de Chile se publicó de forma independiente en el “Manual de Aplicación de la Reglamentación Térmica” [15], según se representa en la Figura 2.3.

Tabla 2.4: Valores máximos de transmitancia térmica ( $W/m^2.K$ ) y porcentajes máximos de superficies vidriadas en Chile [16].

ZONA	transmitancia máxima ( $U [W/m^2.K]$ )			Porcentaje máximo de abertura		
	Techos	Muros	Pisos Ventilados	Vidrio Monolitico	DVH 1 ( $3.6 \geq U > 2.4$ )	DVH 2 ( $U \leq 2.4$ )
1	0,84	4,0	3,60	50 %	60 %	80 %
2	0,60	3,0	0,87	40 %	60 %	80 %
3	0,47	1,9	0,70	25 %	60 %	80 %
4	0,38	1,7	0,60	21 %	60 %	75 %
5	0,33	1,6	0,50	18 %	51 %	70 %
6	0,28	1,1	0,39	14 %	37 %	55 %
7	0,25	0,6	0,32	12 %	28 %	37 %

La Reglamentación Térmica (RT) tuvo tres etapas de implementación. En una primera etapa, cuando entró en vigencia en el año 2000, presentaba requisitos de aislación térmica para el techo. En el año 2007, con la segunda etapa, se amplió



Figura 2.3: Zonificación térmica de Chile [17].

la aplicación a los muros exteriores, los pisos ventilados<sup>1</sup> y las ventanas<sup>2</sup>. Existen diferentes formas de cumplir con la reglamentación, donde los responsables de esto son los arquitectos proyectistas, los cuales deben acreditar el cumplimiento en la Solicitud de Permiso de Edificación. Como tercera etapa de la Reglamentación Térmica, se proyectó originalmente la Certificación Energética de los edificios. Pero a través del tiempo, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) cambió de planes y suspendió la Certificación a favor de un proceso menos riguroso de Calificación. Existe entonces la Calificación Energética de Viviendas (CEV), un proceso voluntario para las viviendas nuevas, construidas posteriormente a la entrada en vigencia de la 2da etapa de la Reglamentación Térmica. En el MINVU hay planes de llevar este proceso a la obligatoriedad. En el ínterin se complementó el sistema para su aplicación a la vivienda existente y se está por efectuar la Calificación Energética de Vivienda Existente (CEVE), igualmente como una opción

<sup>1</sup>Entiéndase como pisos ventilados aquellos que no están en contacto con el suelo, como es el caso en los edificios con estacionamientos en el primer piso, en las casas sobre pilotes y en los pisos superiores salientes.

<sup>2</sup>Las exigencias a las ventanas sólo son relevantes para casas y edificios con grandes superficies vidriadas.

voluntaria.

### **Relación entre envolvente opaca y la vidriada**

No existe en la normativa una relación establecida entre el área de opacos y vidriados. Si existen requerimientos de transmitancia térmica para paredes y vidriados.

### **Requisitos de ventilación natural e infiltraciones**

En la nueva reglamentación térmica faltan exigencias al control de infiltraciones de aire, es decir, se debe comprobar la hermeticidad de la envolvente y la estanqueidad de las puertas y ventanas. Faltan exigencias al control de infiltraciones de aire, es decir, se debe comprobar la hermeticidad de la envolvente y estanqueidad de las puertas y ventanas.

Además, “las edificaciones de uso residencial, educación y salud, deberán contar con un sistema de ventilación mecánico que garantice la calidad aceptable del aire interior.”

### **Exigencias de instalaciones de generación**

En Chile existe una certificación voluntaria de edificación, CES, uno de los puntos que se valora son las instalaciones.

### **Exigencias para los sistemas de calefacción y refrigeración**

Se prioriza los sistemas de aire acondicionado con recuperador de calor, es decir en general instalaciones más eficientes desde el punto de vista del manejo de la energía.

### **Otras exigencias**

Existen en Chile etiquetado de electrodomésticos y lámparas.

### **Conclusión**

se destaca que Chile cuenta con una ley de “Ordenanza General de Urbanismo y Construcción” y una “Reglamentación Térmica”, que se ha modificado y mejorado. Esta normativa contiene requisitos de aislación térmica mínima y superficie vidriada máxima. Es de aplicación nacional. Las exigencias varían a lo largo del territorio chileno según los grados días de calefacción necesarios en cada zona. Se puede señalar que la implementación fue más paulatina que en Brasil y con mayor

intervención de decisores políticos. Para impulsar la adaptación a la normativa el Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile implementó el Subsidio para Acondicionamiento Térmico de la Vivienda, que permite reacondicionar térmicamente viviendas sociales.

## 2.3. Internacional

### 2.3.1. Estados Unidos

La vivienda social en los Estados Unidos es subvencionada y gestionada por agencias federales, estatales y locales para proporcionar asistencia a los hogares de bajos ingresos. Estas viviendas tienen un precio muy por debajo de los precios del mercado. Originalmente las viviendas estatales en los Estados Unidos consistían principalmente en uno o más bloques de edificios de apartamentos. Estas están autorizadas y financiadas por el Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano de los Estados Unidos [18]. La mayoría del marco normativo es voluntario y no obligatorio, por lo que son recomendaciones de diseño.

El marco normativo más importante estadounidense que refieren a la eficiencia en viviendas, en orden cronológico es:

- Código Internacional de Conservación de Energía (IECC, en inglés), 2006 y sus distintas modificaciones. Este código se usa comúnmente para mejorar la eficiencia energética de los edificios, es utilizado por la mayoría de los estados de los Estados Unidos.
- Certificación Start para viviendas. *Energy Star* es un programa de certificación privado, en conjunto con U.S. *Environmental Protection Agency's* (EPA) y U.S. *Department Of Energy's (DOE) Building American Program*, el cual garantiza que una vivienda sea 15 % más eficiente energéticamente que una vivienda construida considerando los requerimientos mínimos exigidos. No solo se aplica a vivienda
- Certificación LEED, *Leadership in Energy and Environmental Design*, Éste **certificado** se aplica no solo a viviendas unifamiliares de nueva construcción, sino que también puede aplicarse en rehabilitación edilicia, o incluso a barrios. La **certificación LEED**, fue desarrollada en 1993 por parte del *US Green Building Council* (el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos). La certificación consta de un conjunto de normas y requisitos con cuyo cumplimiento se entiende que los edificios certificados son sostenibles desde el punto de vista ambiental.



- *Home Energy Raters System*, una aplicación solo para vivienda El Programa del Sistema de Calificación Energética del Hogar (HERS) prueba y califica el rendimiento energético de una casa esto se da en California. Este código establece una línea base para la eficiencia energética, estableciendo estándares de rendimiento para la envolvente del edificio, los sistemas mecánicos, los sistemas de iluminación y los sistemas de calentamiento de agua en hogares y edificios comercios. En EEUU, cuando se desea obtener un préstamo hipotecario para adquirir una vivienda, los inversores financieros exigen que la misma cuente con una certificación “Etiqueta blanca”(o “*White Tags*”).

### Zonificación climática para establecer requerimientos energéticos

En la certificación Star se presenta una clasificación climática de Estados Unidos (Figura 2.4), y a partir de esta se definen los criterios de exigencias máximas de transmitancia térmica para ventanas y paredes.

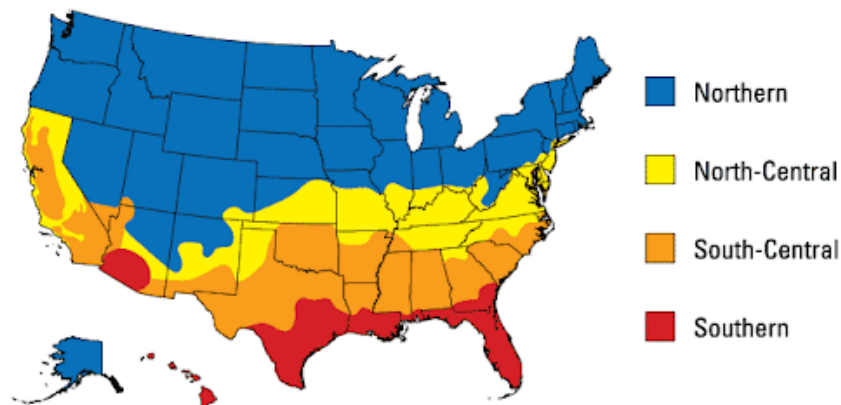


Figura 2.4: Zonificación térmica de Estados Unidos.

### Eficiencia energética de la envolvente

En general se puede decir que a través de investigaciones realizadas, coordinadas por el Departamento de Energía (DOE), desde el año 2000 se ha logrado aumentar considerablemente la eficiencia energética en EEUU en el sector residencial mediante la actuación en por ejemplo el aislamiento en la envolvente térmica: colocando fibra de vidrio (o lana de vidrio) para disminuir la cantidad de calor que se escapa de los edificios.

En la calificación *Energy Star* se toma en cuenta 4 aspectos, uno de estos aspectos es el aislamiento efectivo y otro es el de que las ventanas sean de alta

eficiencia.

Por otro lado en el sistema HERS también se establece, compara y clasifica el edificio con un edificio de referencia basado en el *International Energy Conservation Code* (IECC). Este código determina una línea base para la eficiencia energética, estableciendo estándares de rendimiento para la envolvente del edificio, a partir de considerar la transmitancia térmica de esta. En la certificación LEED, incluye cinco tipos principales de certificación, siendo estos: Diseño y construcción de edificios LEED; Diseño y construcción de interiores LEED; Desarrollo de vecindarios LEED; Edificio LEED; Operaciones y mantenimiento; y LEED para Hogares. El nivel de certificación depende de los puntos asignados. Los puntos se asignan a seis categorías: sitios sostenibles (SS), energía y ambiente (EA), eficiencia del agua (WE), calidad de ambiente interior (IEQ), materiales y recursos (MR) e innovación (INNO). Entre estas categorías predominan los créditos relacionados con la energía (EA) con una participación de casi el 30 % del puntaje general de certificación.

En el tema materiales, se incluye este punto de energía y ambiente se utiliza la resistencia térmica total de la envolvente. Se debe recordar que la transmitancia térmica es el inverso de la resistencia total.

### **Exigencias de instalaciones de generación**

En el Sistema de Calificación Energética del Hogar (HERS) y en el Star, existen exigencias de este punto.

### **Exigencias para los sistemas de calefacción y refrigeración**

En el Sistema de Calificación Star, existen exigencias de este punto.

### **Otras exigencias**

Existe una variedad de fuentes de energía renovables se utilizan para generar electricidad y una promoción voluntaria en este punto. En Estados Unidos , las primeras normas de “estándar mínimo de eficiencia energética” (MEPS) fueron aplicadas en 1974 para refrigeradoras a nivel estatal. Pero fue en 1978 cuando este país, a través del National Energy Conservation Policy Act (NECPA), estableció la obligatoriedad de estándares mínimos a nivel nacional. Existen por tanto etiquetados de escala de electrodoméstico en Estados Unidos. En ellas se suministra información sobre el consumo energético del aparato o sobre su costo operativo en una escala continua. En los extremos se sitúan los niveles máximos y mínimos de eficiencia para los electrodomésticos.

## Conclusión

El desarrollo de las normas y las certificaciones de eficiencia energética en Estados Unidos ha servido de base para el avance del tema en varios países, incluido Uruguay. Por citar un ejemplo; el programa que se utiliza en esta investigación es desarrollado por el DOE.

### 2.3.2. Europa

En Europa hace más de cuarenta años que se están desarrollando y mejorando la normativa en eficiencia energética para la edificación, haciéndola cada vez más exigente. La dependencia energética europea con el exterior para la generación de energía ha obligado a tomar medidas por varias vías. Lo que se pretende es establecer un control de la energía en Europa y mejorar la eficiencia energética para reducir la dependencia del exterior. Se ha determinado entonces que el instrumento normativo sea el etiquetado de edificios. La etiqueta energética es la herramienta informativa que indica la cantidad de energía que consume en este caso un edificio, cuantificando además la eficiencia con que se utiliza esa energía. Existen siete clases que se tipifican en función de los consumos eléctricos. Para esto se utilizan diferentes colores asociadas a letras del abecedario. Se le asigna por ejemplo en España, la letra A al edificio más eficiente (con color verde) hasta la G para el menos eficiente (rojo). De esta manera, los usuarios podrían valorar, comparar y evaluar en el mismo momento a la compra de una residencia el consumo que tiene la misma. Debe aclararse que no informa sobre la cantidad de energía involucrada para producir esa vivienda. En una revisión sobre el concepto de etiquetado de edificios, Perez-Lombard et al.[19] establecen que desde el principio el término etiquetado de edificios, fue impreciso y discontinuado su utilización.

A continuación se desarrolla la normativa europea relativa a distintos aspectos de la eficiencia energética de la vivienda o edificación en orden cronológico:

**Consejo Directivo 93/76/CEE** propone limitar las emisiones de anhídrido carbónico a partir de la implementación de la eficiencia energética en base al etiquetado de edificios. Este primer certificado consistía en solo la descripción de sus características desde el punto de vista de la energía, y dar información a los futuros compradores. Pero no se tenía certeza de que era lo que se debía hacer, qué metodología seguir y, cómo se debería transmitir la información. Aunque actualmente ha sido sustituida por otra, esta directiva obligó a los estados miembros a tomar medidas respecto al consumo energético de los edificios de uso residencial. Se establece la certificación energética como método para que los países afectados puedan tener un parámetro para clasificar energéticamente a un edificio. Derogada por la Directiva 2006/32/CEE.

**Directiva 2000/55/CE** respecto a los requisitos de eficiencia energética de los balastos de lámparas fluorescentes.

**Reglamento No2422/2001** sobre el etiquetado de la eficiencia energética para los equipos ofimáticos.

**Directiva 2002/31/CE** sobre el etiquetado energético de los acondicionadores de aire de uso doméstico.

**Directiva 2002/40/CE** relativa al etiquetado energético de los hornos eléctricos.

**Directiva 2002/91/EU** (EPBD- en inglés: *Energy Performance of Buildings Directive*) sobre desempeño energético de viviendas. Esta norma continúa con alguna ambigüedad es más claro respecto al marco de una metodología para la comparación de edificios. Esta directiva establece requisitos en relación con: el marco general de una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada de los edificios; la aplicación de requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios nuevos; la aplicación de requisitos mínimos de eficiencia energética de grandes edificios existentes que sean objeto de reformas importantes; la certificación energética de edificios, la inspección periódica de calderas y sistemas de aire acondicionado de edificios y, además, la evaluación del estado de la instalación de calefacción con calderas de más de 15 años. Incorpora además directrices que atienden el período frío y directrices para el calor, aunque en menor medida [20]. Según critican Perez-Lombard et al. [19] y Maldonado [21], este segundo acercamiento hacia una definición de certificación de energía perpetuo dos problemas irresolubles: cómo definir y cómo medir la eficiencia energética de edificio. Estos dos problemas son las mayores debilidades de estas directivas, ya que carecen de una descripción de la metodología.

**Directiva 2002/96/CE** sobre Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE).

**Directiva 2003/66/CE** respecto al etiquetado energético de frigoríficos, congeladores y aparatos combinados electrodomésticos.

**Directiva 2004/8/CE** relativa al fomento de la cogeneración sobre la base de la demanda de calor útil en el mercado interior de la energía y los servicios energéticos. Además de las directivas más destacadas porque afectan a la edificación consumidora del 40 % de la energía en Europa, existen normas sobre eficiencia de distinta índole centradas en los electrodomésticos de consumo residencial y en la iluminación (DEROGADA por la Directiva 2012/27/UE).

**Directiva 2006/32/CEE** deroga la 93/76/CEE y trata sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos. Obliga a mejorar la eficiencia energética con ahorros que sean mensurables y verificables. Cada estado miembro de la unión debería de verificar el ahorro de energía que debería ser comprobado con las autoridades que cada país haga responsable. En esta Directiva se crea la figura de Empresa de Servicios Energéticos (ESE, o Esco para Uruguay) que serían encargadas de realizar mejoras de eficiencia energéticas y mantenimiento de las instalaciones de calefacción, climatización y generación de agua caliente sanitaria. El ahorro obtenido se convertirá en beneficio para la Empresa de Servicio Energético, (DEROGADA por la Directiva 2012/27/UE).

**Estándar europeo EN 15217:2007** que es una tentativa de describir métodos para expresar la eficacia de energía y la certificación de edificios. Los Certificados de Funcionamiento de Energía son redefinidos dentro del desarrollo de un esquema de certificación que debe contener al menos cuánto es lo que se consumió por parte del edificio y cuántos son los valores normativos necesarios.

**Directiva 2009/33/CE** relativa a la promoción de vehículos de transporte por carretera limpios y energéticamente eficientes.

**Directiva 2009/28/CE** relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.

**Directiva europea de eficiencia energética 2010-31-UE** , conocida como DEEE, deroga en parte a la pionera Directiva 2002/91/CE (Energy Performance of Buildings Directive) relativa a la eficiencia energética en los edificios. Pretende establecer un método de cálculo dentro de unos límites para el cálculo de la eficiencia energética en los edificios de nueva construcción y aquellos con reformas profundas de los estados miembros. Pone énfasis en la limitación del uso racional de la energía en espacios públicos para que sean un ejemplo para los ciudadanos y que se tengan en cuenta las características climáticas propias de cada ubicación geográfica que pueden ser muy distintas en función del clima donde se encuentre un espacio. Esta directiva tiene en su interior una consecuencia muy relevante y es que a partir del 31 de diciembre de 2020 los edificios de nueva construcción deben ser de consumo de energía casi nulo, siendo obligatorio para edificios públicos a partir del 31 de diciembre de 2018.

**Directiva europea de eficiencia energética 2012/27/UE** , establece un marco común de medidas para el fomento de la eficiencia energética para asegurar

el objetivo principal de un 20 % de ahorro para 2020. La directiva establece unas medidas mínimas que cada Estado miembro desarrollará según sus propias circunstancias y leyes. Es muy importante la inclusión de los proveedores de servicios energéticos que prestarán servicios para mejorar la eficiencia energética de una instalación o inmueble. Por ejemplo en España esta directiva se contiene en el Real Decreto 56/2016 de eficiencia energética y entró en vigor el 14 de febrero de 2016.

, que entró en vigor el 1 de agosto de 2017, establece un marco para el etiquetado energético y deroga la Directiva 2010/30/UE. Este reglamento permite a los consumidores conocer más información sobre el consumo energético de los productos que tengan alguna relación con la energía. Este reglamento obliga a ajustar la etiqueta energética de los productos, puesto que desaparecen las clases A+, A++ y A+++. Por lo tanto algunos productos bajarán su clasificación energética en el cambio que se está produciendo.

### **Zonificación climática para establecer requerimientos energéticos**

En la directiva 2010-31 UE se establecen las condiciones climáticas exteriores y las particularidades locales, así como las exigencias ambientales interiores y la rentabilidad en términos de costo-eficacia.

### **Eficiencia energética de la envolvente**

Desde la EPBD, en Europa se toma en consideración la envolvente térmica considerando: el aislamiento térmico.

### **Requisitos de ventilación natural e infiltraciones**

Desde el EPBD, ya existe una exigencia de infiltraciones y ventilación natural

### **Exigencias de instalaciones de generación**

La Directiva europea de eficiencia energética 2010-31-UE, establece los criterios para la producción de agua caliente sanitaria.

### **Exigencias para los sistemas de calefacción y refrigeración**

Desde la Directiva europea de eficiencia energética 2010-31-UE, se establecen exigencias para los sistemas de calefacción y refrigeración.

## Otras exigencias

Existen diversos etiquetados europeos: electrodomésticos, lámparas, etc. También hay un fomento a las energías renovables.

## Conclusión

Existe un enorme desarrollo de la normativa en eficiencia energética a nivel europeo, en varios de sus aspectos (el diseño de la envolvente, las instalaciones, la generación y la eficiencia de los equipos). Lo central es que cada vez es más exigente.

### 2.3.3. Japón

Japón es un actor muy importante en los mercados energéticos mundiales y en la eficiencia energética, siendo el cuarto mayor consumidor de energía a nivel mundial, primer importador de gas natural, carbón y derivados del petróleo y tercer mayor importador de crudo. La razón principal es que no posee recursos propios, por lo que debe importar más del 80 % de la energía que consume [22]. Otra característica destacada del país es su alto grado de eficiencia energética. Con el 12 % del producto bruto mundial, realiza solo el 4 % del consumo global de energía primaria. Su intensidad energética (consumo de energía primaria por 1000 dólares de PIB) es de 0,10 toneladas de equivalente de petróleo (tep), la más baja del mundo, con la única excepción de Suiza (0,09 tep) [23]. La fuente de energía más utilizada en el país era la nuclear hasta el accidente de Fukushima (sismo y posterior tsunami). Después de lo sucedido, según Bustelo [23], existe una revisión de la política nuclear, en un mayor énfasis en la conservación de energía y en otorgar más importancia a las energías renovables. En lo que refiere a la vivienda los niveles de consumo de energía aumentaron rápidamente desde la segunda mitad de la década de los ochenta en sectores comercial y residencial como consecuencia de la mejora del nivel de vida, así como de la intensificación de actividades comerciales desplegadas en nuevos sectores. Por este motivo se estableció una política llamada "*Top Runner Program*", la cual ha contribuido en gran medida al desarrollo de estos sectores. Se desarrollaron y lanzaron al mercado japonés electrodomésticos y equipos de oficina de gran eficiencia energética. Gracias a estos esfuerzos, el crecimiento de los niveles de consumo de energía en estos sectores ha podido controlarse en los últimos 15 años.

La normativa que se encontró en el país fue la siguiente:

1. Ley de Conservación Energética de Japón, que data del año 1979. Esta ley fue motivada por la crisis del petróleo de esa década, lleva 14 enmiendas y unos cuantos cambios de gobierno, pero sigue vigente.

En el caso de Japón solamente se desarrollan las exigencias energéticas de las instalaciones de generación y los sistemas de etiquetado de equipos.

### **Exigencias para los sistemas de calefacción y refrigeración**

Las tecnologías de electrodomésticos utilizan sistemas de bombas de calor, haciendo eficiente la transferencia de energía eléctrica a térmica. Han desarrollado de forma notable tecnologías altamente eficientes de transferencia térmica, optimizadas aún más con tecnología “*Inverter*” en el sistema de control y siendo los pioneros en aplicarlas a aires acondicionados, refrigeradores, calentadores de agua y otros dispositivos.

### **Otras exigencias**

Existen en Japón etiquetado de electrodomésticos y lámparas.

### **Conclusión**

Se puede concluir que Japón se ha centrado en la eficiencia de los equipos, dejando un poco de lado el diseño de la envolvente.

## **2.4. Uruguay**

Nuestro país comenzó el marco normativo de eficiencia energética con el Proyecto de Eficiencia Energética, que se desarrolló entre el 2005 y 2011. Consistió en un programa de alcance nacional, orientado a mejorar el uso de la energía por parte de los usuarios finales de todos los sectores económicos, fomentando el uso eficiente de todos los tipos de energía, incluyendo electricidad y combustibles.

Asimismo, en 2008, el Consejo de Ministros aprobó por primera vez en la historia del Uruguay, una Política Energética con una mirada de largo plazo, 2005-2030 [24]. Esta estrategia global, incorpora una mirada multidimensional que incluye elementos económicos y tecnológicos, pero también ambientales, culturales, éticos y sociales. Dos años después de su aprobación por el Consejo de Ministros, una comisión integrada por representantes de todos los partidos políticos con representación parlamentaria avaló la política definida en todos sus componentes fundamentales.

Esta política tiene como ejes estratégicos, el impulso de la eficiencia energética, y la consideración del acceso universal y seguro a la energía como un derecho humano para todos los sectores sociales.

Otro hito importante en la temática, es la aprobación de la Ley N° 18.597, sobre el Uso Eficiente de la Energía en el Territorio Nacional. A partir del Decreto



86/12 reglamentario de la Ley, se aprueba el Fideicomiso Uruguayo de Ahorro y Eficiencia Energética (Fudae) que tiene entre sus cometidos:

- Brindar financiamiento para la asistencia técnica en eficiencia energética.
- Promover la eficiencia energética a nivel nacional.
- Financiar proyectos de inversión en eficiencia energética.
- Promover la investigación y desarrollo en eficiencia energética.
- Actuar como fondo de contingencias en contextos de crisis del sector.

En agosto de 2015 el Consejo de Ministros aprobó el Plan Nacional de Eficiencia Energética 2015-2024 [25]. El Plan presenta diversos instrumentos a través de los cuales se alcanzaría una meta de energía evitada de 1.690 ktep en el período 2015 – 2024.

En lo que sigue, se detallan los distintos requisitos que establecen los organismos estatales en lo que refiere a eficiencia energética, tanto para la envolvente como para los equipos internos que integran la vivienda. Estos requisitos no son únicamente aplicables a viviendas de interés social.

#### **2.4.1. Zonificación climática**

Uruguay cuenta desde el año 1999, con la norma UNIT 1026:99, que divide al país en tres zonas según su clima. Sin embargo ninguna otra norma de eficiencia térmica la toma como referencia, y por tanto todas utilizan criterios generales a nivel país.

#### **2.4.2. Eficiencia energética de la envolvente**

##### **Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial (MVOT)**

En toda solución habitacional que otorga el MVOT (ex MVOTMA), se exige el cumplimiento del **Reglamento de Producto** [26]. En este Reglamento, se exige que cualquiera sea la forma de producción o modalidad de acceso a la vivienda, el producto final de la solución habitacional, debe tener algunas características mínimas (entre ellas medidas de eficiencia energética), que se establecen en dicho Reglamento. La aplicación de este Reglamento es a nivel de todo el territorio nacional.

De acuerdo a lo establecido en el artículo 18 de la Ley N° 13.728 del 17 de diciembre de 1968, en lo que refiere a condiciones de habitabilidad, se establecen en el Reglamento de Producto (referido a la construcción de vivienda pública y

por lo tanto no es un requerimiento para un particular privado) las siguientes condiciones mínimas de confort térmico:

- La transmitancia térmica (U) de cerramientos exteriores, horizontales o verticales deberá ser menor a  $1,60 W/m^2K$  para muros y  $1,00 W/m^2K$  para cubiertas.
- Además se indica que como mínimo la totalidad de las viviendas reciban sol directo durante una hora como mínimo, durante todo el período de invierno en por lo menos uno de los siguientes locales: dormitorio, estar o comedor.
- Las áreas de los locales habitables, de ventilación y de iluminación, no podrán ser inferiores a las exigidas por cada reglamentación municipal correspondiente. En este rubro no se admite tolerancia.

En cuanto a las licitaciones públicas de viviendas, según el informe al Congreso de Intendentes 2017, los pliegos y memorias que establece el MVOT, para la construcción de viviendas para pasivos y activos, se establecen requisitos más exigentes que los establecidos en el punto anterior:

- Transmitancia térmica (U) de Muros  $< 1,60W/m^2K$
- Transmitancia térmica (U) de Muros (para muros cuya orientación solar se encuentre entre SE y SO)  $< 0,8W/m^2K$
- Transmitancia térmica (U) de Cubiertas  $< 0,5W/m^2K$
- Cortinas de enrollar en dormitorios

Respecto a la Vivienda de Interés social, la Ley N°18.795 promueve la inversión privada en viviendas de este tipo a partir del otorgamiento de exoneraciones tributarias. En temas energéticos en esta Ley se exige:

1. Transmitancia térmica U muros y techo  $< 0,85W/m^2K$
2. Asoleamiento de una hora en el invierno de: dormitorios, comedor o estares, con una tolerancia del 10 %.

El MVOTMA, en su Plan Nacional de Vivienda (2010-2014) creó un sistema de otorgamiento de aptitud técnica (DAT, **Documento de Aptitud Técnica** [27]) que permite generar instrumentos de evaluación, técnicos y administrativos para aquellos sistemas constructivos no tradicionales. El DAT habilita al proponente a ofrecer su sistema constructivo a la población con el fin de construir proyectos a través de los programas de financiación que implementa el Ministerio. Dentro

de éste existen requisitos de seguridad, desempeño higrotérmico, higiene, salud y medio ambiente, durabilidad y costos. Los que refieren a los aspectos de eficiencia energética son los del apartado habitabilidad y confort térmico, donde se exige el cumplimiento de los valores de transmitancia térmica en muros exteriores, cubiertas y superficies vidriadas que se explicitan en el **Reglamento de Producto** y en los **Estándares de desempeño y requisitos para vivienda de interés social** [28].

Para el DAT, la exigencia de transmitancia térmica se divide en dos categorías, una igual a la exigida por el **Reglamento técnico** ( $U < 1,60W/m^2K$  para muros y  $1,00W/m^2K$  para cubiertas) y otra más exigente ( $U < 0,85W/m^2K$  tanto para muros exteriores como para la cubierta). En cuanto a las superficies vidriadas, toma como exigencia el Digesto Municipal de Montevideo. De este modo, para Factores de hueco (Fh) menores a 25 % se admite vidrio simple y es opcional la incorporación de protección solar. En los casos donde el Fh es mayor a 25 % y menor a 60 % el uso de protección solar es exigido para las orientaciones más comprometidas (N, E y O) y para la orientación sur se exige vidrio doble

## Gobiernos Departamentales

Los requerimientos cuantitativos de la vivienda social aparecen en la normativa de manera **prescriptiva**, estipulando normas que condicionan el comportamiento de la vivienda para cumplir con los requisitos básicos de confort, no estableciendo soluciones a priori. A manera de ejemplo, un requerimiento prescriptivo de un sistema constructivo se establece con valores mínimos o máximos a cumplir para aislación acústica, térmica, entre otros.

En la Ley de vivienda de 1968 se establecen los requisitos mínimos que debe tener cualquier vivienda de manera prescriptiva para que se considere como tal, definiendo categorías según el área construida y asociada a la composición familiar.

Los organismos proveedores de diseños para **vivienda social** (Intendencias, Ministerios, Empresas privadas, Organizaciones no Gubernamentales, etc), utilizan tipologías de vivienda que se repiten de un proyecto a otro y su imagen claramente se identifica con la vivienda de carácter social, respondiendo casi siempre con una **limitación del área construida y de las terminaciones de la vivienda**. Es decir, que la condición primordial, y a veces única, es el recorte de la inversión. Los Gobiernos Departamentales, a través de su normativa (digestos), también aportan a la reglamentación de los requisitos mínimos para la higiene y seguridad de la vivienda, por ejemplo aportando mínimos para ventilación, iluminación, dimensiones mínimas según el destino de cada habitación. La normativa de desempeño del sistema constructivo y del comportamiento de la vivienda como un todo, en el mejor de los casos, se limita a establecer parámetros de aislación térmica y acústica de los cerramientos y disposiciones para la eficiencia energética

de los mismos.

El primer informe al Congreso de Intendentes de 2017 [29], efectúa una aproximación sobre la normativa nacional de edificación en eficiencia energética e indica que los avances en la normativa en esta materia son muy dispares. En la Tabla 2.5 se presenta un resumen de las medidas de eficiencia energética exigidas por cada Gobierno Departamental. Las medidas incluyen transmitancia de la envolvente (muros, cubierta o techo y ventanas), factor de hueco, factor solar y agua caliente sanitaria (ACS).

Tabla 2.5: Medida de Eficiencia Energética por Gobierno Departamental.

Departamento	$U_{Pared}$	$U_{Techo}$	$U_{Ventana}$	Fh	FS	ACS	Observaciones
Artigas	2,5*	SD	SD	SD	SD	SD	No hay referencia MEE, muro rejillón de 20cm como separativo de locales.
Canelones	1,9*	NC	NC	NC	NC	NC	Se solicita un muro medianero de 30cm de espesor.
Cerro Largo	HAtR						No hay referencia MEE.
Colonia	0,85	NC	SD	NC	NC	NC	Estanqueidad y hermeticidad de cerramientos vidriados.
Durazno	2,5*	NC	NC	NC	NC	NC	Se solicita un muro de 20cm de espesor.
Flores	2,5*	NC	NC	NC	NC	NC	Se solicita un muro de 20cm de espesor.
Florida	HAtR						No hay referencia MEE.
Lavalleja	1,6	NC	NC	NC	NC	NC	
Maldonado	1,6	NC	NC	NC	NC	NC	Se solicita un muro de 25 cm de espesor
Montevideo	0,85	0,85	DAO	DAO	DAO	Requisitos para instalar	
Paysandú	SD	SD	SD	SD	SD	SD	No hay referencia MEE.
Río Negro	AtR	AtR	SD	SD	SD	SD	No hay referencia MEE.
Rivera	1,9*	NC	NC	NC	NC	NC	Se solicita un muro medianero de 30cm de espesor.
Rocha	SD	SD	SD	SD	SD	SD	Sin relevamiento
Salto	SD	SD	SD	SD	SD	SD	Sin relevamiento
San José	AtR	AtR	SD	SD	SD	SD	No hay referencia MEE.
Soriano	HAtR	SD	SD	SD	SD	SD	No hay referencia MEE.
Tacuarembó	Sin requisitos térmicos	IAtR					No hay referencia MEE.
Treinta y Tres	Revoque	SD	SD	SD	SD	SD	No hay referencia MEE.

(\*) Valor de transmitancia térmica calculada a partir de especificaciones constructivas del muro.

NC: No considera; SD: Sin datos en el digesto; ACS: Calentamiento de agua sanitaria; DAO: De acuerdo orientación.

HAtR: Impedir la entrada de humedades y asegurar la aislación térmica mínima que fije la reglamentación;

AtR.: Asegurar la aislación térmica mínima que fijará la reglamentación;

IAtR: Impermeabilización y aislación térmica mínima que fijará la reglamentación;

Revoque: Dentro de la zona urbana, todos los edificios serán revocados por ambos paramentos.

Fuente: Elaboración propia

En el caso de la definición de transmitancia térmica, sólo cuatro de las intenciones tienen en su normativa una definición del aislante térmico: Colonia, Flores, Lavalleja y Montevideo. La más exigente es la de Montevideo, y busca reducir el uso de acondicionamientos artificiales contribuyendo así con prácticas más amigables con el ambiente y reduciendo las emisiones de gases causantes del efecto invernadero. Tanto en los techos como en los muros exteriores el coeficiente de transmitancia térmica ( $U$ ) máximo admisible en la capital es de  $0,85W/m^2K$ . Los

cerramientos vidriados exteriores deben ajustarse a las siguientes condiciones:

1. Se debe cumplir con los requerimientos del DAT según el factor de hueco y la orientación.
2. El límite máximo de huecos por fachada es de 60 %. Se admite un Fh mayor a 60 %, si la transmitancia del hueco ( $U_h$ ) es menor a  $2,8W/m^2.K$ , cumpliendo siempre con la protección solar exigida en el DAT, y debiendo ser aprobado por la oficina municipal competente.
3. Se admitirán como máximo, dos fachadas con Fh mayor a 60 %.

Montevideo, además recomienda que toda vivienda debería recibir sol directo durante el invierno durante una hora como mínimo, en el interior de por lo menos uno de los siguientes locales: dormitorio, estar o comedor.

Como se aprecia en la Tabla 2.5, Montevideo es el departamento que presenta mayor cantidad de exigencias relacionadas a la eficiencia energética. Existen además muchos gobiernos departamentales en los que únicamente se describen algunas exigencias a la envolvente exterior. Para estos casos el valor presentado en la Tabla es un valor calculado a partir de esas exigencias e indicado con \*. En ningún caso estas medidas se relacionan con las características climáticas locales. En la mayoría de los digestos no se establece una transmitancia para los cerramientos opacos (paredes y techo) pero si se nombra la exigencia en el espesor del cerramiento. Para estos casos se calculó la transmitancia térmica equivalente y en la Tabla 2.5 se indica con un asterisco.

En Montevideo además existe un **Modelo de Sustentabilidad Ambiental en la Vivienda** (SuAmVi), el cual contempla las características de diseño de la edificación y las prácticas previstas para su ejecución en la etapa de obra. Pretende constituirse no sólo en un instructivo, sino en un medio hacia una mayor sustentabilidad ambiental de las edificaciones. Se atienden aspectos en relación al consumo responsable y racional de la energía en las edificaciones, así como la disminución de la contaminación del suelo, el agua y el aire, propiciando una gestión adecuada de residuos sólidos. Pretende que se aproveche la dotación de infraestructuras y equipamientos urbanos, optimizando el uso de las capacidades instaladas en la ciudad consolidada. El modelo no es prescriptivo ni pretende especificar acciones a tomar, sino indicar cuáles son los requerimientos para lograr una edificación más sustentable. Su foco está en que el proyectista aplique, desde la etapa de diseño, medidas sobre los diferentes aspectos que hacen a la sustentabilidad ambiental de las viviendas, y que se pueda evaluar objetivamente con qué profundidad se aplican estas medidas. Se pretende alentar a los proyectistas a mejorar el diseño y la gestión de obra, en torno a la sustentabilidad ambiental, aplicando medidas que contemplen los requerimientos básicos, a la vez de inspirar a que se desarrollen otras con un enfoque creativo e innovador.

## Otros Organismos - UNIT

En el ámbito de eficiencia energética en edificios, UNIT Uruguay está generando un cuerpo normativo basado en el desempeño energético. Es una serie de normas “destinadas a la armonización internacional de la metodología de evaluación de desempeño energético de los edificios”. Se denomina “conjunto de normas EPB” por sus siglas en inglés. Son normas que están pensadas para ser aplicadas por arquitectos, ingenieros y reguladores. Hasta fines del 2019, las normas UNIT EPB aprobadas eran:

- UNIT-ISO 52017-1. Desempeño energético en edificios. Cargas de calor sensible y latente y temperaturas internas. Parte 1: Procedimientos de cálculo genéricos (2018).
- UNIT-ISO 52022-1, Desempeño energético de los edificios – Propiedades térmicas, solares y de iluminación natural de componentes y elementos de edificios – Parte 1: Método de cálculo simplificado de las características solares y de iluminación natural para los dispositivos de protección solar combinados con vidriado. (2018)
- UNIT-ISO 52003-1:2016, Desempeño energético de los edificios. Indicadores, requisitos y certificación. Parte 1: Aspectos generales y aplicación al desempeño energético global. (2017)
- UNIT-ISO 52000-1:2016, Desempeño energético de los edificios. Evaluación general del EPB. Parte 1: Marco general y procedimientos.(2017)
- UNIT-ISO 52016-1:2017, Desempeño energético de los edificios. Demanda de energía para calefacción y refrigeración, temperaturas interiores y carga de calor sensible y latente. Parte 1: Procedimientos de cálculo. (2017)

Por fuera de las normas EPB, otras normas también han sido aprobadas, las cuales son adopciones y actualizaciones de normas anteriores en relación con la eficiencia energética de los edificios. En ese sentido en el 2018, se aprobaron:

- UNIT ISO 6946, Componentes y elementos de los edificios. Resistencia térmica y transmitancia térmica. Métodos de cálculo.
- UNIT-ISO 10077-1, Desempeño térmico de ventanas, puertas y protecciones exteriores - Cálculo de la transmitancia térmica - Parte 1: Generalidades
- UNIT ISO 13789, Desempeño térmico de los edificios. Coeficientes de transferencia de calor por transmisión y por ventilación. Métodos de cálculo.

- UNIT ISO 7345, Desempeño térmico de los edificios y sus componentes — Magnitudes físicas y definiciones
- UNIT ISO 14683, Puentes térmicos en la edificación — Transmitancia térmica lineal — Métodos simplificados y valores por defecto
- UNIT ISO 9346, Desempeño higrotérmico de edificios y materiales de edificios. Magnitudes físicas para transferencia de masa. Vocabulario
- UNIT-ISO 13786:2017, Desempeño térmico de los componentes de los edificios – Características térmicas dinámicas – Métodos de cálculo.
- PU UNIT-ISO 10211:2017, Puentes térmicos en la construcción de edificios - Flujos de calor y temperaturas superficiales - Cálculos detallados
- UNIT-ISO 10077-2:2017, Desempeño térmico de ventanas, puertas y protecciones exteriores - Cálculo de la transmitancia térmica - Parte 2: Método numérico para marcos
- UNIT-ISO 13370:2017, Desempeño térmico de edificios - Transferencia de calor por el terreno - Métodos de cálculo
- UNIT-ISO 1026:99, Aislamiento térmico de los edificios. Zonificación climática
- UNIT-ISO 1150:2010, Desempeño térmico de los edificios de uso residencial. Diseño de la envolvente. Parámetros y guías para el cálculo.
- UNIT-ISO 1158:2007, Muros y mampuestos para muros. Métodos para determinar los valores térmicos de proyecto.
- UNIT-ISO 6613:1980, Ventanas y puertas ventanas. Ensayo de permeabilidad al aire.
- UNIT-ISO 9251:96, Condiciones de transmisión térmica y propiedades de los materiales - Vocabulario
- UNIT-ISO 9288:98, Aislamiento térmico - Transferencia de calor por radiación - Magnitudes físicas y definiciones.
- UNIT-ISO 9774:2004, Aislantes térmicos para la aplicación en la edificación. Directrices para seleccionar las propiedades.
- UNIT-ISO 10456:2007, Materiales y productos para edificación - Propiedades higrotérmicas - Valores de diseño tabulados y procedimientos para determinar los valores térmicos de diseño y declarados.

- UNIT-ISO 18292:2011, Desempeño energético de sistemas de aberturas para edificios residenciales – Procedimiento de cálculo.
- UNIT-ISO 9229:97, Aislamiento térmico - Materiales, productos y sistemas - Vocabulario
- UNIT-ISO- 12572-2016, Desempeño higrotérmicos de los materiales y productos de construcción - Determinación de las propiedades de transmisión de vapor de agua - Método de la copa
- UNIT-ISO 23045:2008, Diseño del ambiente construido - Directrices para evaluar la eficiencia energética en nuevos edificios.
- UNIT-ISO 12655:2013, Desempeño energético de edificios - Presentación del uso de la energía media de los edificios.
- UNIT-ISO 16813:2206, Diseño del ambiente de los edificios - Ambiente interior - Principios generales.
- UNIT-ISO 13153:2012, Marco del proceso del diseño para el ahorro de energía en edificios residenciales unifamiliares y pequeños edificios comerciales.
- UNIT-ISO 16818:2008, Diseño del ambiente de los edificios - Eficiencia energética - Terminología.
- UNIT-ISO 13788:2012, Desempeño térmico de los elementos y componentes de edificación - Temperatura superficial interior para evitar la humedad superficial crítica y la condensación intersticial - Método de cálculo.

**Se puede concluir que existe un gran esfuerzo por generar un marco normativo en el país, con distintos niveles de progreso. De todas formas, como no es obligatorio y está muy sectorizado, no logra generar un marco global.**

### **2.4.3. Medidas de eficiencia energética de equipos internos**

Dentro de la política energética instaurada en el país, además de las normas relacionadas a la eficiencia energética en edificios, se encuentra un conjunto de normas asociado a la eficiencia energética en los electrodomésticos, equipos de iluminación, artefactos a gas y en colectores solares.

Las normas se encuentran dentro del Programa de Normalización y Etiquetado de Eficiencia Energética, iniciado por la DNE en 2006. El programa tiene como objetivo “Promover y contribuir al fortalecimiento y consolidación del mercado de



valoración de la Eficiencia Energética en los usuarios finales de energía mediante la implementación de un Programa de Normas y Etiquetas de Eficiencia Energética para productos y equipos de consumo energético y edificaciones cuyo propósito es difundir información acerca los niveles de eficiencia energética de los equipos energéticos.”

## **Electrodomésticos**

La normativa referente a electrodomésticos incluye por un lado normas que regulan la metodología del etiquetado y por otro lado normas de ensayo, que especifican las condiciones normalizadas para la valoración de eficiencia y establecen las principales características del empleo de los electrodomésticos. Dentro del conjunto de electrodomésticos se encuentran calentadores de agua de acumulación, acondicionadores de aire y bombas de calor, lavarropas eléctricos, secadoras de ropa, aparatos de refrigeración, todos ellos de uso doméstico.

En general, permiten clasificar a los distintos equipos que consumen energía de acuerdo a su grado de eficiencia. Para éstos los equipos son testeados y clasificados de acuerdo a los criterios descritos en las normas para luego adjudicarle una etiqueta que indica su nivel de eficiencia.

A partir del etiquetado, los consumidores cuentan con mayor información para la toma de decisiones al momento de adquirir un nuevo electrodoméstico, generando un efecto estimulante para los fabricantes e importadores, que tienden a proveer productos más eficientes.

A la fecha, las normas UNIT pertenecientes al comité: Eficiencia Energética Electrodomésticos, aprobadas son:

- UNIT 1138: 2011 Eficiencia energética. Aparatos de refrigeración eléctricos de uso doméstico. Especificaciones y etiquetado.
- UNIT-ISO 5151:2010 Acondicionadores de aire y bombas de calor sin ductos. Ensayos de valoración y determinación de características de comportamiento.
- UNIT-IEC 60379:1987 Métodos para medir el desempeño de los calentadores eléctricos para almacenamiento de agua para propósitos domésticos.
- UNIT 1148:2008 Eficiencia energética. Secadoras de ropa tipo tambor eléctricas de uso doméstico. Especificaciones y etiquetado.
- UNIT 1157:2011 Eficiencia energética. Calentadores de agua eléctricos de acumulación de uso doméstico. Especificaciones y etiquetado.
- UNIT 1170:2009 Eficiencia energética. Acondicionadores de aire y bombas de calor. Especificaciones y etiquetado.

- UNIT 1171:2010 Eficiencia energética. Lavarropas eléctricas de uso doméstico. Especificaciones y etiquetado.
- UNIT-IEC 60456:2003 Lavarropas para uso doméstico. Métodos de medida de desempeño en la función.
- UNIT-IEC 61121:2005 Secadoras de ropa tipo tambor para uso doméstico. Métodos para medir el desempeño.
- UNIT-IEC 62552:2007 Aparatos de refrigeración domésticos. Características y métodos de ensayo.

### **Equipos de iluminación**

El Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, también ha aprobado normas aplicables a artefactos de iluminación. Hasta 2020, las normas UNIT aprobadas son:

- UNIT-ISO 1155:2007 Guía para la medición del flujo luminoso. (Eficiencia energética en iluminación)
- UNIT 1159:2007 Eficiencia energética. Lámparas incandescentes de uso doméstico y similares. Especificaciones y etiquetado. (Eficiencia energética en iluminación).
- UNIT 1160:2007 Eficiencia energética. Lámparas fluorescentes compactas, circulares y tubulares. Especificaciones y etiquetado. (Eficiencia energética en iluminación).
- UNIT 1119:2007 Balastos electrónicos y electromagnéticos para lámparas de descarga fluorescentes de baja presión. Especificaciones y marcado. (Eficiencia energética en iluminación).
- UNIT-ISO 62031:2008 Módulos LED para iluminación general – Requisitos de seguridad (Iluminación LED e inducción magnética)
- UNIT-IEC 62532:2011 Lámparas fluorescentes de inducción. Especificaciones de seguridad (Iluminación LED e inducción magnética)
- UNIT-IEC 62560:2011 Lámparas Led con balasto incorporado para servicios de iluminación general con tensión  $> 50$  V – Requisitos de seguridad. (Iluminación LED e inducción magnética).
- UNIT-IEC 62639:2012 Lámparas fluorescentes de inducción. Requisitos de desempeño. (Iluminación LED e inducción magnética).

- UNIT-IEC 62612:2013 Lámparas Led con balasto incorporado para servicios de iluminación general con tensión > 50 V – Requisitos de desempeño. (Iluminación LED e inducción magnética).
- UNIT-ISO 60598-1:2014 Luminarias. Parte 1: Requisitos generales y ensayos. (Material eléctrico)
- UNIT-IEC 62717:2014 Módulos LED para iluminación general – Requisitos de desempeño. (Iluminación LED e inducción magnética).
- UNIT 1218:2018 Eficiencia energética - Lámparas LED - Especificaciones y etiquetado. (Iluminación LED e inducción magnética).

### **Artefactos a gas**

En relación a gasodomésticos, UNIT ha aprobado hasta 2020 las siguientes normas:

- UNIT 1127:2008 Eficiencia energética. Calentadores de agua por acumulación a gas. Especificaciones y etiquetado.
- UNIT 1126-1:2008 Calentadores de agua por acumulación de funcionamiento a gas. -Parte 1- Desempeño y seguridad.
- UNIT 1126-2:2008 Calentadores de agua por acumulación de funcionamiento a gas. -Parte 2- Eficiencia energética.
- UNIT 1161-1:2007 Artefactos domésticos de cocción a gas.-Parte 1- Desempeño y seguridad.
- UNIT 1161-2:2008 Artefactos domésticos de cocción a gas.-Parte 2- Eficiencia energética.
- UNIT 1162:2008 Eficiencia energética. Artefactos domésticos de cocción a gas. Especificaciones y etiquetado.
- UNIT 1189:2010 Calderas murales a gas para calefacción y generación de agua caliente sanitaria. Seguridad, desempeño y eficiencia energética.
- UNIT 1190:2010 Eficiencia energética. Calderas murales a gas para calefacción y generación de agua caliente sanitaria. Especificaciones y etiquetado.

## Colectores Solares

En relación a incorporación de energía renovables a nivel doméstico, la utilización de colectores solares para el calentamiento de agua es una de las alternativas más destacada. UNIT, cuenta con un comité encargado de elaborar y/o aprobar normas en esta área. Hasta 2020, las normas UNIT, pertenecientes al comité: Eficiencia Energética en colectores solares aprobadas son:

- UNIT-ISO 9806-1:1994 Métodos de ensayo para colectores solares. Parte 1: Desempeño térmico de colectores con vidrio de calentamiento líquido considerando caída de presión.
- UNIT-ISO 9806-2:1995 Métodos de ensayos para colectores solares. Parte 2: Procedimientos de ensayo de calificación.
- UNIT-ISO 9806-3:1995 Métodos de ensayo para colectores solares. Parte 3: Desempeño térmico de colectores sin vidrio de calentamiento líquido considerando caída de presión (solamente transferencia de calor sensible).
- UNIT-ISO 9459-2:1995 Calentamiento solar. Sistemas de calentamiento de agua sanitaria. Parte 2: Métodos de ensayo exteriores para la caracterización y predicción de rendimiento anual de los sistemas solares.
- UNIT-ISO 9488:1999 Energía solar. Vocabulario.
- UNIT-ISO 9459-5:2007 Calentamiento solar. Sistemas de calentamiento de agua sanitaria. Parte 5: Caracterización de desempeño del sistema mediante ensayos y simulación por computadora del sistema completo.
- UNIT 1185:2009 Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas prefabricados. Requisitos.
- UNIT 1184:2010 Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas prefabricados. Métodos de ensayo.
- UNIT 1195:2012 Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Requisitos.
- UNIT 1196:2012 Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Métodos de ensayo.

Tabla 2.6: Síntesis de la normativa relevada. Fuente: Elaboración propia.

País	Req. en función de zona térmica	$U_{Pared}$	$U_{Techo}$	$U_{Ventana}$	Fh	Fs	UV	ACS	Otros eq.	Normativa aplicable
Argentina	X	X	X						X	Ley 13.059/03, IRAM 11.605
Brasil	X	X	X	X	X	X1	X	X	X	RTQ-R
Chile	X	X	X	X	X		X	X	X	
Uruguay		X	X		X	X	X	X	X	Decreto IdM
EEUU	Depende de normativa del estado	X	X		X	X	X	X	X	ANSI 901.2017
Japón								X	X	
Europa	Depende de normativa de cada país	X	X	X		X2		X	X	Reglamento (UE) 2017/1369

X: Aplica; X1: Ponderada, relacionan con ventilación; X2: Infiltraciones y ventilación.

## 2.5. Síntesis de la normativa

En la Tabla 2.6 se presenta una síntesis de la normativa relevada.

Se observa que las medidas más sencillas de aplicar son las tendientes a reducir las transmitancias térmicas ( $U$ ) de la envolvente. Dentro de estas medidas, resulta más pertinente focalizarse primero en la cubierta y luego en las paredes. En las ciudades del Norte y centro del Uruguay se deberían efectuar estrategias de diseño para el período caluroso, utilizando MEE relacionadas con el factor de hueco y las protecciones solares, además de las exigencias de transmitancias de la envolvente. Estas medidas inciden principalmente en los consumos de acondicionamiento térmico e iluminación. En cuanto al equipamiento interno, corresponde referirse al sistema de etiquetado.

## 2.6. Recomendaciones de medidas de eficiencia energética

### 2.6.1. Principales MEE

A nivel nacional y de origen estatal, existen diversos manuales, folletos, información disponible en la web y/o canales de comunicación o difusión destinados a informar sobre el uso de la energía en el sector residencial, apuntando a la eficiencia energética. Estas recomendaciones de medidas de eficiencia energética se enfocan tanto en la envolvente de las viviendas como en los equipos internos, apuntando al óptimo diseño o mejoras de una vivienda, así como la adquisición de equipos

eficientes y el correcto o recomendado uso diario de los mismos. A nivel internacional y científico también existen un gran número de publicaciones y manuales de gran utilidad a fin de difundir medidas de eficiencia energética. En los Apéndices B y C se presenta una síntesis de las principales recomendaciones realizadas por el MIEM, UTE, ENFORCE y una descripción de la carta bioclimática de Givoni, la interpretación de la misma y las estrategias (ventilación, calentamiento solar, sombreamiento, inercia térmica, entre otros) que se proponen para obtener condiciones de confort dependiendo de las condiciones climáticas.

Muchas de las medidas de eficiencia energética pueden (o deben) ser aplicadas al momento del diseño de la vivienda. Otras MEE están más relacionadas a la adquisición de equipos y a los hábitos de uso. A continuación se presenta un resumen de las diferentes MEE aplicables al diseño de la vivienda, a la elección de equipos internos y los hábitos de uso.

## Diseño de la vivienda

**Acondicionamiento térmico.** El diseño de la vivienda juega un rol determinante en el acondicionamiento térmico de la misma, así como el consumo de energía que luego se requiere para conseguir condiciones de confort<sup>3</sup>. Por lo tanto, un buen diseño repercute en un ahorro de energía en calefacción y refrigeración. Partiendo de los datos climáticos temporales (horarios, diarios o semanales) de una localidad y ploteando los mismos sobre una carta psicrométrica, se puede identificar diferentes estrategias a considerar en el diseño para mejorar el desempeño térmico de la vivienda. Este análisis se basa en la carta bioclimática de Givoni, la cual se explica con mayor detalle en el Apéndice C. Givoni plantea una serie de estrategias, priorizando las pasivas, para conseguir condiciones de confort térmico dentro del hogar a pesar de que las condiciones ambientales no sean de confort. A partir de los datos climáticos de un año típico en las ciudades de Montevideo y Salto se obtienen los resultados expuestos en la Tabla 2.7. En esta se presenta los porcentajes de horas durante el año en las que cada estrategia es aplicable (y suficiente) para alcanzar las condiciones de confort. En primer lugar, se observa que un 13,1 y 14,8 % de las horas del año se está en confort, donde no es necesario aplicar ninguna estrategia ni el uso de sistemas de calefacción ni refrigeración. Se destaca que en ambas ciudades el 78 % del tiempo se pueden alcanzar condiciones de confort empleando estrategias pasivas. El resto del tiempo, en el sur se requiere casi exclusivamente calefacción (20 % - calefacción y 2,5 % refrigeración), mientras que en el norte se requiere calefacción y refrigeración en períodos más equiparados, 12,9 y 8,9 % respectivamente. Por

---

<sup>3</sup>Las condiciones de confort térmico están definidas en un rango de temperaturas y humedades relativas

lo tanto, una orientación adecuada, con aberturas propicias y un adecuado sombreado, la optimización de la ventilación, buen aislamiento térmico en combinación con el empleo de materiales con inercia térmica elevada, previsión de futura instalación de colectores solares (térmicos y/o fotovoltaicos) pueden generar condiciones de confort en gran parte del año y reducir sensiblemente el consumo de energía para la posterior calefacción y/o refrigeración de la vivienda. Además, es deseable contemplar u optar por algún sistema de acondicionamiento térmico desde el diseño de la vivienda, a fin de dejar prevista su futura instalación, facilitando la misma. Bajo que condiciones es aplicable cada estrategia y como se aplica cada una, se explica en el Apéndice C.

Tabla 2.7: Estrategias de diseño bioclimático a aplicar en las viviendas. Elaboración propia en función de considerar el rango temperaturas según ASHRAE 55-2004.

<b>Zona o estrategia</b>	<b>Montevideo</b>	<b>Salto</b>
Confort	13.1 %	14.8 %
Sombreamiento	8.5 %	15.9 %
Masa térmica refrescamiento	1.5 %	5.3 %
Ventilación natural	1.0 %	2.8 %
Masa térmica calentamiento	35.7 %	30.1 %
Calentamiento solar pasivo	23.2 %	19.3 %
<b>Pasivas combinadas</b>	<b>77.4 %</b>	<b>78.1 %</b>
Refrigeración	2.5 %	8.9 %
Calefacción	20.1 %	12.9 %

**Iluminación** La orientación y el factor de hueco de las aberturas, así como la distribución de espacios, son críticos para aprovechar correctamente la iluminación natural.

**Agua caliente sanitaria.** Minimizar la distancia entre el punto de generación de agua caliente sanitaria y los picos de uso, así como el uso de aislante térmico en la cañería, se refleja en un ahorro del energético que se emplee con este fin.

### Elección de equipos internos

**Acondicionamiento térmico.** Existe gran variedad de sistemas de calefacción y refrigeración, que emplean diversas fuentes de energía (energía eléctrica, biomasa, gas, solar). Optar por equipos y/o sistemas eficientes, así como

dimensionar adecuadamente los mismos es crítico para minimizar el consumo de energía en acondicionamiento térmico.

**Iluminación.** Sumado al correcto uso de la iluminación natural, un diseño apropiado del sistema de iluminación, en función de la actividad de cada ambiente, utilizando lámparas eficientes y artefactos adecuados, reducen el consumo de energía en iluminación.

**Agua caliente sanitaria.** El consumo de energía en agua caliente sanitaria, en una familia tipo, puede alcanzar entre 30 y 40 % del total. Por lo tanto el empleo de equipos eficientes es crítico. En el mercado se encuentran equipos eléctricos, solares y a gas, cada uno con aspectos positivos y negativos. La hibridación entre ellos también puede reducir el costo en la generación de ACS.

**Otros equipos.** Al momento de adquirir electrodomésticos es altamente recomendable que los mismos tengan etiqueta de eficiencia energética y optar por equipos eficientes (Etiqueta A o B).

### Hábitos de uso

**Acondicionamiento térmico.** Acondicionar de forma aislada cada ambiente, así como setear correctamente la temperatura del sistema de calefacción (o refrigeración), son las recomendaciones más habituales en los hábitos del uso para acondicionamiento térmico a fin de reducir el consumo de energía. El correcto mantenimiento de los equipos también influye en el consumo.

**Iluminación** Utilizar la iluminación natural siempre que sea posible, iluminar únicamente la tarea específica que está realizando y apagar la luz al retirarse de un ambiente son algunas de las recomendaciones para reducir el consumo en iluminación.

**Agua caliente sanitaria.** El uso de “timers” en sistemas con termotanque eléctrico, regular la temperatura del mismo a 60°C, darse baños ágiles, minimizar el uso de agua caliente para otros usos que no sea la ducha son las principales recomendaciones de uso para reducir el consumo de energía de ACS.

**Otros equipos.** El correcto empleo del resto de los electrodomésticos del hogar se refleja en una reducción de consumo de energía. Por ejemplo desconectar todos los “standby” de los equipos y electrodomésticos que no están en uso, no introducir alimentos calientes en la heladera, en el lavarropas utilizar programas de lavado corto, con agua fría y carga completa, entre otros.



## 2.6.2. Medidas preliminares de eficiencia aplicables a viviendas de interés social

Se ha relevado la normativa de diferentes países, así como manuales y publicaciones con recomendaciones de medidas de eficiencia energética. La gran mayoría de éstas, pueden ser implementadas en viviendas de interés social.

Se destaca que la aplicación de la carta bioclimática de Givoni a las condiciones de Uruguay, muestra la posibilidad de implementar estrategias de acondicionamiento térmico pasivo en nuestro país.

La implementación de una arquitectura bioclimática (orientación adecuada, inercia térmica, ventilación, sombreadamiento, iluminación natural, etc.) y una buena aislación térmica (tanto en superficies opacas como vidriadas) son esenciales para reducir los consumos de energía destinados a acondicionamiento térmico e iluminación.

La implementación de sistemas de calefacción, refrigeración y producción de agua caliente sanitaria eficientes también es determinante para reducir el consumo de energía y el costo económico asociado a ello. A estos se le puede integrar sistemas que utilicen energías renovables como la energía solar.

Las medidas relacionadas con hábitos de consumo, deben implementarse por medio de educación a la población y difusión de buenas prácticas. Estas medidas no requieren inversión económica adicional, y se pueden implementar tanto en edificaciones nuevas como en las existentes.

En la Tabla 2.8 se sintetizan los parámetros a considerar en las simulaciones de desempeño energético de viviendas. En función de los resultados de las simulaciones, y de toda la normativa recopilada, se seguirá avanzando en el planteo de medidas de eficiencia energética aplicables.

Tabla 2.8: Medidas de eficiencia energética a evaluar en este trabajo.

		<b>Indicadores</b>	<b>Valor a simular</b>
Diseño de la vivienda	Envolvente opaca	U techo	Exigencia mínima de intencencias y menores
		U paredes	
		U piso	Se asumirá un valor mínimo, losa de hormigón de 10 cm
	Envolvente vidriada	Factor solar del vidrio	Mínimo el vidrio simple común y menores
		Factor solar protecciones	
		Trasmisión lumínica	Mínimo trasmisión 60 %
		U del vidrio	Se considera como mínimo el vidrio simple común
Orientación solar	N, NE, NO, E, O, S, SE, SO	Se considera la orientación de los espacios de mayor permanencia de los usuarios	
Uso de la vivienda	Ventilación de la vivienda	Carga térmica en función de la temperatura exterior	Horarios en función de requerimientos
	Iluminación artificial	Iluminancias	Lámparas incandescentes, lámparas led
	Acond. térmico	Tipo (AA, Estufa a leña, etc.)	Rendimiento o COP
	ACS	Sistemas eléctricos	Rendimiento y pérdidas
		Calentadores a gas	
	Colectores solares	Para más de 20 viviendas, uso de colectores solares	

## Capítulo 3

# Relevamiento de planes, programas y criterios de diseño en viviendas de interés social.

En la primer parte de este capítulo se presentan los planes y programas de viviendas de interés social, junto con el mapeo de las instituciones que participan. En una segunda parte, se analizan planos, memoria técnica y pliegos, de tres programas de vivienda social, con la finalidad de identificar los criterios constructivos (o medidas de eficiencia energética) aplicados.

### 3.1. Mapeo institucional

Con el objetivo de conocer los servicios y prestaciones del Estado en materia de eficiencia energética para las viviendas de interés social, se presenta un relevamiento exhaustivo de las instituciones que participan en la implementación de políticas públicas en la materia. El relevamiento se realiza para un período de 10 años (2009 – 2019). Este relevamiento incluye aquellos planes y programas que se hayan realizado durante el lapso de referencia, habiendo algunos comenzado en períodos anteriores y otros habiendo comenzado durante este período y continuado su implementación en el lapso de referencia.

La información recabada se organizó en una base de datos que permite acceder de forma sencilla a las principales características de cada programa.

#### 3.1.1. Metodología

Para realizar este estudio se llevará a cabo un análisis de documentos y de su contenido, clasificando a los mismos en diferentes categorías considerando sus obje-

tivos y el vínculo que establecen con la población objetivo. El análisis documental es una técnica de investigación cualitativa que permite describir y representar los documentos (fuentes de datos secundarias), analizándolos por categorías y dimensiones relevantes teóricamente [7].

En resumen, a través del armado de las bases del Repertorio de Políticas de Vivienda y el análisis de documentos se podrá contar con un mapa de instituciones, niveles de toma de decisiones y también con un análisis de los objetivos que permitirá conocer si existe coherencia interna en la matriz de políticas para luego vincularlo con cómo son planteadas (en el marco de qué tipo de política) las medidas de eficiencia energética.

El camino utilizado, para la génesis del Repertorio fue el siguiente. Se partió, en primer lugar, del análisis de los planes quinquenales de vivienda desarrollados por el MVOTMA para 2010 a 2014 y 2015 a 2019. Para esto se utilizó el software Atlas.ti<sup>1</sup>.

La codificación se organizó de la siguiente manera: en primer lugar, se distinguió entre planes y programas. Los planes son aquellos proyectos que incluyen dentro de sí diferentes programas. En este sentido existen varios niveles de planes. A nivel más general se encuentran los planes quinquenales de vivienda, que agrupan toda la política de vivienda organizada desde el MVOTMA. Al interior de los mismos es posible encontrar otros planes, como es el Plan Nacional de Relocalizaciones<sup>2</sup> o el Plan de Rehabilitación y Consolidación Urbano – Habitacional [6]. Estos planes incluyen dentro de sí diferentes proyectos, con objetivos específicos y acciones diferenciadas.

Los programas son aquellos que consisten en una acción específica que se concreta de alguna forma en el territorio. Esta es justamente su principal diferencia con los Planes, los mismos sólo actúan de forma material a través de programas. No necesariamente todo programa debe pertenecer a un plan que lo incluya. Esta es una división analítica utilizada en el proyecto para poder distinguir entre niveles de análisis.

Para la codificación de los planes se utilizaron las siguientes dimensiones:

**Organismo:** aclara bajo la responsabilidad de qué organismo se encuentra el plan.

En caso de existir más de un organismo, en relación de jerarquía (por ejemplo, una dependencia dentro del MVOTMA), se codificó “organismo 1” al de mayor jerarquía y avanzando progresivamente en función de jerarquías descendientes.

**Organismos vinculados** recoge información sobre aquellos organismos que se

---

<sup>1</sup><https://atlasti.com/>

<sup>2</sup><http://www.mvotma.gub.uy/programas-de-integracion-socio-habitacional/plan-nacional-de-relocalizaciones>

encuentran vinculados al programa pero de forma horizontal, es decir, que apoyan al programa o son socios del mismo sin estar vinculados jerárquicamente con la institución. Es el caso, por ejemplo, de aquellos programas que se realizan en coordinación entre el MVOTMA y las intendencias.

**Programas vinculados:** en muchos casos los planes o programas pueden estar vinculados con otros programas o planes. Esta dimensión recoge información sobre aquellos casos.

**Financiación:** Este código especifica de dónde surge la financiación del plan o programa.

**Objetivo general:** este código recoge la información distribuida en los diferentes documentos analizados sobre el objetivo general de los planes o programas reseñados.

**Operativa:** con este código se agrupa la información relacionada con las acciones prácticas realizadas desde los planes o los programas para la realización del objetivo general.

**Normativa:** recoge información respecto a las leyes o resoluciones que enmarcan los programas o planes.

**Eficiencia energética:** la información encontrada en los documentos respecto a la aplicación de estrategias de eficiencia energética quedan incluidos en este código.

Para los programas se utilizaron básicamente los mismos códigos, pero se incluyeron algunos de interés:

**Georreferenciación:** para aquellos casos en los que existe información precisa sobre la ubicación geográfica de los programas en el territorio, se codificó dicha información en base a este código.

**Tipo de vínculo con la población:** analizar el tipo de vínculo con la población que los programas poseen es uno de los objetivos del análisis realizado. Se definen cuatro tipos posibles en base al cruce de dos variables dicotómicas: Por un lado si el vínculo que la población establece con la política es activo o pasivo. El vínculo es activo cuando la población participa en la conformación y/o aplicación del programa (es el caso de la autoconstrucción, por ejemplo). El vínculo es pasivo cuando el usuario es beneficiario de la política sin tener mayor incidencia en su construcción o aplicación (es el caso de las exoneraciones fiscales, por ejemplo). Por otro lado la política puede ser individual,

cuando afecta a individuos o familias nucleares o colectiva, cuando requiere la colaboración entre familias o comunidades (es el caso de las cooperativas o MEVIR).

En función de estas variables se construyen cuatro categorías: individual – pasiva, individual – activa, colectiva – activa y colectiva – pasiva.

A medida que se fueron codificando los planes quinquenales de vivienda se fue organizando la información en un cuadro de doble entrada para los programas y otro para los planes.

Los mismos fueron organizados de igual forma: en el lado de las filas se fueron agrupando los diferentes planes o programas relevados. Del lado de las columnas se incluyeron las diferentes dimensiones de análisis. En el cruce de ambos se hace un breve resumen de la información recabada.

Estos primeros cuadros presentan información incompleta, por lo que progresivamente se fue recurriendo, analizando y codificando nueva información específica. Finalmente se obtiene un cuadro resumen, una herramienta que permite tener un rápido repertorio de las políticas de vivienda en el Uruguay.

Finalizada esta etapa, se recurrió a la realización de tres entrevistas con informantes calificados [30]. Esta técnica nos permitió, en este caso, corroborar que la información recabada fuera correcta, realizar ajustes sobre los resultados obtenidos e incorporar elementos omitidos.

### **3.1.2. Principales planes de vivienda de interés social**

#### **Plan Quinquenal de Vivienda**

Como se especificó previamente, los planes de vivienda de interés social son aquellos que agrupan diferentes programas, los cuales finalmente generan acciones concretas en pos de los objetivos definidos. Los planes, entonces, se encuentran en un nivel macro con respecto a programas específicos.

El Plan Quinquenal de Vivienda es aquel que condensa los principales proyectos del Estado vinculados a la política pública de vivienda, en el marco del Presupuesto Nacional. Es por tanto el punto de partida para realizar este relevamiento. Este Plan es publicado por el MVOTMA a comienzo de cada período de gobierno, como hoja de ruta en materia de la política habitacional.

El Plan Quinquenal de Vivienda 2015 – 2019 incluye los siguientes planes:

- El plan nacional de relocalizaciones
- El plan de rehabilitación y consolidación urbano – habitacional

A su vez, dentro del Plan Quinquenal de Vivienda 2015 – 2019 se encuentran los siguientes programas:

- Programa de financiación de cooperativas de vivienda
- El sistema público de financiación de vivienda por el Banco Hipotecario del Uruguay (BHU)
- Programa de mejoramiento de barrios
- Programa de adquisición de vivienda construída por el MVOTMA
- Soluciones habitacionales para pasivos
- Préstamos para la compra de vivienda usada
- Autoconstrucción en terreno privado
- Convenios con intendencias departamentales
- Regularizaciones de tenencia y re-adjudicaciones de núcleos básicos evolutivos
- Sistemas constructivos no tradicionales
- Programas prioritarios
- Plan nuevas urbanizaciones
- Política nacional para viviendas de interés social
- Plan Juntos
- MEVIR

La información referente a estos programas se irá desarrollando a lo largo de este apartado. El Plan, por su parte presenta los siguientes objetivos transversales:

- Potenciar la consolidación de áreas urbanas consolidadas y servidas para la implantación de vivienda
- Fortalecer la política de acceso a tierras con todos los servicios
- Potenciar la articulación interinstitucional para desarrollar proyectos habitacionales integrados
- Diseñar e implementar programas habitacionales con perspectiva de derechos que contemplen la heterogeneidad de los hogares destinatarios y evitar todo tipo de discriminación

- Mejora de las capacidades de gestión del MVOTMA en clave de calificación y profesionalización de sus recursos humanos para optimizar su inserción e incidencia socio-territorial

El Plan también incluye contenido directamente asociado a la eficiencia energética, dentro del Aparatado de los objetivos transversales. En este nivel de generalidad los objetivos presentados en esta materia presentan un alto grado de abstracción.

Básicamente el apartado sostiene la voluntad de continuar ejecutando medidas que apunten a la eficiencia energética, enfatizar el acceso a los servicios a través del Programa Interinstitucional Canasta de Servicios, desarrollar el acceso a energía segura en los hogares rurales a través del Programa de Electrificación Rural, promover el uso de energía renovable y fortalecer los vínculos interinstitucionales que sirvan como base para el desarrollo de estos objetivos.

### **Plan nacional de relocalizaciones**

El plan nacional de relocalizaciones se lleva a cabo desde la Dirección Nacional de Vivienda (DINAVI)<sup>3</sup>, en conjunto con las intendencias y la Agencia Nacional de Vivienda (ANV)<sup>4</sup>.

El objetivo de este lineamiento estratégico consistió en revertir procesos de segregación social y fragmentación territorial asociados a áreas urbanas inundables o contaminadas, mediante la relocalización de la población allí asentada [6].

Las soluciones habitacionales son diversas y específicas para la familia, dadas sus características particulares. Puede implicar la construcción de una vivienda nueva o ser adquirida en el mercado.

### **Plan de rehabilitación y consolidación urbano – habitacional**

“Este lineamiento estratégico planteaba como objetivo general contribuir al acceso de las familias a una solución habitacional y al mejoramiento del hábitat a través de construcción de vivienda nueva, adquisición de vivienda en el mercado inmobiliario o mejora del stock de viviendas existente” [6].

Este plan implica la ejecución conjunta de un amplio abanico de programas:

- Financiación a cooperativas de vivienda

---

<sup>3</sup>La DINAVI es una dirección dependiente del MVOTMA. Tiene el cometido de hacer efectivo el acceso y permanencia a la vivienda adecuada para todos los sectores de población, generando una política habitacional integral articulada con el ordenamiento territorial y con el conjunto de las políticas sociales. <https://www.mvotma.gub.uy/dinavi>

<sup>4</sup>La Agencia Nacional de Vivienda (ANV), fue creada en el año 2007 como organismo descentralizado con la finalidad de promover y facilitar el acceso y permanencia en la vivienda. [https://www.anv.gub.uy/grb/contenido.aspx?id\\_c=447](https://www.anv.gub.uy/grb/contenido.aspx?id_c=447)



- Adquisición de vivienda nueva construida por el MVOTMA
- Viviendas para pasivos contributivos de BPS
- Préstamos para la adquisición de vivienda en el mercado inmobiliario
- Autoconstrucción en terreno privado, autoconstrucción en terreno público y proyectos territoriales.
- Microcréditos para reforma o ampliación
- Programa de Oficinas de Rehabilitación Urbana para mejora, ampliación y terminación de viviendas
- Programas de atención a la precariedad habitacional.

Esta diversidad de acciones concretas implica una amplia coordinación inter-institucional. Se hará más énfasis en este sentido tras el análisis específico de cada uno de los programas.

### **3.1.3. Programas de vivienda de interés social**

En este apartado se realizará un breve resumen de los programas de vivienda de interés social relevados. Se analizarán las diferentes dimensiones de cada uno.

#### **Programa de financiación de cooperativas de vivienda**

El programa de financiación de cooperativas de vivienda depende del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA). Lo encabeza la Dirección Nacional de Vivienda (DINAVI) y en segundo orden la Agencia Nacional de Vivienda (ANV).

El programa posee alcance nacional y está vinculado con las bases del convenio firmado en 2011 entre Federación Uruguaya de Cooperativas de Vivienda por Ayuda Mutua (FUCVAM) y el MVOTMA, donde se establecen mecanismos sustentables de regularización de la deuda generada por las cooperativas de ayuda mutua con el Banco Hipotecario del Uruguay (BHU). Se encuentra financiado por fondos administrados por el MVOTMA.

El objetivo pasa por la promoción e incentivo de proyectos cooperativos de solución habitacional. Para ello, desde este programa se realizan préstamos a las cooperativas para la construcción de viviendas y se complementa con aportes de las familias y subsidio de la cuota de carácter revisable y renovable. Las cooperativas, para obtener estos beneficios, deben presentar un anteproyecto efectivamente aprobado.

Los requisitos que deben presentarse para poder acceder al préstamos son los siguientes<sup>5</sup>:

- Contar con un mínimo de diez socios (10) para construir viviendas nuevas y de seis socios (6) si se trata de reciclaje. El máximo en ambos casos es de cincuenta (50).
- Los ingresos dependen de la cantidad de integrantes del grupo familiar según la Tabla 3.1.
- Los socios titulares deben ser mayores de edad.
- Residir en el territorio nacional.
- No ser propietarios de una vivienda.
- La cooperativa debe tener contrato firmado con un Instituto de Asistencia Técnica autorizado por el MVOTMA.
- Listado de IAT actualizado.
- Tener aprobado anteproyecto arquitectónico en la ANV para participar del sorteo.
- El MVOTMA realiza un sorteo entre las cooperativas que hayan aprobado la etapa del anteproyecto (julio y diciembre de cada año) y posean certificado de regularidad vigente.
- Las cooperativas sorteadas o adjudicadas directamente por tercer sorteo deberán presentar el Proyecto Ejecutivo.

Tabla 3.1: Escala de ingresos máximos en función de la cantidad de integrantes del grupo familiar.

Integrantes	1	2	3	4	5
Ingresos (UR)	40	60	72	84	96

El vínculo con la población es de tipo colectivo – activo. Es activo en la medida en que son los propios usuarios de la política quienes deben organizarse de forma tal de presentar el proyecto de cooperativa. Por su parte es colectivo en la medida en que requiere necesariamente de la asociación entre individuos y familias.

<sup>5</sup>[https://www.anv.gub.uy/grb/contenido.aspx?id\\_c.ontenido = 495](https://www.anv.gub.uy/grb/contenido.aspx?id_c.ontenido = 495)

El programa está regulado por la ley N° 18407 del 2008, el decreto reglamentario N°198/2012 y el reglamento de subsidio a la demanda habitacional del MVOTMA.

A nivel específico el programa no posee de forma explícita políticas de eficiencia energética.

### **Sistema público de financiación de vivienda por el Banco Hipotecario del Uruguay (BHU)**

El Banco Hipotecario del Uruguay (BHU) es la única institución financiera estatal en el Uruguay especializada en el crédito hipotecario, con el objetivo de facilitar el acceso a la vivienda de la población<sup>6</sup>.

Su misión:

*Ser un banco con oferta de crédito continua y competitiva, con promoción del ahorro, que facilita soluciones de vivienda a las familias, mediante mecanismos transparentes.*

*Participar en el mercado en forma activa en consonancia con las políticas establecidas por el MVOTMA.*

A partir de la reestructuración ocurrida en 2007 el BHU pasa a dedicarse específicamente a la concesión y administración de créditos hipotecarios para la población uruguaya. Las funciones no bancarias pasan a manos de la Agencia Nacional de Vivienda (ANV)<sup>7</sup>. El mismo ofrece opciones de ahorro y crédito para la compra o alquiler de vivienda en el mercado en diferentes modalidades.

Su actividad comercial en el período 2010 – 2014 se encuentra sintetizado en la siguiente Tabla:

	2010	2011	2012	2013	2014
Créditos para adquisición	1368	1664	1848	2348	2379
Créditos para Refacción	293	3502	2713	3328	2171
Nuevas cuentas de ahorro	2521	9527	7845	9178	6678

El tipo de vínculo que establece con la población es fundamentalmente de tipo individual – activo. Las opciones de ahorro y crédito están fundamentalmente dirigidas a las familias, las cuales, por iniciativa propia, pueden hacer usufructo de los servicios que ofrece el banco.

En la medida en que el BHU funciona como institución financiera para el acceso a la vivienda en el mercado, no posee un plan de eficiencia energética en la cartera de viviendas que sus usuarios pueden acceder.

<sup>6</sup>Carta Orgánica BHU: <https://www.bhu.com.uy/media/1169/cartaorganica.pdf>

<sup>7</sup><https://www.bhu.com.uy/institucional/quienes-somos/>

## Programa de Mejoramiento de Barrios (PMB)

En el territorio nacional existen zonas asentadas con déficit de acceso a servicios básicos (saneamiento, educación, electrificación, etc) y se denominan asentamientos irregulares. De acuerdo al informe temático del INE [31], un asentamiento irregular es un agrupamiento de más de 10 viviendas ubicados en terrenos públicos o privados, construidos sin autorización del propietario en condiciones irregulares, sin respetar la normativa urbanística. Según datos ajustados del censo 2006, en ese momento existían 662 asentamientos irregulares, con un total de 49 mil viviendas y casi 180 mil habitantes (lo que representaba un 5.5 % del total de la población). Las principales carencias de estos hogares son ausencia de soluciones adecuadas de saneamiento, red vial insuficiente o problemas de calidad, ausencia o mal estado de sistemas de desagües, carencia de alumbrado público, déficit de espacios públicos, equipamiento y baja calidad ambiental. En 2011, el PMB realizó un nuevo censo de población y viviendas en asentamientos, en él se determinó una disminución en la cantidad de asentamientos, de 662 a 589 lo que representa una caída de un 11 %; además de una baja en la cantidad de personas residentes en asentamientos y una reducción de la cantidad media de personas por vivienda en estas áreas.

A pesar de estas mejoras en estas áreas en Uruguay existen hogares con altos niveles de pobreza y características demográficas y sociales de vulnerabilidad. La población de los asentamientos tiene una situación socioeconómica más precaria que la media de los uruguayos: cuenta con menos educación formal y, por tanto, menos herramientas para insertarse en el mercado laboral, además de estar más desempleada. Debido a estos problemas asociados es que se decide focalizar en temas de vivienda para esta población.

Inicialmente existía un programa focalizado en los asentamientos irregulares, con gran inversión pública y era el llamado Programa de Integración de Asentamientos Irregulares (PIAI). Este programa era financiado con fondos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), comenzó gestionándose desde la Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP) de Presidencia en 1999, pero no tenían ningún vínculo con las políticas del MVOTMA, hasta el año 2005. El PIAI buscaba mejorar la calidad de vida de los residentes de los asentamientos irregulares del Uruguay, promoviendo la integración física y social, básicamente a través de la generación de infraestructura básica, servicios sociales y otorgamiento de títulos de propiedad a los residentes de los asentamientos irregulares, pero sin tener casi intervención en la vivienda. La primera ejecución del PIAI comenzó a efectuarse en el año 2000 y la última finalizó en el año 2011, y tuvo los siguientes resultados: 57 asentamientos atendidos en 42 proyectos de regularización, 28.375 personas beneficiarias, residentes en 6.744 hogares, **606 viviendas de realojos construidas**, 673 baños construidos y 785 baños mejorados y 281 hectáreas urbanizadas con infraestructura completa construida.

Posteriormente el 30 de diciembre de 2008, el Gobierno Nacional y el BID celebraron una nueva firma de Contrato de Préstamo para cooperar en la ejecución del “Programa de Mejoramiento de Barrios” en Uruguay por un monto total de 100 millones de dólares compuesto por U\$S 70 millones del BID y U\$S 30 millones de contraparte local. Este nuevo préstamo trató de incorporar los aprendizajes que se habían obtenido con el PIAI. Posteriormente se celebraron los contratos: 3097/OC-UR (febrero 2014) y 4651/OC-UR (julio 2019). Estos cambios supusieron una mayor integración socio-urbano- territorial de todos los actores.

El Programa de Mejoramiento de Barrios (MVOTMA-PMB) al igual que el PIAI tiene por objetivo general contribuir a mejorar las condiciones de vida de la población residente en asentamientos irregulares y áreas degradadas, mejorando el acceso de los hogares a infraestructura básica y servicios sociales y urbanos adecuados. Dentro de sus objetivos específicos, uno de ellos es suministrar infraestructura adecuada para los habitantes de los asentamientos irregulares. Para ello, en algunos casos puntuales, ya que el destino de financiamiento mayor es para infraestructura urbana, la construcción de nuevas viviendas para los realojados es la forma de viabilizar la mejora en infraestructura. El PMB se rige según su **Reglamento Operativo** (MVOTMA, 2015), que determina explícitamente las características que deben tener los asentamientos para ser elegibles para la intervención del Programa. La mayor localización de los asentamientos de país en orden de mayor a menor, según el Censo, 2011 del INE se encuentra en: Montevideo, Canelones, Paysandú y Maldonado.

Los gobiernos departamentales en función del Reglamento operativo y sus prioridades determinan un anteproyecto, con este luego se efectúa un llamado para la contratación de consultores para la definición del proyecto ejecución y la construcción del proyecto. El proyecto ejecutivo corresponde a todos los recaudos necesarios para una correcta interpretación en obra de todos los elementos que dispone el proyecto arquitectónico (graficados según norma UNIT 1208:2013).

El Programa depende del MVOTMA. En un segundo nivel se encuentra la unidad ejecutora denominada Unidad de Coordinación del Programa (UCP). Esta unidad está encargada de administrar los fondos del programa, planificar y realizar la cartera de asentamientos a ser regularizados. La planificación de la gestión se coordina con la Dirección General de Secretaría del MVOTMA e incluye la participación de otros organismos nacionales y departamentales, instituciones, empresas, organizaciones comunitarias y los pobladores de los barrios. Los sub ejecutores del componente de Mejoramiento de Barrios son las Intendencias Departamentales, mientras que los sub ejecutores del componente de recuperación de áreas degradadas es el MVOTMA a través de la DINAVI. Se vincula con el Banco de Desarrollo Interamericano (BID) que financia el programa a través de una línea de crédito a mediano plazo.

Este programa posee alcance nacional, con el requisito de ser áreas urbanas con más de 7.000 habitantes.

Los requisitos exigidos para solicitar la intervención del Programa en un área urbana son los siguientes (Reglamento Operativo [6]):

- Asentamientos que no ocupen áreas de reserva ecológica, preservación ambiental o patrimonio arqueológico.
- Asentamientos que no estén localizados en zonas de riesgo ante desastres naturales o riesgos antrópicos, o en zonas que presenten niveles irreversibles de contaminación de suelos, aguas, aire u otros pasivos ambientales.
- El asentamiento pueda ser regularizable en su emplazamiento actual.
- Terrenos que no se encuentren en litigio judicial.
- Los sub ejecutores otorguen prueba legal de que es factible titular a favor de los residentes de los asentamientos.

Como es posible observar en los objetivos generales del programa, el mismo posee un carácter urbanístico, por lo que su accionar trasciende el ámbito específico de la vivienda. De esta forma, el Reglamento Operativo del programa[6] permite rubros elegibles para financiamiento en los proyectos de mejoramiento de barrios en las siguientes dimensiones: i) agua potable, ii) alcantarillado sanitario, iii) drenaje pluvial, iv) vialidad, v) redes de electricidad y alumbrado, vi) realojos, vii) baños y conexiones internas de saneamiento, viii) protección o mejoramiento ambiental, ix) equipamiento social y comunitario, x) desarrollo barrial, xi) regularización de la propiedad y xii) formulación del proyecto.

El vínculo con la población es de tipo colectivo-activo. Se considera así porque se trata de un programa dinámico, que atiende las necesidades identificadas en asentamientos, que pueden ser muchas y diversas de acuerdo al lugar. No sólo se ocupa de casos puntuales sino que el programa interviene en la infraestructura urbanística de los barrios. Los vecinos son considerados como el “principal contralor” de las actividades realizadas en el marco de este programa, que apunta a transformaciones de carácter comunitario, promoviendo la autonomía de la organización barrial.

El programa no presenta, de forma explícita, una política de eficiencia energética.

### **Programa de adquisición de vivienda construída por el MVOTMA**

El programa de adquisición de vivienda construída por el MVOTMA tiene como principal objetivo contribuir “a desacelerar y aportar dispositivos concretos

para revertir la fragmentación socio-territorial, en tanto es el programa que más ha promovido la densificación de las áreas consolidadas de la ciudad” [6]. Para ello el programa facilita la compra de vivienda nueva, construida por el MVOTMA, de 2, 3 y 4 dormitorios en diferentes territorios del país, poseyendo alcance nacional. Este programa está dirigido a familias con al menos un menor a cargo y/o persona con discapacidad, que cuenten con ahorro previo y la capacidad de pagar una cuota mensual.

El organismo encargado de la ejecución del programa es la ANV, dependiente del MVOTMA. Siendo parte del Plan de Rehabilitación y Consolidación Urbano – Territorial.

Su operativa consiste básicamente en la generación de oferta de parte del MVOTMA de vivienda nueva en zonas consolidadas de la ciudad en los diferentes territorios del país. Las personas interesadas en esta oferta, que cumplan con los requisitos, pueden anotarse para ser parte del sorteo que definirá a los futuros usuarios de la política. Luego, en función de las capacidades económicas de los beneficiados y la composición de su hogar, se define una cuota a pagar por la vivienda. Esto implica, desde la perspectiva utilizada para analizar el vínculo con la población, una relación de tipo individual – pasiva. La oferta se genera de forma exógena a la comunidad, que luego, de forma individual puede manifestar su interés y alcanzar la política.

El programa no presenta, explícitamente, una política específica de eficiencia energética.

### **Soluciones habitacionales para pasivos**

El programa de soluciones habitacionales para pasivos también es parte del Plan de Rehabilitación y Consolidación Urbano – Territorial. Su objetivo general es mejorar la situación habitacional y calidad de vida de jubilados y pensionistas de menores recursos, que perciban entre 12 y 24 UR, su población objetivo.

El programa ofrece diferentes tipos de soluciones habitacionales [32]:

- Viviendas construidas por el MVOTMA, que el BPS otorga en calidad de usufructo
- Subsidio de alquiler, que habilita al beneficiario a obtener una vivienda por medio de un sistema de alquiler, el que se paga a través de la Contaduría General de la Nación.
- Por convenio con el Fondo para la Erradicación de la Vivienda Rural Insalubre (MEVIR), se asignan arrendamientos de viviendas desocupadas y en buen estado de ese programa.

- “Cupo cama” son una alternativa planteada para los beneficiarios con deficiencia física y mental, los que se pueden albergar en Hogares de Ancianos en convenio con el BPS.

El organismo encargado de este programa es la DINAVI, bajo la órbita del MVOTMA. Se lleva adelante con el Banco de Previsión Social (BPS). Este es el encargado de realizar la inscripción, selección y adjudicación de Soluciones Habitacionales y la administración de las viviendas construidas por el MVOTMA para jubilados y pensionistas. Es de alcance nacional.

El vínculo establecido con la población es de tipo individual-pasivo, la política es adjudicada a los pasivos cuyas características coincidan con los requerimientos del programa, no participando éstos en la elaboración o implementación de la política. Existen soluciones habitacionales con exigencia de una contrapartida como “subsidio al alquiler” y otras sin contrapartidas como las “viviendas para uso y goce”.

El programa no especifica medidas de eficiencia energética.

### **Préstamos para la compra de vivienda usada**

También dentro del Plan de Rehabilitación y Consolidación Urbano – Territorial se encuentran los préstamos para la compra de vivienda usada. El objetivo general de este programa es poner al alcance de las familias soluciones habitacionales ya disponibles en el mercado.

Para cumplir este objetivo se realizan préstamos que surgen del Fondo Nacional de Vivienda y Urbanización (FONAVI)<sup>8</sup> o a través de convenios con el BHU y el BROU. Estas instituciones otorgan créditos hipotecarios para la adquisición de viviendas en el mercado, y el MVOTMA otorga un subsidio de capital a las familias, disminuyendo el monto del préstamo a ser solicitado. Es dirigido desde la Agencia Nacional de Vivienda (ANV).

El programa está dirigido a familias con o sin menores a cargo que cuenten con un ahorro previo y tengan capacidad de pagar una cuota mensual. El vínculo generado con la población es de tipo individual – pasivo en la medida en que la oferta de vivienda existe de forma independiente del programa y los requisitos son preestablecidos de antemano.

En la medida en que la oferta es generada por el mercado, no existen políticas específicas desde el programa para la eficiencia energética.

---

<sup>8</sup>Ley N° 16.237/Art. 81



## **Autoconstrucción en terreno privado**

Este programa busca ofrecer soluciones habitacionales a través de brindar la posibilidad de construir en un terreno propio o cedido con ayuda financiera y asistencia técnica del MVOTMA. El mismo también es parte del Plan de Rehabilitación y Consolidación Urbano – Territorial.

La modalidad básicamente implica el otorgamiento de un préstamo de hasta 230.000 Unidades Indexadas a pagar en 15 años y con posibilidad de subsidio de la cuota. A su vez, el Ministerio asegura la asistencia de un equipo técnico (capataz de obra, arquitecto y trabajador social) para acompañar y capacitar a la familia durante el proceso.

Si bien el alcance de este programa es nacional estuvo especialmente pensado para el caso de las familias del interior del país, donde el acceso al suelo es más fácil en la medida en que su valor monetario tiende a ser más bajo.

El programa se gestiona desde el MVOTMA en coordinación con las Intendencias Departamentales. Estas últimas pueden ser receptoras de propuestas de autoconstrucción locales, las cuales se derivan al MVOTMA. También pueden ceder terreno para la autoconstrucción. El tipo de vínculo que se establece con la población es individual – activo. Son los núcleos familiares los que toman la iniciativa del proyecto y los que se ven beneficiados por la política.

Este programa no cuenta una propuesta específica de eficiencia energética.

## **Convenios con Intendencias Departamentales**

Los convenios con las intendencias departamentales son también parte del Plan de Rehabilitación y Consolidación Urbano – Territorial. Estos convenios parten de la base del lugar privilegiado que ocupan las intendencias como conectoras de la población y el territorio que gestionan.

Estos convenios pueden tomar diferentes formas y asociarse con diferentes programas. El objetivo central es generar sinergias entre las intendencias y el MVOTMA que conlleven a una mejor utilización de los recursos disponibles para la aplicación de soluciones habitacionales.

Este funcionamiento implica que esta política no tiene una forma específica de vínculo con la población ya que puede hacerlo desde diferentes programas y con diferentes estrategias. A modo de ejemplo, una Intendencia, en convenio con MVOTMA, puede ceder terreno para la realización de una cooperativa de vivienda. Por otro lado, como ejemplo radicalmente diferente, una intendencia puede asesorar y apoyar a una familia para la autoconstrucción con recursos del MVOTMA.

Considerando este tipo de funcionamiento, es claro que este tipo de política no posee una estrategia específica de eficiencia energética.

## **Regularizaciones de tenencia y re – adjudicaciones de núcleos básicos evolutivos**

Según es indicado en el Plan Quinquenal de Vivienda 2015-2019 (MVOTMA, 2015), en el país aún existe una serie importante de soluciones habitacionales que fueron adjudicadas a diferentes familias pero que cuyo marco legal no llegó a concretarse o posee ciertas falencias.

“Entre los años 2010 y 2014 se han realizado un total de 1253 escrituraciones en varios departamentos del país, alcanzando a familias cuyos complejos datan de los años 2000, por lo cual implica alcanzar certeza jurídica y seguridad a familias cuya situación irregular llevaba quince años o más”. [6]

Las regularizaciones se llevan a cabo en coordinación con diferentes instituciones y programas del Estado, como pueden ser las Intendencias Municipales o programas como el PMB. En este sentido, el vínculo con la institución puede variar de tipo, según cómo se realice el acercamiento inicial con el usuario final del servicio.

Por su parte, se trata de un proceso legal, por lo cual no posee una estrategia de eficiencia energética específica

## **Sistemas constructivos no tradicionales (SCNT)**

El programa de sistemas constructivos no tradicionales es parte del Plan de Rehabilitación y Consolidación Urbano – Territorial. Su objetivo central es promover la incorporación de tecnologías innovadoras para la construcción de viviendas, a través de componentes y/o sistemas constructivos no tradicionales. Este proyecto se lleva a cabo en la órbita del MVOTMA. Como sub-organismo se creó una Comisión Evaluadora integrada por diversas organizaciones de la sociedad civil: ANV, Universidad de la República, LATU, Cámara y Liga de la Construcción y Cámara de Industria. Esta se ocupa de asegurar la adecuación de los SCNT, constituyendo un protocolo con indicadores de comportamiento exigibles a los mismos, y un procedimiento para la evaluación de cada sistema, que culmina en la obtención de un Documento de Aptitud Técnica (DAT).

Esta política, entonces, no desarrolla realmente vivienda nueva, sino que busca que, a través de la innovación en los sistemas de construcción sea posible generar vivienda nueva con una mayor amalgama de recursos. Por esta misma razón, la política no posee un vínculo con una población en concreta, usuaria de la vivienda, ni tampoco tiene una política única de eficiencia energética.

## **Programas prioritarios**

Este programa, emerge de forma no prevista en el marco del Plan Quinquenal 2010 – 2014. El mismo surge de la participación del MVOTMA en el gabinete de

políticas sociales. En este contexto, la idea principal que atraviesa la mirada sobre las políticas sociales orientadas a la población más vulnerable es su naturaleza multidimensional. Esto implica la ineffectividad de las políticas unidimensionales y sectorizadas (ya sea en vivienda, monetarias, asistencia laboral, etc.). De esta forma se busca generar una mejor participación interinstitucional y el MVOTMA se acerca a ciertos programas:

“El MVOTMA participa en Uruguay Crece Contigo, Cercanías y Jóvenes en Red, implementando diversas acciones tendientes a mejorar las condiciones habitacionales de la población atendida. Se definió una metodología de actuación que implicó visita e intercambio inicial conjunto (arquitecto/a, técnico social, equipo de proximidad) con la familia, que significó el acercamiento a la realidad de la precariedad para elaborar una mejora in situ acorde a esa situación (mitigación). Hubo que apelar a diversas herramientas para dar respuesta a esta demanda particularizada y dispersa, para la que la institución no estaba preparada.” [6].

El MVOTMA entonces, participa en conjunto en estos programas generando soluciones in situ, es decir, específicas para el caso.

Esto implica una diversidad de soluciones que no permite generar una única tipología de relacionamiento con la población ni de eficiencia energética.

## **Plan nuevas urbanizaciones**

El plan nuevas urbanizaciones busca “posibilitar la localización de vivienda de interés social en el marco de los planes de ordenamiento territorial de las distintas localidades, y asegurar a las mismas, mediante acuerdos interinstitucionales, los servicios de infraestructura necesarios para la habitación.” [6].

En este sentido la Cartera de Inmuebles para Viviendas de Interés Social (CIVIS) juega un papel crucial. La misma se crea con la ley 18.362 del 2008. A través de la misma el MVOTMA podrá adquirir inmuebles aptos para la construcción de vivienda y servicios habitacionales, dentro de su plan quinquenal y/o programas anuales.

Desde la CIVIS el MVOTMA pone a disposición los inmuebles para los diferentes programas en existencia. De esta forma el plan no produce directamente vivienda sino que lo hace en coordinación con otros programas.

A través de la coordinación con UTE y OSE también garantiza que estos inmuebles cedidos cumplan con los servicios básicos para su habitabilidad.

Por sus características el programa no posee un vínculo específico con la población, en la medida en que se vincula específicamente con otros programas en coordinación interinstitucional e inter programática.

Tampoco posee una estrategia específica de eficiencia energética.

## **Política Nacional de Alquileres de Viviendas de Interés Social**

El objetivo central de esa política pasa por garantizar el acceso y la permanencia de una solución habitacional en el mercado de arrendamientos, de acuerdo a la capacidad de pago de los hogares, en viviendas de interés social.

Básicamente existen tres mecanismos, desde este proyecto, para lograr dicho objetivo:

1. A través de la promoción de garantías de alquiler de alcance nacional dirigidas a familias, hogares unipersonales y grupos de jóvenes.
2. A través de garantías de alquiler con subsidio en convenio con otras instituciones del Estado dirigida a hogares que requieren una solución habitacional transitoria, por su condición socio - económica, de género o etaria.
3. Impulsando a la inversión privada de vivienda para alquiler.

Para los dos primeros puntos existen una serie de acuerdos interinstitucionales con diferentes y programas (Ministerio de Economía y Finanzas, ANV, Fondos de Garantía de Alquiler, Plan Jóvenes, etc.).

Para el tercer punto a través de la ley 18.795 se establecen mayores beneficios fiscales a quienes construyan viviendas con ese objetivo.

Dada sus características el proyecto no establece un vínculo específico con la población, ni posee un plan particular de eficiencia energética.

## **Plan Juntos**

Su objetivo general pasa por hacer efectivo el derecho de la población más vulnerable, a una calidad de vida y hábitat dignos, imaginando y construyendo participativa y solidariamente un mejor futuro. Trabajar en las áreas territoriales críticas con un enfoque colectivo y atender las necesidades de refacciones y mejoras de vivienda que se presentan en forma dispersa.

Para ello el Plan Juntos se ejecuta mediante las siguientes líneas de acción (Ley 18.829):

- Líneas de acción en vivienda y hábitat:
  - Mejora del hábitat existente
  - Apoyo a la generación de nueva oferta para el hábitat
- Líneas de acción en políticas sociales
  - Promoción y apoyo a la gestión social participativa
  - Apoyo a programas de inserción laboral
  - Apoyo a la ampliación de cobertura y acceso a las políticas sociales

En el marco del MVOTMA, el plan es llevado adelante por el Sistema Público de Vivienda (DINAVI, ANV, BHU y MEVIR). Es financiado por el Fondo Nacional de Vivienda, que le asigna un presupuesto anual determinado. La administración de este se lleva adelante a través del fideicomiso a cargo de la Corporación Nacional para el Desarrollo. En su comienzo fue creado como un proyecto separado del MVOTMA a cargo de un órgano desconcentrado de Presidencia de la República (Unidad Operativa Central del Plan Juntos). En el contexto de integración a la institucionalidad del MVOTMA se pretende orientar el proyecto a la solución de la demanda dispersa en situaciones de irregularidad y especial vulnerabilidad habitacional.

En lo que refiere al vínculo con la población atendida se trata de una política de enfoque colectivo-activo. En este programa se hace énfasis en la organización de grupos y familias en situación de pobreza en la ayuda mutua y la autoconstrucción. La reglamentación prioriza la participación de la población objetivo en todas las etapas del proceso de diagnóstico de la situación, identificación de prioridades, diseño de proyectos, toma de decisiones, ejecución y evaluación de obras, entre otras. En este sentido, la intervención es particular para cada área crítica intervenida y se prioriza el enfoque colectivo de la intervención promoviendo y apoyando la gestión social participativa.

El programa no posee una política específica en materia de eficiencia energética.

### **Movimiento de Erradicación de la Vivienda Insalubre Rural (MEVIR)**

MEVIR es un organismo público no estatal, creado en 1967. En principio, su objetivo original estuvo en erradicar la vivienda insalubre existente entre el asalariado rural. Paulatinamente, MEVIR fue ampliando este proyecto, con el objetivo de contribuir a la construcción de un hábitat sostenible para la población que vive y/o trabaja en el medio rural. Este concepto de hábitat es un concepto amplio que incluye los elementos relacionados con la vivienda, el territorio, lo ambiental, social, y productivo.

Su misión y visión está disponible en su página web<sup>9</sup>, y se cita a continuación:

**“Misión:** Trabajar para asegurar que la población rural, prioritariamente la que se encuentra en estado de vulnerabilidad, pueda ejercer su Derecho a la vivienda de calidad, haciendo un adecuado uso de los recursos destinados por la sociedad, en el marco de las políticas de desarrollo integral (productivo, social, ambiental, territorial)”.

**“Visión:** Contribuir al desarrollo integral del país, siendo protagonista: planificando, ejecutando, evaluando e innovando desde la dimensión habitacional en la construcción del territorio rural sostenible”.

---

<sup>9</sup><http://www.mevir.org.uy/index.php/institucional/sobre-mevir/item/2-mision-y-vision>

La mayoría de sus fondos para la construcción de vivienda provienen del Fondo Nacional de Vivienda y Urbanismo (FNVyU), el resto son de partidas especiales del Plan Nacional de Vivienda y del aporte en horas de trabajo y cuotas mensuales realizadas directamente por las familias beneficiarias de las viviendas.

Su población objetivo es aquella con bajos recursos que habita en el medio rural. MEVIR contribuye a la mejora de la calidad de vida de su población objetivo dedicándose a la construcción de barrios cercanos a poblados del interior del país, lo que muchas veces ha contribuido a la expansión de esos pueblos. También, de forma más reciente, ha tenido líneas de apoyo a la mejora de la vivienda productiva rural. Cabe destacar que a partir de la LUC, se amplía el rango de acción de MEVIR a las localidades de hasta 15.000 habitantes.

El tipo de relación que establece con la población es de tipo colectiva – activa. Los trabajos de autoconstrucción se realizan de forma comunitaria en los diferentes proyectos, que no sólo incluyen la solución habitacional sino que busca, además, construir comunidad, incluyendo en los diferentes proyectos centros comunales y espacios que promuevan el desarrollo social local.

El proyecto no presenta una política de eficiencia energética específica.

## **Sistema Público de Financiación de Vivienda**

Este programa busca facilitar el acceso a la vivienda a través del otorgamiento de créditos hipotecarios por medio de diversos programas: “Yo ahorro”, “Yo ahorro joven”, etc. Básicamente se encuentra orientada a población en general que se encuentre interesada en financiar viviendas a adquirir.

Este programa es financiado por el Banco Hipotecario del Uruguay (BHU), cuya financiación depende del Banco Central del Uruguay (BCU). Se vincula con los organismos conformantes del Sistema Público de Vivienda (SPV): DINAVI, ANV, MEVIR, entre otros.

El vínculo establecido con la población es de tipo individual – pasivo. Los usuarios pueden beneficiarse de una política pre establecida que afecta al individuo que está interesado en financiar su vivienda.

En la medida en que la compra es en el mercado, no existe una política específica de eficiencia energética.

## **Viviendas Populares**

El programa de Viviendas Populares es el único plan de los reseñados que no es parte del Plan Quinquenal de Vivienda, por ser parte, específicamente, del Plan de Ordenamiento Territorial de Montevideo.

El objetivo central es facilitar el acceso a la vivienda a través del acceso a planos de construcción para vivienda popular. La población objetivo son aquellas

familias con ingresos medios y bajos. Los planos pueden responder a<sup>10</sup>:

- La construcción de una vivienda nueva.
- Construcción de una segunda vivienda cuando el predio tenga dos o más propietarios o que la segunda vivienda sea habitada por familiares directos (padres, hijos o hermanos) del propietario del solar.
- Ampliación de vivienda aprovechando construcciones existentes.

En general, todas las intendencias tienen algún tipo de plan específico que no requiere la coordinación con el MVOTMA y que busca solucionar demandas locales. Claramente es imposible, en esta investigación, reseñar cada una de estas respuestas, que en muchos casos implican soluciones ad hoc. En esta investigación se trabajará con el caso de las viviendas populares dependientes de la IM.

Estas dependen de la Intendencia de Montevideo, la cual trabaja de forma coordinado con UTE y OSE para la instalación de sus servicios. Puede aplicarse en cualquier zona del Departamento de Montevideo, con exclusión de las áreas definidas en el Plan Montevideo (Decreto N° 28.242 y modificativos) como área central, área costera, áreas bajo régimen patrimonial, las centralidades y estructuradores viales. La Intendencia podrá autorizar la implantación en alguna de las zonas excluidas, si previo estudio de implantación urbana lo considere pertinente, previa anuencia de la Junta Departamental.

El vínculo con la población se considera individual-activo, ya que los usuarios son solicitantes del mismo a cambio del pago de un monto determinado y el cumplimiento de ciertos requisitos preestablecidos (el terreno a construir la vivienda es el único inmueble del usuario, el terreno está ubicada en ciertas zonas de Montevideo y un ingreso entre 38 y 70 UR), una vez obtenido los permisos son los propios usuarios los que gestionan la obra, supervisados en ciertas instancias fundamentales por los técnicos de la IM.

El programa no posee una política específica de eficiencia energética.

### 3.1.4. Análisis general – Conclusiones

A continuación, en base a la información recabada y las entrevistas con informantes calificados se realiza un resumen general de las políticas desarrolladas.

En primer lugar cabe destacar la variedad de políticas de vivienda que existen en el Uruguay hoy día. En este sentido, la política ha intentado garantizar derechos para toda la población tanto desarrollando políticas universales, destinadas a toda la población, como focalizadas, orientadas a poblaciones específicas, en general aquellas en situación de mayor vulnerabilidad [33].

---

<sup>10</sup>[http://www.construye.montevideo.gub.uy/vivienda\\_popular.html](http://www.construye.montevideo.gub.uy/vivienda_popular.html)

La diversificación de las políticas tiene como cara positiva la posibilidad de alcanzar a mayor población y de hacerlo de forma más eficiente, cuando logra solucionar problemas que son específicos. La contracara es la descoordinación y superposición de políticas y programas que pueden llevar a la pérdida de la mencionada eficiencia. El MVOTMA no parece ser ajeno a esta problemática latente a la política pública en general. Por eso, buena parte de sus esfuerzos, desde el Plan Quinquenal 2010 – 2014 ha pasado por lograr la mejor articulación interinstitucional. Varios de los programas reseñados están orientados específicamente a esto.

De todos modos, la toma de decisiones en los diferentes programas no siempre es clara ni fácil de rastrear. En esta investigación se deja claro que instituciones participan y en qué nivel jerárquico se encuentra cada una (ver archivo anexo: **(Repertorio.xlsx)**), pero los procesos organizacionales pueden ser más complejos.

En lo que refiere a la localización de estos programas se puede ver una alta diversidad en dos niveles diferentes: sobre la aplicación y sobre la solución. Sobre la aplicación refiere a los territorios que buscan solucionarse habitacionalmente, aquellos que presentan algún tipo de necesidad o déficit que requiere ser atendido. La solución refiere al lugar que ocupará la población atendida por la política una vez beneficiada.

Es así que existen políticas orientadas tanto a la población rural como la población urbana, en las diferentes regiones del país. El papel y la coordinación con las intendencias es clave en este sentido.

En muchos casos la solución implica la propia refacción de la vivienda o uso del mismo territorio mientras que en otras ocasiones puede implicar la relocalización.

A nivel de objetivos es posible observar la misma diversidad. Como se desarrolló antes, es posible notar que las políticas intentan alcanzar diferentes territorios, poblaciones y también objetivos. Es así que existen políticas que buscan ampliar la oferta, que buscan facilitar el acceso a la oferta privada, que intentan el desarrollo de la vivienda por parte de la comunidad (autoconstrucción, MEVIR, cooperativas) como también soluciones habitacionales directamente gestionadas por el Estado para aquella población con mayores dificultades para tomar una posición activa.

Todos los programas se encuentran inscriptos en una institucionalidad clara, accesible y de público acceso. Se adjunta un archivo **(Repertorio.xlsx)** donde se resumen todos los planes y programas, incluyendo información sobre los organismos, georeferencia, financiación, objetivos, tipo de vinculo con la población, población objetivo, etc.



## 3.2. Criterios de diseño establecidos en los Programas de Vivienda

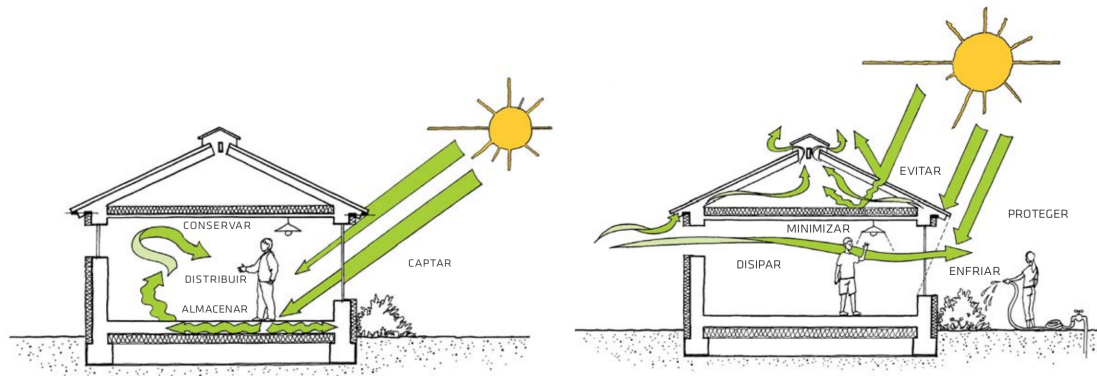
Las pautas en los diseños actúan directamente sobre la demanda energética y determinan en buena parte del consumo final de energía que tendrá una vivienda. Al trabajar con la demanda energética de los edificios, lo importante es alcanzar condiciones mínimas de confort térmicas, lumínicas y acústicas al interior del mismo, con un uso racional de la energía disponible. La incorporación de pautas de diseño bioclimáticas aplicadas a edificios, dan respuesta a los procesos locales, zona climática y estilos de vida propios del medio donde se implanta el proyecto.

El clima de Uruguay es templado húmedo, **Cfa**, según la clasificación **climática de Köppen (1936)**. Esto supone: *C*, que el mes más frío tiene una temperatura que varía entre los 18°C y los -3°C y la media del mes más caluroso supera los 10°C; *f*, no existe una estación seca es decir que llueve todo el año y *a*, la temperatura media del mes más cálido es superior a los 22°C. Existen dos períodos bien diferenciados, que se pueden separar en función de la temperatura media exterior, es así que para temperaturas por debajo de los 19°C, estaríamos en un período frío y mientras que si las medias exteriores están por encima de los 19°C, nos encontraríamos en el período caluroso. Esta subdivisión asociada a la clasificación climática permiten obtener estrategias de diseño pasivo para aumentar las horas de confort térmico en el interior de los locales. Además de esto se debe aclarar que existen microclimas locales que en esta investigación no serán considerados dado que no es posible generalizar, pero estos deben ser considerados a la hora de diseñar un edificio.

Las estrategias que mejor responden al clima templado húmedo son las que en período caluroso primeramente eviten ganar energía y aumenten sus pérdidas, y que en el período frío permitan disminuir las pérdidas de energía para luego aumentar las ganancias de calor. Las principales herramientas de diseño son la posición y orientación del edificio, su forma y la composición de la envolvente.

Por lo tanto, para el **período frío**, la estrategia de diseño de la vivienda debe incluir una **masa térmica aislada** (ver porcentaje de carta bioclimática, Tabla 2.7 y Figura 3.1a). Es decir disponer de una envolvente térmica cuya transmitancia sea baja ( $< 0,85W/m^2K$ ) y poder ganar energía a través de una adecuada orientación de los cerramientos vidriados. Para este último punto, es recomendable que la implantación de las viviendas, sobretudo al sur del Río Negro, deberían contener algo de componente Norte, es decir NE, NO o N en la orientación de su envolvente vidriada. Por lo tanto, asumiendo el criterio de tener el máximo acceso al sol para períodos fríos del año, la mejor decisión es que el eje mayor de la vivienda sea este-oeste. De este modo, se diseñan ventanas de mayor tamaño para el norte que para el sur. La Figura 3.2 muestra orientaciones recomendadas para la vivienda

con diferentes grados de aceptación (el eje mayor de la vivienda, representado por flechas anchas es el que se gira en torno al centro del diagrama) [17].



(a) Masa térmica aislada.

(b) Aislación, protección solar y ventilación cruzada.

Figura 3.1: Estrategias generales para período frío (a) y caluroso (b) [17].

En lo que refiere al **período caluroso**, la primer estrategia de diseño será **no ganar energía**, para ello deben contar con una adecuada protección solar (árboles, aleros, venecianas, postigones, cortinas, etc.) y un diseño de cerramiento vidriado (son aquellos que cuentan con un material transparente o translúcido; una protección solar y una sistema de marcos), eficiente desde el punto de vista térmico y lumínico. Como la altura y la posición del sol es cambiante durante todo el día se tiene que estudiar la orientación de la vivienda y sobretodo analizar los cerramientos vidriados y elegir la protección solar que mejor se adapte a ella. En el período caluroso se debe minimizar el ingreso de la energía solar directa incidente, pero se debe dejar pasar en el período frío. Por todo lo expuesto serán mejores las protecciones exteriores móviles.

La segunda estrategia, para el **período caluroso** sería **aumentar las pérdidas** a través de un adecuado diseño de la **ventilación natural**. Esto último supone que es mejor disponer de ventilación cruzada (dispone de ventanas en dos o más paredes en el local) que contar con ventilación unilateral (ventana en un solo local). Estas estrategias se representan en la Figura 3.1b.

En este apartado, para analizar los criterios que se establecen en los programas de vivienda social seleccionados, se analizarán los recaudos gráficos (planos y memorias constructivas) que se exigen como requisitos para el diseño de las viviendas. En esta primera instancia se analizan solo las estrategias pasivas de energía, es decir las que no suponen una adición complementaria de energía (por ejemplo biomasa, solar térmica o eléctrica).

Primeramente se analiza la **envolvente** que es la “piel” que protege a la vi-

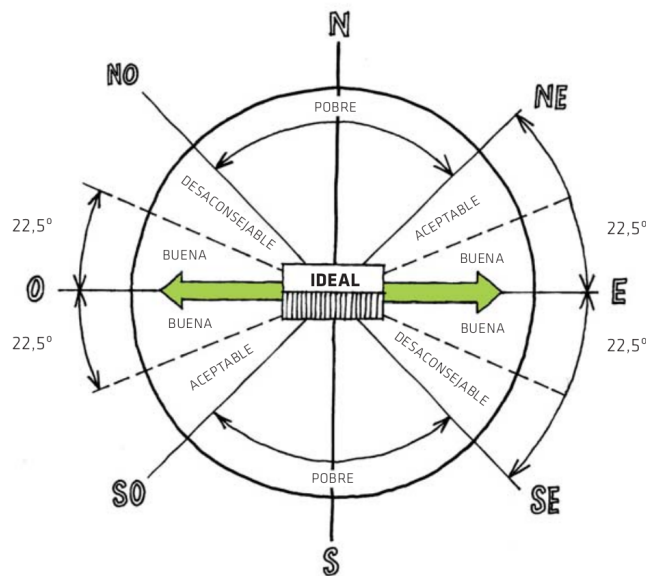


Figura 3.2: Diagrama de recomendación de orientación del eje mayor de la vivienda [17].

vienda de la temperatura, aire y humedad exteriores, es decir el elemento físico que separa interior y exterior. El adecuado diseño de la envolvente: muros exteriores, piso, y techo; permite mejorar el confort interior de sus ocupantes y, a la vez, optimizar el ahorro de energía. Para analizar la envolvente se separa a los cerramientos opacos y los transparentes o vidriados, ya que su comportamiento ante la radiación solar incidente es diferente. Los cerramientos transparentes son capaces de dejar pasar la mayor parte de la radiación solar. En cambio, para los cerramientos opacos, la transferencia de calor al interior de la vivienda, debida a la radiación solar, depende de la **absortividad**<sup>11</sup> **del sistema** constructivo. Mientras mayor sea la absorción del material, mayor será la captación de calor. Por otro lado, es importante poder cuantificar las pérdidas (o ganancias) de calor por convección y conducción. Para esto se debe conocer la transmitancia térmica, que es la cantidad de energía que se transfiere, por unidad de tiempo y de superficie de un elemento constructivo de caras paralelas, cuando entre dichas caras hay un gradiente de temperatura, de los cerramientos opacos y transparentes. Cuanto menor es la transmitancia térmica, menor es la transferencia de calor entre los ambientes.

Si ahora analizamos el comportamiento de los cerramientos vidriados ante la radiación solar, deberíamos conocer el Factor Solar ( $F_s$ ), el cual cuantifica la energía transferida hacia el interior del edificio respecto de la energía solar incidente. Tam-

<sup>11</sup>La absortividad depende del material, donde puede variar desde 0,15 para un material muy reflectivo, hasta 0,8 para un hormigón de varios años.

bién es necesario conocer la transmitancia térmica del vidrio para cuantificar cómo se comporta ante las pérdidas o ganancias de calor.

El análisis de los criterios de diseño de las tipologías comienza por la envolvente opaca, evaluando materiales y espesores, para luego analizar los cerramientos vidriados. Posteriormente se verifica si existen protecciones solares y la orientación respecto al recorrido del sol que tienen los cerramientos vidriados. Por último se analiza las estrategias de ventilación natural utilizadas.

Dentro de los cuatro programas se seleccionaron en todos los casos: viviendas de tres dormitorios, con estar, cocina y baño. Estos casos se repiten en varios de los conjuntos realizados por los programas, por lo que puede entenderse como modelos futuros de diseño para mejorar su eficiencia energética.

### **3.2.1. Movimiento de Erradicación de la Vivienda Rural (MEVIR)**

MEVIR selecciona familias beneficiarias y realiza el proyecto ejecutivo de las viviendas (estructura, albañilería, sanitaria y eléctrica) e infraestructura (agua potable, saneamiento y vialidad pluviales). Presupuesta la obra y construye las viviendas con obreros de MEVIR y mano de obra de las familias. Se utiliza el mismo diseño arquitectónico en todo el país, ya que MEVIR construye con todo los gobiernos departamentales. Es decir que no hay diferencias significativas si se coloca en Salto o en Montevideo, lo que indica es que se usan las mismas estrategias de diseño, independiente del contexto en el que se encuentre el proyecto. Como ya se mostró en el capítulo de análisis de la normativa departamental existente (sección 2.4.2), los requerimientos son diversos en materia de higiene de la vivienda para cada Gobierno Departamental, se analizan a la luz de la normativa de mayor exigencia que es la de Montevideo. Es preciso mencionar también que dentro de cada conjunto MEVIR la orientación de las viviendas queda determinada por la orientación de las calles, es decir que una misma tipología es utilizada en todas las orientaciones.

Para el análisis de esta investigación se toman los recaudos para la construcción de viviendas MEVIR de la tipología “Tambores” construida en la localidad de Soca, Canelones. Es una vivienda de tres dormitorios de 65 m<sup>2</sup> (Figura 3.3).

#### **Envolvente**

Respecto a los muros exteriores de acuerdo a la memoria constructiva, descriptiva y general de vivienda: “Serán de ladrillo de campo de 0.12m de espesor con cámara de aire de 3 cm y aplacado de ladrillo espejo exterior. Las caras exteriores e interiores serán bolseadas a medida que se levantan las hiladas.” “...Antes de aplacar se impermeabilizarán todas las caras exteriores de los muros con revoque

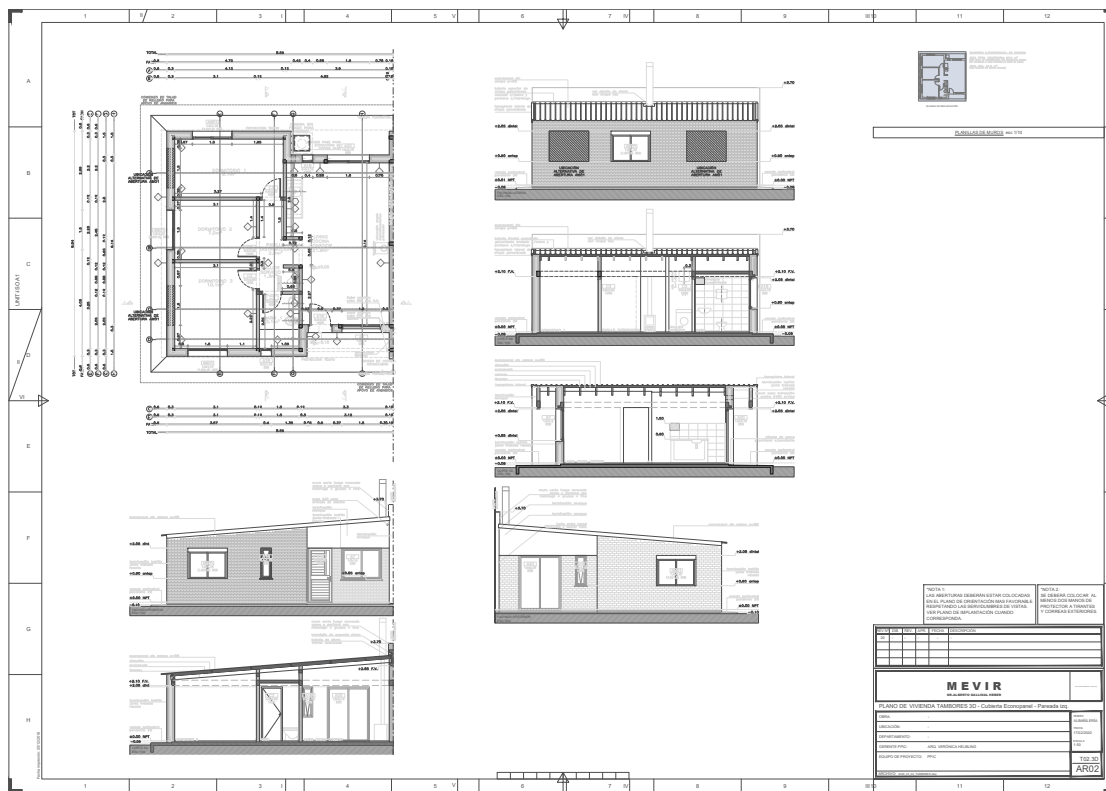


Figura 3.3: Planos de planta y cortes de MEVIR. Tipología Tambores

hidrofugado y emulsión asfáltica.” Esto indica que el valor de transmitancia media utilizado es de  $0.67 \text{ W/m}^2\text{K}$ , y una  $CT$  de  $203 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ . En cuanto a la transferencias de calor por radiación. La absortividad de los materiales propuestos es elevada, tanto en longitudes de onda corta (radiación solar) como en longitudes de onda larga.

En lo que refiere a las soluciones adoptadas para el cerramiento horizontal, existen dos soluciones en el diseño de estas viviendas. La más utilizada se compone de “chapa galvanizada calibre 24 Econopanel o Chapanel. La estructura se realizará con tirantes de madera laminada de 2”x4” y clavadores de 2”x2”. La aislación térmica es de lana de vidrio con foil de aluminio de 50 mm de espesor. El cielorraso será de compensado de OSB y una mano de protector para maderas por debajo.”. Lo primero que hay que analizar es que no se define un espesor de aislante en la memoria constructiva y descriptiva del sistema, esto es determinante en la transmitancia final. En el diseño del corte integral del techo se indica que el espesor del aislante es de 0,038m, por lo que la  $U$  es  $0,72 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

La otra opción para cerramiento horizontal “es el panel térmico y auto estructural de alta calidad, compuesto de dos láminas de acero galvanizado y zincado con

recubrimiento final de alta calidad de pintura poliéster y con núcleo de poliestireno expandido (espumaplast) tipo II (16-20kg/m<sup>3</sup>)”.

Para el diseño del suelo, la memoria indica: “Pisos interiores: Contrapiso de hormigón de cascote de 10 cms de espesor armado con malla electrosoldada de 3mm. Los pisos serán de monolítico 30x30 color arena o similar, colocado sobre una carpeta de nivelación de arena y Pórtland”; esto equivaldría a una transmitancia 3,31 W/m<sup>2</sup>K. En lo que respecta a la absortividad de los muros corresponde a la de un ladrillo bolseado es decir que para la radiación de onda corta tiene 0,74, mientras que para la radiación de onda larga 0,90.

### **Cerramientos vidriados**

De acuerdo a la memoria: “Las ventanas serán de aluminio anodizado natural serie 20.”, la elección de estos cerramientos determina tener muchas pérdidas energéticas, ya que su transmitancia es de aproximadamente 5,8 W/m<sup>2</sup>K. Por otro lado si analizamos las ganancias por radiación de este tipo de vidrio, el factor solar es de 0,83, es decir del 100 % de la energía incidente, el vidrio deja pasar al interior de los locales el 83 %.

### **Protecciones solares**

La tipología Tambores de MEVIR presenta dos aleros de 0.70 mts de largo, ubicados sobre los dos accesos a la vivienda, ambos vinculados al espacio de Estar. En la totalidad de las viviendas construidas se mantiene esta ubicación en relación al acceso, sin tomar en consideración las distintas implantaciones y orientaciones.

Los aleros responden a una condición funcional y/o estética de contar con un espacio techado exterior a la vivienda. Se puede constatar, según se aprecia en la Figura 3.4, que en las viviendas con orientación Este-Oeste los aleros no cumplen su función como protección solar, ya que durante el período caluroso las fachadas quedan expuestas a las máximas ganancias de energía. En las viviendas con orientación Norte-Sur se observa que el alero al Norte cumple su función como protección solar al evitar las ganancias por radiación solar durante parte del período caluroso (entre febrero y octubre) y a su vez permite obtener dichas ganancias en el período frío. En el caso de la orientación Sur, se puede observar que las obstrucciones se producen por la volumetría de la vivienda, en esta orientación el alero no cumple ninguna función como protección solar.

Por otro lado si analizamos en la implantación de la vivienda, en su espacio intermedio la presencia de vegetación es inexistente. Las viviendas se entregan sin la realización de acondicionamiento vegetal del espacio exterior. Asimismo, actualmente MEVIR está haciendo entrega de las viviendas con cortinas de enrollar instaladas en los dormitorios. De esta forma se cumple con los requerimientos para

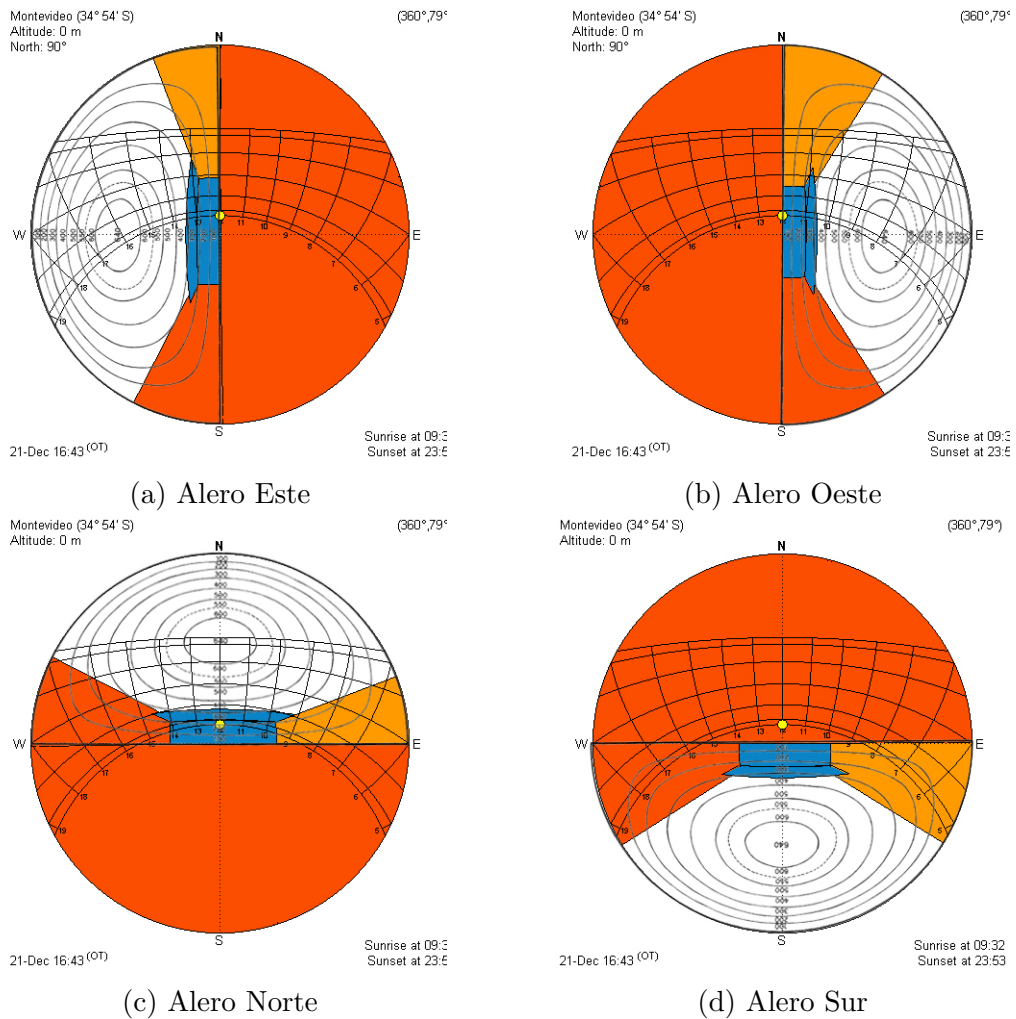


Figura 3.4: Estereografía de vivienda de MEVIR

las viviendas de interés social de la Agencia Nacional de Viviendas (ANV). Este tipo de protección exterior móvil permite las ganancias de energía en el período frío.

### Ventilación natural

Del análisis del diseño de la planta podemos observar que todos los dormitorios tienen estrategia de ventilación unilateral, mientras que solo el estar comedor tiene estrategia de ventilación cruzada. Esta última estrategia es mucho más eficiente sobretodo para aumentar las pérdidas de energía en el período caluroso.

### 3.2.2. Realojo del Programa de Mejoramiento de Barrios

Si bien a través del sitio web de Compras Estatales<sup>12</sup> se tiene acceso a información de más de 20 asentamientos con sus respectivos recaudos, se elige analizar la regularización de un asentamiento en Montevideo, por ser el que tiene mayor definición proyectual de diseño en su etapa de anteproyecto. Además, Montevideo es el departamento que cuenta con mayor cantidad de asentamientos. Para analizar el diseño se selecciona el conjunto de viviendas de realojo “El Apero”, ubicado en el noroeste del departamento. Se elige una vivienda de tres dormitorios de 77 m<sup>2</sup>. En la Figura 3.5 se presenta un plano con la planta y corte de dicha vivienda.



Figura 3.5: Planos de planta y cortes del Programa Mejoramientos de Barrios Realojo. Fuente: IdM.

Los Asentamientos El Apero, Nuevo Colón y 8 de Mayo se ubican en la periferia noreste. Más específicamente El Apero se ubica entre el Arroyo Pantanoso, las calles Av. Lezica y Lanús, siendo el más antiguo de los tres. La intervención entre MVOTMA y la IdM (Intendencia Departamental de Montevideo) tuvo por objetivos mejorar la calidad de vida de 887 personas, que vivían en estos asentamiento.

<sup>12</sup> <https://www.comprasestatales.gub.uy/consultas/>



El proyecto procuró superar los problemas de inundabilidad y contaminación y que los beneficiarios accedieran a una nueva vivienda con todos los servicios básicos (saneamiento, luz y agua potable). La intervención en esta zona implicó la limpieza y el parqueizado de la rivera del arroyo Pantanoso en este sector, la construcción de vialidad perimetral e infraestructura vial y drenajes fluviales, conexión a agua potable, saneamiento, red eléctrica y alumbrado público. La mayoría de los realojos atendió a las familias que vivían sobre el arroyo y la cañada Lezica en terrenos inundables, o en la faja de servidumbre de las torres de alta tensión.

Según la página Web del PMB, se detalla que las obras realizadas en este asentamiento fueron:

- Infraestructuras (vial y de drenajes pluviales, agua potable, saneamiento, red eléctrica y de alumbrado público).
- Limpieza y parqueizado de la ribera del Arroyo Miguelete en el sector de la intervención con construcción de vialidad perimetral (rambla).
- Reserva de suelo para la construcción de un Centro de Atención a la Primera Infancia (CAIF).
- 127 soluciones habitacionales, que incluyeron 112 viviendas nuevas para realojo en el predio del asentamiento y en nuevo predio al norte de la calle Lezica + 3 realojos fuera del barrio + 12 núcleos familiares integrados a la trama formal a través del programa Compra de Vivienda Usada + 8 lotes con servicios y canasta de materiales. Es decir que se construyeron 115 viviendas de este tipo.
- Canasta de materiales para 39 baños y construcción de 36 baños nuevos.
- Conexión al saneamiento y servicios de agua y luz de todas las viviendas.
- Fraccionamiento y titulación de los padrones ocupados por los asentamientos irregulares.

Si observamos las obras ejecutadas en El Aperó, la mayoría son de infraestructura urbana, y los realojos son en menor cantidad. El costo total de las obras según PMB, 2019 proyecto ejecutivo fue: Inversión: \$U 279,655,812,32; aporte PMB: \$U 106,948,738,93; aporte DINAVI \$U 95,223,414,00 y el aporte IdM: \$U 77,483,659,38.

Las obras adjudicadas incluyeron las siguientes licitaciones públicas (internacionales LPI y nacionales LPN): -Licitación Pública: LPI 101/13/01 adjudicada a la empresa Ciemsa S.A., para las obras de infraestructura. Monto adjudicado (incluye IVA y leyes sociales, LLSS): \$ 100.954.997,94 - Licitación LPN 512/13/01

adjudicada a la empresa Doriler S.A. para la construcción de 38 viviendas de realojo en el Espacio Lezica. Monto adjudicado (incluye IVA y LLSS): \$ 43.027.794,38 -Licitación LPN 107/14/01 adjudicada a la empresa Clemer S.A. para la construcción de viviendas de realojo en el territorio de El Aperó. Monto adjudicado (incluye IVA y LLSS): \$ 62.680.645 + Ampliación de LPN 107/14/01 adjudicada a la empresa Clemer S.A por el 100 % del monto (con financiamiento DINAVI e IdM) Total de viviendas construidas con la ampliación: 74.

### **Cerramientos Verticales**

De acuerdo a la memoria constructiva de la licitación pública para la construcción de los Realojos del Aperó, la mampostería será de doble bloque de hormigón (M01): “Los cerramientos exteriores se conformarán con 2 capas de bloques de hormigón vibrado (12x19x39cm), a junta continua mayor a 1cm de espesor, con mortero de toma Tipo F... (1 parte de mezcla gruesa; 1/20 de cemento portland), ..” en el levantamiento del muro se colocará una varilla grapa de fijación cada 1m<sup>2</sup> de muro, en espera para la segunda capa de bloques. La segunda capa se levantará bloques de hormigón vibrado (12x19x39cm), anclada a la estructura de Hormigón Armado mediante hierros en espera cada 1m. Se realizarán pilares de traba dentro de los huecos del bloque, con 2 varillas verticales no menores a 8 mm de diámetro cuya ubicación se expresa en recaudos.

En la primera hilada sobre la viga de cimentación, se colocará aislación húmeda con mortero tipo F, con adición de hidrófugo líquido en relación 1-10. Los huecos para los vanos están dimensionados según las medidas del mampuesto, previendo el amure de las aberturas con espuma de poliuretano con una holgura de 1cm en todo el perímetro. En el medio del muro se colocará un aislante térmico que según recaudos gráficos es poliestireno expandido de densidad 20kg/m<sup>3</sup>, lo que determina una transmitancia térmica del cerramiento de 0,67 W/m<sup>2</sup>K. Este diseño es mejor que el valor que se recomienda en la normativa térmica de Montevideo. En lo que respecta a la absorción de los muros corresponde a la de un bloque de hormigón es decir que para la radiación de onda corta tiene 0,7, mientras que para la radiación de onda larga 0,90, lo que significa que absorbe la mayor parte de la radiación de onda corta y onda larga.

### **Piso**

Según los detalles, los cortes y la memoria constructiva, para realizar el piso: “se efectuará limpieza del sustrato, eliminando el contenido de materia orgánica y cualquier otro material residual. Previa a su ejecución se colocarán, las canalizaciones para las diversas instalaciones de eléctrica (superplástico) y sanitaria de la vivienda. Luego de retirada la materia orgánica del suelo y/u otros materiales resi-

duales, se deberá apisonar, regar y nivelar el terreno. En este caso que se presenta con suelos expansivos, se considerará obligatorio el regado de la superficie de los mismos y la disposición de una capa de 20cm mínimo de arena sucia como base de la primera capa del contrapiso. La primera capa será de balasto o tosca apisonada, regada y nivelada para luego recibir la segunda capa de 10cm de espesor de hormigón pobre (6 partes de balasto y 1 parte de cemento portland), armado con malla electrosoldada, de acuerdo a las especificaciones presentes en los recaudos de estructura.” La transmitancia térmica de este cerramiento horizontal inferior si consideramos que se coloca un cerámico de piso será de  $3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

### **Cerramiento Horizontal**

La cubierta de estas viviendas es liviana y tendrá una transmitancia de  $0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$ , su capacidad térmica, CT es de  $54 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ . Específicamente la memoria señala “Será una cubierta liviana conformada por isopaneles autoportantes de chapa en ambas caras adheridas a presión a una placa de espuma plast de 15cm de espesor, colocadas con la pendiente indicada en planos”. El valor de transmitancia es casi cuatro veces más bajo que el recomendado por normativa.

### **Cerramientos vidriados**

Las aberturas serán de aluminio anodizado natural, serie 25, de acuerdo a características establecidas en la Planilla de Aberturas. Estas aberturas generalmente tienen mejor hermeticidad que la serie 20<sup>13</sup>, lo que determina menores infiltraciones debido a un diseño mejor de la abertura. Si además se analiza que “La colocación se realizará con espuma de poliuretano, para lo cual se deberá prever una holgura de 1cm en todo el perímetro del vano. Serán vidrios planos, comunes, de 4mm de espesor que estarán incorporados a las hojas de la abertura al momento de su colocación.”. Se puede decir que tiene una transmitancia de  $5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  y un factor solar de 0,83.

### **Protecciones solares**

Si analizamos la planta original del realojo, tenemos dos aleros: uno en el acceso principal de mayor extensión y otro que conforma la saliente del techo en el segundo piso. No existiendo en el programa habitacional requisitos para el uso de otro tipo de protecciones.

---

<sup>13</sup>La hermeticidad no depende únicamente de la serie de los perfiles. Si bien las serie 25 tienen en su diseño mayores sellos que la serie 20, gran parte de los problemas de infiltraciones de las aberturas se deben al armado y a la colocación de las mismas, por lo que la generalización de que tengan menores infiltraciones no es siempre válida.

Se presenta una evaluación primaria de los aleros de la tipología del PMB. El alero en planta baja se configuran como un espacio techado exterior asociado a los al acceso de la vivienda. En la Figura 3.6a se observa que para una orientación de este alero al norte junto con la propia geometría de la vivienda cumplen la función de impedir las ganancias solares en el período caluroso. Para el período frío si bien se generan obstrucciones en las horas de la mañana, el diseño permite las ganancias solares en los momentos de mayores niveles de radiación. En la orientación Sur (Figura 3.6b) es la geometría del retranqueo la que genera obstrucción durante la tarde del periodo caluroso. Y en las orientaciones Este y Oeste (Figuras 3.6c y 3.6d) este diseño no cumple los requerimientos de una protección solar.

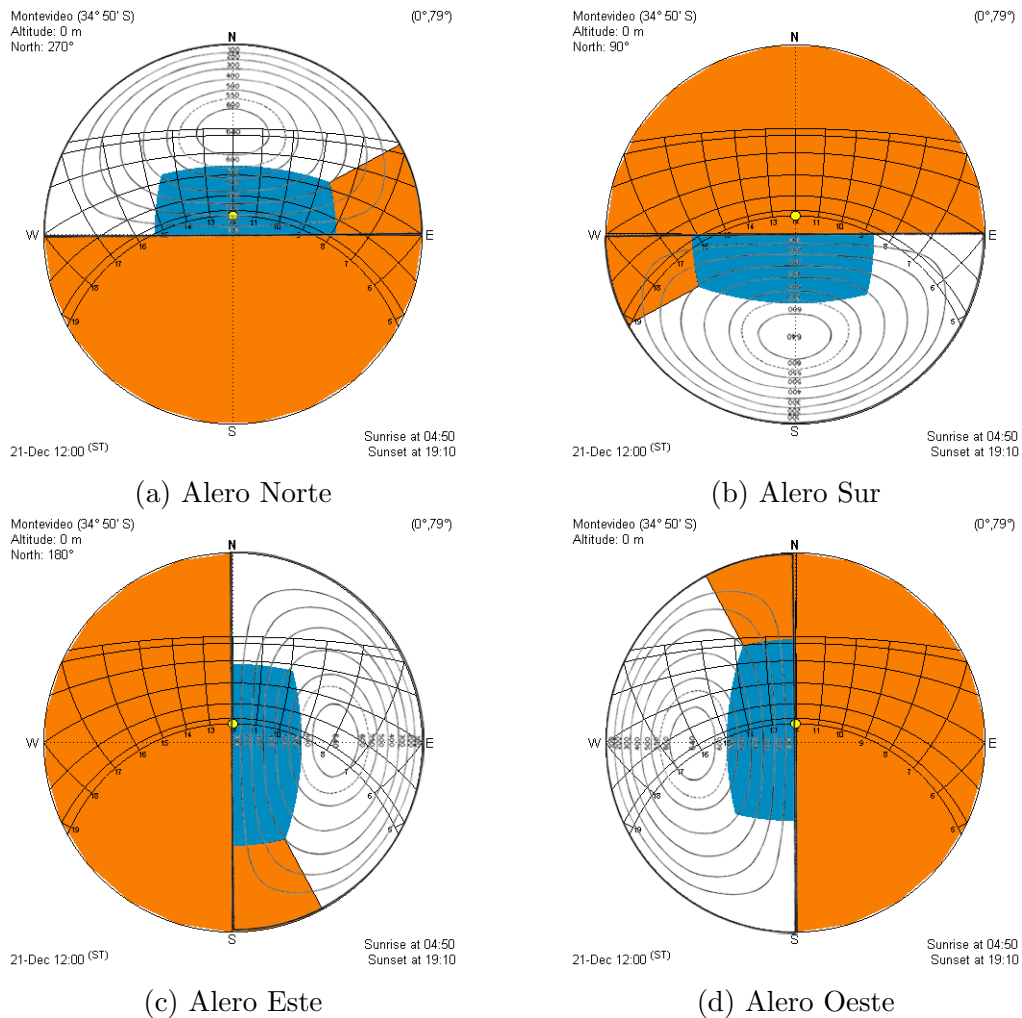
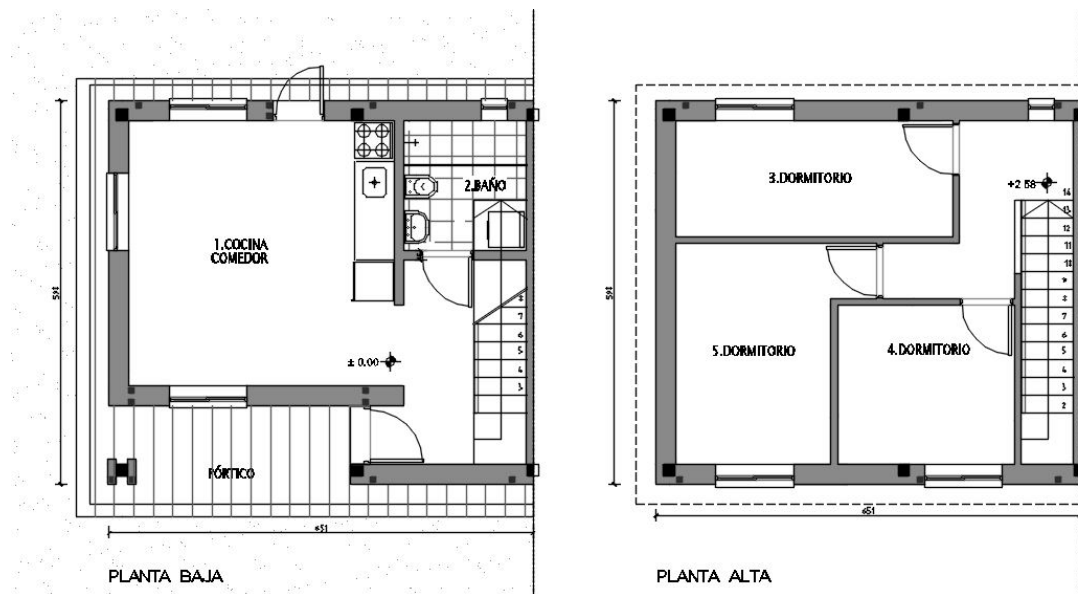


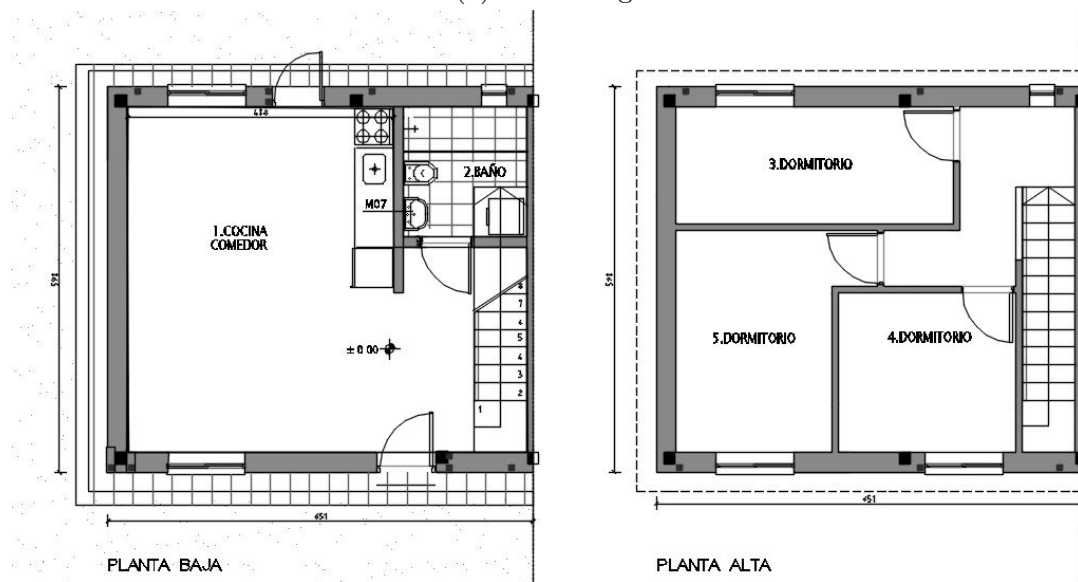
Figura 3.6: Estereografía de vivienda del PMB

Se debe mencionar que la tipología original en planos difiere de la tipología fi-

nalmente construida y monitoreada (Capítulo 6). En la original existe este retranqueo en el acceso que conformaba un alero sobre la abertura del estar, mientras que en el caso construido no existe, quedando esta abertura totalmente expuesta a la radiación solar. Ver Figura[?].



(a) Plano original



(b) Plano construido y relevado

Figura 3.7: Planos de PMB. (a) Original del Programa. (b) Construido y relevado en Capítulo 6.

En relación al alero superior que conforma el volado del techo, en la Figura 3.8 se observa que de las dimensiones propuestas resulta insuficiente en todas las orientaciones como protección solar.

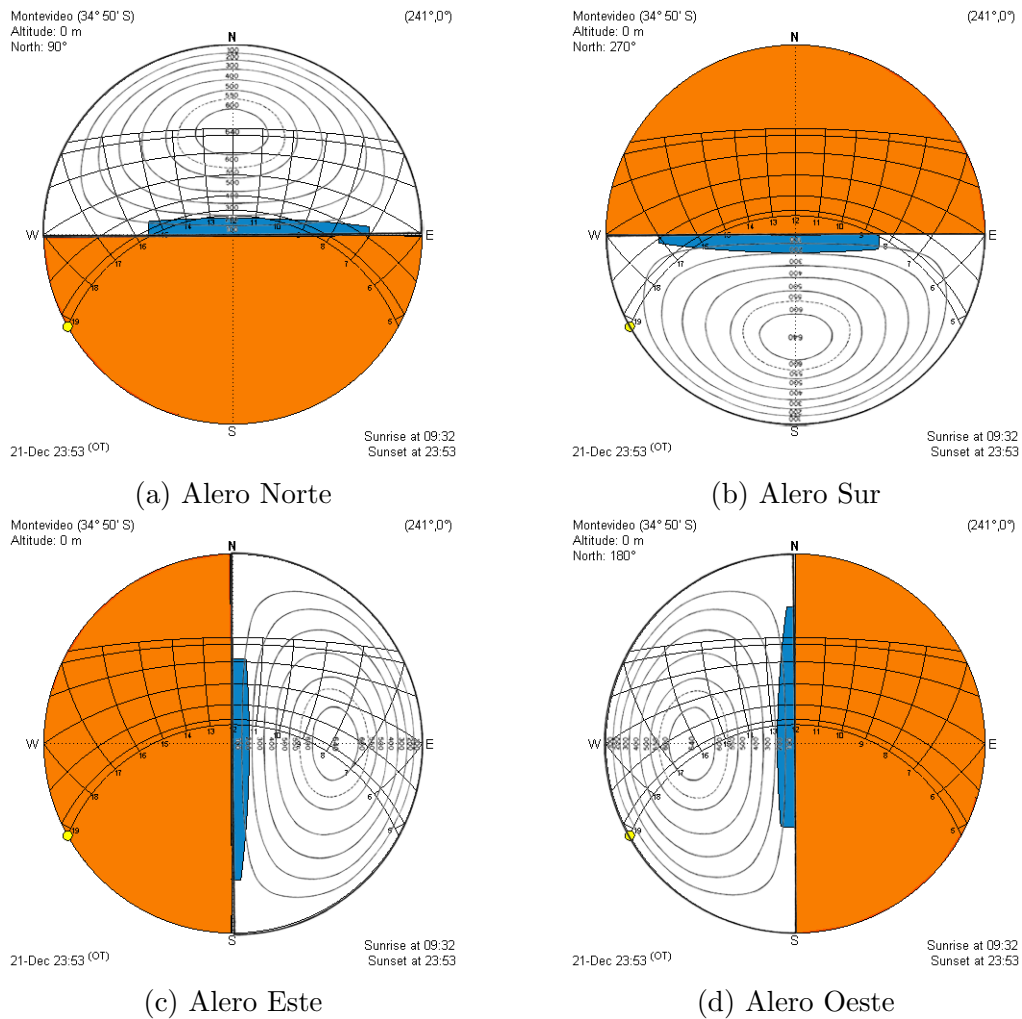


Figura 3.8: Estereografía de vivienda del PMB. Alero de 30cm debido al volado del techo.

Siendo que el alero horizontal es únicamente efectivo para la fachada norte, se estudia el ancho que debería tener para actuar como protección solar en los dormitorios en esta orientación. Se observa que para la altura de antepecho del proyecto, el alero debería medir al menos 70cm para obstruir la radiación solar entre octubre y febrero (Figura 3.9a), y 1m para obstruir durante la totalidad del periodo caluroso entre setiembre y marzo (Figura 3.9b). Así mismo, este alero sería insuficiente para proteger las ventanas del estar (planta baja) y las ventanas en

otras orientaciones.

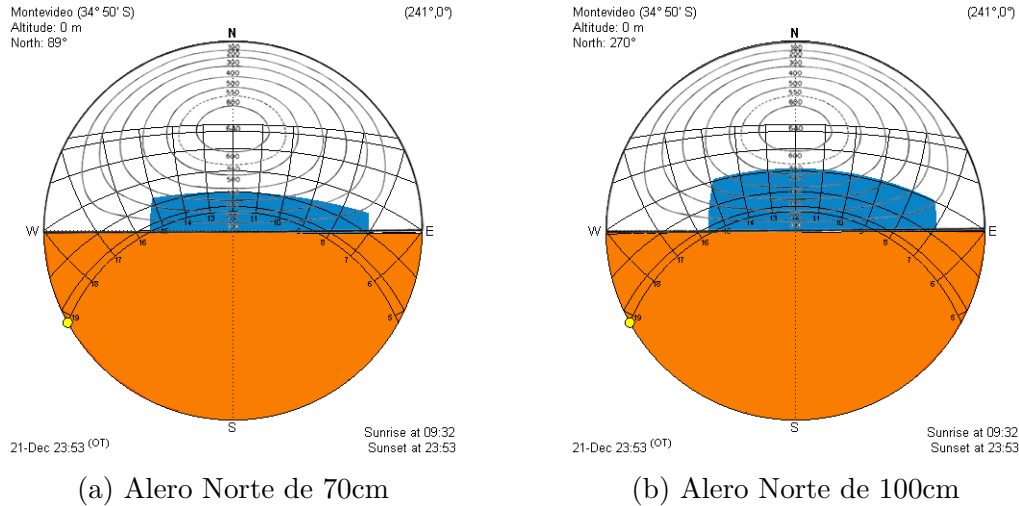


Figura 3.9: Estereografía de vivienda del PMB. Alero Norte de 70 y 100cm.

La efectividad del alero depende de la orientación que tienen los mismos, por lo tanto se debería ajustar la ubicación y diseño de los mismos en función de la orientación que presentan las tipologías.

### Ventilación natural

La ventilación del PMB presenta diferencia en los distintos espacios. En el espacio de estar cocina, se puede tener una ventilación cruzada, mientras que en los espacios de dormitorios tenemos un diseño de ventilación natural, unilateral. Situación esta última que disminuye notoriamente los caudales de renovación de aire.

### 3.2.3. Plan Juntos

En Diciembre de 2020 el Plan Juntos lanzó una propuesta de nuevas tipologías arquitectónicas a construir a través de este programa.

De acuerdo a la información disponible a través de la publicación “Habitar Juntos, propuestas arquitectónicas de intervención”, se propone dos nuevas familias tipológicas que permiten dar respuesta a diferentes condiciones prediales. La Familia tipológica A de planta longitudinal en un nivel, la Familia tipológica B de planta cuadrada tipo dúplex.

Al momento del informe, estas tipologías no se han comenzado a construir. Se selecciona para estudio la tipología longitudinal, debido a que es una nueva

geometría en comparación a los casos analizados en los otros programas. La misma es de 3 dormitorios con un área construida de 65,6 m<sup>2</sup>.

En la Figura 3.10 se observa la propuesta en planta, de acuerdo a la información del gráfico se identifica la correcta orientación de la vivienda en relación al recorrido del sol. Orientando los espacios habitables y las aberturas hacia el Norte y ubicando los espacios de servicios (Cocina, Baño y Circulación) hacia el Sur. Sin duda esta es la orientación recomendable, sin embargo los predios no siempre posibilitan esta implantación, de la información disponible no se desprende como se instrumenta la propuesta en un predio con otra orientación.

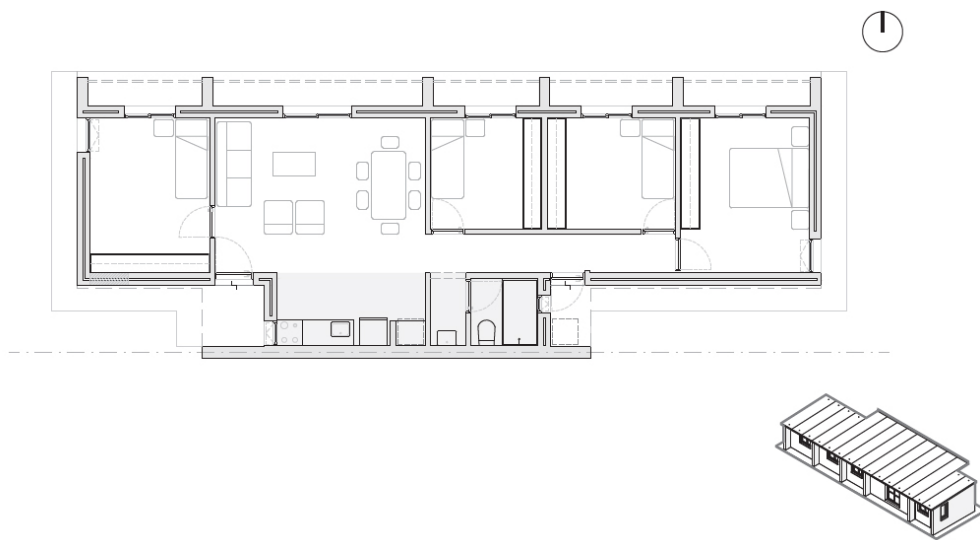


Figura 3.10: Plano de planta del Plan Juntos.

## Envolvente

Se proponen dos alternativas a considerar como sistema constructivo a implementar en las futuras intervenciones. Uno en sistema constructivo tradicional y otro en sistema constructivo no tradicional. En ambos casos los criterios de desempeño se rigen por los requerimientos de la Agencia Nacional de Vivienda.

Para el caso de estudio se seleccionará la solución en Sistema Constructivo Tradicional. Los cerramientos verticales serán en “doble muro conformado por paramento interior de bloque vibrado, capa impermeable, cámara de aire con aislamiento térmico y paramento exterior de ladrillo de campo visto. Para los muros interiores se define el uso de bloque vibrado.”

De acuerdo al detalle constructivo presentado (ver Figura 3.11) la solución del cerramiento vertical presenta una transmitancia térmica de 0,81 W/m<sup>2</sup>K, y una



CT de  $305 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ ; cumpliendo con las exigencias normativas. Si se analiza la transferencias de calor por radiación. La absorptividad de esta propuesta será de acuerdo a su terminación exterior en ladrillo de 0,8.

Para la cubierta se proyecta la solución con panel estructural multicapa con un espesor de 15cm incorporando una placa de yeso como terminación del cielo-raso interior. La transmitancia térmica de este cerramiento es de  $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$  cumpliendo con la exigencia normativa y además con las recomendaciones para cerramientos livianos.

El cerramiento en contacto con el terreno será una platea de hormigón armado, en la información disponible no se detalla espesor.

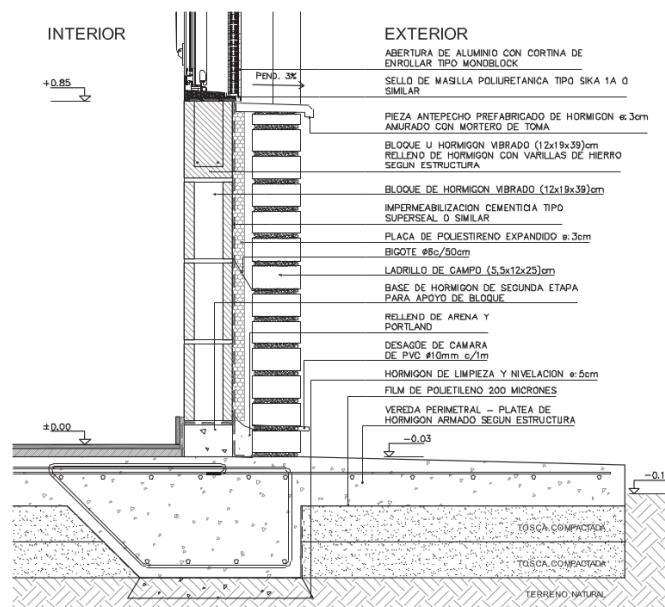


Figura 3.11: Detalle de muro del Plan Juntos.

## Cerramientos vidriados

En la información disponible se indica el empleo de aberturas de aluminio sin especificación de la serie de los perfiles ni de tipo de vidrio.

## Protecciones solares

Si bien no existen especificaciones, en los gráficos de fachadas disponibles (Figura 3.12) se observa que tanto las aberturas de los dormitorios como las del Estar se proyectan con cortinas de enrollar, incorporando de esta forma protecciones so-

lares móviles que permitirán controlar la radiación solar en el período caluroso y permitir las ganancias solares en invierno.

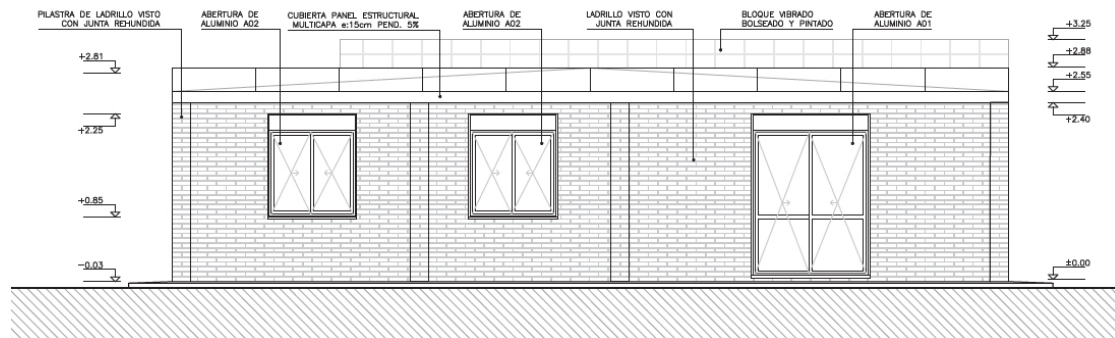


Figura 3.12: Fachada del Plan Juntos.

Además la fachada Norte presenta un alero de 60cm. Este alero, como se muestra en la Figura 3.13 alcanza a obstruir la radiación solar entre fines de Noviembre y fines de Enero, siendo lo deseable que este período se extienda entre Noviembre y Marzo. De todas formas se entiende que en combinación con las cortinas de enrollar previstas se consideran las protecciones solares necesarias.

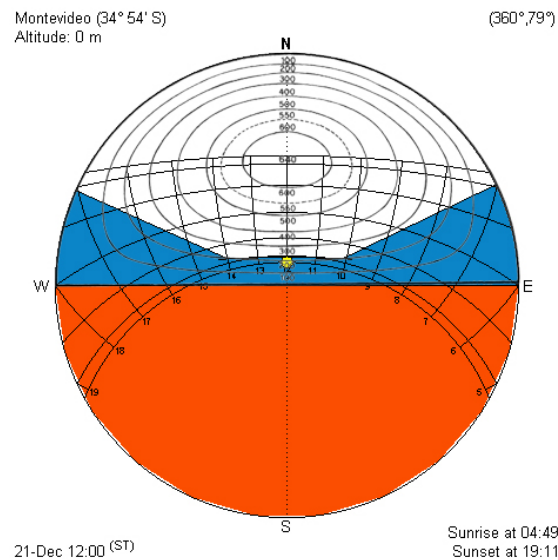


Figura 3.13: Estereografía de la fachada norte del Plan Juntos.

### 3.2.4. Vivienda económica

Hasta el momento en este proyecto se había trabajado sobre programas de viviendas gestionados a nivel central (MVOTMA-DINAVI), pero a nivel local en lo que refiere a vivienda, todas las Intendencias suelen desarrollar programas de apoyo a la vivienda de interés social, con fondos municipales, en las modalidades de programas pilotos; canastas de materiales; carteras de tierras y/o fincas; y mejoramiento de viviendas, entre los más comunes que se implementan.

El programa de vivienda económica o social se encuentra implantado en todo el país. Para profundizar su análisis y en función de que existe una continuidad y promoción del programa, se selecciona analizar la vivienda nueva de tres dormitorios que se construye de acuerdo a los recaudos de la Intendencia de Montevideo.

Los llamados de vivienda económica incluyen planos (albañilería, sanitaria y eléctrica), y memoria descriptiva de acuerdo a decreto 30952 de la junta Departamental de Montevideo.

Para poder optar por esta opción se requiere según el decreto 30952, que el futuro usuario de la vivienda debería presentar: Recibo de Impuestos Municipales vigente; Certificado Notarial que justifique ser el Propietario o Promitente Comprador; Documento de Identidad y/o Credencial Cívica (cuando corresponda) del o los Propietarios del inmueble; Documento de Identidad de las personas que componen el Núcleo Familiar; declaración jurada de los Ingresos del Núcleo Familiar; Números de puerta linderos del solar a edificar; Plano de mensura o fraccionamiento del solar; recibo de O.S.E. y en caso de existir construcciones en el terreno, cédula catastral informada. Esto indica que el subsidio está incluido en el aporte menor al Banco de Previsión Social (BPS) por ser mano de obra benévola, al igual que el no pago de honorarios a un profesional arquitecto por el proyecto y dirección de obra ya que es un arquitecto de la Intendencia quién lo efectúa. Se selecciona la tipología de tres dormitorios: 72-11 y 72-12 área 78,5 m<sup>2</sup>.

### Envolvente

Los cerramientos verticales, Figura 3.14, de acuerdo a la memoria descriptiva de la Oficina de Tierras y Viviendas de la Intendencia de Montevideo: “Serán realizados en mampostería (ladrillo, ticholo, bloque) con los espesores indicados en planos como mínimo. Las juntas serán tomadas con los morteros indicados y se verificará que las juntas no tengan más de 2 cm de espesor. Las 3 primeras hiladas sobre la viga de fundación se revocarán con arena y portland con hidrófugo solapando 5 cm. sobre la viga de fundación”. Se calcula la transmitancia térmica de este cerramiento es de 0,77 W/m<sup>2</sup>K, es decir que es mejor que los 0,85 W/m<sup>2</sup>K que es la exigencia mínima. La absortividad para la radiación de onda larga será de 0,9.

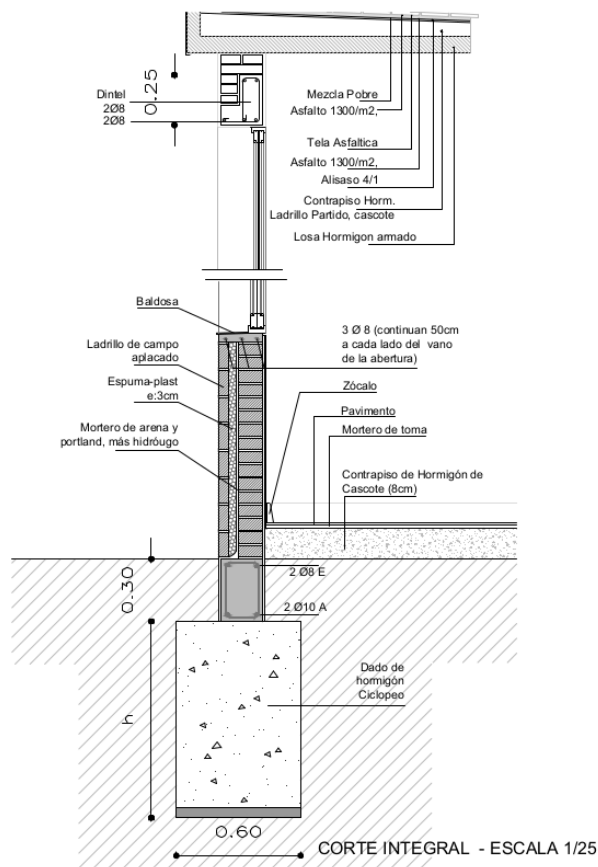


Figura 3.14: Detalle de muro de vivienda económica. Fuente: Tierras y viviendas, IdM.

### Cerramiento horizontal: Techo

En lo que respecta al diseño del cerramiento horizontal según la memoria existe la posibilidad de que se opte por dos cerramientos. Mientras que para el cerramiento pesado se pide: “Será realizado en losa de hormigón armado según indicaciones de planos y detalles constructivos.”. Si se observan la memoria y los detalles constructivos no se detalla el espesor del aislante por lo que no se puede calcular la transmitancia, aunque por ser un producto de la Intendencia de Montevideo y ser vivienda, debe ser menor a los  $0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Por otra parte expone: “Podrá realizarse cubierta liviana con chapas o tejas sobre tirantería de madera, cuidando de seguir las especificaciones indicadas por el fabricante en cuanto a pendientes, separación de apoyos, solape de chapas, etc. La cubierta liviana deberá llevar aislación térmica y cielorraso en todas las habitaciones, debiendo ser incombustible en cocina y baño”.

Como se observa, tampoco está indicado el espesor del aislante que se requiere, presumiblemente se debería cumplir la misma transmitancia que en el cerramiento horizontal. Si bien en la normativa no figura como requisito, es recomendable en cerramientos livianos, cuya masa es menor a los  $120 \text{ kg/m}^2$ , aumentar el requisito por aislación térmica, situación que en principio no sucede [34].

## **Piso**

Según la memoria [35]: “los pisos serán revestidos con baldosas o cerámicas de características económicas sobre contrapiso de cascote apisonado de 10 cm de espesor como mínimo, preparado con mezcla gruesa y cemento portland... Los dormitorios podrán revestirse con parquet”. Estas exigencias determinan un  $U$  térmica de  $3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

## **Cerramientos vidriados**

De acuerdo a la memoria las aberturas: “Podrán ser de cualquier material mientras mantengan las características económicas. Deberán respetar las medidas indicadas en planos pudiendo sufrir pequeñas variaciones, según las medidas estándar que ofrece el mercado de plaza.” Generalmente tenemos de madera o de aluminio por ser las más económicas de plaza para las series solicitadas y las dimensiones requeridas. Tenemos además vidrio simple y común, es decir  $U$  de  $5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  y factores solares elevados de 0,83.

## **Protecciones solares**

Si analizamos la planta de tres dormitorios (Figura 3.15a), tenemos dos aleros: uno en el acceso principal y otro en la parte trasera. No existen requisitos para otro tipo de protecciones.

De forma análoga a lo evaluado para otras viviendas, se presenta una evaluación primaria de los aleros de la tipología del Plano económico. Los aleros en esta tipología se configuran como espacios techados exteriores asociados a los dos accesos de la vivienda, en la fachada principal está vinculado al estar y en la fachada posterior a la cocina. En el caso de la fachada posterior, además del alero la tipología presenta una extensión lateral del muro, lo que termina oficiando como protección solar.

En la Figura 3.16a se observa que para la orientación Norte-Sur de la vivienda, el alero al Norte junto con la propia geometría de la vivienda cumplen la función de impedir las ganancias solares en el período caluroso. Para el período frío si bien se generan obstrucciones en las horas de la mañana y de la tarde, el diseño permite las ganancias solares en los momentos de mayores niveles de radiación. Para la

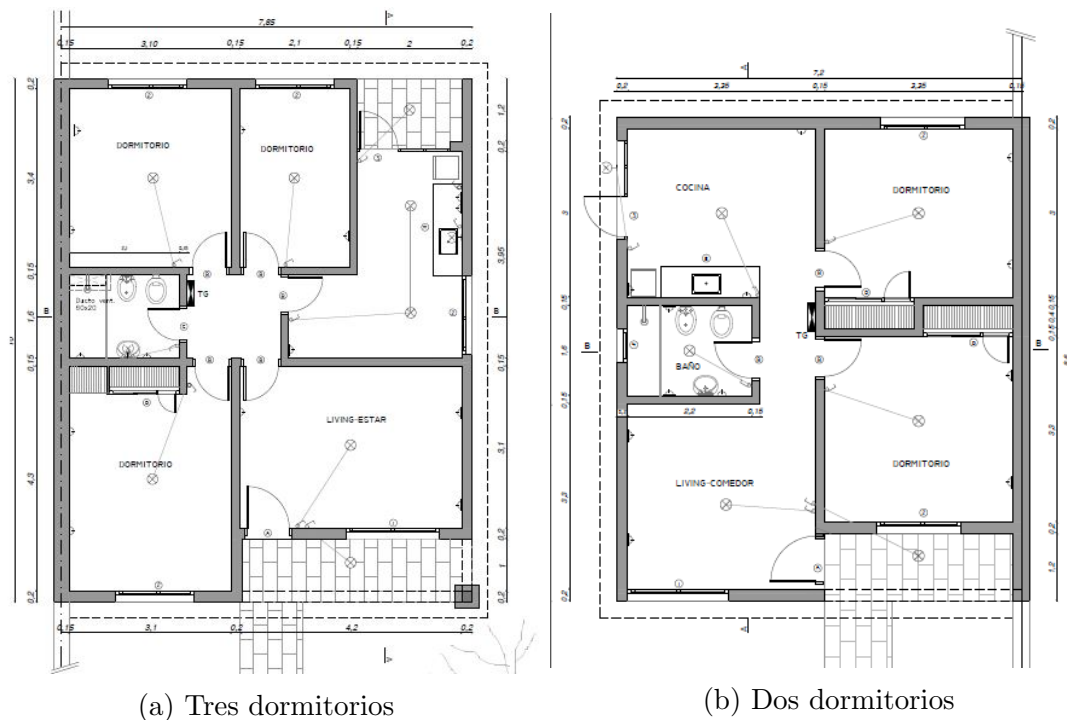


Figura 3.15: Planos de dos y tres dormitorios de la vivienda Económica

fachada Sur, se constata que el alero como era de esperar, no cumple función como protección solar (Figura 3.16b).

En una orientación Este-Oeste de la vivienda (Figuras 3.16c y 3.16d), el alero no es efectivo como protección solar en ninguna de las orientaciones, ya que durante el período caluroso las fachadas quedan expuestas a las máximas ganancias de energía. También se observa en la Figura 3.16c que el muro lateral de la fachada posterior, obstruye las ganancias solares en invierno para estas orientaciones.

Al igual que como ya se expuso la efectividad del alero depende de la orientación que tienen los mismos, aportando como protección solar únicamente en la fachada Norte. Hay que considerar que los aleros presentes en el proyecto son para la habitación estar y cocina, no existiendo protección solar para los dormitorios.

La tipología de 2D (Figura 3.15b), solo tiene alero en la fachada principal, al igual que para la tipología de 3D el alero cumple su función como protección solar, únicamente cuando esta fachada está orientada al Norte.

## Ventilación natural

De acuerdo al diseño de la planta, todos los locales tienen ventilación unilateral, por lo que los caudales son menores a los alcanzables con ventilación cruzada.

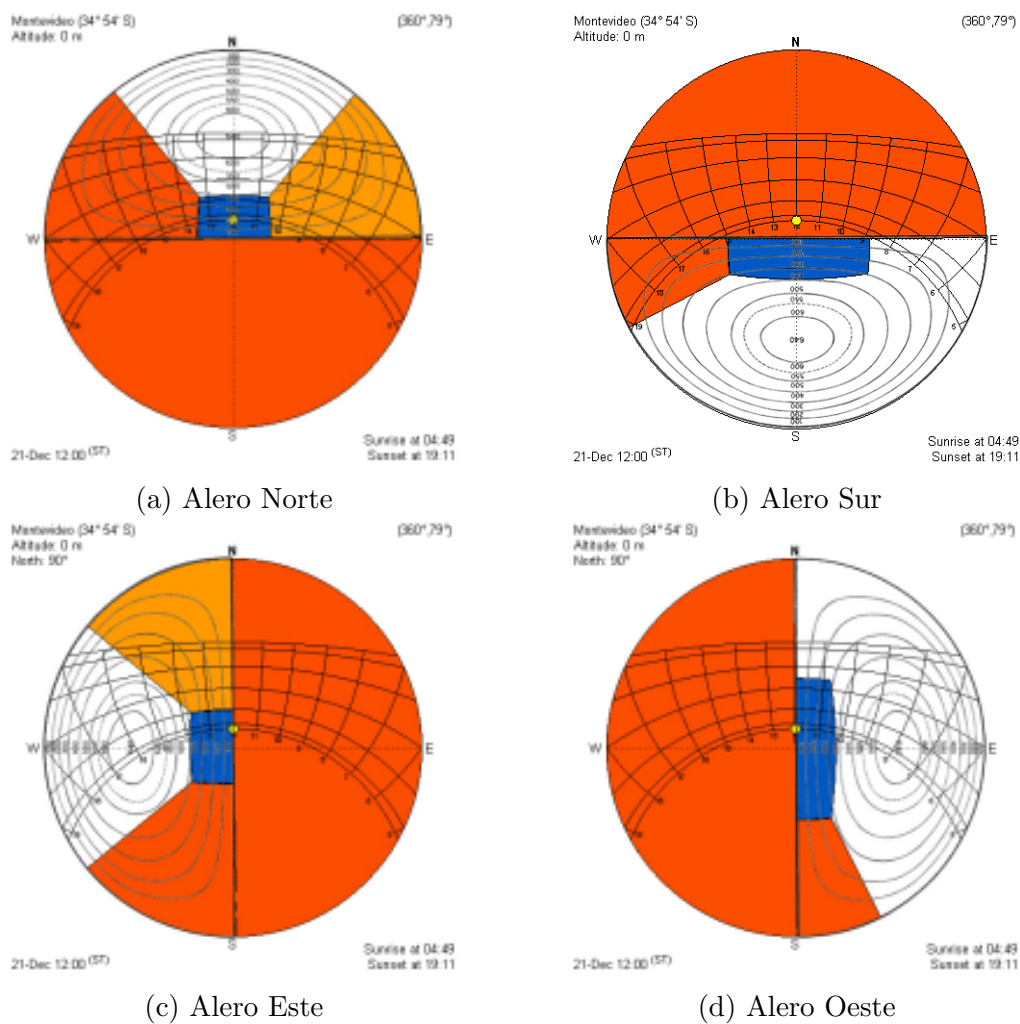


Figura 3.16: Estereografía de vivienda del Plano Económico

### 3.2.5. Síntesis de criterios de diseño

A partir del análisis de los criterios de MEE que se incluyen en cada programa, se realiza las Tablas 3.2, 3.3 y 3.4 para sintetizar todos los valores, materiales y criterios, a fin de facilitar la comparación entre las distintas tipologías.

Si analizamos la Tabla 3.3, se puede observar que existen diferencias significativas en las dimensiones de las áreas entre las distintas tipologías. Por otra parte lo que parece más constante es que la cocina este integrada al espacio del estar.

En cuanto a las características de las calidades de las construcciones (Tabla 3.4) se observa que las tipologías más nuevas tienen transmitancias térmicas menores sobretodo en los cerramientos horizontales. También existen diferencias en las calidades de las aberturas, en cada una de las tipologías.

Tabla 3.2: Consideraciones generales de las tipologías analizadas. Fuente: Elaboración propia

	<b>MEVIR</b>	<b>PMB</b>	<b>Plan Juntos</b>	<b>Plano Económico</b>
ID. Tipología	Tambores	El Apero	-	72-11 / 72-12
Clima	Templado	Templado frío	Templado frío	Templado frío
Tipología (apartada, medianera o exenta)	Exenta	Medianera/ Esquina	Exenta/ Apareada	Exenta/ Apareada
Ocupación	5 personas	5 personas	5 personas	5 personas
Horas de permanencia	10+8 horas	10+8 horas	10+8 horas	10+8 horas
Orientación solar	De acuerdo a la trama de cada departamento			
Entorno próximo	Casa aislada, sin cochera			
Entorno: Barrio	El entorno no genera sombras			

Si analizamos las cuatro tipologías, en lo que refiere a los metros cuadrados existen diferencias significativas, ya que se incrementa en casi un 14%, pasa lo mismo con el volumen.

En ninguna de las tipologías analizadas para la implantación del proyecto se prioriza: la orientación solar, el recorrido del sol, el ajuste de los aleros en esta situación y las obstrucciones del entorno, siendo estos aspectos relevantes a desarrollar con la finalidad de generar mejoras en la eficiencia energética.



Tabla 3.3: Comparación de la geometría de las tipologías analizadas. Fuente: Elaboración propia

Item	MEVIR	PMB	Plan Juntos	Plano Económico
<b>General</b>				
Área Interior (m <sup>2</sup> )	55,4	64,8	52,3	63,5
Altura prom. (m)	2,7	2,4/2,6	2,4/2,8	2,4
Volumen (m <sup>3</sup> )	149,6	159,3	126,5	152,6
Fh ppal. (%)	16	11	25	25
Fh atrás (%)		8	6	22
Ff apareada (%m <sup>-1</sup> )	93	65	100	82
Ff externa (%m <sup>-1</sup> )		84	122	97
<b>Cocina</b>				
Área (m <sup>2</sup> )				10
Área vidriada (m <sup>2</sup> )	Integrada	Integrada	Integrada	3,1
Prot. solar				Alero en una fachada
<b>Estar</b>				
Dimensiones (m)	-	-	-	3,20 x 4,25
Área (m <sup>2</sup> )	22,5	28	20,5	13,6
Área vidriada (m <sup>2</sup> )	5,5	2,4	4,1	3,0
Prot. solar	Alero	Sin cortina	Cortina	Alero
<b>Dormitorio 1</b>				
Dimensiones (m)	2,85 x 3,15	2,38 x 3,4	2,64 x 3,25	3,80 x 3,00
Área (m <sup>2</sup> )	8,97	8,1	8,6	12,9
Área vidriada (m <sup>2</sup> )	1,73	1,18	1,68	1,65
Prot. solar	Cortina	No	Cortina	No
<b>Dormitorio 2</b>				
Dimensiones (m)	2,85 x 2,13	2,72x2,45	3,20 x 2,61	3,00 x 3,40
Área (m <sup>2</sup> )	7,0	6,7	5,7	10,2
Área vidriada (m <sup>2</sup> )	1,73	1,18	1,68	1,65
Prot. solar	Cortina	No	Cortina	No
<b>Dormitorio 3</b>				
Dimensiones (m)		1,80 x 4,26	3,25 x 3,02	2,40 x 3,40
Área (m <sup>2</sup> )		7,68	8,69	7,14
Área vidriada (m <sup>2</sup> )	1,73	1,18	1,68	1,65
Prot. solar	Cortina	No	Cortina	No
Ff: Factor de forma (área expuesta/volumen)				

Tabla 3.4: Comparación de los materiales utilizados en las tipologías analizadas.  
Fuente: Elaboración propia

Comp.	Item	MEVIR	PMB	Plan Juntos	Plano Económico
	Tipo	Doble	Doble	Doble	Doble
Pared exterior	Materiales de interior a exterior	Ladrillo (12cm); revoque con hidrófugo (1cm); cámara de aire (2cm); aislante térmico EPS (3cm) ladrillo de campo aplacado expuesto a la lluvia (5cm).	Pintura; bloque de hormigón vibrado(12cm); AyP con hidrófugo (1,5cm); aislante térmico EPS (4cm); bloque de hormigón vibrado(12cm); pintura impermeable.	Pintura; bloque de hormigón vibrado term. boiseado (12cm); impermeabilización cementicia; aislante térmico EPS (5cm); cámara de aire (2cm); ladrillo de campo expuesto a la lluvia (12cm)	Revoque (1cm); ladrillo (12cm); revoque con hidrófugo (1cm); aislante térmico - eps (3cm); ladrillo de campo aplacado expuesto a la lluvia(5cm)
	Espesor total (cm)	22	30	29	22
	U (W/m <sup>2</sup> K)	0,67	0,67	0,81	0,83
Paredes interiores	Materiales	revoque interior (1cm); muro de ladrillo (12cm); revoque interior (1cm)	Planta baja: bloques de hormigón de 12x19x39. Planta alta: tabiquería metálica galvanizada de 69mm, aplacado de placas de yeso comunes de 1/2"; lana de roca de 2" (densidad 14kg/m <sup>3</sup> ) para aislación acústica.	bloque de hormigón vibrado (12cm)	revoque interior (1,5cm); muro de ladrillo (12cm); revoque interior (1,5cm)
	Tipo	Econopanel + aislación térmica + cielorraso de compensado fenólico	Panel sandwich con pendiente	Panel sandwich con pendiente	Hormigón con pendiente
Techos	Materiales	chapa (0,05cm); lana de vidrio (5cm); foil de aluminio (0,01cm); cielorraso: fenólico (15cm)	Panel sandwich EPS (15cm)	chapa (0,05cm); aislación térmica: EPS (15cm); chapa (0,05cm); cielorraso: yeso (1,2cm)	revoque interior (1,5cm); losa de hormigón(10cm); alisado AyP (2cm); nylon aislación EPS (5cm); areana de asentado (3-5cm); tejuela cerámica (1,5cm); carpeta de compresión (3cm)
	Espesor (cm)	7	15	15	23
	U (W/m <sup>2</sup> K)	0,7	0,26	0,26	0,67
Piso	Materiales	Cerámico cerámico (1,5cm); mortero contrapiso (2cm); platea HA (12cm)	Cerámico s/ terminación: contrapiso pobre con malla(fratizado) (10cm); balasto (8cm)	Cerámico cerámico (e=0,5cm); mortero; contrapiso (2cm); platea HA (15cm)	Pavimento cerámico (0,5cm); mortero contrapiso (2cm); hormigón de casco y balasto (8cm)
	Espesor (cm)	15	10	18	10
Cimientos		Viga de 20x20cm y hormigón ciclopeo de 60x60cm	Plotes: diámetro 25cm	plata de hormigón	Viga de 20x20cm y hormigón ciclopeo de 60x60cm
Ventanas	Calidad	Serie 20	Serie 25 (amurado con poluretano)	c/cajón	Serie 20/25
	Materiales	Aluminio y vidrio simple	Aluminio anodizado y vidrio simple	aluminio y vidrio	Aluminio y vidrio simple
	U (W/m <sup>2</sup> K)	5,8	5,8	5,8	5,8

# Capítulo 4

## Hábitos de la población objetivo respecto al uso de la energía.

### 4.1. Introducción

Esta sección detalla los resultados obtenidos de la aplicación y análisis de la entrevista a usuarios de los programas de vivienda de interés social: MEVIR, Programa de Mejoramiento de Barrios, Plan Juntos y Plano Económico de la Intendencia de Montevideo. Uno de los objetivos centrales de este proyecto fue conocer los hábitos respecto al uso de la energía en la vivienda por parte de los usuarios de los programas. Para esto se utilizó una estrategia de investigación cualitativa – la entrevista en profundidad – que permitió descubrir, sin un marco de referencia previo (producto del vacío en la literatura), cómo los usuarios de los programas utilizan su hogar y qué relación establecen con el consumo de energía a gran escala.

Ahora bien, esta información, si bien sumamente relevante a los efectos de la investigación aquí propuesta, es difícilmente generalizable, al menos en términos estadísticos. Con el objetivo de conocer en mayor profundidad algunas características generales de la población con la que los programas trabajan, también se realizó una recapitulación de los principales datos secundarios. Estos refieren a aquellos datos que no fueron creados en el marco de la propia investigación, sino que fueron producidos por otros agentes u organizaciones.

### 4.2. La población objetivo de los programas

A continuación se presentan los principales datos secundarios recabados para cada uno de los programas de interés. La estrategia para de recopilación de datos es la siguiente: en primer lugar, es posible recopilar información sobre la población objetivo del programa. Esta estrategia permite realizar inferencias a gran escala y

Tabla 4.1: Población rural ampliada (Instituto Nacional de Estadística). Total país. 1985, 1996 y 2011 [37]

Año Estrato	1985		1996		2011	
	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje
Población dispersa	374.154	12,7 %	291.686	9,2 %	175.614	5,3 %
Localidades de menos de 2000 habitantes	156.212	5,3 %	160.713	5,1 %	184635	5,6 %
Localidades de 2000 a 5000 habitantes	138.756	4,7 %	154.416	4,9 %	155.902	4,7 %
Total rural ampliado	669.122	23 %	606.815	19 %	516.151	16 %

recopilar información actualizada y de diversas fuentes. Como contraparte, puede no representar de forma cabal a la población que efectivamente ingresa al programa, debido a que los procesos de selección para la adjudicación de los mismos suelen ser complejos y pueden existir especificidades. Es por esto que, en segundo lugar, se intentó recopilar toda la información generada por los propios programas sobre los usuarios que participan en los mismos. Esta estrategia se ve limitada por el hecho de que la información tiende a ser escasa y en algunos casos desactualizada o inexistente.

#### 4.2.1. MEVIR

Las características generales del programa MEVIR ya han sido desarrolladas supra, por lo que no se reiterarán aquí. Como hemos señalado, MEVIR se avoca a trabajar en el territorio rural, aunque veremos que el concepto de ruralidad se ha ido transformando progresivamente en el marco del propio programa.

MEVIR ha definido, en primera instancia, a la población rural como aquella que vive en localidades menores a 5000 habitantes y áreas dispersas [36]. Considerando la totalidad de personas que viven en localidades con estas características se alcanza, según el censo 2011, una cifra total de 516.151 personas, un 16 % de la población total del país (Tabla 4.1) [37].

Como es posible observar, existe una tendencia decreciente tanto en la cantidad como en la proporción de población que vive en esta definición de “medio rural”. Esta disminución se ha visto acompañada por un progresivo envejecimiento de la misma, según la información censal (Tabla 4.2).

Tradicionalmente, esta población se ha visto agrupada en hogares biparentales nucleares, sin embargo, se observa un crecimiento de los hogares unipersonales, nucleares sin hijos y monoparentales [36], lo que parecería seguir la tendencia general de la población en el Uruguay [38].

Estos cambios en materia sociodemográfica se han visto acompañados por

Tabla 4.2: Estructura etaria de la población rural [36]

<b>Censo</b>	<b>Menores de 15 años</b>	<b>60 años y más</b>
1985	28,1 %	14,2 %
1996	26,9 %	16,0 %
2011	23,4 %	17,8 %

Tabla 4.3: Residencia de los asalariados agropecuarios (1985-2011) [39]

<b>Año</b>	<b>1985</b>		<b>1996</b>		<b>2011</b>	
Población dispersa	65.495	69 %	42.281	61 %	21.020	30 %
Localidades de menos de 2000 personas	8585	9 %	7.027	10 %	12304	18 %
Localidades de menos de 2000 y más de 5000 personas	3.493	4 %	3.708	5 %	5.886	8 %
Localidades de más de 5000 personas	17.094	18 %	16.633	24 %	30.074	43 %
Total	94.667	100 %	69.649	100 %	69.284	100 %

transformaciones en materia socioeconómica. En primer lugar, la estructura productiva del medio rural parece haberse sometido a cambios importantes en los últimos años [39], desplazándose buena parte de la producción familiar frente al afianzamiento de las transnacionales. De la mano de este cambio, según se observa en la Tabla 4.3, una parte muy importante de la mano de obra rural ha cambiado su locación habitual, pasando a vivir en las ciudades. Este cambio posiblemente se deba al efecto conjunto de la disminución en valor de los medios de transporte, la mejora en infraestructura y comunicaciones, y la mayor oferta de servicios disponible en las ciudades.

Esta transformación cuestiona el concepto de ruralidad [37, 40]. MEVIR no ha sido ajeno a estas transformaciones, tal como lo expresa en su memoria quinquenal [36], lo que ha llevado a la institución a cuestionar su definición de ruralidad y sus mecanismos de selección de los usuarios. En este sentido la organización se ha propuesto, a través de los Planes Integrales: “la posibilidad de abordar el territorio y su problemática de manera integral, llegando a mayor cantidad de familias (poniendo énfasis en aquellas en situaciones de mayor vulneración social), diversificando la oferta, potenciando la articulación con otras instituciones, y planificando las intervenciones con una lógica regional, optimizando la utilización de los recursos” [36].

De todos modos, manteniendo este criterio de demarcación sencillo respecto a lo rural, es posible observar una incidencia significativamente menor de la pobreza y la indigencia, analizado por el método de Línea de Pobreza (LP) [41]. Para el año 2018 un total de 5,3% de los hogares del Uruguay cayeron bajo la línea de la pobreza, cifra que sube al 8,1% al cambiar la unidad de análisis a personas. Ahora bien, al considerar sólo el interior del país, las localidades menores a 5000 habitantes presentan un 4,6% de hogares pobres y un 6,9% de personas pobres. Las zonas rurales dispersas presentan tan sólo un 1,8% de hogares pobres y un 2,2% de personas pobres.

Es importante destacar que esto no necesariamente señala una mejor posición relativa en términos de bienestar para la población rural, sino que en buena medida se relaciona con la estrategia de cálculo utilizada para la LP. Al tomar otro tipo de indicadores observamos que estas cifras se invierten. Borrás (2016) [42], utilizando una estrategia de medición multidimensional, observa de forma constante una mayor predisposición hacia la pobreza de los hogares rurales, según se aprecia en la Figura 4.1.

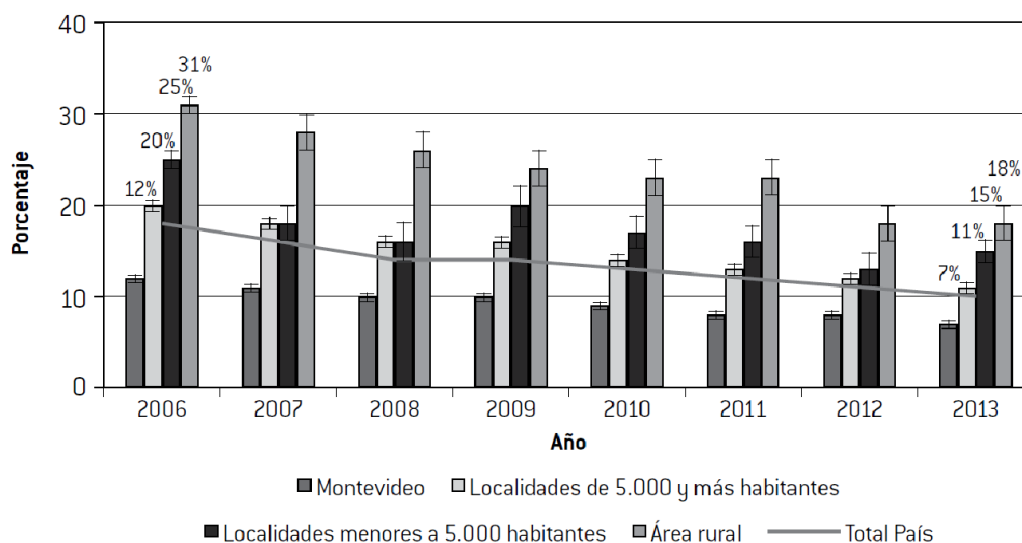


Figura 4.1: Evolución de la Tasa de recuento de pobreza multidimensional (H) en cuatro dominios geográficos del Uruguay 2006-2013 (hogares) [42].

Hasta aquí, la información presentada responde a características globales de la población rural definida como aquella que reside en localidades de hasta 5000 habitantes. Para aproximarnos más específicamente a las características de la población que efectivamente accede al programa, la información más actual a la que fue posible acceder es el informe presentado por la propia institución [43]. En base

a una muestra representativa de los hogares entregados entre los años 2000 y 2006, este da cuenta de algunos indicadores generales de los usuarios. A continuación, se presenta un breve resumen.

En términos de las características sociodemográficas, los hogares entregados a MEVIR parecen reproducir parcialmente las características de los pobladores rurales en su totalidad. La moda de tipo de hogar es el nucleado, con un 67 % de los casos, seguido en proporción por el monoparental, con un 15 %, el extendido con 14 % y el unipersonal con 4 %. En promedio las familias se integran por 4 personas.

Por su parte, la distribución por edad de los beneficiarios presenta algunas particularidades: En primer lugar, se observa una reducción en las edades menores. Este dato es congruente con la baja en la natalidad experimentada en el país la cual no es ajena a la realidad rural. Ahora bien, a diferencia de los datos que poseemos sobre la población rural en su totalidad, se observa una baja proporción de las edades más altas. Desde el informe de MEVIR (2009) la hipótesis causal que subyace a este fenómeno está dada por el mecanismo de selección para el otorgamiento de viviendas, que discrimina positivamente a las familias jóvenes con menores a cargo. La baja proporción de edades entre los 20 y los 29 años puede responder al fenómeno de la migración.

La composición de la familia que accede al programa es un elemento central a la hora de comprender la dinámica del hogar, su uso y sus necesidades. Conocer estas dimensiones es sumamente relevante a la hora de diseñar estrategias de eficiencia energética centradas en el usuario.

En términos de nivel educativo se observa que el 97 % de los jefes de hogar<sup>1</sup> residentes en viviendas de MEVIR – dentro de la muestra seleccionada – asistió a centros educativos. El nivel educativo más alto alcanzado se presenta en la gráfica de la Figura 4.2.

A los efectos de esta investigación, conocer datos sobre el acceso a servicios y el uso de energía es central. La investigación realizada por MEVIR recoge datos en esta materia: En primer lugar, se consulta respecto al combustible utilizado para cocinar. La gran mayoría de los usuarios utiliza supergás (97 %) mientras que el 3 % restante utiliza leña. Respecto a la calefacción, el 99 % de los hogares tiene medios para calefaccionar, siendo el más utilizado la leña. El informe no especifica el porcentaje específico. Esta predisposición al uso de leña probablemente se deba al tipo de diseño que utiliza MEVIR, que durante muchos años ha incluido la estufa a leña de hogar abierto y que recientemente también ha incluido el calefactor a

---

<sup>1</sup>El Instituto Nacional de Estadística del Uruguay define al jefe/a de hogar como aquella persona que es reconocida como tal por los demás integrantes del hogar particular. Esta referencia es utilizada para trazar el vínculo con los demás integrantes del hogar, por ejemplo, en la Encuesta Continua de Hogares. Esto no descarta que en muchos casos pueda existir una jefatura de hogar compartida en los hogares dónde conviven dos o más adultos.

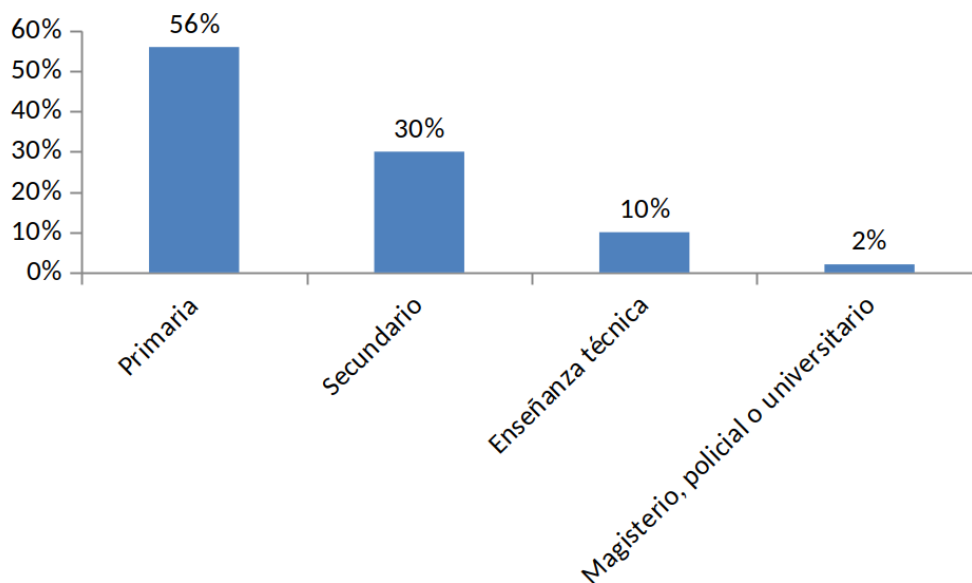


Figura 4.2: Máximo nivel educativo alcanzado por el jefe de hogar. Fuente: elaboración propia en base a datos de UEMAI-MEVIR (2009) [43]

leña. Tanto en este informe, como en las entrevistas realizadas en esta investigación se observa, por parte de los usuarios de MEVIR, una valoración muy positiva de estos insumos.

Finalmente, en materia de acceso a la energía eléctrica, se observa que sólo 0,2 % de los hogares no accede. Cabe considerar que MEVIR se propone, en cada uno de sus proyectos, garantizar el acceso a todos los servicios básicos (así como lo hace el resto de los programas analizados).

Ahora bien, respecto a la situación socioeconómica, es posible observar diferencias importantes entre los usuarios del programa y la población rural en su conjunto. Para dar cuenta de esto, el informe presentado por MEVIR compara, con respecto a la población rural en su conjunto, la tenencia de dos bienes: termofón (o similar) y lavarropas. Mientras que los usuarios de MEVIR poseen, en un 96 % de los casos, termofón (o similar) los hogares rurales en su conjunto acceden sólo en el 46 % de los casos. Por su parte, el 55 % de los hogares de MEVIR poseen lavarropas mientras que sólo un 29 % de la población rural en su conjunto accedería a dicho bien.

La relación causal en este sentido no es fácil de elucidar. Puede deberse tanto a las características de la población que accede al plan, como a las ventajas en términos económicos que la participación en el programa puede suponer, para el acceso a este tipo de bienes.

El 75 % de los jefes de hogar trabajan, mientras que un 2 % también percibe



una jubilación o pensión en conjunto, con lo que un 77 % de los hogares percibe algún tipo de ingreso por trabajo del jefe de hogar. El 64 % de las familias cobra asignaciones familiares, así como un 13 % cobra jubilación o pensión. El 68 % de los hogares del programa reciben ingresos por debajo de la línea de pobreza. Conocer en profundidad los recursos disponibles de las familias puede ayudar a diseñar estrategias de eficiencia energética efectivamente realizables por parte de los usuarios.

#### **4.2.2. La situación de los asentamientos en el Uruguay**

Por otra parte, dos de los programas analizados tienen como foco la población en asentamientos en el Uruguay: El Programa de Mejoramiento de Barrios (PMB) y el Plan Juntos. En el caso del PMB, el mismo surge en cierta medida, como una continuación del Programa de Integración de Asentamientos Irregulares (PIAI). El programa busca atacar el caso de la vivienda precaria a través no sólo de la construcción o refacción de infraestructura de la vivienda individual, sino a través de planes de urbanización que contemplen el territorio en su conjunto.

En el caso del Plan Juntos, el objetivo central es colaborar en garantizar el acceso a la vivienda digna. En este sentido, su población objetivo no necesariamente debe ser aquella que reside en asentamientos, sino que puede ser suficiente para su acción la residencia en una vivienda precaria. Sin embargo, a falta de mejores datos, y considerando el interés del Plan Juntos por la organización social y el trabajo en territorio – agrupando a la población – es posible utilizar cómo proxy de al menos una buena parte de su población objetivo, la población que reside en los asentamientos irregulares.

Según el informe publicado desde el PMB [44] alrededor del 5 % (165.000 habitantes y 49.000 viviendas) de la población uruguaya reside en asentamientos irregulares. Entendemos por asentamiento a todo “agrupamiento de más de 10 viviendas, ubicadas en terrenos públicos o privados, construidos sin autorización del propietario en condiciones formalmente irregulares, sin respetar la normativa urbanística. A este agrupamiento de viviendas se le suman carencias de todos o algunos servicios de infraestructura urbana básica en la inmensa mayoría de los casos, donde frecuentemente se agregan también carencias o serias dificultades de acceso a servicios sociales” [45].

En este estudio, el PMB evaluó la situación socioeconómica y ambiental de 10 asentamientos pasibles de participar del programa. En el informe es posible observar las graves carencias en términos de la construcción del hogar. Por su parte, la población de estudio, al ser consultada respecto de las principales mejoras necesarias para los barrios, mencionan la caminería, el saneamiento y el acceso a la energía eléctrica, junto con otros servicios básicos.

En términos de eficiencia energética, trabajar sobre las condiciones de vida de

los asentamientos es de suma importancia en la medida en que puede el accionar desde el estado puede colaborar tanto en la regularización del consumo, como en el mejor aprovechamiento del uso a través del diseño del hogar.

Utilizando información del censo 2011, los autores también dan cuenta de algunas condiciones generales de los asentamientos – que supera el universo específico presentado supra. Respecto a la incidencia de la pobreza (medida por el método de LP) se observa, cómo es esperable, una diferencia muy importante con respecto al promedio nacional: 33,9 % de la población en asentamientos irregulares percibe ingresos por debajo de la línea de pobreza, mientras que este número se reduce a un 28,1 % en los asentamientos regularizados. Para el total del país esta cifra es de un 9 %. Los asentamientos, a su vez, presentan mayores niveles de desocupación, inactividad e informalidad.

Información más actualizada puede encontrarse en el informe realizado por la organización Techo Uruguay [46]. El objetivo de este estudio fue recolectar información general sobre los asentamientos a través de un censo realizado para todo el país entre marzo del 2018 y enero del 2019. Esta información es recabada y auditada por la propia organización, habiendo existido desacuerdos en las estimaciones desde el MVOTMA<sup>2</sup>.

Según Techo, en el período del relevamiento, existían en Uruguay unos 656 asentamientos que agrupaban un total de entre 56.926 y 62.918 hogares y entre 182.491 y 218.504 personas. 33 % de estos asentamientos presenta un nivel de vulnerabilidad crítico en materia habitacional, definido por la característica de que más de la mitad de las viviendas presenta conexión irregular a por lo menos dos servicios básicos (agua, electricidad y/o saneamiento) y materialidad precaria (chapa, costanero y materiales reciclados). Por su parte, en términos de exposición al riesgo, 54 % de estos asentamientos han sufrido en el último año previo al relevamiento entre 1 y 4 amenazas de incendio, inundación, inclemencia del clima o desalojo.

En este sentido, la relevancia social de la intervención en los asentamientos irregulares es evidente. En la medida en que buena parte de esta población deberá acceder a una vivienda nueva, en pos de ser garante de plenos derechos en materia de acceso a los servicios básicos, una posible arista en el diseño de la nueva vivienda podría estar dada por la eficiencia energética.

Finalmente, algunos cálculos sencillos fueron realizados a partir de los datos de la Encuesta Continua de Hogares 2019 (ECH 2019) para complementar la información anterior. La ECH 2019 encuestó un total de 42507 hogares y 107.871 personas que son representativas de la población a nivel nacional. La misma está diseñada “para producir estimaciones confiables, para mercado de trabajo e ingresos de los

---

<sup>2</sup><https://ladiaria.com.uy/politica/articulo/2019/5/el-mvotma-y-techo-discrepan-en-como-contar-personas-que-viven-en-asentamientos/>

hogares de forma mensual, con una apertura geográfica de Montevideo e Interior y para una mayor desagregación geográfica y/o para otros dominios de estudio de forma anual” [47].

La encuesta captura información respecto a si el hogar se encuentra en un asentamiento irregular. Esto no se pregunta en la entrevista, sino que es anotado por el entrevistador.

La ECH estima un 3.62% de hogares ubicados en asentamientos irregulares y un 4.54% de las personas viviendo en ellos. Ahora bien, más allá de la estimación sobre la cantidad total de hogares y personas que residen en los mismos - que pueden presentar algunos problemas por la propia condición de irregularidad de los asentamientos - la ECH nos permite conocer en mayor profundidad algunas características de esta población.

El tamaño promedio del hogar es de 3,53 personas, mientras que para el total de Uruguay es de 2,81. El 48,5% no tiene menores a cargo (13 años o menos), mientras que un 24,1% tiene un menor a cargo, el 16% dos y el 11.4% tiene 3 o más menores a cargo.

30% de los hogares ubicados en asentamientos capturados por la ECH 2019 se encuentran por debajo de la línea de pobreza. El 49.3% de los hogares declara jefatura de hogar masculina mientras que el 50.7% de los mismos presenta jefa de hogar mujer. La edad promedio es de 47,5 años con un error estándar de 0,43 – mientras que para el total del país la edad promedio es de 53,6, con un error de 0,84. La principal ascendencia del jefe de hogar se presenta en el gráfico de la Figura 4.3.

Los hogares con menores a cargo presentan una jefatura femenina del 54,9%. De este porcentaje un 55,8% se trata de hogares monoparentales femeninos.

En materia educativa, sólo el 29,1% de los jefes de hogar viviendo en asentamientos completaron los 3 años de Educación Media obligatorios en Uruguay.

En lo que refiere a datos de los usuarios de los programas, no fue posible acceder a información que describiera las características de los mismos.

### **4.2.3. Los usuarios del Plano Económico en Montevideo**

Hasta aquí, la información recabada, permite conocer datos generales sobre los usuarios de los programas MEVIR, PMB y Plan Juntos. Si bien, en la mayoría de los casos, la información utilizada no proviene directamente de los usuarios, sino de su población objetivo, esta información nos permite aproximarnos.

En el caso del Plano Económico otorgado por las diferentes intendencias, no es posible contar con este tipo de información.

Las características del programa – que básicamente facilita el acceso a planos y permisos para la autoconstrucción – hace pensar en familias con al menos el poder adquisitivo para costear la construcción y la capacidad e iniciativa para

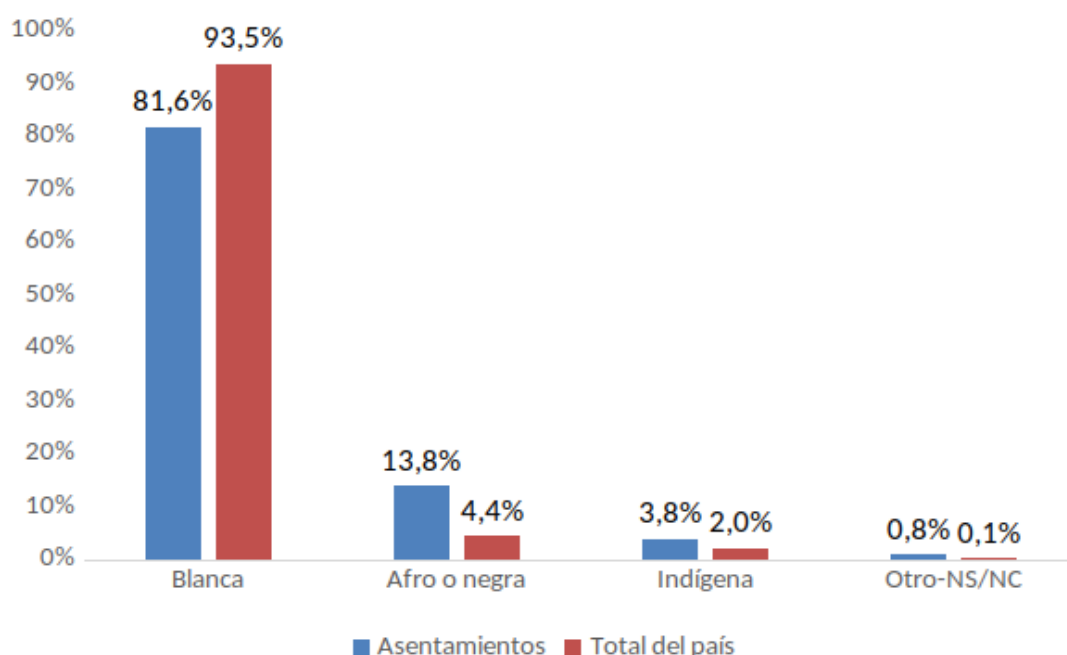


Figura 4.3: Principal Ascendencia del Jefe de hogar (Asentamientos y total del país). Fuente: elaboración propia en base a ECH 2019.

contactarse y trabajar con el programa. Sin embargo, es difícil traducir esto a indicadores socioeconómicos y sociodemográficos.

### 4.3. La entrevista en profundidad

Las restricciones dadas por el escenario de COVID-19 implicaron replantear las posibilidades de investigación. El trabajo de campo estuvo planeado para el escenario de mayor incertidumbre de la pandemia en Uruguay. Por este motivo, estrategias que implicaban el contacto directo con los usuarios de los programas se vieron imposibilitadas. Ante este escenario se optó por la realización de una estrategia cualitativa, a través de entrevistas semi – estructuradas, con contacto telefónico con una muestra teórica de usuarios de los programas.

Para ello se optó en particular por la técnica de entrevista. Esta elección estuvo guiada por los objetivos de la investigación y se pretendió adaptar al contexto de descubrimiento en el que se encuentra inmersa la propia comprensión del fenómeno analizado, de acuerdo con la información que fue surgiendo del proceso de investigación [48].

El objetivo general de la herramienta es generar datos que ayuden a contestar las preguntas respecto a los hábitos de la población objetivo de los programas

seleccionados de vivienda respecto al uso de la energía y a la identificación de los factores que podrían estar limitando la adopción de medidas de eficiencia energética de en las viviendas de interés social, preguntas que condicen con los objetivos del proyecto.

Los entrevistados fueron seleccionados por muestreo teórico, orientado a maximizar las diferencias entre los participantes, buscando generar datos que permitan inferencias sobre los entrevistados de forma general a través de los programas y los territorios [49, 50, 51]. Es así que se espera obtener datos para diferentes territorios del país así como para cada uno de los programas seleccionados para el análisis. Es importante destacar, en este sentido, que la herramienta desarrollada busca generar una conversación con el usuario de la vivienda, a través de preguntas abiertas. La pauta de entrevista es una guía que orienta al entrevistador respecto a los temas a abordar durante la misma. No es un cuestionario cerrado y puede incluir preguntas no contempladas en la pauta que sean relevantes para el problema de investigación. Esta estrategia es particularmente útil en los proyectos exploratorios, en la medida en que no cierra las opciones de respuesta, permitiendo descubrir elementos no planeados al principio del campo. En este sentido existe un una suerte de *trade off* entre la representatividad estadística y la validez de constructo [52].

Las técnicas cualitativas recomiendan la utilización del criterio de saturación teórica. Esto quiere decir, que una vez que las entrevistas sucesivas dejan de aportar información relevante sobre el objeto de estudio y el problema de investigación, debe finalizarse el proceso de recolección de datos. Esta estrategia implica un grado de incertidumbre alto. A los efectos de asegurar un mínimo estándar de calidad y otorgar certezas sobre el proceso se puso un piso inferior, al comienzo del proyecto, de unas 40 entrevistas, objetivo que se cumplió (42 entrevistas).

Cabe recordar que este tipo de técnicas permiten una mejor comprensión de los mecanismos que explican el comportamiento de los individuos, sin embargo, no permiten la inferencia estadística. Los números que se presentan en este informe no deben confundirse con estimaciones de los valores poblacionales.

## 4.4. Informe de campo

El trabajo de campo comenzó en junio del 2020 y continuó hasta noviembre del mismo año. Durante junio se llevaron a cabo comunicaciones con los distintos programas, intentando generar apoyos para la realización del trabajo de campo. Tanto de MEVIR como desde el Programa de Mejoramiento de Barrios se obtuvo una respuesta positiva al proyecto de investigación y se facilitaron datos sobre usuarios con disposición a realizar la entrevista.

En julio se comenzaron a realizar las entrevistas que continuaron a lo largo del

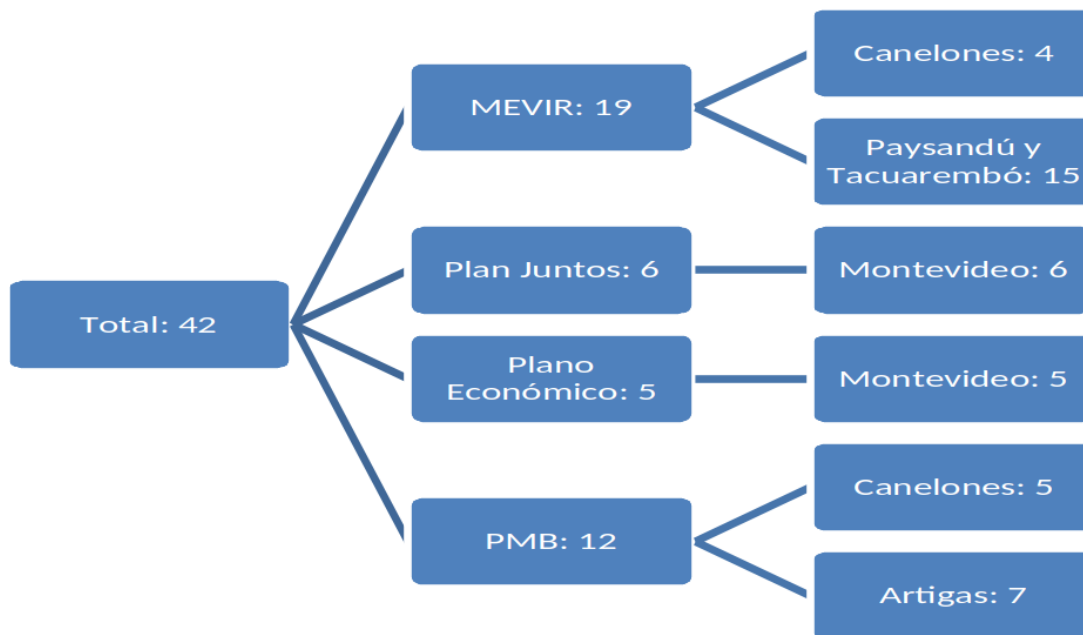


Figura 4.4: Entrevistas por programa y territorio.

año hasta noviembre. El trabajo de campo fue realizado por los sociólogos Bruno Andreoli y Pablo Ezquerra. La duración de la entrevista, realizada telefónicamente desde las oficinas de la Facultad de Ingeniería es en promedio de aproximadamente 25 minutos.

Se realizaron a la fecha 42 entrevistas, 19 en MEVIR, 6 en Plan Juntos, 5 para el Plano Económico de Montevideo y 12 para el Programa de Mejoramiento de Barrios (PMB). Tal como se presenta en la Figura 4.4.

Para los casos del Plano Económico fue imposible obtener información de parte de la Intendencia de Montevideo, por lo que se recurrió al Sistema de Información Geográfica (SIG)<sup>3</sup> y con dicha información se recuperaron los teléfonos en la guía telefónica.

## 4.5. Pautas de Entrevista y dimensiones de interés.

La pauta de entrevista se diseñó en base a la revisión de antecedentes en la materia, muy especialmente en base al trabajo realizado por Reto Bertoni y su equipo en el proyecto “Modalidades de consumo de los principales usos en los

<sup>3</sup><https://sig.montevideo.gub.uy/>

casos de familias de bajos ingresos que son clientes regulares de UTE”, así como en trabajos anteriores [53], con quienes se mantuvieron reuniones para conocer el trabajo realizado.

El formulario se diseñó con el objetivo de obtener información sobre las siguientes dimensiones claves:

1. Características generales de composición del hogar y la vivienda
2. Evaluación de confort del hogar
3. Prácticas en relación al uso de la energía
  - a) Iluminación artificial
  - b) Calefacción
  - c) Refrigeración
  - d) Conservación de alimentos
  - e) Cocción y calentamiento de alimentos
  - f) Calentamiento de agua para el baño
  - g) Calentamiento de agua para la limpieza
4. Artefactos
5. Conocimiento general y estrategias de eficiencia energética

La pauta se adjunta en el Anexo D.

## **4.6. Análisis**

### **4.6.1. Características generales del hogar y la vivienda**

El primer set de preguntas en la entrevista busca conocer en mayor medida la integración del hogar, las características de sus habitantes, así como una descripción general de la vivienda.

En la Figura 4.5 es posible observar el tipo de hogar. Para esto se sigue la tipología utilizada por el Instituto Nacional de Estadística (INE) [54] (Figura 4.6). Se observa que el tipo de hogar más común es el biparental o reconstituido (agrupados para el análisis), seguido por el monoparental, dentro de estos, todos los casos corresponden a mujeres con hijos. 10 % de las entrevistas refieren a casos de hogares ampliados o extendidos. A su vez, 71 % de los hogares entrevistados posee menores a cargo.

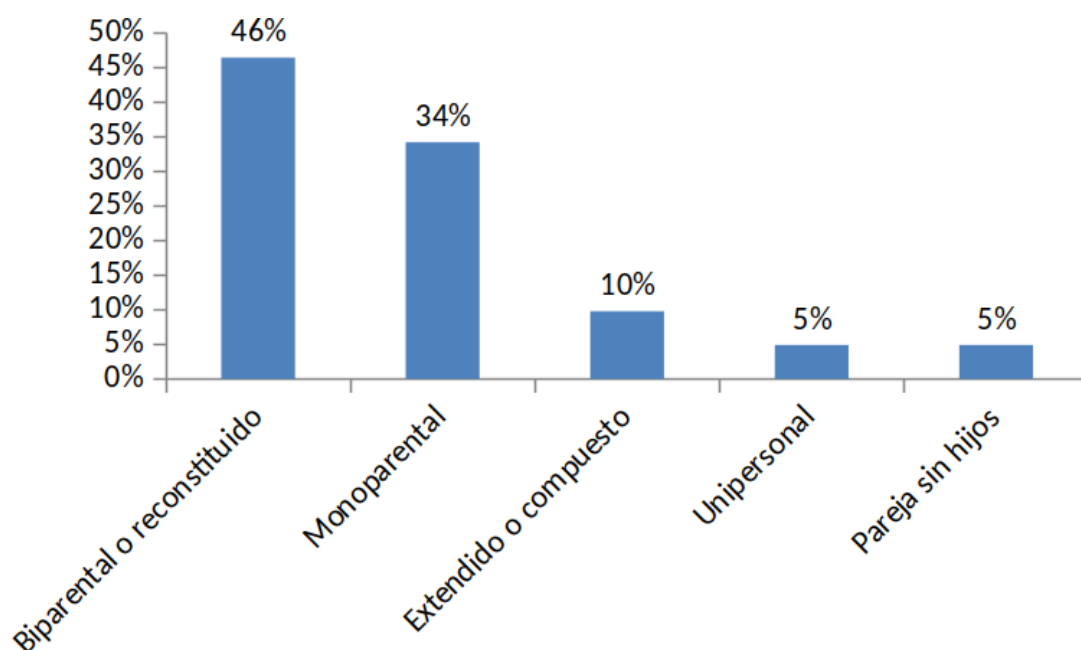


Figura 4.5: Tipo de hogar.

- Unipersonal: jefe o jefa solamente
  - Pareja sin hijos: jefe/a + cónyuge
  - Biparental: jefe/a + cónyuge + hijo(s) de ambos
  - Reconstituido: jefe/a + cónyuge + hijo(s) del jefe o del cónyuge\*
  - Monoparental: jefe/a + hijo(s)
  - Extendido
    - *Extendido biparental*: jefe/a + cónyuge + hijo(s) de ambos + otro pariente\*\*
    - *Extendido monoparental*: jefe/a + hijo(s) + otro pariente
    - *Extendido reconstituido*: jefe/a + cónyuge + hijo(s) del cónyuge o del jefe/a + otro pariente\*
    - *Otros extendidos*: jefe/a + otro pariente; jefe/a + cónyuge + otro pariente
  - Compuesto: cualquiera de los anteriores + otra persona no pariente
- \* Si corresponde, incluye también hijo(s) de ambos.  
 \*\* Otro pariente comprende todas las personas emparentadas con el jefe/a de hogar excluyendo cónyuge e hijos del jefe/a o de su cónyuge.

Figura 4.6: Definiciones estándar de tipos de hogar. Fuente: [54]



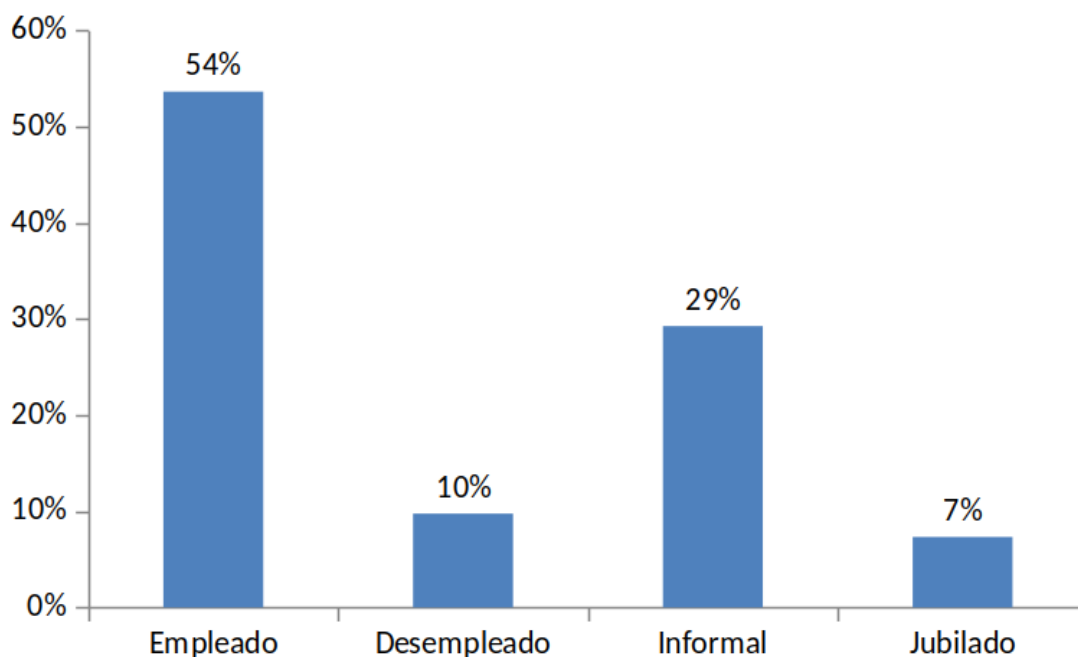


Figura 4.7: Situación ocupacional.

Al consultar respecto a la ocupación se observa en muchos casos una inserción precaria en el empleo, con una alta presencia de trabajo informal y por cuenta propia, así también desocupación. Haciendo un esfuerzo por reconstruir la descripción realizada por los entrevistados se pueden obtener los siguientes porcentajes (Figura 4.7). Varios entrevistados mencionan los efectos negativos del COVID-19 sobre sus posibilidades de empleo.

El tiempo que llevan viviendo en el hogar varía de programa en programa, así como del momento de implementación específico en el territorio. En la mayoría de los casos no excede los 5 años (a excepción de los programas del Plano Económico que presentan estancias significativamente más largas, de hasta 40 años). La menor cantidad de tiempo observada fueron 6 meses. En la mayoría de los casos no se realizaron reformas, sólo 1 de cada 4 hogares realizaron algún tipo de modificación. En 7 ocasiones los entrevistados mencionaron utilizar la vivienda para algún fin productivo, mayoritariamente la elaboración de productos para la venta (alimentos, carpintería, leña).

A modo general, la descripción de los hogares y la inserción en el trabajo de los usuarios de los programas condice con el objetivo común de este tipo de políticas de vivienda, que pretenden hacer posible el acceso a la vivienda digna a una población en situación de vulnerabilidad.

## 4.6.2. Evaluación del confort del hogar

Ingresando en el análisis más propiamente cualitativo, la entrevista busca analizar la evaluación del confort del hogar que realizan los entrevistados. Para esto, en primer lugar se consulta respecto a la evaluación global del confort. Podemos definir el confort como: “aquello que produce bienestar y comodidades al individuo, es decir, cualquier sensación agradable que sienta el ser humano” [55]. En la pauta de entrevista esta pregunta se realiza de forma abierta, intentando capturar los elementos que los entrevistados asocian al confort en primera instancia.

Un primer emergente de interés es la importancia que asume la trayectoria de los usuarios de los programas sobre esta evaluación. Los entrevistados comúnmente responden de forma comparativa respecto a su vivienda anterior. Al hacerlo señalan las condiciones de precariedad de la vivienda previa. Este mecanismo lleva a evaluar muy positivamente los hogares, incluso tras el señalamiento de problemas o fallas en el confort. La valoración y el agradecimiento con los programas puede, en algunos casos, filtrar la comunicación de problemas en la vivienda, comunicación que podría ser importante para la mejora continua de los programas. Este es el primer elemento que surge a la hora de evaluar el hogar.

La entrevista también consulta respecto a posibles mejoras. Mayoritariamente se señala la ampliación, particularmente en aquellos hogares con varios hijos así como también en los hogares ampliados o extendidos. En algunos casos aparecen problemas vinculados con la construcción, comúnmente relacionados a la humedad y el confort térmico. Este último elemento se observa fundamentalmente al complementar la información con las preguntas subsiguientes de la entrevista.

Al consultar específicamente sobre temperatura, ventilación e iluminación se observa que la categoría en la que más comúnmente se mencionan problemas es en la temperatura. Un 12% de los entrevistados señalan problemas de magnitud este sentido. En la mayoría de los casos los entrevistados entienden que estos problemas podrían solucionarse con mejor equipamiento del hogar. En las entrevistas emergen problemas para los dos extremos: frío y calor. Sin embargo, los problemas relacionados al disconfort térmico respecto a las altas temperaturas parece tener preponderancia respecto al frío. Al analizar el discurso de los entrevistados esto parece explicarse por dos fenómenos: en primer lugar, en la mayoría de los hogares entrevistados parecen existir artefactos que solucionan efectivamente (sin considerar necesariamente la eficiencia en esta instancia) el problema del frío. En el caso de MEVIR se destaca la presencia de calefactores a leña, así también en el Plano Económico la estufa a leña, por ejemplo. Sin embargo, esto parece ser más problemático para el caso del calor. Cómo se verá más adelante, la mayoría de los usuarios recurren a ventiladores eléctricos y señalan que el disconfort podría solucionarse con aire acondicionado (elemento que ningún programa incorpora y que supone una inversión cuantiosa para los usuarios). En segundo lugar, las tempera-

turas elevadas parecen ser especialmente problemáticas al analizar a la población radicada en el interior del país, al norte del Río Negro, dónde el clima es menos templado.

Finalizando esta sección la entrevista también consulta respecto al consumo energético. La pregunta se realiza de forma abierta, con el objetivo de indagar sobre aquellas representaciones que los entrevistados tienen respecto al significado de este término. Uno de los principales emergentes, tal vez esperable, es que de una forma u otra todos los entrevistados reducen la energía a la energía eléctrica, para hacer sus consideraciones respecto a la eficiencia en función del gasto económico. Energía implica energía eléctrica y su eficiencia se observa en la boleta de UTE, dejando por fuera otros tipos de consumo energético como puede ser el gas o la leña. Más adelante veremos que esto puede redundar en una disociación de las características globales del hogar, que pueden llevar a estrategias de ahorro poco eficientes.

Existieron tres tipos generales de evaluación: a nivel mayoritario se observó conformidad con el “consumo energético” entendido como gasto, señalando en muchos casos las facilidades ofrecidas por los programas de vivienda o UTE. Un grupo importante de usuarios, si bien menor al anterior, señaló el elevado coste del servicio, con casos extraordinarios que resulta de interés analizar en el marco de las investigaciones (consumos declarados de hasta 17.000 pesos). Finalmente, si bien minoritarios, algunos usuarios señalaron estrategias no formales para afrontar el consumo (se conectan directo de la red).

### **4.6.3. Prácticas en relación al uso de la energía**

#### **Iluminación artificial**

En primera instancia, y en diálogo con los objetivos de otras secciones del proyecto, interesó conocer las prácticas de los usuarios de los programas respecto a la iluminación artificial del hogar. Prácticamente todos los entrevistados señalaron poseer luz artificial en toda la casa. Un único caso señaló la incapacidad de costear la sustitución de las lamparitas al momento de la entrevista, teniendo algún sector de su hogar no iluminado artificialmente. Sólo dos entrevistados mencionan la necesidad de prender la luz durante el día debido a la mala iluminación natural.

Respecto a la cantidad de horas diarias de uso de iluminación artificial, reconstruyendo lo declarado en las entrevistas, se estima que la moda (la categoría más habitual) es de 4 horas. Respecto a la iluminación exterior, la mayoría de los entrevistados declara que su vivienda posee luz al menos en el frente o el fondo del hogar, sólo 2 entrevistados declaran que su vivienda no posee luz exterior. De quienes declararon tener iluminación exterior, la mitad señala no utilizarla o utilizarla esporádicamente, es decir, que su uso no es diario. Los motivos centrales

señalados son o la buena iluminación pública, que hace innecesaria la luz exterior o el objetivo de ahorrar en consumo. Entre los entrevistados que utilizan la luz exterior, se destaca el objetivo de ofrecer mayor seguridad a la vivienda contra el delito a la propiedad. Sólo 4 entrevistados señalaron poseer sistema de fotocélula con encendido automático. Todos los entrevistados que señalaron utilizar iluminación exterior declararon utilizar lámparas de bajo consumo para toda la casa, tanto interior como exterior.

Respecto al tipo de lamparita, la gran mayoría señala la utilización de bajo consumo. Los entrevistados declaran que estas son las que el propio programa ofrece. Es importante destacar que en algunos casos, indagando en mayor profundidad en los hogares con mayor tiempo de utilización, los usuarios señalan la sustitución de las lámparas de bajo consumo por las incandescentes, una vez las mismas se agotan. La razón es la esperable: su costo. Este es otro emergente que se reitera en otras secciones de la entrevista, la lógica de supervivencia producida por la escases de recursos económicos lleva a los individuos a ponderar el ahorro inmediato en términos económicos, más allá de que el mismo pueda implicar un mayor gasto en el mediano plazo, así como una estrategia poco eficiente en materia energética [56]. Algunos programas, así como desde la propia UTE, parece existir conciencia de este problema, realizándose, en diferentes instancias, visitas y entregas de lámparas de bajo consumo, al menos así lo manifestó de forma clara un entrevistado.

## Calefacción

La primera pregunta, en relación a la calefacción, indaga sobre las estrategias utilizadas en el hogar cuando sus habitantes sienten frío. Una primera gran división posible está dada por quienes declaran utilizar algún tipo de aparato para alcanzar el confort térmico y quienes no (Figura 4.8). Un 71 % de los entrevistados declara utilización mientras que un 29 % declara estrategias suplementarias. Cabe recordar que la tenencia de algún tipo de aparato para calefaccionar el hogar es una Necesidad Básica [57].

En la mayoría de los casos, la no utilización de aparatos para calefaccionar se debe al costo de adquisición así como al de utilización. Las estrategias alternativas más comunes refieren al abrigo, la alimentación (bebida y comida caliente), así como la modificación de la rutina para evitar horarios más fríos. Es destacable el hecho de que sólo 12 % de los entrevistados señalaron algún tipo de malestar en el confort térmico, contrastada con esta información es que la hipótesis respecto a la comparación con la trayectoria, mencionada al principio, se robustece.

Respecto al tipo de aparato utilizado para calefaccionar la información se presenta en la Figura 4.9. Se observa que los porcentajes suman más de 100, debido a que algunos entrevistados pueden poseer más de un equipo.

Un elemento destacado, entre los entrevistados del plan MEVIR, es la incorpo-

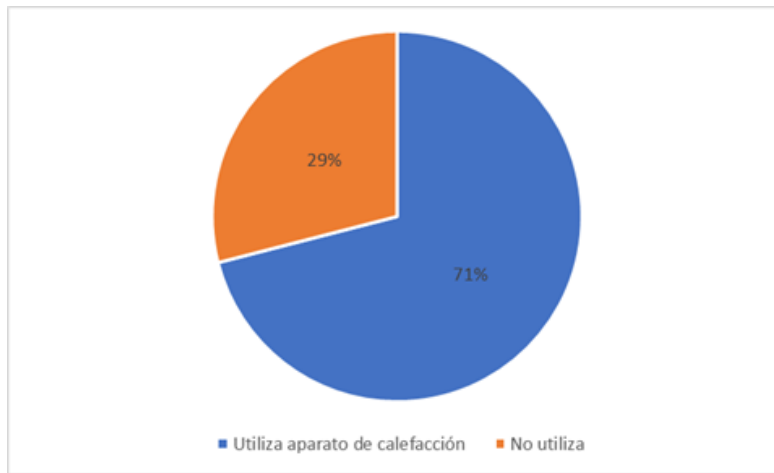


Figura 4.8: Utilización de aparatos de calefacción.

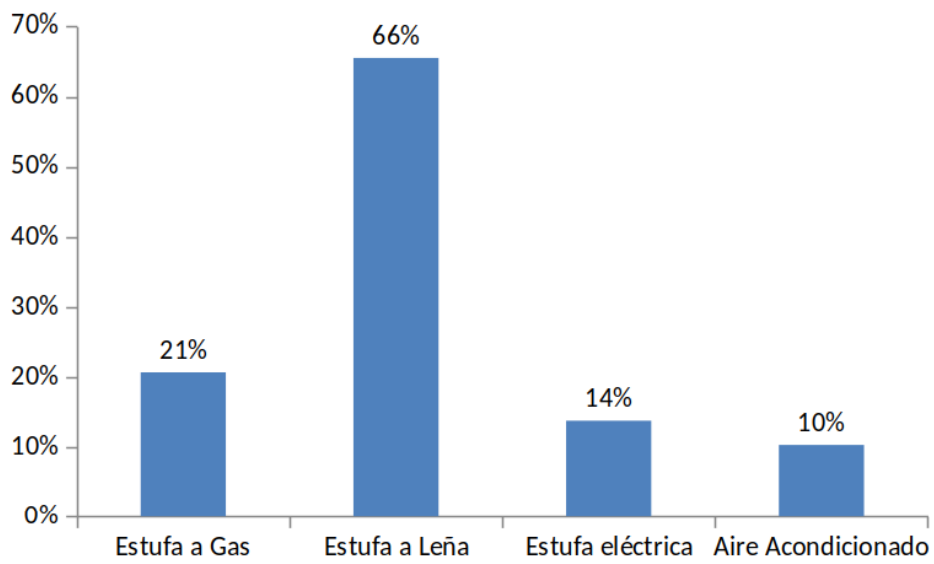


Figura 4.9: Tipo de aparato utilizado para calefaccionar.

ración del calefactor a leña. Aquellas viviendas que poseen este sistema lo evalúan de forma muy positiva, considerando que el mismo contribuye al confort térmico de toda la casa. Algunos de los comentarios destacados:

- “Es bien calentito, y los calefactores son hermosos. A veces hace frío a fuera y no me daba cuenta”
- “El calefactor es muy lindo. Andamos de manga corta”
- “[el calefactor] es un sueño cuesta mucho que la casa se enfríe [señalado con tono positivo] muy conforme, muy conforme”

Los entrevistados de MEVIR que utilizan este sistema consideran que el mismo facilita el consumo de energía eléctrica, así como también señalan regular la entrada de aire, destacando las instrucciones que recibieron desde el programa. Salvo una única excepción, que señala utilizar además la estufa a gas, es el principal aparato de calefacción de los hogares de este programa.

A nivel general, 27% de los entrevistados considera que su calidad de vida mejoraría si pudiera cambiar alguna condición respecto a la calefacción. En la mayoría de los casos el cambio refiere a la incorporación de equipos, sólo en algunas ocasiones a esta puntualización se le agrega la necesidad de realizar reformas estructurales en la vivienda. La principal barrera al acceso, cómo se señaló antes, está dada por la falta de recursos económicos.

## Refrigeración

De igual forma que la entrevista consulta respecto a las estrategias de calefacción lo hace respecto a la refrigeración. A los usuarios se les consultó respecto a lo primero que hacen cuando sienten calor en su hogar. Las respuestas aquí fueron significativamente más homogéneas. Prácticamente todos los entrevistados señalaron en primera instancia tres elementos: ventilar el hogar, mantener la sombra y el uso del ventilador. Sólo un caso mencionó directamente la utilización de Aire Acondicionado, este caso refiere al Plano Económico de la Intendencia de Montevideo, que veremos más adelante, posee algunas particularidades.

Al consultar directamente sobre los aparatos utilizados para la refrigeración del hogar son únicamente 4 los casos que señalan no tener ningún tipo de aparato, mientras que un 87% señala utilizar ventiladores eléctricos y un 15% utiliza aire acondicionado <sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup>La diferencia observada con respecto a la calefacción refiere a que se en la entrevista se consultó la utilización. Entre los entrevistados hubo quienes mencionaron no utilizar el aire acondicionado para la calefacción del hogar

Al consultar respecto a posibles cambios o mejoras 37% de los entrevistados considera que podría ser beneficioso. En la mayoría de los casos la respuesta se orienta a la posibilidad de incorporar un aire acondicionado, teniendo como principal barrera su coste de compra y utilización. Otros entrevistados señalaron la posibilidad de incorporar otros equipos, principalmente ventiladores, así como también se menciona, en una cantidad menor de casos, mejorar la sombra del hogar en su totalidad. Esta es una estrategia eficiente y económica que, en principio, es poco evaluada por los entrevistados, aun cuando muchos asocian el discomfort térmico del hogar por altas temperaturas a la radiación solar directa.

### **Conservación de alimentos y cocina**

Por otra parte, los entrevistados fueron consultados respecto a la conservación de alimentos y los artefactos de cocina.

En líneas generales, salvo detalles menores, la mayoría de los entrevistados señalaron conformidad respecto a los artefactos para conservación de alimentos. Todos los entrevistados poseen heladera, y si bien algunos casos señalaron que la misma podía ser antigua o tener algunos problemas menores (de capacidad o funcionamiento) en líneas generales se observa conformidad en este producto de primera necesidad.

Respecto a la cocina todos los entrevistados señalan cocinar en su hogar, mayoritariamente al menos una vez al día. Salvo un caso, los entrevistados señalan la utilización del gas como principal fuente de energía para esta tarea. Respecto a las estrategias para calentar la comida y el agua un 30% de los entrevistados la tenencia de jarra eléctrica y un 25% microondas. Algunos entrevistados manifestaron evitar, particularmente la jarra eléctrica, con el objetivo de ahorrar energía.

### **Calentamiento de agua para baño y limpieza**

Un elemento muy relevante a la hora de estudiar las prácticas de eficiencia energética de los hogares se relaciona con la producción de agua caliente. Como señala el informe de CEPAL [58]: “en los últimos años el sector residencial representa el 22% del total de consumo final de energía del país. A su vez, el 40% del consumo residencial corresponde a electricidad y de éste, el 37% se destina al calentamiento de agua con termotanques eléctricos de acumulación (usualmente denominados calefones)”. Observamos que el consumo de energía en este sentido posee una magnitud significativa. Una mejor comprensión de las prácticas de los usuarios puede ayudarnos a comprender dos elementos de interés: en primer lugar, hasta qué punto los usuarios conocen el impacto en el consumo que supone el calentamiento de agua. En segundo lugar, qué estrategias utilizan en este sentido.

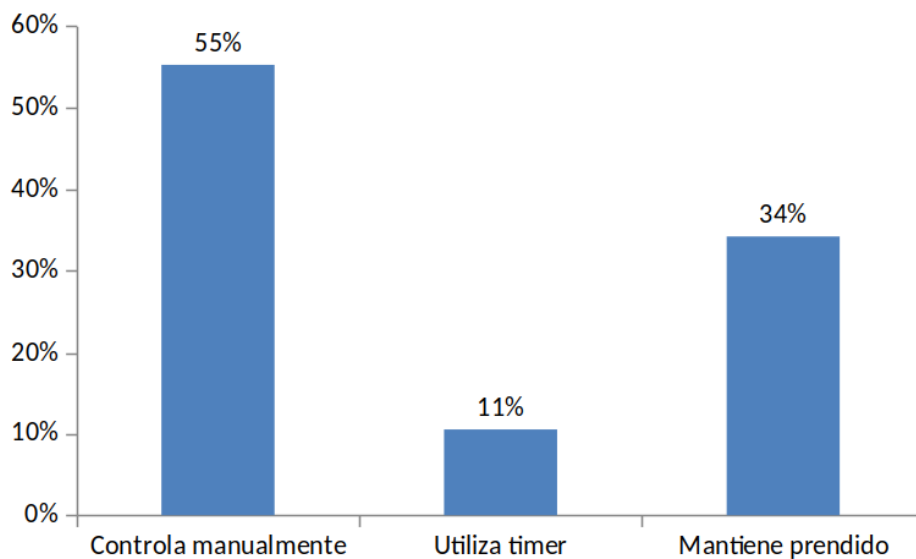


Figura 4.10: Utilización de termofón.

Todos los entrevistados, a excepción de 2 casos señalan poseer termofón eléctrico. Los casos restantes no tienen un equipo de calentamiento de agua para el hogar. Respecto a la estrategia de utilización, según se observa en la Figura 4.10, la mayoría señala controlar manualmente el encendido y apagado del mismo, en función de su utilización, en segundo lugar, alrededor de un 34 % de los entrevistados señala mantenerlo prendido de forma continua. Un 11 % utiliza *timer*.

Entrevistados de MEVIR y PMB señalan haber recibido instrucciones por parte del programa respecto al uso del calefón. En torno a la mitad de los entrevistados señalan realizar modificaciones entre invierno y verano respecto a la temperatura o el tiempo de encendido. Por otra parte, cerca de un 20 % de los entrevistados señalan no estar seguros de la temperatura y de no haber modificado la misma desde su instalación.

Otro elemento de interés sobre el que indagar, en materia de eficiencia energética es la presencia y utilización de monocomando para el flujo de agua en las diferentes secciones del hogar. Como bien señalan Joanicó y Bove [59]: “Antiguamente, cuando los lavamanos contaban con dos canillas (caliente/fría), el usuario utilizaba sólo agua fría para un uso breve, pero con los modernos grifos monocomando (habitualmente fijados en posición intermedia) se demanda agua caliente del termotanque sin que muchas veces ésta se llegue a utilizar siquiera”. Este llamado “consumo parásito” puede implicar un alto grado de ineficiencia, por lo que hace relevante relevar las prácticas de los usuarios en este sentido.

La gran mayoría de los usuarios manifestó la presencia de monocomando en su hogar, tanto en el baño como en la ducha y la cocina. Los entrevistados se dividen



prácticamente en partes iguales respecto a quienes utilizan el monocomando del baño del lado del agua fría con respecto a quienes lo utilizan en el medio. Es de suma importancia destacar, que muchos de los usuarios que manifiestan usarlo con agua fría destacan las charlas informativas que recibieron por parte del programa, respecto a estrategias de eficiencia energética. Si bien es imposible conocer las prácticas reales de los entrevistados, es posible observar al menos el conocimiento respecto a la deseabilidad y virtud del uso adecuado del monocomando. Esto puede ser una lección para la implementación de programas a futuro.

Respecto a la utilización de agua caliente para lavado se observa una correlación con la pregunta anterior. Aquellos que conscientemente utilizan agua fría para el lavado de manos también utilizan, para la vajilla, agua caliente que no proviene del termofón, a conciencia de la mejora en términos de eficiencia y consumo que esto supone.

#### **4.6.4. Conocimiento sobre consumo energético y estrategias de eficiencia**

Finalmente, la entrevista cierra con un bloque de interés fundamental, en el que la metodología utilizada permite las reflexiones de mayor interés. En esta sección se realizan una serie de preguntas abiertas que buscan conocer en mayor profundidad el conocimiento y las estrategias que utiliza el entrevistado en pos de lograr la mayor eficiencia energética del hogar.

En primer lugar, se le consultó a los entrevistados cuáles pensaban que eran los artefactos que más energía consumían. Un 15 % señaló desconocimiento en este sentido. Entre quienes respondieron, 50 % respondió el termofón (o calefón), seguido en segundo lugar por el lavarropas. Los argumentos en este sentido variaron (Figura 4.11). En algunos casos se basó en la experiencia personal tras probar diferentes estrategias de ahorro. En otros casos se basó en información que recibieron ya sea desde los propios programas como de parte de familiares o conocidos. Finalmente, algunos entrevistados hicieron el razonamiento en función del tiempo de uso.

Este tipo de respuesta puede funcionar a modo de evidencia respecto a la importancia de instancias formativas en los programas.

A los entrevistados también se los consultó respecto al hecho de haber cambiado algún tipo de hábito con el objetivo de reducir o hacer más eficiente el consumo. Dos tipos de estrategias se observan de forma mayoritaria: en primer lugar, los usuarios optan por estrategias que intentan reducir el consumo. Esto se observa como muy habitual, un entrevistado mencionaba “Jubilamos la jarra eléctrica a ver si gastamos menos”. Aquí los usuarios optan por adaptar sus hábitos con el fin de consumir menos energía, no necesariamente para hacerlo de forma

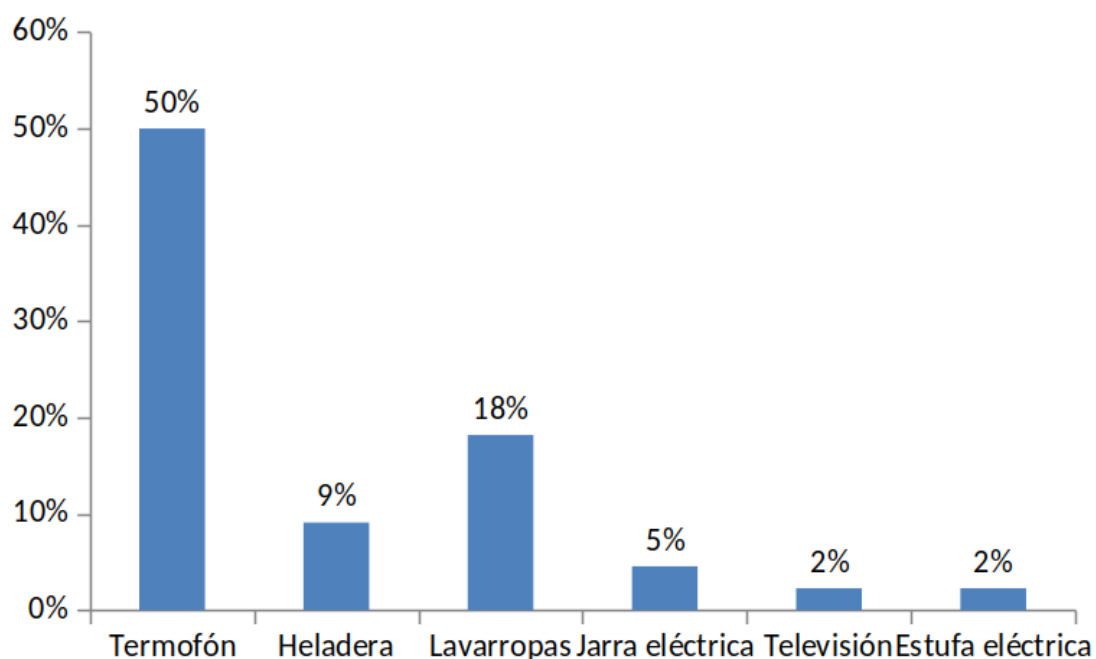


Figura 4.11: Artefactos según apreciación respecto al consumo.

más eficiente. Por otra parte, en torno al 75 % de los entrevistados mencionaron utilizar estrategias que podemos considerar de “eficiencia energética”, en el sentido en que buscan mantener el confort reduciendo el consumo. Las principales estrategias mencionadas refieren a dos elementos: el cuidado del agua caliente, lo que se asocia a instancias formativas trabajadas en programas como MEVIR, así como también los usuarios lo han expresado como parte de su saber cotidiano. El otro set de estrategias de eficiencia refieren al cuidado de la temperatura del hogar, intentando controlar las filtraciones en general y particularmente, intentando ventilar y aprovechar la sombra en verano.

Como contraparte, si bien de forma minoritaria, emergen de las entrevistas algunas estrategias contraproducentes en materia de eficiencia energética, en particular vinculadas al uso del agua caliente, un caso paradigmático es el de la utilización de agua caliente del calefón para evitar el consumo de gas. Nuevamente, esto respalda la hipótesis respecto a la importancia que puede llegar a tener la implementación de programas de formación dentro de los programas de vivienda.

Continuando con las preguntas respecto a la eficiencia energética, se les consultó a los entrevistados respecto a si han evaluado la instalación de fuentes de energía renovable. En primer lugar cabe destacar que ninguno de los usuarios ha instalado un equipo de estas características hasta el momento. La gran mayoría de los entrevistados, un 88 %, señaló que no lo han considerado. Al ser consultados respecto

a los motivos, los dos argumentos principales son la falta de capacidad económica y la falta de conocimiento o información al respecto. Los restantes entrevistados mencionan haberlo evaluado, pero en líneas generales los mismos argumentos son utilizados para explicar el resultado final de no hacerlo: la falta de información y de recursos.

La entrevista cerró con la consulta al entrevistado respecto a la evaluación global del programa. Si bien existen ciertas diferencias por programa y por territorio, en líneas generales ocurre lo mencionado al principio del análisis de la entrevista: el entrevistado evalúa en comparación con su trayectoria habitacional, destacando la precariedad previa y presentando entonces una importante conformidad con su solución actual.

#### 4.6.5. Otros artefactos

Antes del final, la pauta de entrevista, recoge información sobre todos los artefactos del hogar, preguntándose respecto a aquellos artefactos sobre los que no se obtuvo información en las secciones anteriores. En este sentido la entrevista también pregunta respecto a la frecuencia de utilización y la etiqueta de los artefactos, en caso de que corresponda.

Una primera observación general refiere al desconocimiento general respecto a las etiquetas y la información que suponen. La etiqueta no parece jugar un papel relevante a la hora de elegir los aparatos para su utilización o ponderar sus horas de uso. Una segunda observación general refiere a la utilización de equipamiento viejo como estrategia de ahorro. Esto ocurre con heladeras y calefones en particular. Es relevante en este sentido analizar si esta estrategia de ahorro económico es eficiente tanto en términos energéticos como monetarios.

En esta sección se destacan aquellos artefactos que emergieron relevantes en la entrevista y que no fueron reseñados en secciones previas.

En primer lugar, la entrevista consulta específicamente respecto a la utilización de planchita y/o secador de pelo. Estos son aparatos de potencia elevada, los cuales su uso prolongado puede suponer un alto consumo de energía, si bien su utilización generalmente tiende a ser más bien breve y esporádica. 48% de los hogares manifestaron tener algunos de estos aparatos. Su utilización varía de hogar en hogar, en general, utilizándose al menos una vez por semana.

Por su parte, un 57% de los hogares declara poseer algún tipo de computadora. La categoría más frecuente, en este sentido, es la ceibalita <sup>5</sup>. Respecto a la utilización se observa que existe una varianza no menor, aumentando en aquellos hogares con más cantidad de menores de edad.

---

<sup>5</sup>Computadora ofrecida a los niños en edad escolar en las escuelas públicas, en el marco del programa Plan Ceibal (más información en: <https://www.ceibal.edu.uy/es>).

Finalmente, todos los hogares poseen al menos una televisión. El 40 % de los hogares posee más de una. La mayoría de los entrevistados señala que la misma es de uso diario.

#### **4.6.6. Especificaciones por programa**

El objetivo general de la entrevista fue generar inferencias que permitieran establecer generalizaciones sobre los usuarios de las viviendas. Si bien los datos son escasos, y la muestra teórica hace imposible realizar generalizaciones a gran escala, se observan algunas diferencias que aún deben seguir explorándose entre los programas.

En primer lugar, cabe destacar una diferencia, de base institucional entre los usuarios del Plano Económico y el resto de los programas. El proyecto de Plano Económico no tiene, a diferencia de los restantes programas, un objetivo orientado a la situación de vulnerabilidad o precariedad. Esto quiere decir que es pensable, que la población que accede a esta política presente diferencias sustanciales respecto al resto, en lo que refiere a sus recursos. Esto se observa en las entrevistas. Los usuarios del Plano Económico han vivido durante más tiempo en su hogar (con diferencias muy importantes, siendo el menor tiempo de residencia de 15 años), así como parecen alcanzar un mayor confort, tener una mayor cantidad de insumos en su hogar y tener un mejor ingreso, (basándonos en información respecto a su ocupación). En este sentido, el usuario del Plano Económico parecer presentar una diferencia importante con respecto a los demás usuarios que, en principio, resultan más similares entre sí.

En segundo lugar, al analizar los restantes programas, MEVIR parece ser, en función a lo analizado en las entrevistas, el programa que obtiene una mejor evaluación por parte de los usuarios. Aquí se destaca, no sólo una evaluación muy positiva de las características de la vivienda, sino también la importancia de las instancias formativas, del seguimiento por parte del programa y de la comunidad. El PMB se presenta de forma similar, sin embargo, en las entrevistas se observaron mayores carencias materiales en estos usuarios. Esto puede responder no necesariamente al programa en sí, sino a la elección de los territorios sobre los que se realizaron las entrevistas o una focalización específica del programa. Es necesario otro tipo de datos para realizar inferencias robustas en este sentido.

Finalmente, el Plan Juntos presenta los casos donde se observa mayor precariedad y mayor descontento por parte de la población. En el presente proyecto se relevaron la opinión de los usuarios de dos intervenciones. La evaluación entre los entrevistados del programa presentan una varianza importante, con un set de entrevistas realizadas en una de las implementaciones del programa con críticas importantes y la otra con una alta conformidad. Dado que las principales críticas al programa emergieron en un caso, esto puede deberse a la implementación

específica y no ser una característica global del programa. En lo que refiere a la precariedad o vulnerabilidad sí se observa, en los usuarios del Plan Juntos, en base a sus historias de uso del hogar, confort y vida cotidiana una situación de mayor desventaja, que posiblemente responda a la focalización particular del programa en familias de bajos recursos.

## 4.7. Conclusiones

En primer lugar, se observa que si bien es posible realizar ciertas generalizaciones sobre los usuarios de los programas analizados, los mismos presentan ciertas diferencias destacables, esto ocurre particularmente con el caso del Plano Económico.

En lo que refiere a la evaluación del confort, observamos que los usuarios tienden a evaluar el mismo en función de su trayectoria habitacional previa, en muchas ocasiones marcada por situaciones de gran precariedad. Esto parecería facilitar la evaluación del hogar como confortable incluso cuando los resultados o el funcionamiento del mismo pueda estar por debajo de los estándares usualmente utilizados para medirlo. Cabe hipotetizar si esto no puede llevar al mantenimiento de situaciones subóptimas que podrían solucionarse en conjunto con los programas.

Respecto al consumo de energía, podemos pensar en estrategias de ahorro o de eficiencia, por llamarles de alguna forma. Las estrategias de ahorro refieren a aquellas que buscan disminuir el consumo de la mano de la utilización (afectando los resultados), mientras que las estrategias de eficiencia buscan mantener o aumentar el confort reduciendo o manteniendo el consumo. Ambos tipos de estrategia se observan en las entrevistas. Las primeras se asocian fundamentalmente al intento de disminuir la utilización de energía eléctrica, usando menos los aparatos a disposición. Las segundas refieren fundamentalmente a un mejor aprovechamiento del termofón así como de la energía solar y la sombra para el confort térmico, fundamentalmente.

Una de las principales barreras observadas para la implementación de estrategias de eficiencia energética, en esta primera instancia, tiene que ver con las estrategias de supervivencia de los hogares [56]. Se observa que en muchos casos, la necesidad inmediata lleva a los hogares a tomar decisiones subóptimas en el mediano plazo. El caso paradigmático es la sustitución de las lámparas de bajo consumo agotadas por las lámparas incandescentes.

Finalmente, respecto al conocimiento general de los entrevistados en relación al consumo de energía y el ahorro, se observa, particularmente a partir del caso MEVIR, que las estrategias de formación de los usuarios parece tener un impacto positivo, al menos en lo que los entrevistados declaran hacer. Esto puede ser muy relevante de cara a la implementación de políticas de eficiencia.



# Capítulo 5

## Valoraciones de autoridades políticas y técnicos responsables de los programas.

### 5.1. Introducción

En el capítulo 3, se presentó un relevamiento exhaustivo de las instituciones que participan en la implementación de políticas públicas en materia de vivienda. Se realizó un mapeo institucional con el objetivo de esclarecer los vínculos entre los diferentes programas, los niveles de toma de decisiones, y los roles de cada una de las unidades participantes.

En el capítulo 4, se presentó una sistematización de la información recogida en entrevistas a usuarios de los programas. Allí se analizó la percepción que éstos tienen de los diferentes programas y la forma de uso que le dan a las viviendas, en particular las estrategias utilizadas para el acondicionamiento térmico y otros usos de energía.

En este capítulo, se presenta el análisis de las entrevistas realizadas con autoridades políticas, y técnicos responsables de llevar adelante los diferentes programas.

Las entrevistas tienen como primer objetivo, la validación de la información recogida en el mapeo institucional. Luego se concentran en investigar sobre las valoraciones de los informantes calificados acerca de los programas en general, y de las fortalezas y debilidades que observan específicamente en lo que refiere a la incorporación de medidas de eficiencia energética.

Tabla 5.1: Entrevistados por programa y rol

	<b>Programa</b>	<b>Rol</b>
Entrevistado 1	PMB	Trabajador/a social
Entrevistado 2	PMB	Arquitecto/a
Entrevistado 3	PMB	Arquitecto/a
Entrevistado 4	Plano Económico	Arquitecto/a
Entrevistado 5	Plano Económico	Arquitecto/a
Entrevistado 6	Plano Económico	Arquitecto/a
Entrevistado 7	Plan juntos	Trabajador/a social
Entrevistado 8	Plan juntos	Arquitecto/a
Entrevistado 9	Plan juntos	Arquitecto/a
Entrevistado 10	MEVIR	Trabajador/a social
Entrevistado 11	MEVIR	Arquitecto/a
Entrevistado 12	MEVIR	Arquitecto/a
Entrevistado 13	IM	Autoridad política
Entrevistado 14	IM	Autoridad política

### 5.1.1. Metodología de entrevistas

Para acceder a la información requerida en esta etapa de la investigación, se realizaron entrevistas en profundidad (según se definen en el capítulo 4), con técnicos y autoridades de los programas.

Las entrevistas fueron seleccionadas en base a un muestreo teórico por conveniencia [49], seleccionándose tres técnicos por cada uno de los programas, al menos un técnico del área de arquitectura y un técnico del área social, al tiempo que se intentó agendar entrevistas también con autoridades políticas de los programas. En todos los casos, existió buena disposición por parte de los programas para participar de esta instancia. Se realizaron 13 entrevistas, con 14 entrevistados diferentes<sup>1</sup>. El resumen de las entrevistas realizadas se muestra en la Tabla 5.1.

Las entrevistas fueron realizadas entre los días 19/5/2021 y 2/7/2021. Dada la situación sanitaria, se realizaron de forma virtual, por video llamada. La duración promedio fue de unos 40 minutos. La pauta de entrevista (presentada en el anexo) recoge información sobre los siguientes elementos:

1. Descripción del programa: Esta sección consulta respecto a los objetivos, población objetivo, descripción general del funcionamiento y relación con otros programas.

<sup>1</sup>Se realizó una sola entrevista colectiva a técnicos de Plano Económico.



2. Fortalezas y debilidades generales del programa: el apartado orienta para conocer las principales valoraciones del entrevistado acerca del programa.
3. Diseño de las viviendas: la sección recoge información respecto a cómo se define el diseño, si han ocurrido cambios, y el papel de la eficiencia energética en el proceso.
4. Proceso de construcción: de forma similar se consulta respecto al proceso de construcción, una vez definida la implementación en un territorio en particular.
5. Relación con la comunidad: estas preguntas están orientadas específicamente a conocer respecto a la relación desde el programa con los usuarios, concretamente en lo relacionado a la utilización de la energía.
6. Frenos o posibilidades para las políticas de eficiencia energética: en base a todo lo desarrollado hasta el momento en la entrevista, se les pide a los entrevistados información general sobre la eficiencia energética y las oportunidades de desarrollo dentro de los programas.

### **5.1.2. Potencial de aplicación de MEE**

A nivel internacional, se suele identificar como brecha de eficiencia energética a la diferencia entre el potencial de medidas posibles y la formulación efectivamente desarrollada. Las diferencias se atribuyen a diferentes costos, distribuidos en tres grandes categorías [60, 61].

1. Costos exclusivos de índole tecnológico. Por ejemplo, el costo económico de incorporar nuevas tecnologías, el riesgo que toman los actores al incorporar nuevas tecnologías, el costo de analizar la incorporación de una nueva tecnología.
2. Régimen técnico. Es llamado por los autores a la articulación entre el factor humano y el tecnológico que frenan la implementación de nuevas medidas de eficiencia energética. Esto se visualiza en la asimetría de información entre las diferentes instituciones, o la falta de incentivos para aplicar medidas de eficiencia energética por parte de un departamento o sección en particular.
3. El régimen socio-técnico. Pone el énfasis a los componentes organizacionales que podrían obstaculizar la aplicación de nuevas medidas de eficiencia energética. Algunos de estos elementos organizacionales son: el poder, los valores institucionales, la inercia, la relación entre los actores intrainstitucionales.

Estudios internacionales muestran que la implementación de medidas de eficiencia energética conlleva, no solo a un ahorro monetario por parte de los usuarios a largo plazo, sino también a un mayor cuidado del medio ambiente, e incluso a un mayor bienestar social [61].

Algunos autores indican que la ineficiencia energética es aún mayor en los hogares más vulnerables [62].

De todo lo anterior surge que para dar cuenta del potencial de aplicación de medidas de eficiencia energética, es central conocer las características organizacionales de los programas, sus procesos de trabajo, y su valoración del problema energético.

### **5.1.3. Sistematización de las entrevistas**

En primer lugar, se analizarán los lineamientos, visiones generales y valoraciones en las que se sostienen los programas de vivienda que surgieron en las entrevistas con las autoridades políticas.

En segundo lugar, se realizará un análisis específico para cada uno de los programas en torno a las 6 secciones de la entrevista.

En tercer lugar, se realizará un análisis de las características comunes y las principales diferencias entre los programas.

Por último, se realizará una síntesis de las principales barreras identificadas desde los programas, estrategias concebidas para su superación (en caso de que existan) y potencialidades a futuro.

## **5.2. Autoridades políticas**

El objetivo fue analizar la visión de los directores de políticas de vivienda para conocer los lineamientos sobre los que se sostienen los diferentes programas. Se cuenta con la limitación de que solo fue posible entrevistar autoridades políticas de intendencia de Montevideo. No se obtuvo respuesta en MVOT ante las solicitudes de entrevistas.

### **5.2.1. Rol del gobierno departamental en políticas de vivienda**

Los entrevistados han valorado que la normativa que define las atribuciones de las intendencias con respecto a la vivienda está desactualizada. Mencionan que la normativa de referencia (Ley N. 951, Ley Orgánica Municipal) estipula que las intendencias no tienen entre sus atribuciones la formulación o ejecución de políticas

de Vivienda<sup>2</sup>. Esto tiene dos consecuencias al interior de los órganos departamentales. En primer lugar, provoca que la atribución de políticas de vivienda de las intendencias no sea consensuada entre los actores, ya que existen diferentes visiones acerca de las atribuciones de las propias intendencias. En segundo lugar, de forma más práctica inhabilita a las intendencias a realizar licitaciones para la ejecución de políticas de vivienda, siendo amonestados por el Tribunal de Cuentas. En caso de ser observada alguna licitación por parte del Tribunal de Cuentas, el mecanismo utilizado por los gobiernos departamentales es la argumentación de los motivos de la licitación. Para evitar dichas observaciones, se establecen convenios entre los programas de viviendas diseñados en el MVOT con las intendencias para la intervención en los departamentos. En dichos convenios también participa el Tribunal de Cuentas de forma de validar el proceso y permitir futuras licitaciones de parte de las intendencias.

Algunos actores mencionan, que esta visión encontrada es resuelta a través de la concepción de que el gobierno central es el encargado de diseñar, financiar y establecer los marcos normativos de las políticas de vivienda, pero son las intendencias las que ejecutan dichas políticas, ya que tienen un mayor contacto directo con el territorio. Esto se puede ilustrar en los convenios descritos anteriormente. Además, dentro de los gobiernos departamentales también se sostiene la concepción de que las intendencias, al estar en un grado mayor de cercanía con la población, pueden ser un actor válido para la sugerencia de nuevas políticas públicas. A partir de las entrevistas se rescata que estas experiencias han sucedido donde a partir de un programa que inicia la intendencia de Montevideo luego es replicado por parte del ministerio y otros gobiernos municipales. Por último, el otro rol que otorga la normativa a los gobiernos departamentales, que incide en la política de vivienda, es la potestad de otorgar terrenos. En el caso de la intendencia de Montevideo, la Cartera de Tierras creada en 1991 para el otorgamiento de tierras para viviendas, es una de las principales fortalezas marcadas por los entrevistados.

### 5.2.2. Lineamientos

Se encuentra que las políticas de vivienda promulgadas por la intendencia de Montevideo buscan fundamentarse en el enfoque de los derechos, teniendo implicancias desde la formulación, diseño e implementación de la política pública. El enfoque de derechos implica la posibilidad de que todos los ciudadanos puedan acceder a bienes y servicios de calidad, independientemente del lugar o barrio donde residan. De esta forma, la política de vivienda, no solo debe verse a partir de

---

<sup>2</sup>Al analizar la Ley Orgánica Municipal, en el artículo 35 y 36, donde se refiere a las competencias del intendente, no se nombra específicamente el establecimiento de políticas de vivienda en el departamento.

la vivienda aislada, sino como la interrelación entre el individuo y el barrio que territorializa los lazos sociales y relaciones de poder. Por ello, se tiende a crear las políticas de vivienda cerca de los centros de bienes y servicios, de forma que no se reproduzca la segregación urbana y se formen periferias empobrecidas. Esto está en consonancia con algunos de los programas que se presentarán posteriormente, como el Plan Mejoramiento de Barrios donde desde los propios técnicos el foco es mayormente puesto en el barrio, en lugar de la vivienda. Al ser el hábitat el foco principal desde esta concepción de políticas de viviendas, surge una constante interrelación entre los diferentes organismos como el INAU, ANEP, UTE, OSE, MIDES, MIEM y MVOT.

Dicho enfoque implica un diseño de la política pública que contemple a los usuarios y sus opiniones en la generación de las viviendas. Por ello, se intenta diseñar las políticas de vivienda a través de un modelo de “abajo hacia arriba” (top down) [63], es decir, consultando a la población acerca de la política. De esta forma, se considera a los propios usuarios como objetos de derechos en las políticas de vivienda.

Otra implicancia de este lineamiento, es la búsqueda de una vivienda de calidad frente a una concepción que concibe a la vivienda social como transitoria. En este sentido, se busca que sea una vivienda que cumpla con todos los requisitos de la . Algunos entrevistados han manifestado que este enfoque no es completamente compartido por todos los actores dentro de la intendencia de Montevideo. Esto también se puede observar en otros programas como en el Plan Juntos, donde hasta el 2017 / 2018, según los entrevistados, se concebía la vivienda como transitoria.

### **5.2.3. Fortalezas y debilidades**

En cuanto a las fortalezas, las autoridades señalan: la conformación de equipos técnicos interdisciplinarios y de calidad, el enfoque de derecho a la ciudad desde el que se plantean las políticas públicas, la flexibilidad de los programas y el rol de los gobiernos departamentales para la propuesta ante el gobierno central de políticas de vivienda. También se menciona la tenencia de una cartera de tierras en la intendencia de Montevideo que ha tenido amplios resultados a partir del otorgamiento de tierras para las relocalizaciones y regularizaciones, permitiendo el fundamento de los programas de vivienda. En cuanto a las debilidades, se menciona la necesidad de contar con mayores recursos para las políticas de vivienda, lo que permitiría un mayor monitoreo y evaluación de las políticas y un mayor consenso de los actores acerca de los lineamientos para la formulación y diseño de las políticas de vivienda. Por último, se apunta a mejorar la eficacia de los programas.

#### **5.2.4. Cambios recientes**

En materia de políticas de vivienda a nivel departamental, el principal cambio reciente que se registra es la incorporación de la vivienda en el Plan ABC, donde se procura dedicar recursos municipales para paliar los efectos de la pandemia del COVID – 19. Sin embargo, cabe advertir que en el Plan ABC incorpora la vivienda de forma completamente marginal. Por otra parte, la elección de los lugares a intervenir se selecciona a partir de los municipios ubicados en la periferia de Montevideo (Municipios A, D, E y F, respectivamente).

#### **5.2.5. Eficiencia energética**

En cuanto a la eficiencia energética se relevan dos aspectos de sumo interés. En primer lugar, aunque existen convenios y experiencias innovadoras con diferentes organismos públicos para mejorar específicamente la eficiencia energética (utilización de calentadores solares en viviendas de realojo y aberturas más grandes en las viviendas de la Oficina de Rehabilitación de Viviendas), se concibe que el principal elemento para mejorarla es poder construir una vivienda que cumpla los requisitos estipulados por la intendencia de Montevideo. En este sentido, los hábitos energéticos de los usuarios son contemplados como un elemento marginal, aunque como se puede observar existen varios talleres y reuniones con los usuarios ante la regularización de la energía, aunque son generalmente realizados por el equipo técnico de UTE.

El otro aspecto de interés, es la consideración de que los recursos financieros son escasos para las políticas de vivienda, donde los criterios de eficiencia energética son considerados como “accesorios” en la vivienda y compiten con otras cuestiones, como por ejemplo la seguridad.

### **5.3. MEVIR**

#### **5.3.1. Descripción del programa**

Al preguntarse acerca de los objetivos del programa, los tres entrevistados dieron respuestas claramente alineadas con los objetivos formales de la institución, definidos en su normativa y descritos en la sección 3.1 de este documento. Los entrevistados hacen hincapié en el papel histórico de la institución en la política de vivienda en el Uruguay, en la experiencia acumulada, y en las transformaciones sufridas. Identifican el objetivo actual con el de colaborar en la garantía al derecho a la vivienda digna en el Uruguay, a partir del trabajo focalizado en el área rural, y considerando el derecho a la vivienda de forma integral (que involucra también la infraestructura y servicios adecuados del territorio).

Al preguntarse sobre la población objetivo, la unidad a la que refieren los entrevistados es a la unidad territorial. Esto da cuenta del tipo de intervención planteado por MEVIR, que supone una intervención en una comunidad, no en individuos o familias aisladas. Todo el territorio es transformado, incorporando la vivienda en un entramado urbano que constituye la unidad con la que MEVIR trabaja. La selección de los territorios y las comunidades con las que MEVIR trabaja parece estar supeditado a tres grandes características:

- Las características de la población, lo que incluye el estado de la vivienda, el déficit en materia habitacional, y los recursos disponibles
- Las características del territorio en materia de servicios esenciales
- La disponibilidad de la tierra para la realización del proyecto

Estos elementos son considerados por el equipo de evaluación y monitoreo de la institución, que utiliza datos primarios y secundarios y define las localidades y los límites de las intervenciones. Luego, los candidatos pueden postularse a la implementación. Su elección dependerá en una serie de características de la familia en términos sociales, económicos y demográficos.

Un diagrama del proceso de trabajo puede verse en la Figura 5.1. En base a los elementos mencionados previamente, el programa evalúa la viabilidad de diferentes intervenciones, seleccionando aquellas que entienda prioritarias. En base a esta selección se realiza un anteproyecto en el que el vínculo con las intendencias es mencionado como central, particularmente por lo que refiere a la tenencia y uso de la tierra. Superada esta etapa se realiza el proyecto ejecutivo y costeo de la implementación del programa. Durante esta etapa, el vínculo con los organismos del estado dedicados al acceso de servicios básicos juega un rol fundamental. Con estos elementos decididos, el sector de proyectos, obras y evaluación y monitoreo planifican la realización de la vivienda y la selección de los participantes. Esto da lugar a la etapa de obra, seguida de la pos obra, donde se dan las titulaciones de la vivienda y se realiza un seguimiento de los participantes.

MEVIR posee vínculos con un set amplio de instituciones dentro y fuera del Estado. Las centrales fueron mencionadas, pero también se incluye el Instituto Nacional de Colonización, INAU, MIDES, entre otros. Estos organismos pueden cumplir roles específicos en implementaciones puntuales, por ejemplo, facilitando el acceso a la tierra, el acceso a servicios como puede ser los cuidados (CAIF), entre otros. El programa promueve una mirada integral del territorio, el cual debe nuclear servicios esenciales para la comunidad.

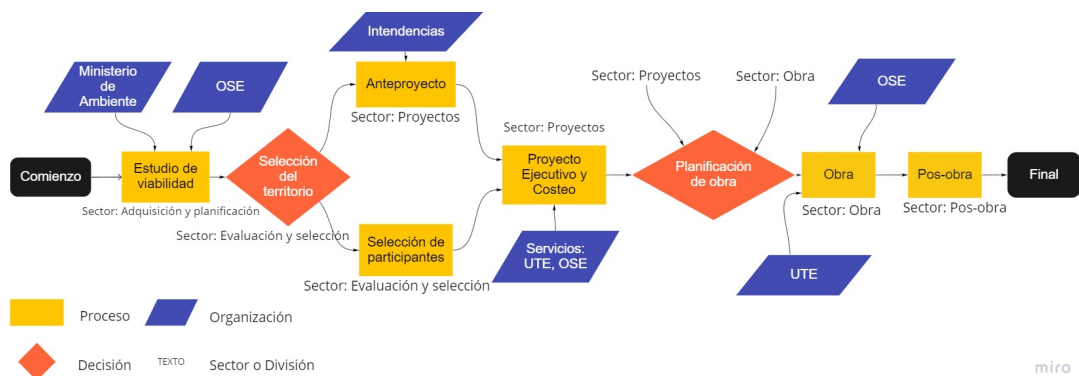


Figura 5.1: Proceso de trabajo MEVIR

### 5.3.2. Fortalezas y debilidades

Consultados respecto a las fortalezas del programa, los entrevistados señalaron algunas de las particularidades del mismo. En primer lugar, se señala la legitimidad de MEVIR, particularmente por su permanencia histórica. Los entrevistados entienden que el programa es conocido y respetado por la población, particularmente por la población objetivo en el interior del país. Esto facilita enormemente el proceso de captación de los usuarios y la coordinación y toma de decisiones con los mismos. De manera similar, los entrevistados señalan que MEVIR posee un conocimiento profundo de la realidad del interior y el medio rural uruguayo. Esta especificidad en su intervención facilita la creación de soluciones habitacionales y territoriales adecuadas al medio en que se trabaja. Por otra parte, aparecen dos elementos. La participación en el derecho privado es visto como una fortaleza, particularmente en materia de velocidad de la implementación, dado que el programa no se ve supeditado a los tiempos de los organismos públicos que entienden pueden ser muy lentos. También, el control directo de MEVIR sobre las diferentes etapas de la implementación es visto como una fortaleza, en la medida en que evita cuellos de botella y mantiene una lógica y sentido general.

Consultados respecto a las debilidades, se mencionan elementos bastante generales, referentes a la mejora continua de las soluciones brindadas. En particular, se menciona la necesidad de transmitir mayor transparencia respecto al uso de los recursos, mejorar la eficacia de los mismos, y mejorar la articulación entre los diferentes sectores del organismo. Un entrevistado menciona específicamente la necesidad de readecuar el vínculo con los usuarios, particularmente debido al cambio que viene sufriendo la población objetivo, por ejemplo, en materia de composición familiar donde la política de vivienda no se adecua a la inestabilidad de las formaciones familiares. Esto aparece mencionado en documentos realizados por MEVIR [36]. A nivel general, los entrevistados entienden que el programa logra

cumplir con sus objetivos.

### **5.3.3. Diseño de las viviendas**

Los diseños de las viviendas son realizados en conjunto por el área de Arquitectura y Obras. Se realizan tipologías, que suponen economías de escala. Las viviendas respetan las normativas vigentes a nivel país y están pensadas como soluciones a largo plazo. Se contempla en el proceso de diseño el hecho de que las mismas son construidas por ayuda mutua, el proceso debe tener etapas que permitan la participación de los usuarios en diferentes niveles.

Consultados respecto a los cambios en el diseño, MEVIR es el programa que da cuenta de una evaluación más sofisticada en torno a la eficiencia energética de la vivienda (entendida como confort obtenido en base a consumo). El programa ha ensayado diferentes estrategias constructivas, materiales, y equipamiento. En este sentido, existe una preocupación específica por la eficiencia energética. El programa señala lograr la evaluación a partir del convenio y participación con otras instituciones, particularmente la Universidad de la República en reiteradas ocasiones. A partir de investigaciones realizadas desde la Universidad, es posible evaluar el confort de la vivienda, posibles ahorros o modificaciones sin incurrir en costos que podrían suponer una menor cobertura. En materia de eficiencia energética MEVIR plantea dos objetivos intrínsecos al objetivo: mejorar los niveles de confort sin aumentar el costo o mantener los niveles de confort disminuyendo el costo. En base a los cálculos realizados con la información proveniente del programa y de la participación de instituciones externas, se evalúa el costo de las medidas, el efecto inmediato y el efecto a mediano plazo y en función de esto se toman decisiones.

### **5.3.4. Proceso de construcción**

Una vez definido el territorio, el proyecto, y los participantes, comienza la etapa de obra. Esta etapa es llevada a cabo por un equipo que incluye arquitecto, trabajador social, capataz, y peones de obra, además del trabajo que los usuarios deben realizar por ayuda mutua. Este último punto implica que los usuarios deben completar una determinada cantidad de horas de trabajo durante la etapa de construcción. Este trabajo es realizado sobre el proyecto general, los usuarios desconocen en primera instancia cuál será su vivienda específica. Durante este proceso, también se trabaja con los servicios para que las viviendas tengan acceso al momento de la inauguración. La obra total lleva alrededor de 1 año y 4 meses desde el comienzo hasta la finalización.



### **5.3.5. Relación con la comunidad**

El enfoque comunitario parece ser un elemento central del proyecto realizado por MEVIR y es destacado en las entrevistas realizadas. El trabajo es realizado por todos los implicados sobre todas las viviendas. A su vez, el programa crea centros comunitarios de uso común para el complejo de viviendas. En términos específicos respecto a la eficiencia energética, el programa tiene una instancia de pos obra, donde el objetivo es, entre otros elementos, otorgar información útil para los usuarios respecto al uso de la vivienda. Esto incluye elementos vinculados a la eficiencia energética, como puede ser el uso de la calefacción, prácticas y hábitos de uso, aprovechamiento de la luz solar, entre otros.

### **5.3.6. Eficiencia energética**

En términos de eficiencia energética, los entrevistados parecen observar un panorama bastante favorable en términos de la implementación. Esto está dado por la convergencia de tres intereses que identifican importantes:

- interés institucional en la materia
- interés procedente de instituciones externas, que facilitan la investigación y evaluación de las propuestas
- buena receptividad por parte de los usuarios

Este último punto es mencionado como sumamente relevante, elemento coherente con la literatura y con lo observado en la etapa de entrevistas a los usuarios. Los frenos mencionados, como es esperable, tienen que ver con los recursos económicos. La implementación de algunas soluciones puede resultar costosas, lo que puede derivar en recortes en otras áreas. Sin embargo, a través de la inteligencia organizacional para utilizar recursos externos, parte de estos costes han sido disminuidos.

## **5.4. Plano Económico**

### **5.4.1. Descripción del programa**

El objetivo de Plano Económico es brindar asesoramiento técnico y herramientas a propietarios de terrenos, pero de bajos recursos para la construcción de sus viviendas. De esta forma, se ofrecen diversos planos y asesoramiento para la instalación de la sanitaria, sistema eléctrico que resultan en un abaratamiento de la obra, ya que se reduce el gasto de arquitectos, aportes al BPS y permisos de

construcción. Además, de forma indirecta se apunta a una mayor seguridad y salubridad de las construcciones al construirse en base a los criterios establecidos por la intendencia de Montevideo. Como se puede notar, a diferencia de los programas anteriores donde el centro estaba en el entorno y existía un componente social, en este caso, el foco es la propia vivienda. Probablemente, este cambio de objetivos se deba a que dicho programa cuenta con una población objetivo completamente diferente a los programas anteriores.

A diferencia de los otros programas estudiados, no existe una selección de población en Plano Económico, sino que los propios participantes son los que se acercan a la intendencia para acceder al Programa donde deben cumplir dos requisitos para poder ser beneficiarios:

- ingresos entre 38 y 70 UR (48.754 hasta 89.810 \$uy según valores de Julio de 2021)
- el terreno en construcción sea el único inmueble
- la propiedad debe estar ubicada en ciertas zonas de Montevideo

Este último criterio ha cambiado a través de los años, por ello, existen tipologías de Plano Económico en zonas donde actualmente no se admitirían su construcción, específicamente en barrios costeros de Montevideo que abarcan de Punta Carretas a Carrasco. A partir de este criterio de autoselección, se puede concebir una suerte de afinidades entre lo planteado por la política pública y los usuarios y sus intereses que podría potenciarse al contemplar las características de las tipologías en el terreno del usuario.

En casos donde se construye una vivienda nueva, luego de acudir la persona con el terreno baldío de su propiedad, en primer lugar, se realiza un análisis del terreno para conocer las particularidades del mismo. Luego se selecciona entre el usuario y el arquitecto una tipología que se ajuste a las necesidades del propietario y se establecen los ajustes correspondientes a dicha tipología, así como se dan sugerencias de cuestiones básicas como la orientación de la vivienda o la medianera. Únicamente en casos de refacción se realiza una nueva tipología diseñada desde el inicio especialmente para el usuario. En esta primera etapa, el usuario firma los correspondientes permisos y se retira con los planos de plano de ubicación, el plano de sanitaria, el plano de estructura, el plano de albañilería y una memoria descriptiva para una mayor orientación. Luego la obra es realizada por el propio beneficiario, aunque ciertos usuarios prefieren la contratación de obreros para la colaboración. En la obra se establecen una serie de inspecciones en etapas concretas y claves como la cimentación, sistema de abastecimiento y desagüe y actualmente se incorpora también una asistencia para la instalación de la red eléctrica. En la Figura 5.2, se presenta de forma sucinta el proceso de trabajo establecido.

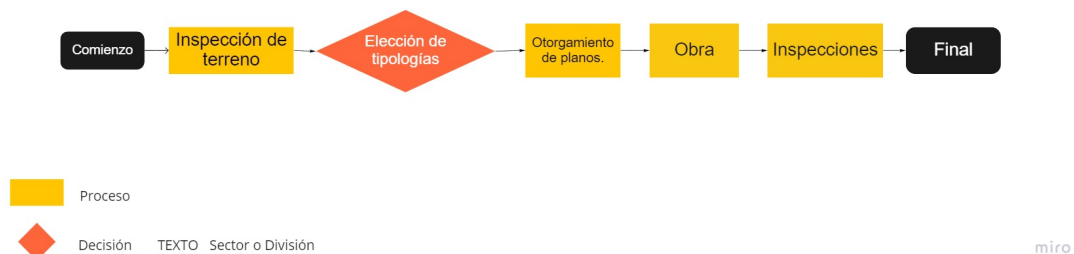


Figura 5.2: Proceso de trabajo Plano Económico

A partir de las entrevistas realizadas, los técnicos no relevan que exista relación con otros programas de la intendencia de Montevideo, en casos puntuales, el programa se relaciona con el MVOT o el BPS debido a sistemas de créditos que facilitan dichas instituciones para la creación de la vivienda. En este sentido, los entrevistados señalan que se había empezado a considerar una línea de crédito con el MVOT. En este apartado, existe un interés desde las autoridades políticas de la intendencia de Montevideo para mejorar la vinculación entre los diferentes programas de vivienda del organismo con el fin de apuntar a una mayor articulación de los conocimientos y eficacia en la implementación de programas.

### 5.4.2. Fortalezas y debilidades

La principal fortaleza mencionada por los técnicos es que brinda soluciones a una población que no cuenta con las herramientas para la construcción de una vivienda que cumpla con los estándares requeridos por la intendencia de Montevideo. De esa forma, se aseguran condiciones mínimas de salubridad y seguridad edilicia que sin el programa la población probablemente no pueda acceder.

En cuanto a las debilidades, los técnicos señalan en primer lugar la poca difusión del programa en la población lo que puede estar relacionado con el decrecimiento de la solicitud de permisos de Vivienda Popular. Una segunda problemática es la necesidad de contar con un mayor seguimiento de los técnicos con los usuarios, de esa forma, existiría una mayor consonancia entre lo sugerido en las reuniones previas y lo efectivamente construido. Además, actualmente según la visión de los técnicos existe un menor conocimiento general de construcción en la población en comparación con décadas anteriores. Otros aspectos que están siendo mejorados actualmente es la digitalización de los documentos que aumentaría la rapidez y efectividad del trabajo burocrático, así como la incorporación de un electricista para el armado de los planos.

### **5.4.3. Diseño de las viviendas**

En general, el diseño de la vivienda es realizado por los arquitectos de Plano Económico y suelen ser apoyados por sanitarios en los correspondientes planos. De esta forma, se cuentan a grandes rasgos con varias tipologías principales, pero son bastante flexibles dependiendo de las necesidades y particularidades del usuario. Esto no solo impacta en el diseño sino también en la construcción donde la decisión final de los materiales utilizados recae sobre el propio beneficiario.

Plano Económico cuenta con varios años desde su fundación, por lo tanto, existen varios cambios en las tipologías, materiales y sugerencias adecuándose a las normativas promulgadas y los diferentes cambios técnicos. Incluso, muchas veces estos cambios son influidos a partir del relacionamiento de otros programas y experiencias de la intendencia de Montevideo. No obstante, al ser las tipologías flexibles a las necesidades del usuario, muchos de los cambios son consecuencia de la decisión de ellos, por ejemplo, paulatinamente es más común la utilización del isopanel y steel framing como material para techos y paredes. El único requisito de los técnicos en las inspecciones para la elección de los materiales es el cumplimiento de las normas establecidas por la intendencia de Montevideo.

### **5.4.4. Proceso de construcción**

El proceso de construcción está completamente supeditado a los usuarios como fue mencionado en el proceso de trabajo. De esta forma, una vez brindado los planos, los usuarios son los que eligen y adquieren los materiales y ejecutan la construcción. Posteriormente, en ciertas etapas claves de la construcción los usuarios deben pedir una inspección que cuentan con un costo de 1 UR con el fin de controlar el proceso de construcción por parte de los técnicos de la intendencia de Montevideo.

### **5.4.5. Relación con la comunidad**

Como ha sido desarrollado anteriormente, el foco de Plano Económico es la vivienda, por lo tanto, no existe un área social, sino que la relación es individualmente con los usuarios y está pautada a través de seis inspecciones a la construcción que se corresponde en momentos claves como la cimentación y la estructura.

### **5.4.6. Eficiencia energética**

Los criterios de eficiencia energética son tenidos en cuenta por parte de los técnicos en las tipologías para la construcción de las viviendas nuevas, sobre todo, a partir del cumplimiento de los requisitos mencionados en la construcción de

viviendas de la intendencia de Montevideo y el aislante en el doble muro exterior. Sin embargo, debido a las particularidades de Plano Económico donde la elección final de los materiales y la construcción es de los usuarios donde el ahorro de recursos financieros y la tradición prima sobre los criterios de eficiencia energética. De esta forma, los usuarios suelen priorizar la seguridad del hogar ante materiales livianos o incluso por propios prejuicios hacia la cubierta liviana. En este sentido, los técnicos en las diferentes inspeccionan apuntan a velar de acuerdo a las normativas municipales mínimas de habitabilidad, por lo que se tiene un criterio flexible de dichas normas, ya que los cumplimientos de las mismas supondrían un mayor monto de recursos financieros que podría poner en peligro la finalización de la obra. De esta forma, algunos técnicos han valorado la importancia de establecer líneas de crédito que permitan un mayor accionar a los usuarios de forma que no se tenga que resignar la eficiencia energética que supondría un ahorro a mediano plazo en pos de la incorporación de nuevas habitaciones o la finalización de la vivienda.

## **5.5. Plan Juntos**

### **5.5.1. Descripción del programa**

Al preguntarse a los entrevistados los objetivos del programa, se releva una gran disparidad y abstracción de los objetivos, que abarcan desde la participación de los usuarios en la elaboración de las viviendas, la importancia de la intervención social y la propia elaboración de viviendas. En este punto contrasta con la estabilidad institucional de otros programas como MEVIR.

Los objetivos del Plan Juntos parecen ajustarse en función de la impronta que el gobierno imprima sobre el programa. De esta forma, permanentemente en los discursos surgen comparaciones en los cambios tanto técnicos como en lo institucional que ha experimentado el Plan Juntos. De hecho, como es relevado por [64], el Plan Juntos presentaba desde sus principios contradicciones en los objetivos presentados, combinando el universalismo y el asistencialismo al interior de sus lineamientos.

Actualmente, el Plan Juntos surge como un programa de autoconstrucción en asentamientos, en constante interacción con diferentes organizaciones barriales y de proximidad del MIDES. Sin embargo, el rol de las propias familias en la construcción, según los entrevistados, es cada vez menor, más aún en el contexto de la emergencia sanitaria del COVID – 19.

La elección de los barrios a intervenir en el Plan Juntos se establece luego de un proceso de georreferenciación de indicadores como línea de pobreza según el método de ingresos, NBI y déficit habitacional, así como en consultas con las intendencias.

Luego de descartar la presencia de otros programas de vivienda se establece un área de intervención donde intervendrá el Plan Juntos. Posteriormente, los beneficiarios se seleccionan a partir de la postulación de las diferentes asociaciones barriales y organizaciones sociales, donde en todos los casos son conformados por grupos familiares. En este caso, existe un cambio en el procedimiento de selección de las familias, a partir del cambio de gobierno en 2020, ya que anteriormente se restringía la postulación de familias a solamente los programas de proximidad del MIDES.

Como se puede observar en la Figura 5.3, el proceso de trabajo del Plan Juntos comparte muchos elementos con los otros programas de vivienda estudiados. En primer lugar, se selecciona un área una vez seleccionada un área de intervención entre el Plan Juntos y la intendencia. Luego de ello, a partir de la postulación de las asociaciones barriales se seleccionan los beneficiarios de la política de vivienda. Una vez seleccionada la población objetivo, se escoge un equipo técnico integrado por un arquitecto, trabajador social y el equipo de obra (integrado por los capataces y los albañiles) que llevarán adelante la intervención. Como se puede apreciar, la conformación del equipo técnico está pautada para que se pueda cumplir tanto las necesidades ingenieriles como las sociales de la población objetivo. Existen dos modalidades principales de intervención en el barrio seleccionado: aquellas donde las viviendas están dispersas y donde las viviendas están nucleadas en el barrio. El trabajo se suele realizar en el propio barrio generando un sentimiento de mayor identificación territorial que es destacado como una de las principales fortalezas del Plan Juntos. Las viviendas son principalmente diseñadas por los propios arquitectos del equipo técnico, donde a partir de las entrevistas realizadas, se resalta una constante interacción con las familias beneficiarias para el cambio en el diseño o adecuación a lo establecido. En este aspecto, se aprecia un cambio en la intervención, ya que anteriormente la intervención y diseño de la vivienda era completamente estandarizado y actualmente el diseño se ajusta a las particularidades de los usuarios y del territorio. Por otra parte, es marginal la refacción de viviendas, donde lo que se implementa es el otorgamiento de materiales y la propia familia es la que lidera dicho proyecto.

Se mencionan en las entrevistas una gran cantidad de programas en las que se interrelaciona el Plan Juntos. Es de destacar que en las entrevistas el Plan Juntos surge como un programa donde intermedia con diferentes organismos públicos, ya sea desde los diferentes programas de acercamiento barrial del MIDES con la intendencia o con otros actores sociales. Además, esto se potencia porque el objetivo no es solamente la mejora de la vivienda sino también mejorar la calidad de vida de las personas, también, por lo que también se establecieron convenios con MIDES y la Facultad de Odontología.

En segundo lugar, como puede deducirse del proceso de trabajo, el Plan Juntos se interrelaciona con varios organismos públicos y privados. Para la selección

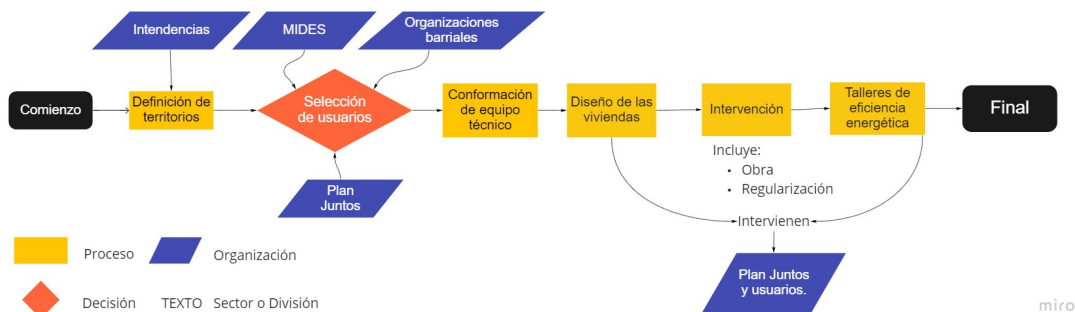


Figura 5.3: Proceso de trabajo Plan Juntos

del territorio inciden las intendencias, asociaciones barriales y el propio MIDES. Especialmente, las intendencias tienen un rol central en la planificación y elección del territorio. Además, como ya ha sido aclarado anteriormente, el Plan Juntos se interrelaciona con varias organizaciones barriales, articulación que ha sido intensificada a partir del último gobierno.

### 5.5.2. Fortalezas y debilidades

En materia de fortalezas, los entrevistados han abordado dos principales fortalezas. En primer lugar, la integralidad que cumple el plan donde no solo se trata de abordar la construcción de la vivienda sino también se impulsan ciertos aspectos sociales y de enfoque comunitario. Esto se refleja en que según las entrevistas realizadas, un 2% del presupuesto del programa es asignado al área social.

Por otra parte, la otra fortaleza mencionada es la mejora de la vivienda en comparación con las tipologías anteriores que tenían una pretensión de ser provisorias para el usuario, de forma que no tenían el tamaño adecuado para la cantidad de integrantes de las familias y los materiales eran de baja calidad. Muchos técnicos han valorado que en pocos casos las familias podrían mejorar su situación por lo que era necesaria una construcción de mayor calidad constructiva.

En cuanto a las debilidades, todos los entrevistados acuerdan la necesidad de mejorar los tiempos de ejecución de la intervención con el fin de mejorar la eficiencia de los recursos y acompañar a las necesidades de las familias, para eso se están preparando nuevas tipologías que incluyan la utilización del isopanel entre los materiales, entre otras novedades.

La otra debilidad marcada, aunque está siendo mejorada constantemente es la calidad de las viviendas y es mencionado como un desafío a futuro. En este sentido, varios entrevistados entienden que era una incomodidad la entrega de viviendas de calidad transitorias, este sentimiento incluso fue mostrado en cartas

a superiores. Una última debilidad que se recaba es cómo incorporar a los usuarios en el proceso de construcción de las viviendas, debido a que últimamente no están siendo participes del proceso de construcción como era planteado originalmente.

Se muestra entre los entrevistados un gran apego y compromiso con el programa y se declara que este cumple sus objetivos fundamentales.

### 5.5.3. Diseño de las viviendas.

Como ha sido reportado anteriormente, el criterio de diseño de la vivienda ha cambiado a través del tiempo donde actualmente se busca viviendas de calidad y que se adapten a las necesidades de las familias, en pos de vivienda de menor calidad y estandarizadas. Esto conlleva a una complejización del diseño de vivienda, donde se debe consultar las tipologías con los usuarios. De esta forma, actualmente, el proceso está dictado por la elaboración de tipologías en base al arquitecto y luego de la aprobación del supervisor, es consultado a las familias y en caso de comentarios es incorporado o se disuade para mostrar opciones mejores. En este sentido, se resalta que el diseño de la vivienda es completamente individual, ya que se deben adaptar los diseños a las necesidades de las familias, así como las particularidades del terreno.

En materia cambios es posible observar el crecimiento del programa. En un principio, con pocos recursos, las intervenciones eran puntuales y localizadas en viviendas específicas, donde se realizaban refacciones o expansiones. Luego, a medida que el programa crece y se institucionaliza, se incrementa el tamaño de las intervenciones y la calidad de ellas. En este sentido, también se empieza a desarrollar desde una intervención estandarizada a una mayor adaptación a las particularidades de los usuarios. Por ello, se identifica que el proceso de institucionalización que ha atravesado el Plan Juntos [6], no solo impacta en su estructura administrativa – burocrática sino también en la creación de soluciones y procesos más compartidos y generación de una cultura institucional. Otro cambio que es mencionado por los propios entrevistados es la mejora en términos de eficiencia energética, aunque no es aplicado en todos los lugares, es considerado un factor en el diseño de las tipologías especialmente en aspectos como el muro exterior para mejorar la aislación térmica. Actualmente, las viviendas del Plan Juntos cuentan con paredes de bloques y techos de isopanel. También en cada período se define un color en particular en el que se pinta la casa (período 2020-2025 es el color amarillo). Actualmente, se plantea la incorporación del isopanel en algunas tipologías como principal material, que aportaría beneficios en términos de eficiencia energética.



#### **5.5.4. Proceso de construcción.**

El proceso de construcción, al igual que todo el Plan Juntos en general, ha cambiado con el paso de las diferentes administraciones. En este sentido, en 2021 se apunta a una construcción de dos viviendas en simultáneo construidas por un equipo de obra, mientras que anteriormente se construía de forma en paralelo todas las viviendas y construidas por los propios participantes por medio de la ayuda mutua. La emergencia social y sanitaria 2020-2021 supuso la prohibición de la participación en la etapa de construcción, salvo en etapas puntuales como el revestimiento o pintar las paredes

#### **5.5.5. Relación con la comunidad**

En principio, el programa es de ayuda mutua, suponiendo el compromiso y la participación de la comunidad. También las familias postulan al programa, partiendo con cierta iniciativa individual. Finalmente, el grado de participación puede ser variable, en función de la posibilidad de la familia de participar en el proceso. Sin embargo, como ha sido aclarado anteriormente, esta relación con la comunidad no ha podido mantenerse y actualmente cumplen un papel marginal. En términos de eficiencia energética existen talleres generales con respecto al uso de la vivienda (ventilación, por ejemplo).

#### **5.5.6. Eficiencia energética**

Los técnicos entienden que los criterios de eficiencia energética se cumplen a partir del establecimiento de una cubierta de calidad y la correcta orientación de la vivienda. Las únicas medidas de eficiencia energética específicas tomadas son un reciente convenio con UTE para incorporar calefones de eficiencia A y la utilización de la tarifa básica. En este sentido, se muestran reparos acerca de dicha tarifa, ya que por más que los usuarios tengan la voluntad de pagarlas, el consumo requerido no es el adecuado para las situaciones de los usuarios.

De esta forma, no se revelan aspectos específicos para paliar la eficiencia energética, surgiendo diversos obstáculos de diferentes órdenes. En primer lugar, surge como elementos caros que pueden impactar en la terminación de las obras, tomándolos como elementos accesorios de las viviendas y no como constitutivos.

Por otra parte, se ha identificado que los hábitos de las familias son fundamentales para mejorar la eficiencia energética, por ello, es de suma importancia los talleres organizados por UTE tanto para técnicos como usuarios. Además, se resalta que en ocasiones al haber estado los usuarios conectados a la red eléctrica de forma informal y hacerse el pasaje a la regularización, los electrodomésticos con los que contaban no son los más eficientes, por lo que algunos entrevistados

reclaman la necesidad de contar con otro tipo de tarifa que requiera un período de ajuste.

## **5.6. Programa de Mejoramiento de Barrios**

### **5.6.1. Descripción del programa**

En el caso del PMB, de forma similar a lo ocurrido con MEVIR, los entrevistados señalan objetivos en clara concordancia con los objetivos formales planteados por la institución. Dos elementos surgen claramente y presentan gran interés cualitativo.

En primer lugar, y en clara diferencia con MEVIR, los entrevistados, al ser consultados por los objetivos del programa, hacen hincapié en la inter-institucionalidad del mismo. PMB se encuentra incluido en el MVOT, posee financiación del BID y realiza un trabajo cercano con las intendencias, como sub-ejecutores del programa. En la primera descripción del proyecto, los entrevistados parecen contemplar como importante este esfuerzo de coordinación institucional que lo haría característico.

Otro elemento fundamental, que se repite en las entrevistas realizadas, es el enfoque de derechos y, particularmente, el derecho a la ciudad. PMB está orientado a la erradicación de los asentamientos, lo que incluye no sólo una mejora en las condiciones de vivienda, sino la creación de la adecuada infraestructura urbana y la formalización de la tenencia, así como del acceso a los servicios.

Al ser consultados respecto a la población objetivo, los entrevistados, de forma similar a MEVIR, hicieron hincapié en los territorios pasibles de ser incluidos. Sin embargo, los entrevistados por PMB hacen énfasis en condiciones ecológicas y ambientales del territorio, como aquellas referidas a la contaminación e inundabilidad.

El programa no plantea la “creación desde cero”, sino que intenta incorporar aquellos elementos considerados positivos del territorio, aquellas viviendas que alcanzan condiciones de habitabilidad suficientes o que requieren refacciones por debajo del costo de la vivienda nueva. Estos elementos son considerados a la hora de realizar el proyecto de intervención, en conjunto con la plausibilidad de regularización.

Como se observa en la Figura 5.4, la implementación del PMB parece incorporar un alto nivel de complejidad, particularmente por la participación de múltiples organizaciones en el proceso. En primer lugar, los departamentos de las distintas intendencias definen territorios de interés para intervenir por parte del programa. En base a este interés, se realiza un primer análisis por parte de PMB que supone un ante-proyecto, utilizando fundamentalmente datos secundarios. Este ante-proyecto es presentado al BID y al MVOT. En esta etapa se debe alcanzar una aprobación en base a la participación de todos los interesados. Una vez aprobada esta etapa,

se realiza el llamado a firmas consultoras que participarán del trabajo no sólo de construcción sino también la evaluación social del territorio, que ocurre en el siguiente paso. Estos elementos dan lugar a la conformación del proyecto ejecutivo que planifica la intervención. Esta incluye la obra, la regularización y el acceso a los servicios. Finalmente, una etapa de pos obra es realizada, donde también se realiza el traspaso de propiedad a los usuarios.

Es posible observar la complejidad del proceso, la sucesión de etapas, y la necesaria conformación de acuerdos entre múltiples partes. En este sentido, los tiempos de intervención y toma de decisiones son mencionadas como una posible debilidad del programa. Por otra parte, también se menciona la importancia de las decisiones políticas dentro del programa, particularmente en lo que refiere al vínculo con las intendencias.

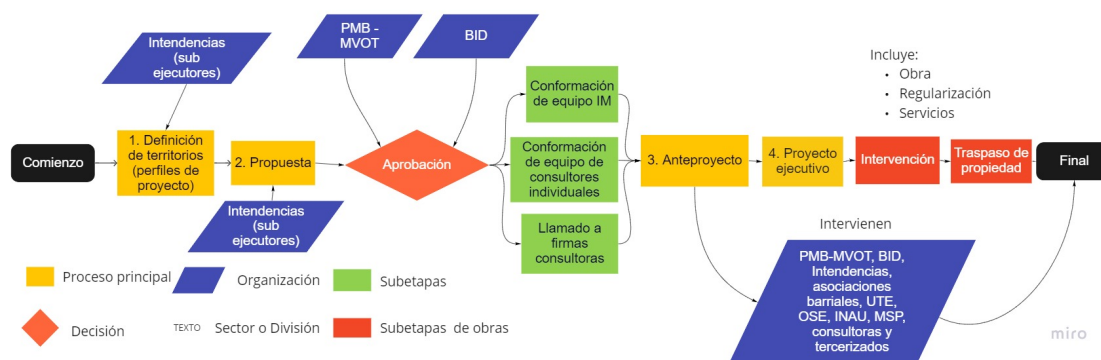


Figura 5.4: Proceso de trabajo PMB. Fuente: elaboración propia

## 5.6.2. Fortalezas y debilidades

Al ser preguntados respecto a las fortalezas del programa, los entrevistados señalaron como punto central la integralidad de las intervenciones. Esto incluye el enfoque, que toma en cuenta elementos relacionados a lo ecológico, lo social, la vivienda, etc., así como la intervención inter-organizacional, que facilita el acuerdo y ejecución de estos múltiples objetivos.

También es destacado el enfoque de derechos que, relacionado al punto anterior, implica no sólo la solución habitacional, sino la búsqueda de garantías ciudadanas.

Con respecto a las debilidades, como se adelantaba, se mencionan los tiempos. PMB ataca una necesidad muy inmediata y los tiempos de ejecución del proyecto pueden ser muy largos. También se menciona la falta de flexibilidad en materia de intervención. En la medida en que el programa cuenta con financiación internacional en un proyecto que es multinacional, parece ser difícil acoplar algunos

criterios de intervención a la realidad específica del territorio. Por último, aparece mencionada la necesidad de mejorar el seguimiento pos obra.

En líneas generales, hay acuerdo respecto al hecho de que el programa logra contribuir al cumplimiento de sus objetivos generales.

### **5.6.3. Diseño de las viviendas**

Respecto al diseño de las viviendas, el programa cuenta con un set de tipologías, sin embargo, el diseño final que será implementado en el territorio puede variar en gran proporción en función de las características específicas de la implementación. En el diseño final, existe un input específico desde el equipo de arquitectura del programa, el ingeniero vial y las intendencias. Nuevamente, los entrevistados dan cuenta de la complejidad interinstitucional que puede suponer la toma de decisiones del programa. También, en este sentido, cabe recordar, que la intervención del programa puede suponer la construcción de la vivienda nueva o la refacción en algunos casos. También, que no todas las viviendas necesariamente son afectadas por el programa, manteniéndose aquellas que se encuentran en condiciones aceptables. Todo esto supone la toma de decisiones respecto a las viviendas específicas y el tipo de intervención.

Consultados sobre la variación en el tiempo, los entrevistados señalan que han existido modificaciones en algunos elementos de la construcción, particularmente la inclusión del isopanel. Sin embargo, dada la variación intrínseca a cada implementación, los cambios no son tan notorios. Por su parte, un entrevistado señala que la calidad de la vivienda se ha mantenido estable y que supone una muy buena calidad.

En materia de eficiencia energética, el programa considera estos elementos al cumplir con la normativa impuesta, así como al incluir materiales que pueden redundar en una mayor eficiencia del hogar. Sin embargo, el impacto de estos elementos no parece ser evaluado por el programa. Existe comunicación con UTE que facilita el acceso a lámparas de bajo consumo y se han ensayado otro tipo de convenios para facilitar algún tipo de equipamiento, sin embargo, según es señalado por los entrevistados, esto se ha descontinuado.

### **5.6.4. Proceso de construcción**

El proceso de construcción depende del tipo de intervención. En caso de tratarse de una relocalización, con construcción de vivienda nueva, es la empresa consultora la que se encarga de dicho proceso. El propio programa decide la adjudicación de las casas, en base al conocimiento que poseen respecto a las redes sociales en el barrio. Luego, al momento de la mudanza, se realiza un proceso en el que se contempla el duelo de abandonar el viejo hogar. En el caso de las refacciones se evalúan dos

alternativas: en primer lugar, si la familia tiene capacidad de autconstrucción, es posible que el programa ofrezca los materiales y asesoramiento, dejando en mano de los usuarios la refacción en sí misma. En segundo lugar, si la familia no posee capacidad de autoconstrucción, se recurre a cooperativas para la realización del trabajo – los entrevistados señalan que las empresas constructoras no intervienen en estos procesos donde la familia continúa habitando la vivienda.

### **5.6.5. Relación con la comunidad**

Los entrevistados señalan entre los objetivos del programa y las fortalezas del mismo su capacidad para “construir comunidad” (Entrevistado 1, PMB; 2021). En este sentido existe un esfuerzo por establecer redes de comunicación y relacionamiento con los usuarios, particularmente, desde un enfoque de derechos que contemple la ciudadanía plena.

En materia específica de eficiencia energética, el programa intenta realizar una serie de pasos para facilitar la incorporación de hábitos por parte de los usuarios. Esto se realiza fundamentalmente en contacto con UTE quienes facilitan las lámparas de bajo consumo, manual de uso de la vivienda y, desde el área social, se facilita información más personalizada que avance hacia el objetivo de un uso más eficiente por parte de los usuarios. En la entrevista se menciona el hecho de que muchos de los usuarios del programa provienen de una situación de irregularidad en materia de consumo energético, por lo que la transición requiere un apoyo especial por parte de los equipos del área social.

### **5.6.6. Eficiencia energética**

Finalmente, la pauta de entrevista, consulta sobre los frenos y posibilidades en materia de implementación de políticas de eficiencia energética por parte de los programas. Entre los frenos mencionados se señala la falta de investigación específica dentro del programa y algunas características propias de la construcción, que son señaladas también como características propias del país (la ausencia de ventana de vidrio doble o la utilización de calentadores solares). Por otra parte, si bien no contestado directamente en la pregunta, pero mencionado a lo largo de la entrevista también emergen otros dos elementos: los hábitos de los usuarios, acostumbrados a una situación de irregularidad y la falta de equipamiento, cosa que es inalcanzable por el programa directamente por el costo que implica.

En materia de incentivos, se sostiene que existe una demanda por parte de los usuarios en este sentido, en la medida que supone un nuevo gasto para aquellos que no estaban en la red formal. Por otra parte, las innovaciones técnicas externas pueden suponer transformaciones en este sentido, que el programa está dispuesto

a incorporar, pero no parecen existir recursos para volcar directamente desde el programa a el análisis de los mismos.

## 5.7. Discusión

En esta sección, se intenta dar una mirada global de los cuatro programas analizados, en conjunto con la información recabada a partir de las entrevistas realizadas a las autoridades.

Uno de los primeros elementos que emergen es la pluralidad en materia organizacional de los programas. Cómo puede observarse a lo largo de este documento, si bien, la política de vivienda encuentra un núcleo común en la intervención del MVOT, los modos de relacionamiento, la financiación y la participación o relacionamiento con otros actores tanto locales como el propio BID (en el caso de PMB) es variable.

Este fenómeno, implica que los programas pueden generar estrategias organizativas adecuadas a su tipo de intervención. Sin embargo, también implica una mayor complejidad del sistema global. Particularmente para actores externos al sistema, esto implica la toma de decisiones estratégicas específicas para el vínculo con cada programa. En el marco de este proyecto, esto es una complejidad que tanto UTE como Udelar deben contemplar en caso de establecer vínculos con cualquiera de estas políticas.

Por otra parte, se observa que los cuatro programas reseñados, presentan objetivos y población significativamente diferentes, con escaso solapamiento, a excepción del Plan Juntos.

El Plan Juntos parece encontrar mayor solapamiento con otros programas, como puede ser el PMB, sin embargo, al analizar su proceso de trabajo se observa que su alcance puede ser distinto, por su versatilidad respecto a la decisión en torno a las intervenciones y el tipo de intervención que supone. Por lo que a diferencia de lo señalado en el mapeo institucional se encuentra ciertas diferencias entre PMB y Plan Juntos en la metodología de trabajo y el lugar de toma de decisiones, no así en la población objetivo.

Por su parte, el Plano Económico, cómo se ha desarrollado en secciones anteriores de este proyecto, presenta diferencias destacables con respecto a los demás programas tanto en la estrategia de intervención como en la población objetivo. Mientras que los programas restantes parecen estar orientados a la población más vulnerable, poseen estrategias de captación de los usuarios en el territorio, organizan su intervención en torno a la vivienda y su contexto, y tienden a ofrecer la mayoría de la financiación de la vivienda, el Plano Económico ofrece exclusivamente asesoramiento técnico y facilitan exclusivamente los planos, siendo tarea de los usuarios la financiación del coste restante. En este sentido, el Plano Económico

se orienta a familias individuales con capacidad económica para la construcción de la vivienda y adquisición del terreno. Por estos motivos, en lo restante de la discusión, el Plano Económico será analizado de forma separada, a menos que se especifique lo contrario.

En materia de las fortalezas y las debilidades de los programas, aparecen elementos comunes y especificidades mencionadas por los entrevistados.

Tanto Plan Juntos, como MEVIR, y PMB señalan el enfoque territorial por sobre un enfoque exclusivamente centrado en la vivienda. Estos programas parten del concepto del derecho a la ciudad, haciendo también un fuerte énfasis en el desarrollo de comunidad en sus intervenciones. A su vez, la mayoría de los entrevistados considera que los programas cumplen con sus objetivos y que poseen una experiencia relevante en materia de vivienda social.

Entre las debilidades comunes aparece, en primer lugar, la distancia entre los tiempos de intervención y la urgencia de la necesidad social. Los entrevistados observan la existencia de situaciones de grave vulnerabilidad en materia de vivienda en el Uruguay, donde se parte de la base de los criterios de selección basados en métodos como las Necesidades Básicas Insatisfechas o déficit habitacional. Estos elementos implican una urgencia muy difícil de responder, no sólo desde el Estado, sino también cuando implican reglas del derecho privado (como es el caso de MEVIR), ya que necesariamente los tiempos de construcción requieren mínimos difíciles de recortar sin un aumento exponencial de los recursos.

Otro elemento común, en torno a estos programas, responde a los recursos financieros escasos, la eficiencia en su utilización y la transparencia en el uso de los mismos. Según Subirats y Dente [65], el dinero disponible y cómo es utilizado es uno de los determinantes de por qué y cómo se diseña una política pública. Por lo que el rol de cómo son administrados los recursos es una de las preocupaciones centrales en las políticas públicas.

Estos son elementos comunes a la mayoría de las intervenciones en materia de política pública y aquí también aparecen destacados. En este caso, el único que no ha hecho mención a los recursos financieros ha sido Plano Económico, ya que la selección y proceso de trabajo es completamente diferente, donde son los individuos los que destinan en parte la mayor parte del dinero.

En lo que respecta al diseño de la vivienda, proceso de construcción y materiales, se observa en general dos elementos. En primer lugar, todos los programas se orientan a la solución habitacional a mediano o largo plazo, evitándose lo que podría llamarse “soluciones parche” de escasa duración y baja calidad. En este sentido, los programas utilizan materiales durables y cumplen con las normativas correspondientes. En segundo lugar, existe una preocupación por optimizar los recursos y generar eficiencia en los hogares, lo que incluye la eficiencia energética. Sin embargo, como veremos más adelante, en muchos casos esto debe ponderarse

contra el costo de oportunidad que este tipo de inversión supone, particularmente sobre la oferta que pueden ofrecer los programas.

Específicamente en lo que refiere a eficiencia energética se observan los siguientes elementos comunes, que pueden ser centrales para la formulación de políticas que contemplen estos elementos:

- **Inversión en conocimiento:** Los programas en general cuentan con recursos económicos escasos para una problemática que supera la capacidad de intervención. En este sentido, la utilización de recursos para la reformulación de las tipologías, para la evaluación de la eficiencia energética, la compra de materiales diferentes o de equipamiento para el hogar, se hace difícil, en función de su costo de oportunidad. En este sentido, encontrar soluciones que faciliten este tipo de tareas a bajo costo puede facilitar la implementación de medidas de eficiencia energética. MEVIR, señalan sus entrevistados, ha sido exitoso a la hora de reclutar instituciones externas interesadas en el análisis e investigación sobre su vivienda. Esta es una estrategia que puede replicarse en otros programas, aunque también dependerá de los permisos específicos que requiera cada uno de ellos para este tipo de intervención.
- **Costo de oportunidad:** de forma similar al punto anterior, la implementación de medidas supone un costo que necesariamente va en detrimento de otro tipo de inversiones. En este sentido. La decisión de aplicar medidas de eficiencia energética muchas veces debe ponderarse contra un escenario alternativo de mayor alcance del programa. Nuevamente, aquí el conocimiento del impacto de las medidas es central a la hora de tomar decisiones.
- **Cumplimiento de la normativa:** más allá de las diversas iniciativas que los programas puedan tomar para mejorar la eficiencia energética, la base está dada por la normativa nacional y municipal, cumpliéndose con los elementos obligatorios en calidad de construcción. Sobre esa base es que pueden existir estrategias para mejorar la eficiencia. En este sentido, cambios en la normativa general puede implicar cambios en la eficiencia de los programas en específico.
- **Hábitos de los usuarios:** en las entrevistas, aparece también como un elemento a considerar en materia de eficiencia energética, los hábitos de los usuarios. En muchos casos se destaca una trayectoria de informalidad en lo que refiere al consumo de energía eléctrica. En este contexto, los usuarios pueden utilizar estrategias de consumo muy poco eficientes. Esto también se puede visualizar en las diferentes simulaciones que se han realizado en el marco del presente trabajo. Por lo que los programas deben, si tienen como objetivo crear viviendas más eficientes, asesorar a los usuarios respecto a los



usos y costos. A su vez, por la posición de especial vulnerabilidad que sufre la población de estos programas, en muchos casos el equipamiento para el hogar al que tienen acceso tampoco es eficiente en materia energética. Desde las entrevistas realizadas surge que convenios con diferentes instituciones, por ejemplo, el otorgamiento de crédito para regularizar el consumo eléctrico de la vivienda o una diferente tarifa social de UTE que se adapte en mayor medida a las necesidades de la población pueden ayudar a mejorar los hábitos.

- Interés general: más allá de los diferentes frenos existentes en materia de aplicación de medidas de eficiencia energética, todos los programas señalaron interés en trabajar en la materia. Esto es esperable en el contexto de la entrevista – por la deseabilidad de la respuesta –, sin embargo, es relevante considerar que ninguno de los programas consideró este elemento como falta de importancia.

Ya se ha indicado en capítulos anteriores, que no resulta sencillo identificar el ámbito específico en que se toman las decisiones de diseño para cada programa.

En primer lugar, debe recordarse lo mencionado en 5.2, en cuanto a que no fue posible concretar entrevistas con autoridades del MVOT.

De la discusión anterior, queda claro que algunas decisiones que inciden en la eficiencia energética de la vivienda son de índole presupuestal.

Las intendencias municipales no tienen atribuciones sobre políticas de vivienda, por lo que deben trabajar en el marco de convenios con MVOT.

Como se muestra en los diferentes diagramas de procesos de trabajo (Figuras: 5.1, 5.3, 5.2, 5.2), todos los programas tienen algún área de arquitectura o diseño. De todas formas, solo en el caso de MEVIR se observa la existencia de un proyecto normalizado.

A su vez, se ha detectado que los criterios utilizados en el diseño tienen una muy fuerte relación con la normativa nacional o municipal, lo cual de alguna manera traslada las decisiones sobre eficiencia energética hacia afuera de los programas. Solo en el caso de MEVIR se ha logrado establecer ámbitos de coordinación con instituciones externas (como UdelaR) para la investigación e implementación de MEE que van más allá de la normativa existente.

Los hábitos de los usuarios aparecen mencionados como muy relevantes en materia de eficiencia energética. En este sentido, las oportunidades de mejora están asociadas al asesoramiento y capacitación posterior a la obra. Como varios de los entrevistados han mencionado, lo anterior requiere de una mayor coordinación interinstitucional. Este aspecto tampoco pudo identificarse dentro de ningún ámbito específico a la interna de los programas.

## 5.8. Conclusiones

Este Capítulo del proyecto estuvo destinado al análisis de 13 entrevistas semi-estructuradas realizadas sobre profesionales y autoridades de los programas de vivienda MEVIR, PMB, Plan Juntos y Plano Económico, con el objetivo de comprender frenos y potencialidades en la aplicación de medidas de eficiencia energética.

Al ser consultados en la materia, es posible observar que si bien existe un interés generalizado por la aplicación de este tipo de medidas, existen diferentes frenos. Estos están fundamentalmente vinculados con la escasez de recursos y el costo de oportunidad de este tipo de modificaciones.

Los técnicos encuentran de forma predominante que las barreras se dan en el régimen técnico, según la tipología establecida utilizada [60]. Sin embargo, también se encuentran diversos mecanismos resaltados por los técnicos de forma organizacional que podrían potenciarse para una mejora en los criterios de eficiencia energética.

En primer lugar, el programa MEVIR es el que más ha avanzado en la incorporación de medidas, en base a la articulación con la academia, fomentando la investigación de tesis de posgrado en dicha institución o siendo partícipes de convenios con la Udelar.

También se menciona en las entrevistas la importancia que el vínculo con la comunidad tiene a la hora de la implementación diferentes estrategias de eficiencia energética, en particular lo que refiere a los hábitos de los usuarios. De esta forma, todos los programas a excepción de Plano Económico cuentan con algún taller acerca de los hábitos energéticos eficientes, siendo generalmente realizados por UTE.

Sin embargo, los entrevistados suelen aportar su disconformidad con las tarifas de UTE destinadas a esta población vulnerable donde no existe correlación entre el consumo mínimo establecido por UTE y la composición del hogar.

Finalmente, cabe destacar que existen diferencias importantes entre los programas (particularmente Plano Económico), que deben ser consideradas a la hora de tomar decisiones y en las particularidades del terreno.

En conclusión, aunque es relevado que la incorporación de medidas de eficiencia energética tienen un componente importante económico que supondría la incorporación de dichos criterios, se releva la importancia de los lineamientos organizacionales para una mayor potenciación de dichas medidas.

# Capítulo 6

## Relevamiento y mediciones de las viviendas

### 6.1. Introducción

Con el fin de aproximarse al desempeño energético de los distintos programas, luego de efectuadas las encuestas a los usuarios (capítulo 4) de los programas habitacionales, se seleccionaron tres familias para efectuar una auditoría energética a partir de las mediciones de parámetros interiores de: temperatura de bulbo seco, humedad relativa, nivel de iluminación, infiltraciones y consumo eléctrico de los equipos que disponían, así como un relevamiento general de la vivienda (visual y termográfico).

Para cada programa habitacional, los criterios iniciales para la selección de viviendas fueron:

- las tipologías más construidas por el programa habitacional en el país;
- diseños que actualmente se siguen construyendo y
- viviendas con tres dormitorios, para hacer comparables en algún aspecto las tipologías<sup>1</sup>.

El objetivo principal de estos relevamientos es obtener datos experimentales de algunos parámetros fundamentales a fin de utilizarlos para la calibración de los modelos de simulación energética desarrollados en el programa Energy Plus 9.4.1. Estos modelos simulan el comportamiento de los fenómenos físicos de las tipologías, incluidos la forma de uso que se producen en ella.

---

<sup>1</sup>Este último punto debido a la imposibilidad de poder contar con una vivienda de plano económico de tres dormitorios cuya familia aceptara efectuar la auditoría en condiciones de la pandemia de COVID-19, se decidió por medir una vivienda de dos dormitorios

Por otra parte, la obtención de resultados experimentales, y su posterior análisis, son un producto en sí de este trabajo de la investigación.

La calibración de los modelos de simulación permite minimizar el error en los resultados de las mismas al estudiarse distintas medidas energéticas aplicables en los diseños de las viviendas de interés social. Maximizar la capacidad de representar la realidad por parte de las herramientas de simulación es el elemento central para luego garantizar los resultados posteriores. La dificultad de representar por parte de un modelo la “realidad”, se basa en la cantidad de variables de entrada del modelo a simular, dado que incrementa las posibilidades de errores a lo hora de introducir los valores, lo cual, unido a la falta de información y/o a la información errónea, se traduce en una acentuación de la incertidumbre en los resultados.

Cuando hablamos de modelos empleados para luego rediseñar y mejorar las viviendas existentes, una práctica habitual es la calibración, que nos permite reducir los posibles errores residuales. La calibración en sí presenta varios problemas, siendo los principales el coste de la monitorización, su duración, la implicación de los usuarios y los errores de las herramientas de medida. En los últimos veinte años se han desarrollado diferentes metodologías de calibración que difieren en varios aspectos, uno de los más interesantes en el tiempo necesario de monitorización, variando desde un año completo a unas pocas semanas. En el caso de este proyecto se seguirá lo propuesto por K. Sun, et al 2014 [66] adoptando índices estadísticos estandarizados que representaran mejor la fiabilidad de un modelo. Los principales índices utilizados son: - Mean Bias Error (MBE) (%): - RootMean Square Error (RMSE) (%): - Coefficient of Variation of Root Mean Square Error CV(RMSE) (%). La validación de modelos de simulación energética de edificios está actualmente basada en un cumplimiento modelos con criterios estándar para CVRMSE y MBE. Es así que los modelos de simulación energética de edificios se consideran “calibrados” para este proyecto si cumplen con los criterios establecidos por ASHRAE Guidline 14 [67]. Esto significa que una vez que existe una concordancia razonable entre los datos medidos experimentalmente y los simulados, el modelo puede ser considerado “calibrado”.

Para validar esta calibración se comparará las mediciones in situ con las salidas de estos mismos parámetros ambientales pero en los modelos de simulación.

## 6.2. Metodología

La auditoría consta de dos etapas, en la primera se realizan entrevistas sobre las características de la ocupación y el uso de la vivienda a través de contactos telefónicos. La segunda etapa consiste en la auditoría energética de una tipología de vivienda de cada programa estudiado (excepto del Plan Juntos), en la misma se realizan dos visitas para la instalación y retiro de los instrumentos de medición,

así como la realización de medidas puntuales y relevamiento visual y fotográfico de las viviendas. De este modo se obtiene la siguiente información:

- Entrevista (Anexo D) y Ficha (Archivo adjunto) de uso y características de la vivienda y los equipos.
- Registro de temperatura de bulbo seco y humedad relativa de dos habitaciones (estar/cocina y un dormitorio).
- Medición de nivel de iluminación natural interior y exterior.
- Registro fotográfico de la vivienda y sus componentes.
- Registro de imágenes termográficas.
- Medición de consumo eléctrico de artefactos (termotanque, heladera, lavarrropas, etc).
- Registro de lecturas del contador eléctrico (acceso a curva de consumo en caso de contadores inteligentes).
- Medición de infiltraciones de aire con equipo Blower Door.

El registro de temperatura de bulbo seco, humedad relativa y consumo eléctrico de artefactos se realiza de forma continua durante al menos dos semanas. El resto de las mediciones se realiza de forma puntual en las visitas.

Complementariamente se obtienen datos de temperatura exterior, humedad relativa y velocidad del viento a partir de datos registrados por estaciones meteorológicas cercanas a la ubicación de las viviendas auditadas, así como datos de radiación solar global horizontal (directa más difusa) del Laboratorio de Energía Solar (LES), y datos satelitales obtenidos de CAMS Soda-pro<sup>2</sup>, para determinar los datos horarios de radiación normal. En todos los casos los registros obtenidos pertenecen al periodo en que se registraron las mediciones al interior de la vivienda.

A partir de la entrevista y ficha se obtiene información de hábitos o uso de la vivienda que influyen en el consumo de energía, como por ejemplo horarios de permanencia de cada habitación, uso de calefacción, agua caliente, iluminación, relevamiento de equipos, etc. Se relevan los tipos elegidos y se elabora una ficha síntesis para la sistematización de parámetros de desempeño térmico (ver anexo). Paralelamente a partir de encuestas se sistematizan los parámetros de uso, también se relevan los equipos eléctricos usados en cada uno de los espacios. También se auditan los mismos.

---

<sup>2</sup><http://www.soda-pro.com/web-services/radiation/cams-radiation-service>

Las características físicas de la vivienda, los registros de los parámetros ambientales interiores y exteriores, y la información de uso de la vivienda, se utilizan para la calibración del modelo de simulación.

### 6.2.1. Equipos

Para obtener datos de calidad se sigue un protocolo de monitoreo de las variables en consideración (ver anexo Ficha A). Para las mediciones se utilizan los siguientes equipos:

- Sensor de temperatura y HR
- Luxómetro
- Cámara termográfica
- Registradores de consumo eléctrico
- Blower door

Las mediciones de temperatura de bulbo seco y humedad relativa del aire se realizaron con registradores OnsetHOBO H8 Family (Figura 6.1a) con periodicidad de registro cada 15 minutos. Las características del equipo son las siguientes; Temperatura del aire con un rango de  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $70^{\circ}\text{C}$ , una exactitud de  $\pm 0.35^{\circ}\text{C}$  de  $0^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$ , una resolución de  $0.03^{\circ}\text{C}$  a  $25^{\circ}\text{C}$ , una deriva de  $0.1^{\circ}\text{C}/\text{año}$  y con un tiempo de respuesta de 6 minutos típico 90 % en un flujo de aire de  $1\text{m/s}$  ( $2.2\text{mph}$ ). Para la humedad relativa (%) con un rango de 5 % a 95 %, una exactitud de  $\pm 2.5\%$  de 10 % a 90 % RH típica, hasta un máximo de  $\pm 3.5\%$  incluyendo histéresis a  $25^{\circ}\text{C}$ ; abajo de 10 % y arriba de 90 %  $\pm 5\%$  típica, una resolución de 0.05 % RH.

Los niveles de iluminación se determinaron con luxómetro HOBO U-12 y Extech HD-450 (Figura 6.1b) de rango 0 a 400.000 lux. Se ubicaron dos instrumentos para registrar de forma simultánea, uno colocado al exterior para registrar los niveles de radiación incidente y otro posicionado detrás de la protección para medir los niveles de radiación lumínica que permite pasar la protección. Se adquirieron datos cada 30 segundos durante una de las visitas.

El registro de imágenes termográficas se realizó con una cámara Flir I5, cuya precisión, es de  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  o  $\pm 2\%$ , midiendo temperaturas de hasta de  $+250^{\circ}\text{C}$  y detectando diferencias de temperatura de  $0,10^{\circ}\text{C}$ . Se tomaron imágenes de la fachada y punto singulares de las viviendas. Este dispositivo detecta la radiación infrarroja que emiten los cuerpos y la transforma en imágenes que reflejan una distribución de intensidades de radiación. A partir de estas intensidades de radiación, la cámara expresa una distribución de valores de temperaturas. De este modo se puede determinar dónde se encuentran las mayores pérdidas de calor por la envolvente.



(a) Sensor de temperatura y HR.



(b) Luxómetro Extech.

Figura 6.1: Equipos de medición utilizados

El consumo eléctrico de artefactos se registró con equipos conectados al tomacorriente, los cuales censan voltaje (230-250V), corriente (0-16A) y potencia (0-3680W) de forma instantánea y registran el consumo de energía acumulada (0-9999kWh), así como el periodo de tiempo que permanecieron encendidos.

La medición de infiltraciones (o nivel de hermeticidad) de las viviendas se realizó con el asesoramiento y colaboración de la Dirección Nacional de Energía, utilizando un equipo TEC Minneapolis Blower Door Model 4 (Figura 6.2). Este equipo consiste en un ventilador que se monta en el marco de una puerta exterior. El ventilador genera una depresión (o sobrepresión) dentro de la vivienda al mismo tiempo que determina el flujo de aire expulsado (o inyectado) necesario para mantener el nivel de presión establecido. Para el ensayo se deben cerrar todas las aberturas exteriores (puertas y ventanas) así como abrir todas las puertas interiores. De este modo se determinan los parámetros fundamentales de la permeabilidad al aire de la vivienda de forma global, obteniendo como resultado la tasa de infiltración a una depresión de 50Pa, y el área equivalente en superficie a la suma de todos los huecos por donde se producen las infiltraciones.

### 6.2.2. Criterio de ubicación de los instrumentos

Para la ubicación de los sensores se toman las siguientes precauciones:

1. Para la medición de las condiciones interiores los sensores se colocan en el baricentro de los espacios y protegidos de manera de no recibir radiación directa.



Figura 6.2: Blower door instalada en la puerta de entrada.

2. Se solicita que no sean cambiados de lugar durante todo el período de adquisición de datos. Se coloca un solo registrador por espacio a evaluar, ya que según Chauvie [68], en lugares donde no hay gran producción de calor este registro es suficiente.
3. Los medidores de consumo eléctrico, según los equipos eléctricos que disponga la vivienda, se instalan en el termotanque, heladera, sistema de calefacción eléctrico (aire acondicionado, estufa, etc), horno eléctrico, microondas y lavarropas.

### 6.2.3. Período de mediciones

A efectos de establecer las condiciones higrotérmicas interiores se realizaron mediciones durante dos semanas del período frío en Montevideo y en Canelones en función de la localización de las viviendas y los programas habitacionales. Según el Instituto de Meteorología del Uruguay el período frío va de fines de marzo hasta mediados de noviembre, para Montevideo y Canelones [69].

Para efectuar todas las mediciones se siguió también el protocolo sanitario de entrar a las viviendas con tapaboca y estar el mínimo tiempo posible en las viviendas de modo de ofrecer seguridad a las familias que tan amablemente aceptaron medir sus viviendas.

Por otra parte, las familias debieron completar una planilla en donde debían escribir cuando abrían las ventanas, cuando las cerraban, cuando perdían un arte-



facto de calefacción y cuando la apagaban. También se solicitaba indicar cuando se abren y cierran cortinas, así como cantidad de personas en cada uno de los locales. Este punto fue muy difícil, las familias no brindaron luego esta planilla o porque se les perdió o porque se olvidaron, por este motivo se siguió solamente el primer registro de usos de los equipos y los horarios en que abrían y cerraban ventanas y cortinas.

## 6.3. Resultados

### 6.3.1. Programa de Mejoramiento de Barrios (PMB)

La vivienda seleccionada es una tipología de tres dormitorios en esquina, ubicada en el barrio de Colón en Montevideo, siendo su latitud  $-34^{\circ}48'S$  y su longitud  $56^{\circ}14'W$ .

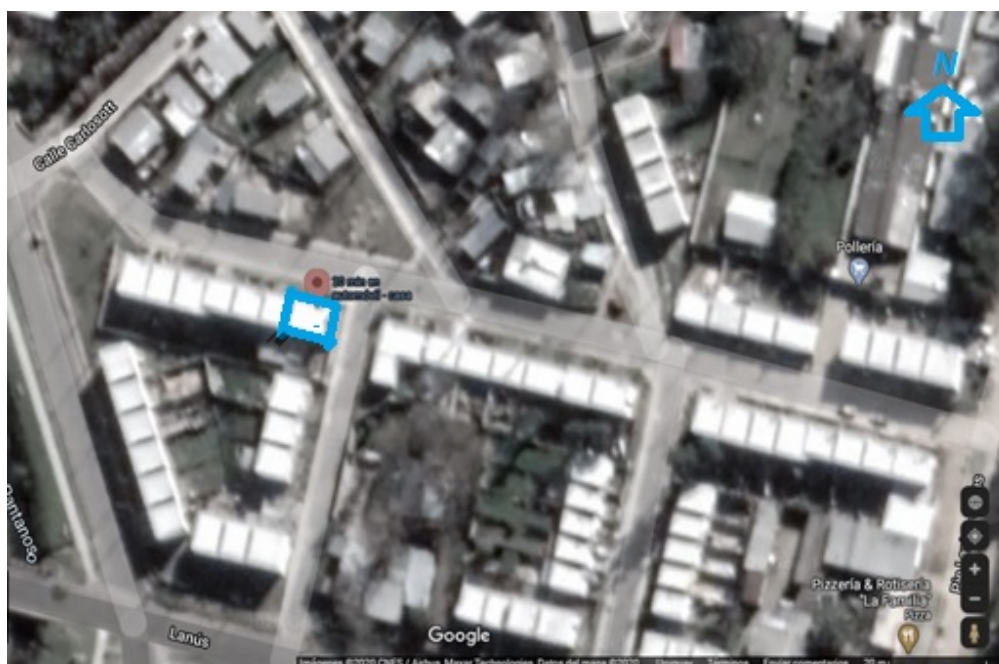


Figura 6.3: Imagen área de la localización del caso monitoreado del PMB.

Como se observa en la Figura 6.3, la tipología se repite sin importar ninguna de las orientaciones solares sino que prima la implantación, es decir que es la calle la que determina la ubicación de las viviendas. Es una tipología dúplex de dos niveles, encontrándose los dormitorios en planta alta y el estar, cocina y baño en planta baja.

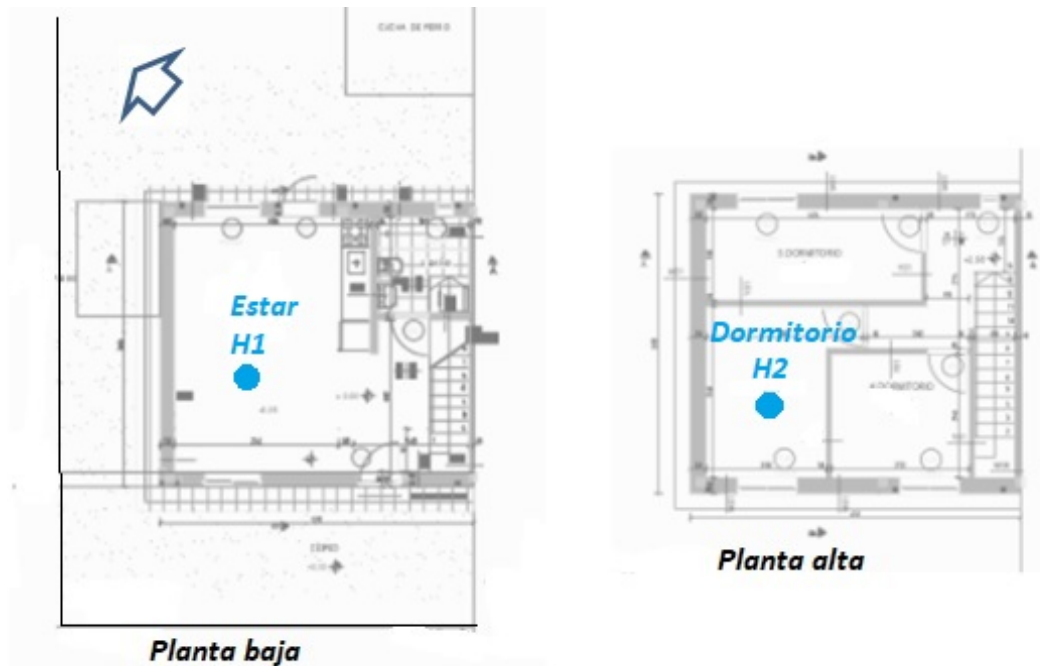
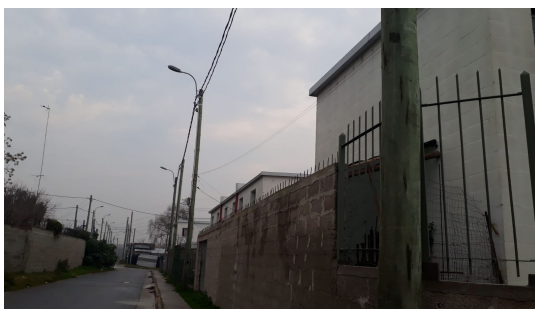


Figura 6.4: Planta baja (en azul construcciones efectuadas por el usuario) y planta alta del PMB. Ubicación de sensores de temperatura.

La tipología original se vio modificada con dos construcciones provisionarias, independientes de la vivienda original, Figura 6.4, estas corresponden a: una casa para el perro y un galpón. La calidad de estas construcciones es inferior a las de la tipología del PMB. Si bien no constituyen espacios habitables, son elementos que afectan en términos energéticos el sombreado de la vivienda. La tipología no está condicionada por la esquina ya que no se abre a esta, solo se abre hacia el frente y el fondo, Figura 6.5.



(a) Fachada lateral (este)



(b) Fachada frontal (norte)

Figura 6.5: Imagen lateral y frontal de la vivienda.

Los equipos de registros de temperatura y humedad relativa se ubicaron en dos locales: el estar/cocina y el dormitorio principal (Figura 6.4) desde el 23 de julio al 6 de agosto.

### Temperatura y humedad relativa del aire

Del análisis de las mediciones de temperatura de bulbo seco registradas (Figura 6.6), se observa que la temperatura interior en ambos locales monitoreados, durante la mayor parte del tiempo (estar: 74 % / dormitorio: 79 %) no se encontró dentro del rango de confort para el período frío según ASHRAE 55:2004. Con el mismo criterio de confort, el exterior presentó condiciones de disconfort en durante el 78 % del tiempo, siendo este valor superior al del interior. Por lo tanto, en el interior se consiguieron mejores condiciones que en el exterior. Se debe hacer notar que dentro del período de mediciones hubo temperatura por debajo de las medias de temperatura media de Montevideo.

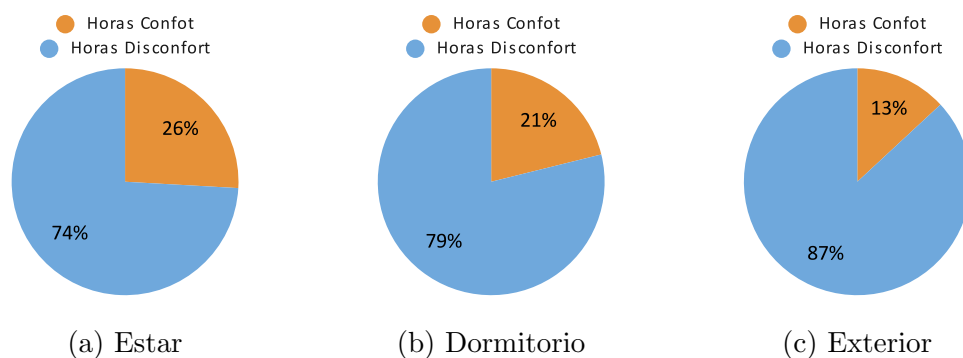
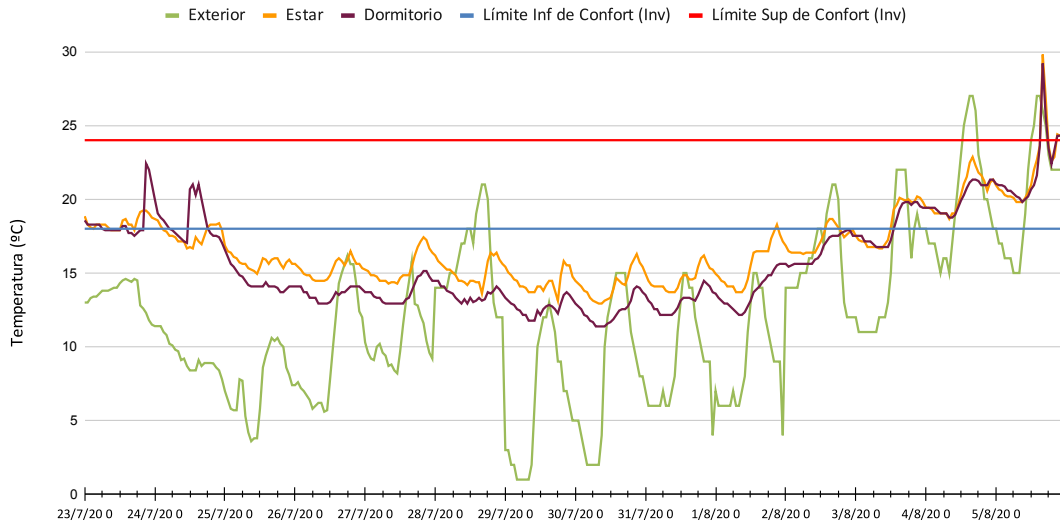


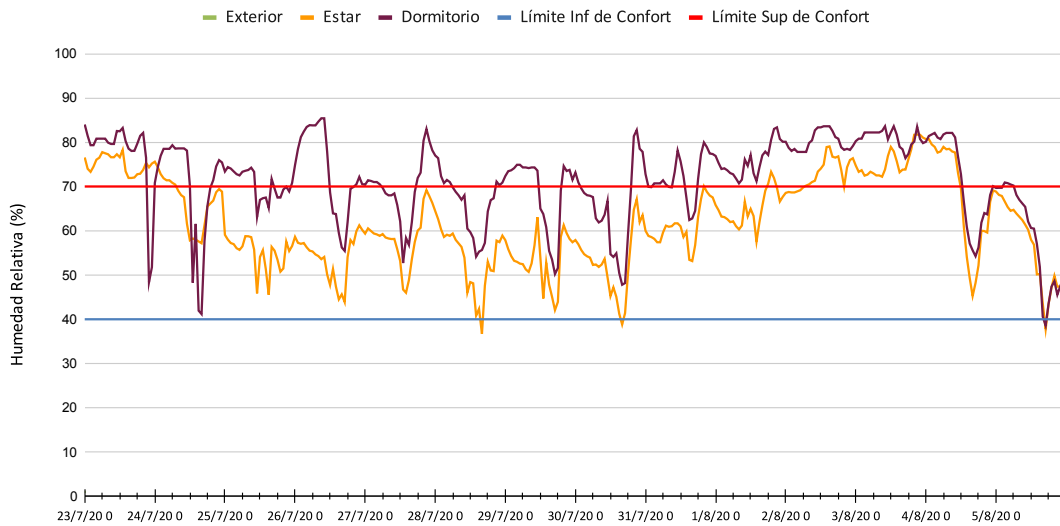
Figura 6.6: Porcentajes de horas de confort térmico en la vivienda del PMB. Criterio del período frío ( $18^{\circ}\text{C} < T < 24^{\circ}\text{C}$ )

Como muestran las gráficas de la Figura 6.7a, correspondientes a las temperaturas de bulbo seco, la temperatura registrada en el estar fue superior a la registrada en el dormitorio durante el período de medición, excepto en dos períodos puntuales donde se observan aumentos bruscos de la temperatura del dormitorio. Estos picos se asocian, según declaraciones de la entrevistada, con el uso de sistemas de calefacción en periodos cortos en el dormitorio. La menor temperatura registrada alcanzó  $12^{\circ}\text{C}$  a las 16 hs del 27 de julio, y es un registro del dormitorio principal. Este resultado coincide con la percepción térmica de los usuarios. En estas gráficas, se representan los límites de confort térmico para el período frío, desarrollado por Piccion et al. (2011) [70]. Esta familia disponía únicamente de una estufa a GLP como equipo de calefacción, el cual la utilizaban únicamente en la sala de estar y de forma intermitente. Por otro lado, dado que el dormitorio se encuentra en la

planta alta, presenta mayor superficie de intercambio con el exterior y sobre todo está expuesto a las pérdidas de calor por la envolvente. Estos dos factores sumados justifican la diferencia de temperaturas entre ambas habitaciones medidas.



(a) Temperaturas.



(b) Humedad relativa.

Figura 6.7: Temperaturas y humedades relativas horarias para PMB.

Respecto a la humedad relativa (Figura 6.7b), se observa que la misma presenta un porcentaje mayor de horas de confort en comparación con lo obtenido para las

temperaturas.

Con la finalidad de obtener un dato comparable para todas las tipologías analizadas se calcularon los grados día de calefacción para dos semanas de medición. Los Grados día o Degree day son muy importante para calcular la demanda energética, tanto en frío como en calor, de un determinado sistema de climatización.

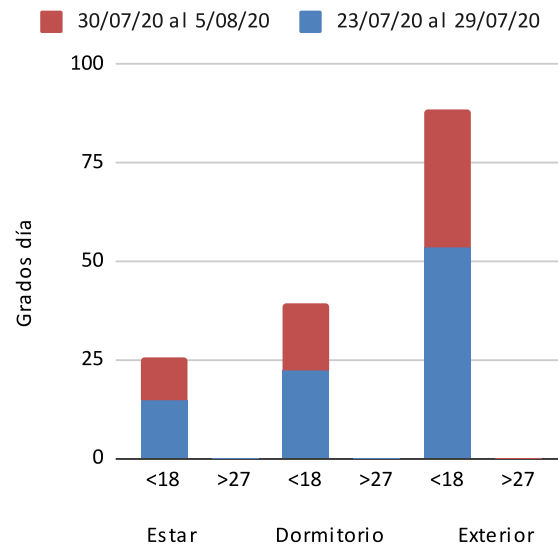


Figura 6.8: Grados día para el PMB.

Los grados día de un período determinado de tiempo (una semana, un mes, etc.), según el método integral [71], se calculan como la sumatoria de las diferencias entre una temperatura fija o **base de los Degree day (16, 18, 20, 22, 27°C)** y la temperatura horaria dividido 24 (horas por día), contabilizando únicamente los momentos en donde se está fuera del confort. En este caso se toma como base los 18°C. Cuando la temperatura horaria sea inferior a la temperatura base (límite inferior), obtendremos los Grados día de calentamiento; si, por el contrario, esa temperatura media diaria es superior al límite superior base, obtendremos los Grados día de enfriamiento. Los Grados día son un parámetro importante a considerar para la definición de las estrategias de diseño o los requerimientos de climatización (natural o artificial) y, por lo tanto, la demanda de energía de una edificación. Al analizar la Figura 6.8, se muestra que el espacio que tiene mayores grados día es el dormitorio, y esto coincide con el relevamiento que es el espacio de la casa que no está calefaccionado. Se observa que no solamente las horas de confort aumentan respecto al exterior como se mencionó anteriormente, sino que también la diferencia de temperatura respecto a la base (y por lo tanto los grados día) de disconfort del interior es sensiblemente inferior al del exterior.

## Iluminación

El rango de confort lumínico depende de las tareas que se estén realizando en el espacio. Un nivel de 100 luxes es el nivel de iluminación mínimo requerido para iluminación general, sin ser adecuado para el desarrollo de tareas que requieran detalle. Entre 300 y 500 luxes es la recomendación para tareas con requerimiento de detalle como lectura o trabajo manual.

El registro de las mediciones instantáneas de iluminación interior se encontraban por debajo de lo recomendado para un espacio de estar, ya que se recomiendan unos 300 luxes y el registro con iluminación natural fue de 152 luxes. Esto determina la necesidad de alcanzar un nivel de iluminación mínimo con medios artificiales. En parte este valor se explica por el uso y la selección de cortinas interiores que no permiten transmisión lumínica adecuada. Por otra parte, al exterior se midió más de 10000 luxes.

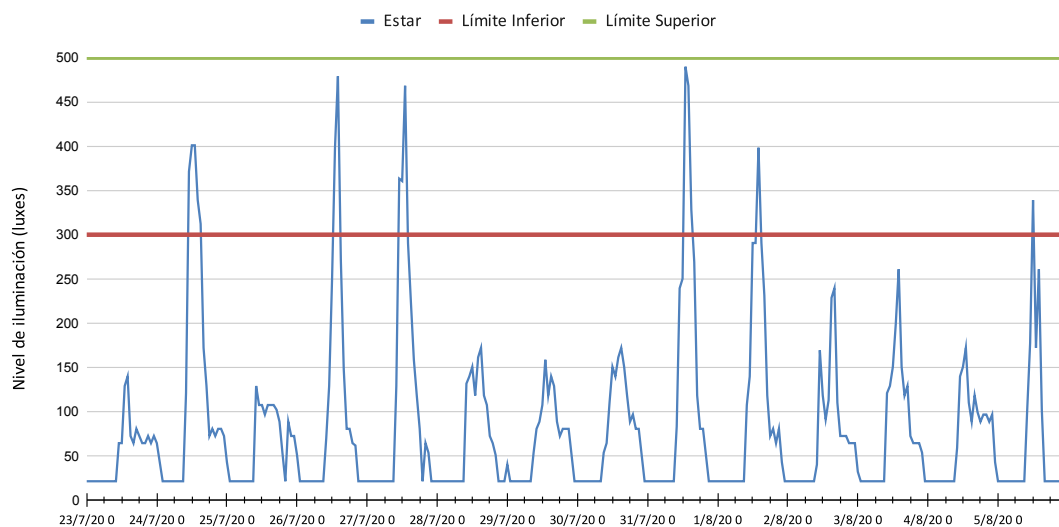


Figura 6.9: Nivel de iluminación en luxes para el estar del PMB.

En la Figura 6.9, se muestran los registros de nivel de iluminación (iluminancia) del estar en el período de medición. Se observa que durante las horas en que está disponible la radiación solar, los niveles de iluminación interior se mantienen por debajo de los niveles de confort lumínico, mientras que los picos de niveles de iluminación se registran en horas de la noche, entre las 20hs y las 21hs, siendo los mismos alcanzados con iluminación artificial.

## **Consumo de energía eléctrica**

De la encuesta de los usuarios y otros insumos, se obtiene que están satisfechos con la vivienda. Los usuarios son 5 y permanecen más de 10 hs en la vivienda sin contar la noche.

El consumo mensual promedio de energía es de 365 kWh, donde en principio el electrodoméstico de mayor consumo es el termotanque (o calefón). Otros artefactos relevados que pueden tener peso relevante en el consumo eléctrico son la heladera y el microondas. Esta familia no contaba con sistema de calefacción eléctrica ni horno eléctrico. Además las luminarias relevadas eran de tipo LED o bajo consumo.

Por lo tanto, es de esperar que su principal consumo sea de agua caliente. A partir de la entrevista realizada a la jefa de hogar, se desprende que no realizan un uso óptimo del agua caliente. Si bien por un lado, dado que el termotanque que disponen es de 50lt (etiqueta energética A) y son 5 usuarios, se bañan de forma alternada para reducir este consumo. Por otro lado, no cuentan con timer para la gestión de agua caliente. Según la declaración de esta persona, prenden y apagan el calefón a diario de forma tal que calientan el agua previo a utilizarla y lo dejan encendido hasta una hora después de bañarse para que caliente nuevamente y tener agua caliente en caso de necesidad. La evaluación de si realmente necesitan agua caliente luego de bañarse, así como la implementación de un timer de forma de independizarse del encendido y apagado manual (el cual es factible de descuidos) pueden ser MEE de fácil implementación con repercusión apreciable en el consumo.

## **Infiltraciones**

Las mediciones de infiltraciones con Blower Door determinaron un flujo de aire de  $300\text{m}^3/\text{h}$  para una depresión interior en la vivienda de 50Pa. El área equivalente de infiltraciones, o sea el área de pasaje si existiese un único orificio, fue de  $117,5\text{cm}^2$ . Estos resultados son infiltraciones inferiores menores a los obtenidos para la vivienda de MEVIR e incluso otras mediciones que ha realizado el MIEM en los otros programas de vivienda de bajos ingresos. La infiltración principal identificada se debió a una mala ejecución de la obra, más precisamente, una luz innecesaria en la parte inferior de la puerta de acceso al patio trasero. Por otro lado, en las ventanas no se identificaron infiltraciones apreciables.

## **Relevamiento termográfico**

De acuerdo a las imágenes termográficas, las pérdidas de calor más importantes están en los cerramientos vidriados, así como en la puerta de acceso al patio construida en aluminio, en ambos casos son los elementos con menor transmitancia térmica de la envolvente.

### 6.3.2. Programa Movimiento de Erradicación de la Vivienda Rural insalubre (MEVIR)

La vivienda seleccionada para MEVIR, es una tipología de tres dormitorios que se denomina entre los arquitectos diseñadores como tipología “Tambores”. Esta se ubica en Soca, Canelones, siendo su latitud  $-34^{\circ}40'S$  y su longitud  $55^{\circ}41'W$ , Figura 6.10.



Figura 6.10: Imagen área de la localización del caso monitoreado de MEVIR.

Es una tipología apareada, es decir comparte una medianera con su vecino, y desarrollada íntegramente en planta baja. La vivienda se orienta de la siguiente forma, el estar está doblemente orientado en dirección Este-Oeste, por su parte todos los dormitorios tienen una pared exterior al norte, pero cada dormitorio tiene su ventana orientada de forma diferente: uno al Este, uno al Norte o Sur (según sea vivienda medida) y uno al Oeste. El vegetal no está presente en la propuesta ya que las plantaciones existentes aún son pequeñas. La tipología al igual que el PMB, se utiliza sin modificaciones en función de orientaciones solares.

La tipología “Tambores” no se vio modificada por el usuario, cabe decirse que estas viviendas solo hace más de un año que fueron ocupadas.

Los equipos de registros de temperatura y humedad relativa se ubicaron en dos locales: el estar-cocina y el dormitorio principal (Figura 6.11) desde el 16 de agosto al 28 de agosto.



En la Figura 6.12 se muestran imágenes de la vivienda e imágenes termográficas tomadas en las visitas, donde se puede apreciar, entre otras cosas, la instalación del equipo blower door, imágenes termográficas de la fachada y de la abertura del dormitorio principal y la posición del monocomando de la cocina en la posición de agua fría. Se observa en las imágenes termográficas que los principales puentes térmicos de las viviendas son los cerramientos vidriados, presentando mejoras las que incluyen persianas, así como también las unión entre la estructura y la mampostería.

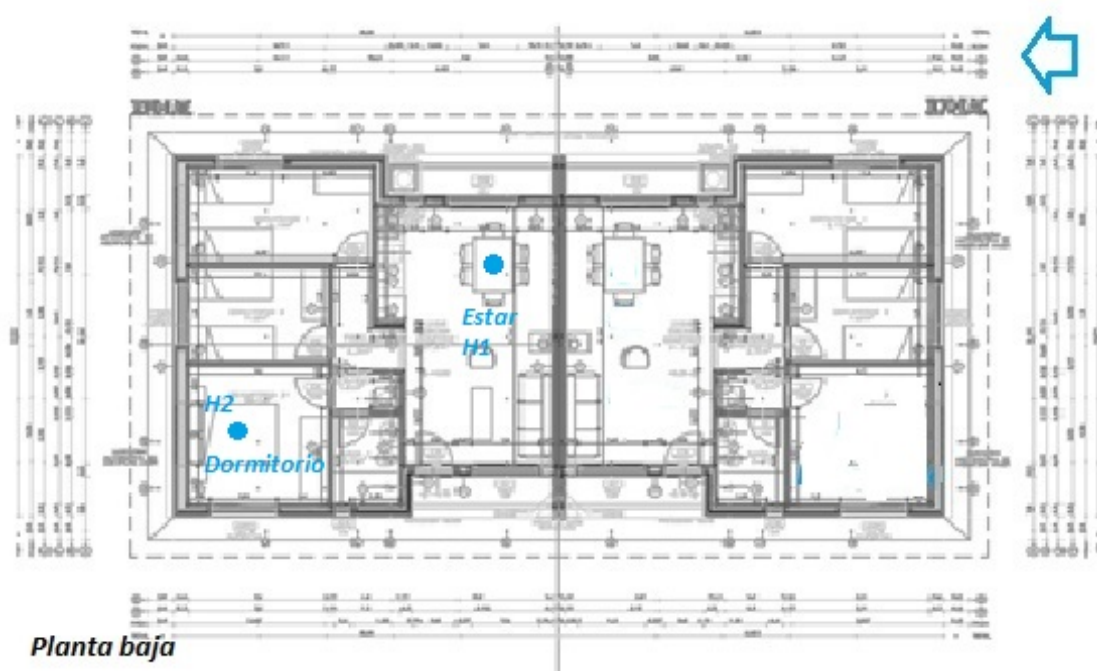


Figura 6.11: Planta de la tipología MEVIR con localización de los registradores de temperatura y humedad.

### Temperatura y humedad relativa del aire

Del análisis de las mediciones registradas, se observa que las temperaturas de las viviendas en los locales del estar y el dormitorio, muestran diferencias. Mientras que en el estar, donde la vivienda cuenta con un calefactor a leña de alto rendimiento, el cual se enciende regularmente, los porcentajes de horas de confort ascienden al 76 %, los resultados para el dormitorio alcanzan el 48 %, Figuras 6.13a y 6.13b.

Si se analiza las temperaturas exteriores (Figura 6.13c) en función del confort, las horas de confort exterior solo alcanzaron un 10 % en el período estudiado. Es



Figura 6.12: Imágenes de la vivienda de MEVIR

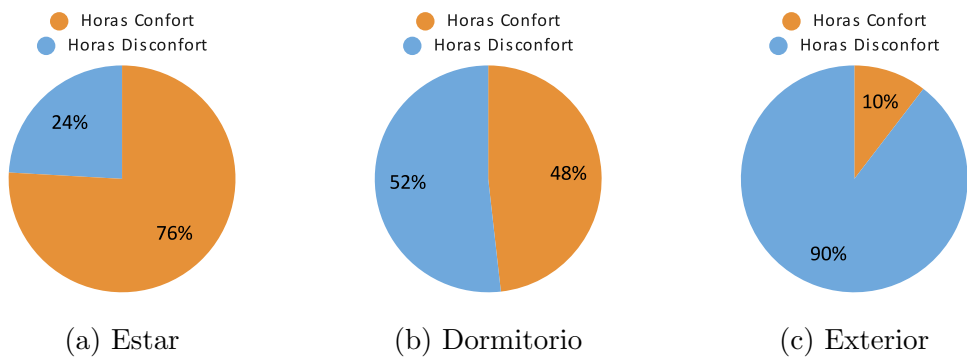
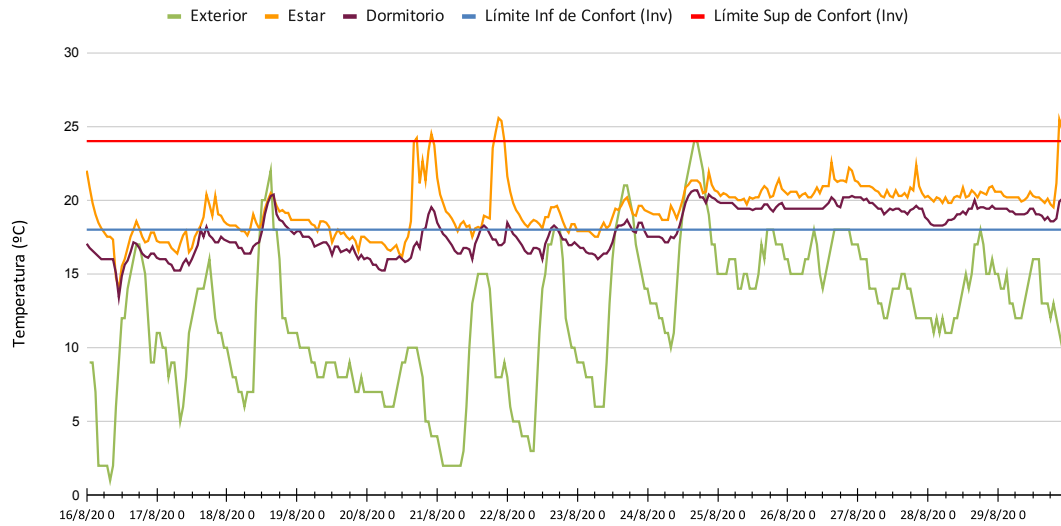


Figura 6.13: Porcentajes de horas de confort térmico en la vivienda de MEVIR. Criterio del período frío ( $18^{\circ}\text{C} < T < 24^{\circ}\text{C}$ )

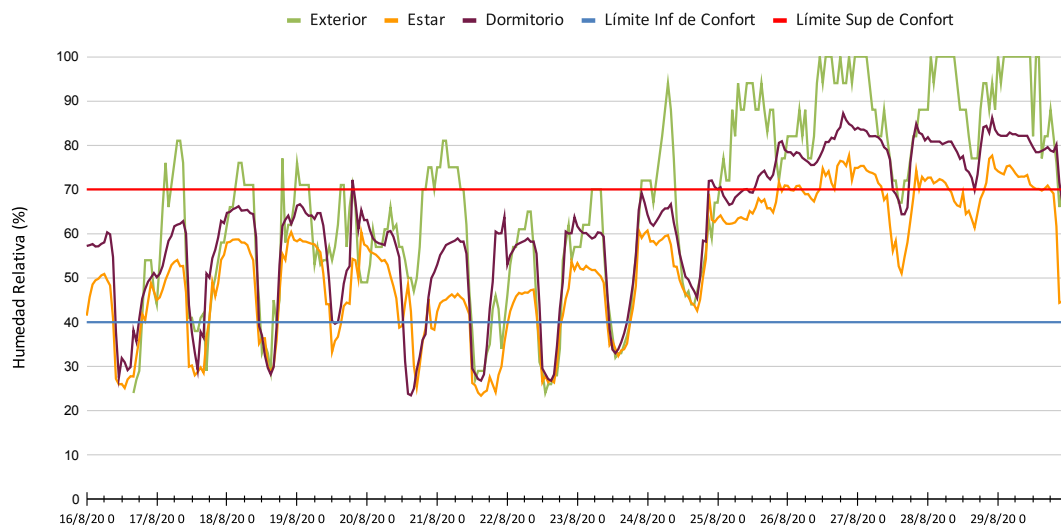
decir que la vivienda aumenta las horas de confort significativamente respecto al exterior.

La temperatura mínima interior se registró en el dormitorio y corresponde a los  $13^{\circ}\text{C}$  (Figura 6.14a). Esta percepción del espacio más frío es también sustentada en la encuesta que se le efectuó a la propietaria de la vivienda, donde se refiere a este dormitorio como el “más frío” de la vivienda. Esta familia solo calefacciona un espacio, siendo este donde permanecen durante más tiempo: el estar-cocina.

Las temperaturas interiores muestran la estabilidad interior.



(a) Temperaturas.



(b) Humedad relativa.

Figura 6.14: Temperaturas y humedades relativas horarias para Mevir.

En contraparte, el espacio del estar registra las temperaturas más altas, apoyada también a que en este espacio se encuentra el calefactor a leña, y a que la mayoría de los usuarios permanecen más de 18 horas en la vivienda. Los usuarios de estas viviendas son 5 personas, siendo dos los adultos y el resto menores.

Calculando los grados días de calefacción, se observa en la Figura 6.15 como el comportamiento de la vivienda mejora respecto a las condiciones exteriores a las que se expone.

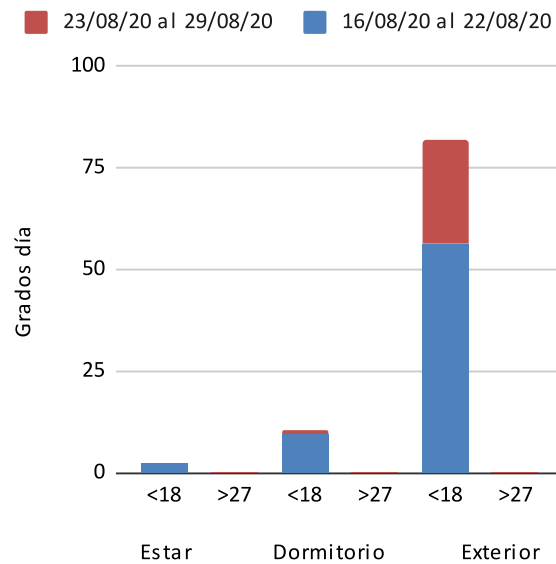


Figura 6.15: Grados día para MEVIR.

## Iluminación

Cuando se analizó los niveles de iluminación interior en el espacio del estar, al igual que en el caso del PMB, los valores no alcanzaron el confort lumínico, Figura 6.16. En parte esto se explica por las protecciones solares que poseía la vivienda, la cual impedía el ingreso de la mayor parte de la radiación solar.

Los niveles mayores lumínicos se produjeron cuando se incorporó iluminación artificial, alcanzando valores por encima de los recomendados.

## Consumo eléctrico

Esta vivienda cuenta con contador inteligente, por lo tanto, una vez relevados los artefactos eléctricos, realizada la encuesta de uso, teniendo registro de consumo acumulado de algunos artefactos y accediendo a los consumos horarios, es posible realizar una lectura más precisa de los consumos.

De este análisis se desprende como principal resultado que, para el período analizado, el 73 % del consumo eléctrico se utiliza para calentamiento de agua. Este resultado, deja en evidencia la necesidad de implementar medidas de eficiencia

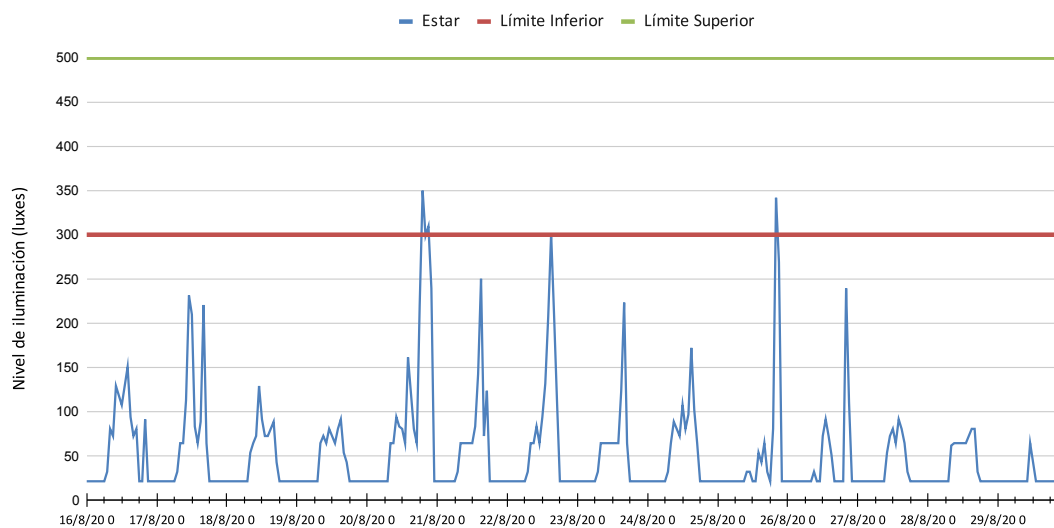


Figura 6.16: Nivel de iluminación en luxes para el estar de MEVIR.

energética en el uso de agua caliente sanitaria, desde optimizar el diseño de las viviendas para reducir tramos de cañería, la capacitación de los usuarios en el uso apropiado del recurso, hasta la exploración de otros sistemas de generación de agua caliente más eficiente y/o económicos que uso de resistencias eléctricas y termotanques de acumulación.

En la Figura 6.17, se presenta el gráfico de barras del consumo horario de tres días de septiembre. En el mismo se aprecia claramente los períodos en los cuales permaneció encendido y apagado el calefón. Estos periodos diarios fueron confirmados por la propietaria de la vivienda. Según la etiqueta del calefón, la potencia nominal del mismo era de 1,4kW. Además, se observa un consumo base correspondiente principalmente a la heladera y picos de consumo en los períodos en que encendieron el calefón. Existen también momentos del día en el cual el consumo es medio, el cual se asocia a consumos del calefón para contrarrestar las pérdidas de calor y los pequeños consumo (tal vez indeseados) de agua caliente. En la visita se observó que si bien la posición del monocomando de la cocina se encontraba en la posición de agua fría, la bacha del baño estaba en posición de mezcla agua fría y agua caliente en partes iguales.

## Infiltraciones

Las infiltraciones registradas son mayores que las del PMB, obteniéndose un flujo de  $1162\text{m}^3/\text{h}$  para una depresión de  $50\text{Pa}$ , con un área equivalente de  $455,5\text{cm}^2$ . Se detectaron corrientes de aire por las aberturas vidriadas, abertura para extrac-

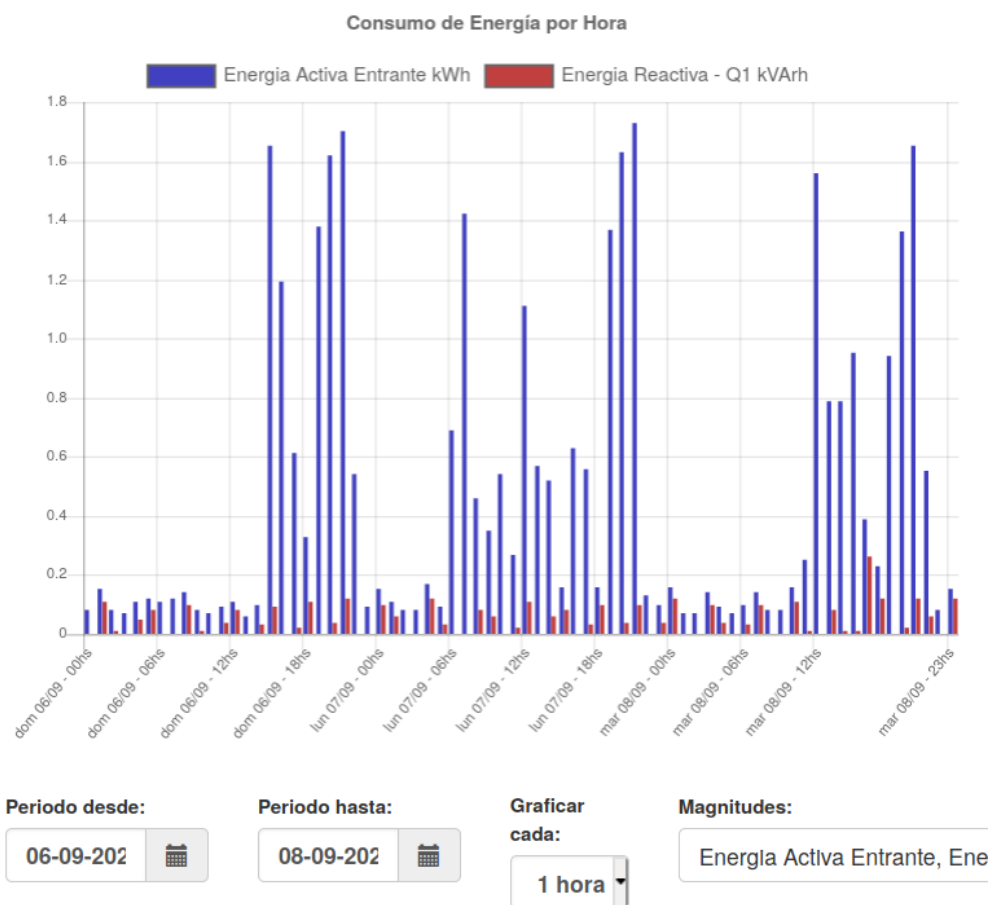


Figura 6.17: Análisis del consumo de la vivienda de MEVIR - Fuente UTE

ción de aire en la cocina así como posibles imperfecciones en el sellado entre los muros exteriores y el techo de isopanel.

### 6.3.3. Plano Económico

La vivienda seleccionada es una tipología de dos dormitorios, ubicada en el barrio de Colón en Montevideo, siendo su latitud  $-34^{\circ}47'S$  y su longitud  $56^{\circ}13'W$  (Figura 6.18).

Es una tipología que se desarrolla completamente en planta baja, tiene uno de sus lados con medianera y del otro lado se retira unos tres metros del otro vecino. Se anexan a la tipología original una cochera y un galpón, ambos espacios independientes de la vivienda original, con incidencia en el sombreado exterior de la misma, Figura 6.19. La tipología es de dos dormitorios, con porche, siendo



Figura 6.18: Imagen área de la localización del caso monitoreado del Plano Económico.

una de las más utilizadas especialmente por los gobiernos departamentales que brindan este programa habitacional.

La diferencia de esta tipología radica en la fecha de construcción, esta vivienda es de finales de 1970. El nivel de conservación y de mantenimiento en esta vivienda es excelente (Figura 6.20). Los materiales de construcción son tradicionales, es decir ticholos y ladrillos.

La vivienda es bi-orientada, el estar y un dormitorio tienen sus ventanas orientadas al NE, mientras que la cocina y el otro dormitorio tienen sus ventanas orientadas al SO.

### Temperatura y humedad relativa del aire

Del análisis de las mediciones registradas, se observa que las temperaturas de la vivienda en los locales del estar y el dormitorio, no muestran diferencias significativas. Mientras que en el estar donde la vivienda cuenta con un aire acondicionado, los porcentajes de horas de confort ascienden al 65 %, los resultados para el dormitorio llegan al 79 %, Figura 6.21.

Se registran altos niveles de confort interior en los dos espacios relevados, este porcentaje obtenido contrasta con el porcentaje de confort exterior, que solo es del 27 % de las horas, Figura 6.21c.

La temperatura mínima interior se registró en el estar y corresponde a los 17,4°C (Figura 6.22a). Esta percepción del espacio más frío es también sustentada

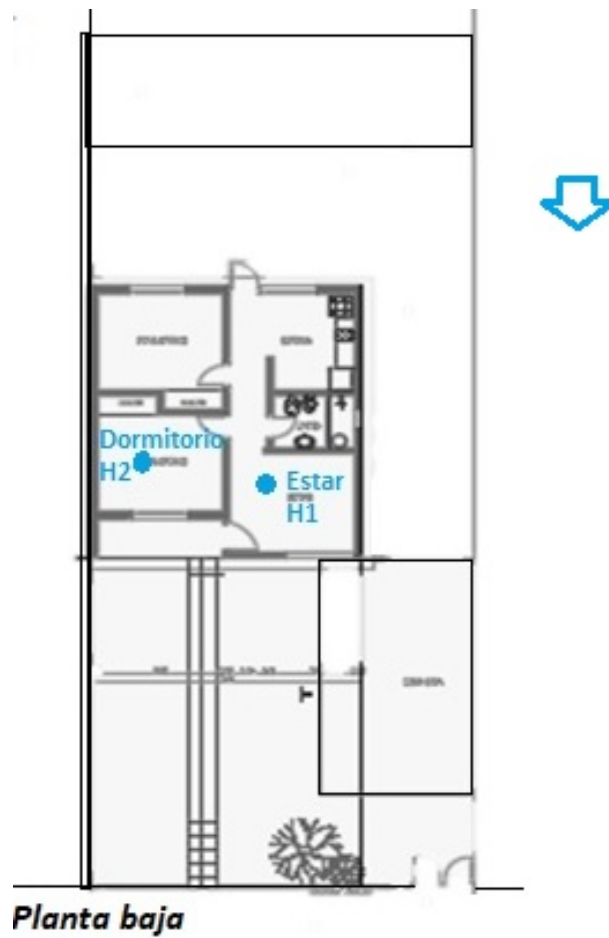


Figura 6.19: Planta de la tipología PE con localización de los registradores de temperatura y humedad.

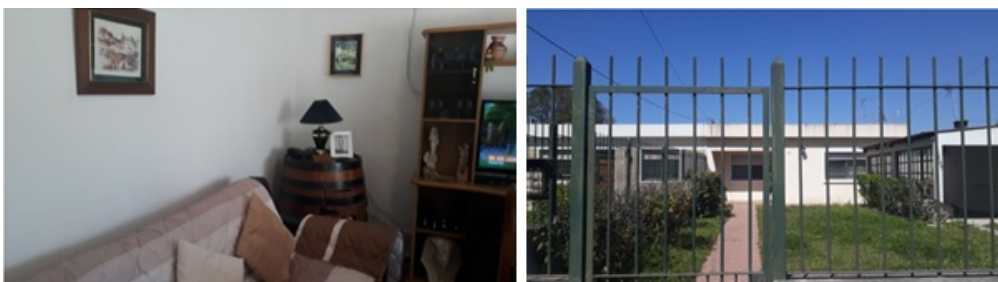


Figura 6.20: Imágenes de la vivienda del Plano Económico (interior y fachada principal).

en la encuesta que se le efectuó a la propietaria de la vivienda, donde se refiere



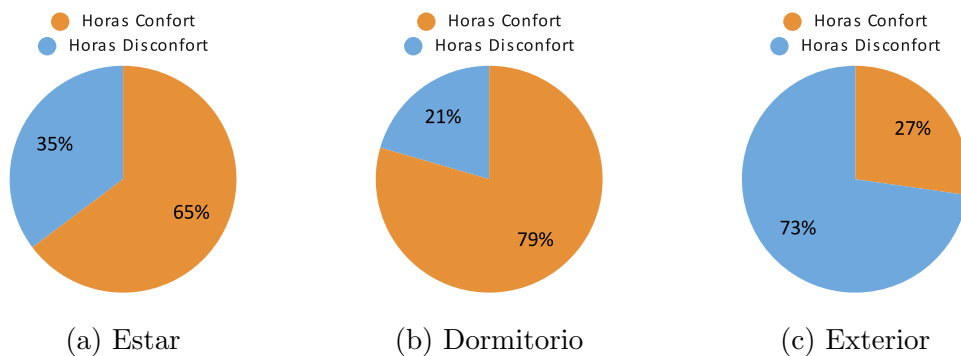


Figura 6.21: Porcentajes de horas de confort térmico en la vivienda del Plano Económico. Criterio del período frío ( $18^{\circ}\text{C} < T < 24^{\circ}\text{C}$ )

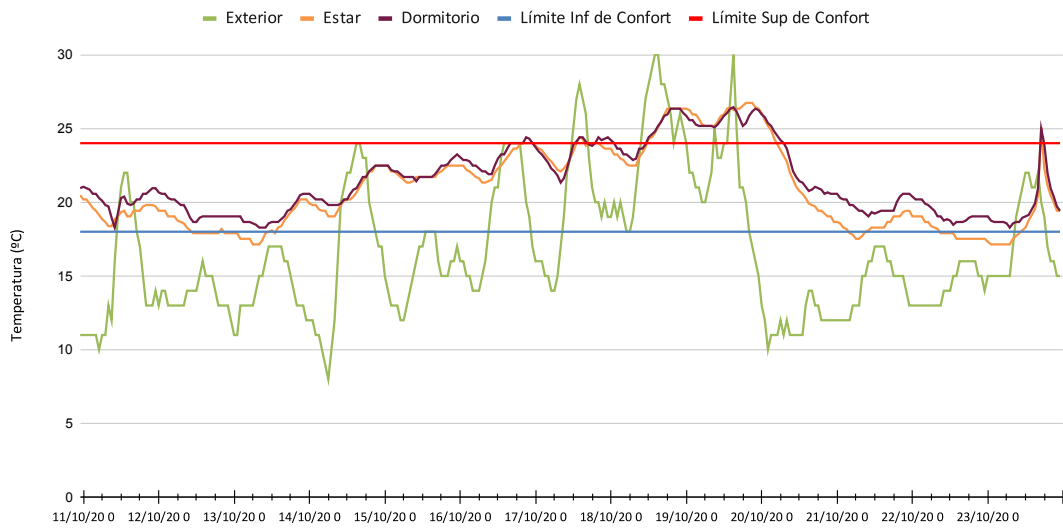
a este como el “más frío” de la vivienda. Las temperaturas interiores muestran estabilidad a lo largo del día, es decir que la vivienda logra controlar los flujos de energía en el tiempo, los mayores picos se dan cuando hay ingreso de calor, debido a aumentos de la temperatura exterior. También se muestra un retardo de las condiciones interiores respecto a las exteriores de por lo menos 10 horas, dejando en evidencia el efecto de la inercia térmica de la vivienda.

Cuando se analizan las humedades relativas interiores, se observa que la mayor parte del tiempo se encuentra dentro de los rangos de confort, incluso a pesar de las condiciones exteriores de humedad relativa, Figura 6.22b.

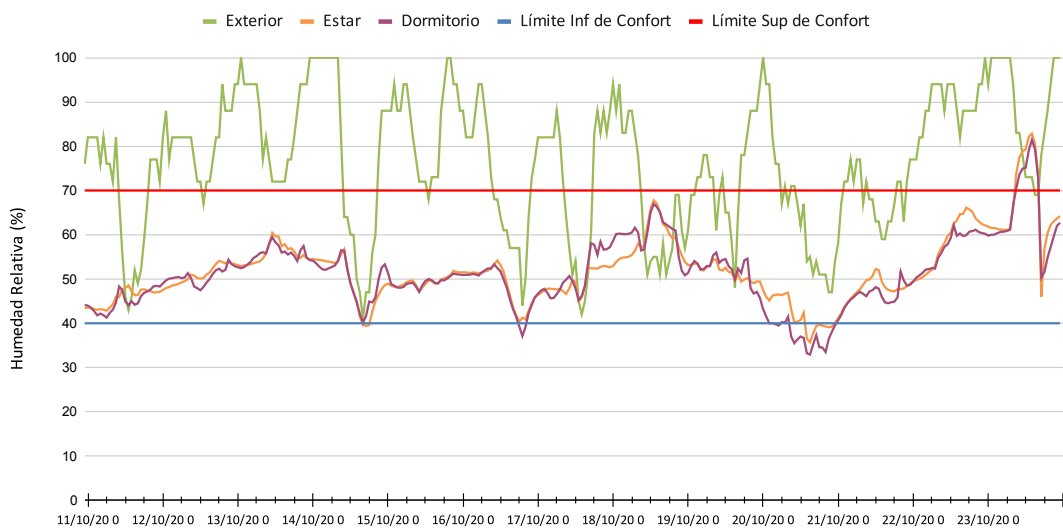
Calculando los grados días de calefacción (Figura 6.23) se observa como el comportamiento de la vivienda mejora respecto a las condiciones exteriores a las que se expone, aunque en comparación con los otros programas el exterior tuvo mayores días de confort. Los datos registrados para este programa difícilmente son replicables en todos los casos, ya que interviene la autoconstrucción de los usuarios y por lo tanto es son altamente dependientes de los materiales utilizados.

## Iluminación

Cuando se analiza los niveles de iluminación interior en el espacio del estar, al igual que en el caso del PMB y de MEVIR los valores no alcanzan el confort lumínico, registrándose valores extremadamente bajos, Figura 6.24. En parte esto se explica tanto por las protecciones solares que posee la vivienda que impide el ingreso de la mayor parte de la radiación solar incidente, como por la construcción del garage al frente de la vivienda que obstruye tanto la radiación solar directa incidente como la radiación difusa. Los niveles mayores lumínicos se producen cuando se incorpora la iluminación artificial, alcanzando apenas los valores mínimos recomendados.



(a) Temperaturas.



(b) Humedad relativa.

Figura 6.22: Temperaturas y humedades relativas horarias para el Plano Económico.

### Consumo eléctrico

En esta vivienda, en la cual habitan 2 personas adultas, al analizar los equipos que midieron consumo, se detectó que el calefón estuvo prendido 17 horas y

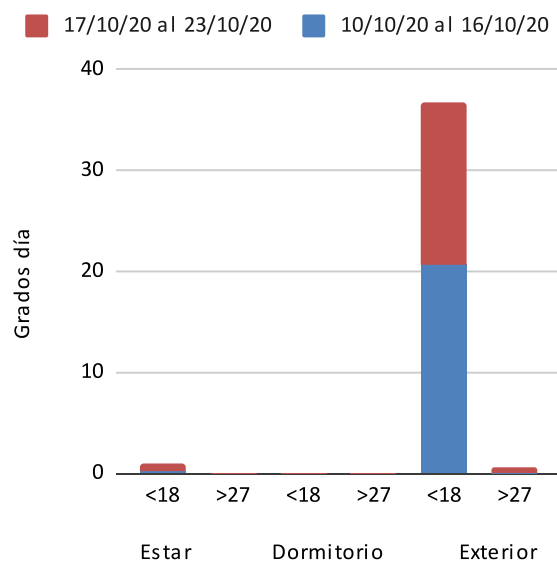


Figura 6.23: Grados día para el Plano Económico.

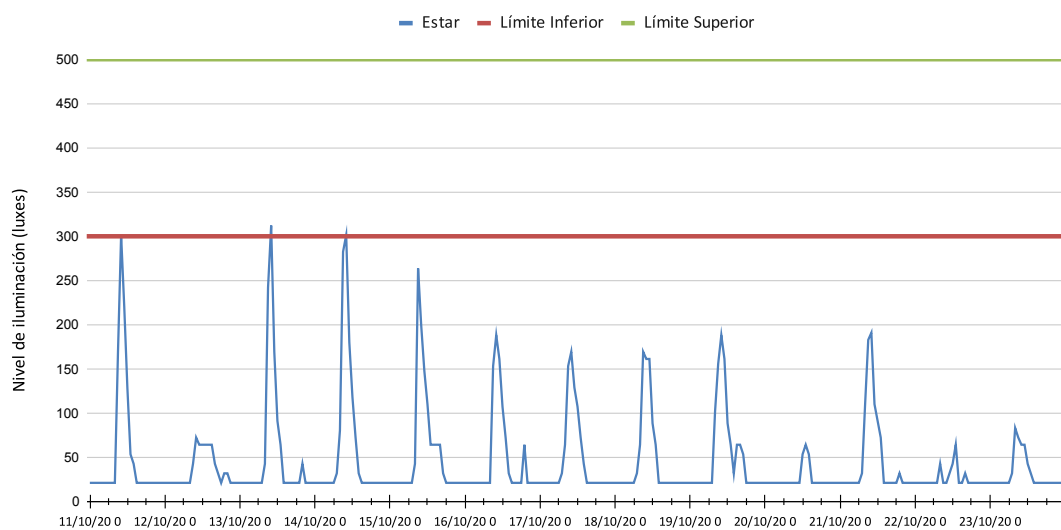


Figura 6.24: Intensidad luminosa en luxes para el estar del Plano Económico.

consumió 23,3kWh, mientras que la computadora estuvo prendida 13 días y casi 6 horas, donde consumió 29,54kWh. No se dispone del historial de consumo o más registros para realizar un análisis del consumo.

## Infiltraciones

En este caso no se pudo efectuar las mediciones de infiltraciones con el equipo Blower Door debido a la imposibilidad de coordinar horarios entre los propietarios de la vivienda, el MIEM y el equipo de investigación.

## 6.4. Conclusiones

A partir de las mediciones de temperatura de bulbo seco, humedad relativa, nivel de iluminación, infiltraciones, registro de consumos eléctricos, entrevistas a los propietarios, así como observaciones generales y termográficas de tres viviendas, se pueden destacar los siguientes resultados.

En primer lugar, en cuanto a la temperatura interior, en las tres viviendas se aprecian mejoras sensibles de la temperatura interior respecto a la exterior, aumentando los porcentajes de horas de confort. Este comportamiento es lo esperable para un correcto desempeño térmico. Por otra parte, el adecuado control de la energía en el tiempo se relaciona fuertemente con las calidades de las construcciones, cuánto mejor es la calidad mejor su desempeño. Es así como las mayores horas de confort se presentan en MEVIR o el plano económico. ¿Qué significa esto? que los picos de menor temperatura o de mayor temperatura se retrasan en el tiempo por lo menos en unas 6 horas y se amortiguan. Esto está dado por la presencia de la masa térmica, presente sobretodo en los muros de todos los sistemas y en algunos techos (Plano económico y PMB).

La dificultad del plano económico está en su replicabilidad. ¿Podría ser posible efectuar una construcción igual a otra cuando es el usuario quien construye íntegramente?. No obstante, principalmente en el caso de PMB, se observa un gran porcentaje de horas de disconfort debido a la subutilización de sistemas de calefacción. Para la vivienda de MEVIR la situación cambia favorablemente debido al uso del calefactor a leña que incluye el programa.

Respecto a los niveles de iluminación, se aprecia una subutilización del recurso natural debido al empleo de cortinas oscuras. Este aspecto, relacionado a un hábito y no necesariamente a las condición original de la vivienda, puede generar mejoras tanto en la iluminación como en la calefacción solar pasiva en el período frío del año.

A partir de las mediciones de infiltraciones con el equipo Blower Door, se determinó que comparativamente tienen una calidad de los cerramientos apropiada, con posibilidad de mejoras a nivel global en la vivienda de MEVIR y en un punto específico (puerta trasera) para la vivienda de PMB.

En cuanto a los artefactos eléctricos y el consumo de energía eléctrica, para las viviendas de MEVIR y PMB las cuales se pudieron analizar con mayor profun-

didad, se determinó que el calentamiento de agua sanitaria es el de mayor peso relativo, alcanzando casi el 75% del consumo mensual en la vivienda de MEVIR. Si bien se identificó una preocupación por los propietarios en cuanto al consumo de energía, así como el uso de luminarias eficientes, heladeras pequeñas y/o eficientes, “estrategias de uso racional” de agua caliente y no contar con sistemas de calefacción eléctrico, estas familias superan los 230 kWh mensuales, quedando por fuera de la Tarifa Residencial Básica. Por lo tanto, mejorar las estrategias y/o sistemas de generación y uso de agua caliente sanitaria, repercutirá sensiblemente en el consumo eléctrico.

A partir de las imágenes termográficas, se observa que los principales puentes térmicos de las viviendas son los cerramientos vidriados, presentando mejoras las que incluyen persianas. También la unión entre la estructura y la mampostería. Siendo esto puntos posibles de rediseñarse desde el punto de vista del diseño arquitectónico.



# Capítulo 7

## Desempeño térmico de las viviendas

### 7.1. Introducción

Una vez analizados los criterios de diseño de las viviendas en estudio (Capítulo 3), los hábitos de los usuarios (Capítulo 4), teniendo presente las limitaciones económicas de los diferentes programas (Capítulo 5), así como realizados relevamientos y mediciones en las viviendas (Capítulo 6), en este Capítulo se analiza el desempeño térmico de las viviendas a lo largo de todo el año a partir de simulaciones numéricas. Por medio de las simulaciones se analizan variaciones en el comportamiento de los usuarios así como algunas modificaciones constructivas en la envolvente.

Las simulaciones se realizan a través del software *Energy Plus 9.4.1*. El uso del *Energy Plus* se justifica por el hecho de ser un *software* libre y avalado internacionalmente que permite, entre otros, calcular demandas de energía en calefacción y refrigeración, temperaturas superficiales y de confort térmico, definir la interacción del usuario con el medio, movimiento de aire entre zonas de la vivienda y modelado de diferentes tipos de cerramientos y equipamiento. Permite entonces una simulación dinámica de la vivienda en períodos de tiempo variables, calculando su desempeño desde transitorios de corta duración, hasta la determinación de un año tipo.

Como primer paso para el desarrollo adecuado de los modelos de las viviendas a simular, los mismos se calibran comparando los resultados de las simulaciones con datos obtenidos en los relevamientos de cada vivienda. Una vez obtenidos los modelos calibrados, se simulan las viviendas a lo largo de un año típico en las condiciones climáticas de Montevideo. Para las simulaciones se considera un caso base, el cual se define como aquel en que el diseño de vivienda es el estableci-

do por el respectivo programa, considerando los hábitos de los usuarios según lo relevado en el Capítulo 4. Paralelamente se define un usuario eficiente, el cual modifica su comportamiento a fin de reducir los consumos de acondicionamiento térmico. A partir del caso base (usuario tipo) y el usuario eficiente, se simula el desempeño energético de la vivienda para diferentes orientaciones, determinando las orientaciones más propicias, el impacto relativo que implica cambiar los hábitos en el consumo de acondicionamiento térmico, así como posibles modificaciones en la envolvente que puede repercutir en ahorros energéticos y/o económicos en la inversión inicial (sin aumentar los consumos). Luego se simulan las viviendas adoptando estas modificaciones de forma de cuantificar individualmente el impacto de cada una de ellas. Por último, determinados los ahorros (o aumentos) de energía anuales en acondicionamiento térmico por cada modificación en la envolvente, se realiza un análisis económico preliminar de cada una de ellas.

Todo este análisis en profundidad (calibración de modelos, simulaciones del caso base, orientaciones, usuarios y modificaciones, y análisis económico) se realiza sobre una tipología de MEVIR y una del PMB. Adicionalmente se construye y calibra el modelo de la vivienda del Plano Económico relevado en el Capítulo 6.

## 7.2. Calibración de modelos

El objetivo de la calibración es validar los modelos de simulación energética desarrollados en el programa *Energy Plus 9.4.1*. La calibración de los modelos permite minimizar el error (o la desconfianza) en los resultados de las mismas al estudiarse distintas medidas energéticas aplicables en los diseños de las viviendas. Maximizar la capacidad de representar la realidad por parte de las herramientas de simulación es el elemento central para luego garantizar los resultados posteriores. La dificultad de representar por parte de un modelo la “realidad”, se basa en la cantidad de variables de entrada del modelo a simular, dado que incrementa las posibilidades de errores al introducir los valores, lo cual, unido a la falta de información y/o a la información errónea, se traduce en una acentuación de la incertidumbre en los resultados.

### 7.2.1. Metodología de la calibración

En este proyecto se utilizaron **simulaciones basadas en datos o de modelización inversa** [72] con el programa *Energy Plus 9.4.1*. Es decir, se realizaron simulaciones de viviendas para las cuales se han monitoreado datos ambientales y de uso. A partir de los datos obtenidos se realizaron modelos que pueden prever el comportamiento del sistema. Según Godoy [72] la modelización inversa se puede dividir en tres métodos diferentes.



1. Caja negra: Se refiere al uso de simples modelos matemáticos o estadísticos.
2. Caja gris: estimación de parámetros. Difiere del anterior en que usa ciertos parámetros del sistema dominante (o agregados) identificados a partir de un sistema físico.
3. Modelos detallados-calibración: Usa un modelo completo basado en leyes (modelización directa) de un sistema de edificio y modifica las entradas hasta hacer coincidir las salidas de las simulaciones con datos medidos. Este último modelo es el empleado en esta investigación.

El medir *in situ*, determina que estén disponibles los datos para la entrada al *software*, mejorando la calidad de la salida. De este modo, una vez monitoreadas las viviendas, se realizaron modelos de las mismas y estos se calibraron ajustando variables de entrada.

El monitoreo permitió recolectar mediciones de temperatura de bulbo seco y humedad relativa interiores de las viviendas por un período de al menos dos semanas. Por otro lado también se registraron las mediciones de infiltraciones (*blower door*), así como el comportamiento de los usuarios.

Para la calibración se realizaron modelos “ajustados” atendiendo a las características particulares de las viviendas relevadas. Además, dada su ubicación y período en el cual fueron realizadas las mediciones, se obtuvieron los datos climáticos ajustados para cada caso.

La temperatura de bulbo seco dentro de la vivienda se tomó como variable de salida de las simulaciones para efectuar la calibración. Para lograr la validación se tomaron como variables de ajuste las cargas por personas, infiltraciones y los períodos de uso de las cortinas (protecciones solares). El criterio para avalar la conformidad entre los resultados de las simulaciones y las mediciones se basó en lo propuesto por K. Sun, et al. [66], adoptando índices estadísticos estandarizados que representaran mejor la fiabilidad de un modelo. Los índices utilizados son:

- *Mean Bias Error (MBE)* (%), ecuación 7.1.
- *Root Mean Square Error (RMSE)* (%).
- *Coefficient of Variation of Root Mean Square Error (CV(RMSE))* (%), ecuación 7.2.

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (m_i - s_i)}{n} \quad (7.1)$$

$$CV(RMSE) = \frac{1}{\bar{m}} \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(m_i - s_i)^2}{n}} \times 100 \quad (7.2)$$

Donde:

- $n$  es el número de puntos medidos (datos).
- $m_i$  es el valor medido para el punto  $i$ .
- $s_i$  es el valor pronosticado por la simulación para el punto  $i$ .
- $\bar{m}$  es el promedio de los valores medidos.

La validación de los modelos de simulación energética de edificios se basó en el cumplimiento de criterios estándar de  $RMSE$  y  $MBE$ . Es así que los modelos de simulación energética de edificios se consideran “calibrados” para este proyecto si cumplen con los criterios establecidos por ASHRAE Guideline 14 [73]. Esto significa que una vez que existe una concordancia aceptable entre los datos medidos experimentalmente y los simulados (tomando como criterio  $MBE$  y  $CV(RMSE)$ ), el modelo puede considerarse “calibrado”.

Según Judkoff et al. [74] existen principalmente dos fuentes de error en los modelos que determinan la exactitud de la predicción del comportamiento del edificio. Por un lado, fuentes externas (independientes del modelo de cálculo) que depende de la exactitud de los datos introducidos. Por otro lado, fuentes internas (dependientes del modelo de cálculo), las cuales se basan en los modelos físicos matemáticos empleados en la simulación (Figura 7.1).

Dentro de las fuentes externas, son determinantes los archivos de clima utilizados, el comportamiento de los usuarios, así como las características físicas y materiales introducidas en el modelo. Con el objetivo de reducir los errores de las fuentes externas, se utilizó la metodología que se detalla a continuación en función del tipo de dato a introducir.

## Datos del clima

El archivo climático utilizado para la calibración de cada modelo se construyó de forma específica para cada caso, contemplando datos correspondientes a los mismos días en los cuales se monitoreó el interior de la vivienda. En las simulaciones además se incluyeron los datos climáticos de las dos semanas previas a los días monitoreados, a fin de que el modelo integre las condiciones previas al período de calibración. Los datos climáticos se obtuvieron a partir del relevamiento de las estaciones meteorológicas cercanas. El archivo climático se realizó con el programa *Elements* [75], utilizando como base el archivo AMTUy de Montevideo, creado por el Laboratorio de Energía Solar (LES) de UdelaR.

Los datos modificados corresponden a temperatura de bulbo seco (T), presión atmosférica (Pa), humedad relativa del aire (HR), velocidad (Vv) y dirección del viento (Vd). En algunos casos se encontraron horas sin registro en las estaciones

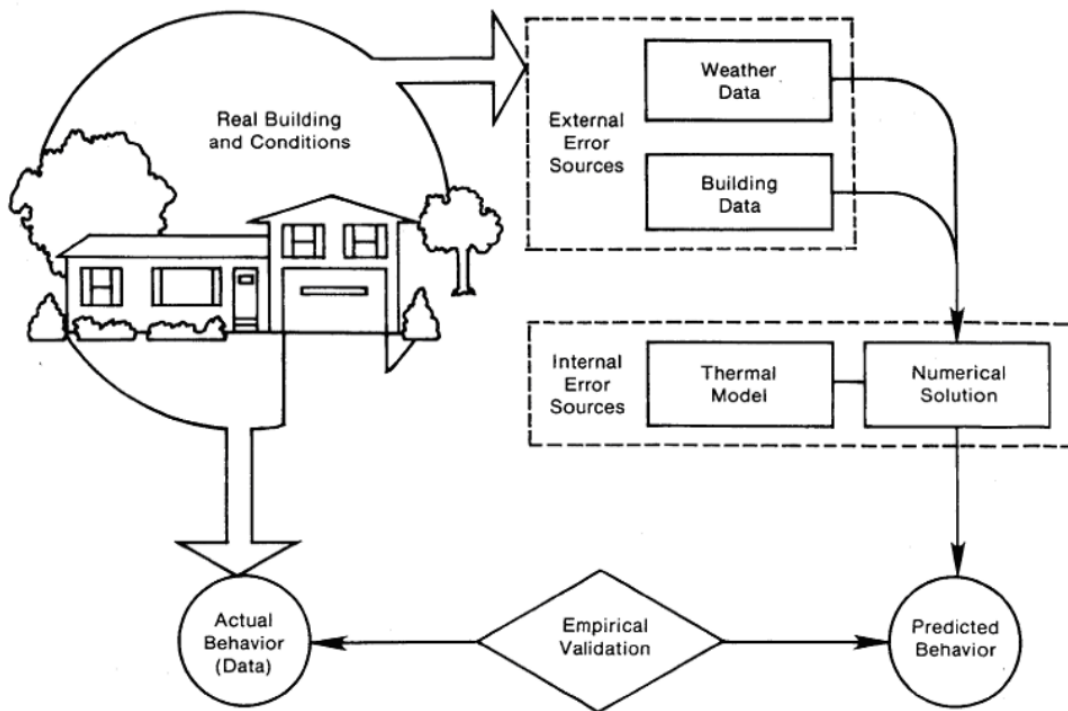


Figura 7.1: Componentes de la simulación. Extraído de Judkoff et al. [74].

meteorológicas. En dichos casos la información se completó con igual dato de la hora anterior registrada. Se modificaron asimismo los datos de radiación, obteniendo los datos horarios de radiación global horizontal (GHI) de mediciones del LES, y se utilizan datos satelitales obtenidos de CAMS Soda-pro [76] para determinar los datos horarios de radiación normal (BNI).

Los datos introducidos en el programa *Elements* [75] se realizan en la hora legal, correspondiendo el dato a una determinada hora al inicio del intervalo, ejemplo: el dato de las 14:00 es la media entre las 14:00 y las 15:00.

En la Tabla 7.1 se presentan los períodos y fuentes de datos utilizados en el archivo climático de calibración según caso de estudio.

Tabla 7.1: Períodos y fuentes de datos utilizados en el archivo climático de las calibraciones.

Caso	Período		T, Hr, Pa, Vv, Vd		GHI		BNI	
	Inicio	Fin	Fuente	Estación	Fuente	Estación	Fuente	Coordenadas
PMB	06/07/20	08/08/20	Wunderground	Carrasco	LES	FING	CAMS Soda-pro	-34.8030; -56.2371
MEVIR	25/07/20	8/09/20	Wunderground	Carrasco	LES	Dato satelital	CAMS Soda-pro	-34.6822; -55.6997
PE	26/09/20	24/10/20	OGIMET	Prado	LES	FING	CAMS Soda-pro	-34.7878; -56.2253

## Comportamiento de los usuarios

El comportamiento de los usuarios en el período de medición se definió a partir de los datos recabados durante la entrevista realizada en la primera visita a la vivienda. A partir de esta se especificó la cantidad de ocupantes y uso de los espacios en la vivienda. Así mismo se consultó sobre el uso de protecciones solares, ventilación, iluminación y equipos de calefacción. Además de la información descrita por el propietario, el perfil de uso de la vivienda se complementa con observaciones realizadas en las visitas, así como el registro fotográfico de las mismas.

A partir de esta información y la información resultante de las mediciones, se construyó la programación horaria por local de ocupación, ventilación, uso de protecciones solares y uso de iluminación artificial. Estas especificaciones horarias, por habitación y para cada una de las viviendas se detallan en el Anexo E.

## Características físicas y materiales

Las características físicas y materiales de las viviendas monitoreadas se introducen en el modelo basado en dos fuentes. En primer lugar, la información de planos, planillas, detalles y memorias constructivas propias de los distintos programas de vivienda estudiados. En segundo lugar, el relevamiento visual realizado al momento de la entrevista, donde se constató la concordancia de la vivienda construida con los recaudos tipo disponibles, así mismo se registraron para cada caso particularidades como ser modificaciones realizadas a la volumetría, elementos del entorno que generen sombreado y, ubicación y características de las protecciones solares (Tablas 3.2 y 3.3).

Las propiedades de los materiales configurados en el modelo de simulación se tomaron de las normas UNIT-ISO 1150:2010 [77], UNIT-ISO 10456:2007 [78], UNIT-ISO 1158:2007 [79], NBR15575-1 [80], Código Técnico de la Edificación de Español [81], base de datos del programa HTERM [82] y algunos datos específicos de bibliografía de referencia [83, 84]. Estas propiedades, para cada tipología se detallan en el Anexo G.

Las infiltraciones se configuraron para la simulación a partir de las mediciones *in situ* del indicador de permeabilidad al aire de la envolvente:  $n_{50}$ , realizadas según la norma UNE-EN-13829 [85], ensayo de *blower door*. Para el caso de la vivienda de Plano Económico, donde no se realizaron mediciones, se consideraron valores de referencia de investigaciones precedentes [86].

## Fuentes internas de error

Las fuentes internas de errores, refieren a la habilidad de la herramienta para predecir el comportamiento real del edificio cuando los datos están correctamente

introducidos. Es por esto determinante el uso de herramientas de simulación validadas por la comunidad científica, en este estudio se utiliza el programa *Energy Plus* ampliamente reconocido en el medio. Así mismo, dentro de modelos matemáticos disponibles dentro de la herramienta, se opta por la configuración de transferencias de calor por suelo por el modelo *Ground Domain* y para ventilación por *AirFlowNetwork*, modelos verificados en estudios previos [86].

### 7.2.2. Resultados de la calibración

Para cada tipología, el proceso de calibración incluyó varias instancias iterativas hasta encontrar un modelo que cumpliera con los criterios pre-establecidos por ASHRAE 14:2002 [67]. Dadas las configuraciones iniciales mencionadas en la sección 7.2.1, se verificaron los resultados obtenidos en la simulación mediante una evaluación cuantitativa en base a los indicadores ( $MBE$ ,  $CV(RVSE)$ ), como a través de la observación de la correlación entre el comportamiento del ciclo diario de las temperaturas interiores en el período de lo simulado y lo medido. La validación de los modelos se alcanzó considerando el aporte de calor por persona de 70 W, uso de cortinas de acuerdo a las encuestas de cada tipología y ajustando el modelo de las infiltraciones (*airflow network* - *afn*) considerando las mediciones (ajustadas por presión y temperatura) que se registraron con el *blower door*:  $300\text{m}^3/\text{h}$  para PMB y de  $1162\text{m}^3/\text{h}$  para MEVIR. En las Figuras 7.2, 7.3 y 7.4 se presentan los diseños de los modelos calibrados para las viviendas de MEVIR, PMB y Plano Económico, incluyendo particularidades del entorno de la vivienda relevada.

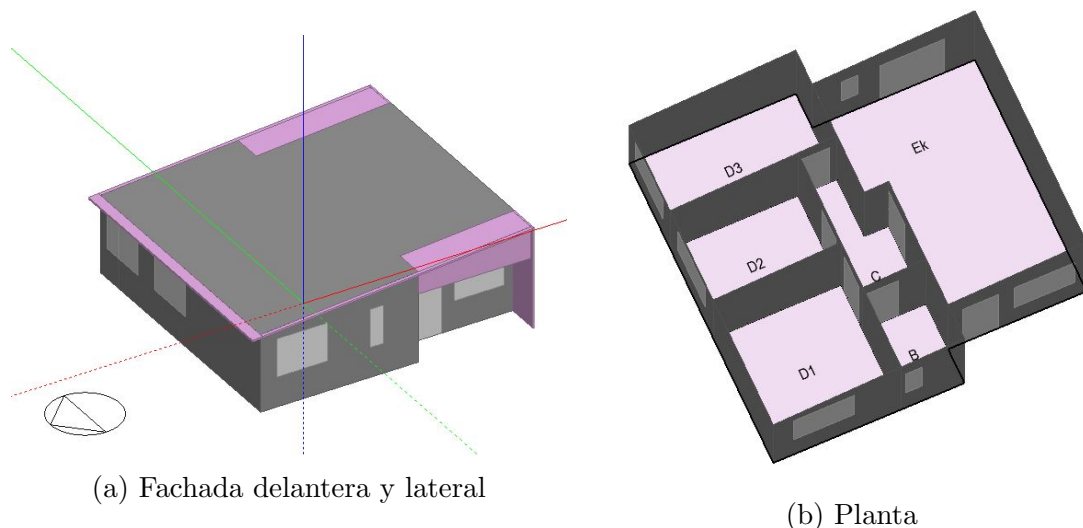


Figura 7.2: Imágenes del modelo de la vivienda de MEVIR.

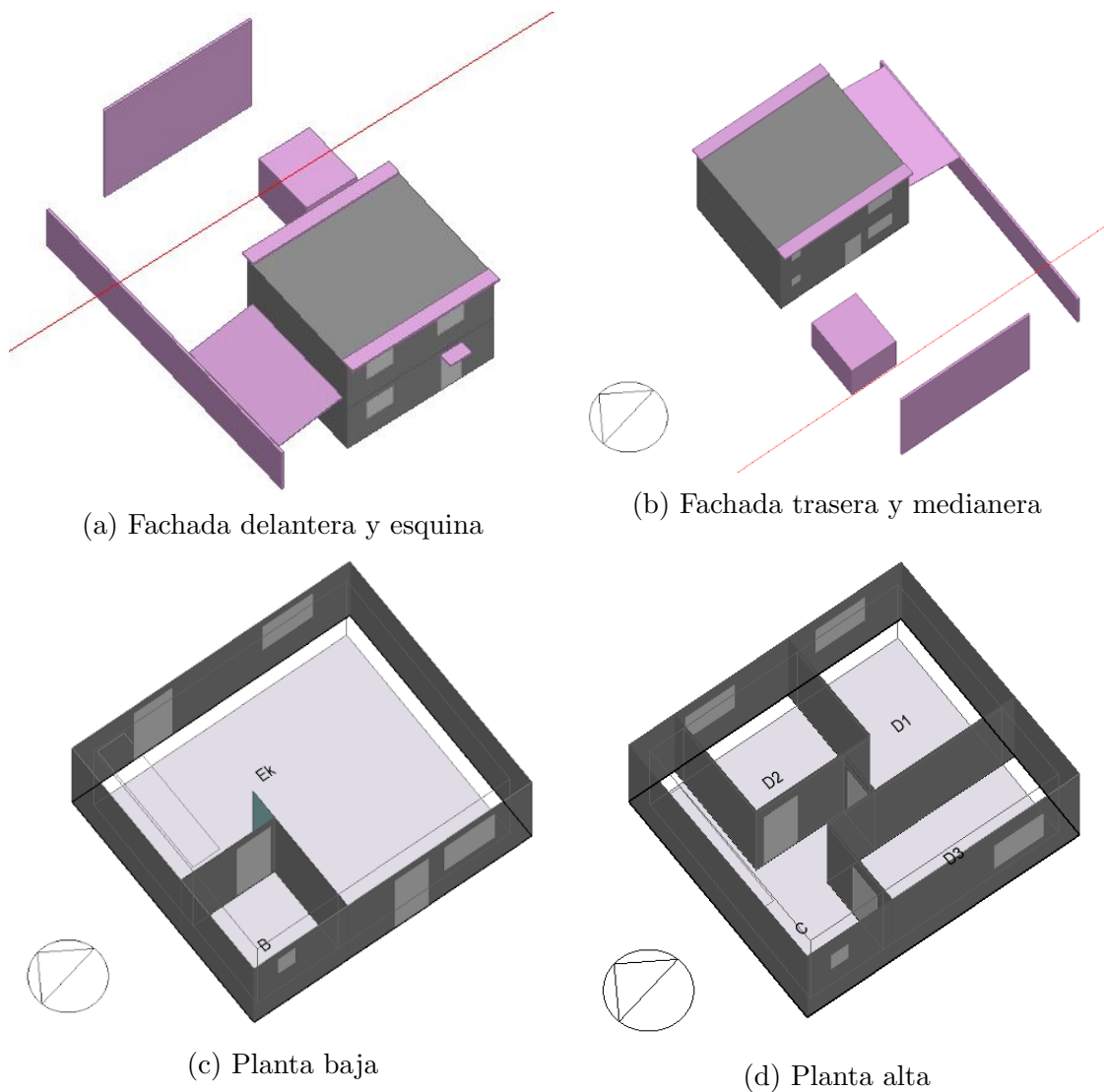


Figura 7.3: Imágenes del modelo de la vivienda del PMB.

Se presenta la Tabla 7.2, donde se muestran los resultados de calibración de acuerdo a la normativa, en ella se muestra cómo los distintos modelos cumplen, en las dos habitaciones donde se monitoreó la temperatura, los supuestos pre-establecidos, tanto para  $MBE$  como para  $CV(RMSE)$ .

Paralelamente al cálculo de  $MBE$ ,  $RMSE$  y  $CV(RMSE)$ , se analizaron gráficamente los resultados obtenidos en las temperaturas interiores simuladas, comparando con los valores medidos de temperatura interior y las temperaturas exteriores. En las Figuras 7.5, 7.6 y 7.7 se presentan la evolución de las temperaturas medidas y simuladas del estar y el dormitorio principal, así como la temperatura exterior,

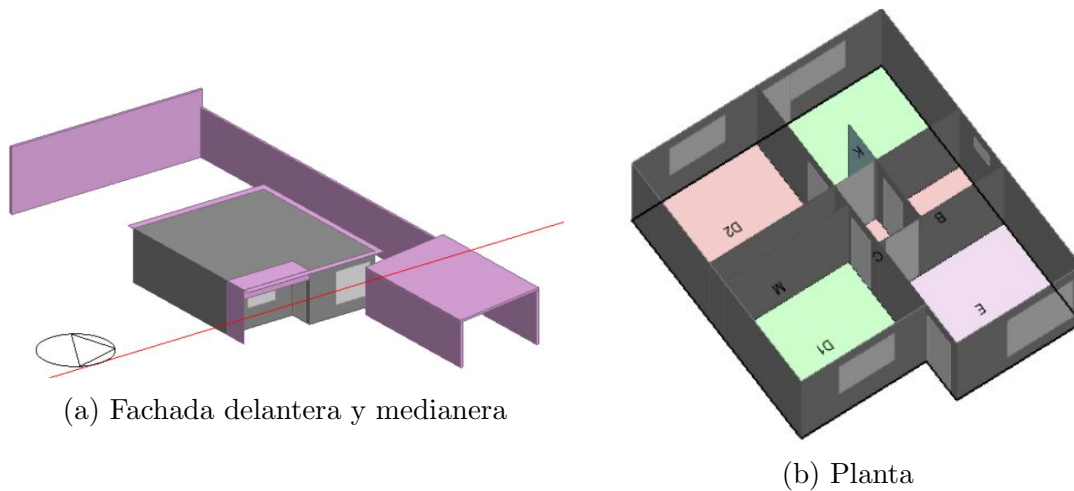


Figura 7.4: Imágenes del modelo de la vivienda del Plano Económico.

Tabla 7.2: Resultados de la calibración

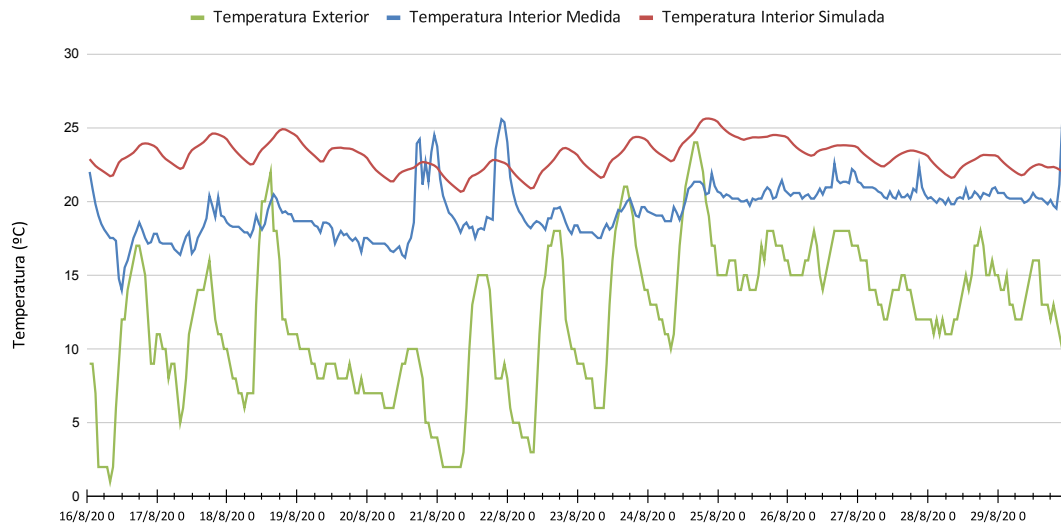
Programa	Error	Estar (%)	Dorm. 1 (%)	Criterio (%) [67]
PMB	<i>MBE</i>	1,4	2,4	<10
	<i>RMSE</i>	2,4	3,5	
	<i>CV(RMSE)</i>	13	20	<30
MEVIR	<i>MBE</i>	3,6	5,3	<10
	<i>RMSE</i>	4,1	5,5	
	<i>CV(RMSE)</i>	18	24	<30
PE	<i>MBE</i>	0,6	0,1	<10
	<i>RMSE</i>	1,5	1,2	
	<i>CV(RMSE)</i>	6	7	<30

durante dos semanas para las tres tipologías.

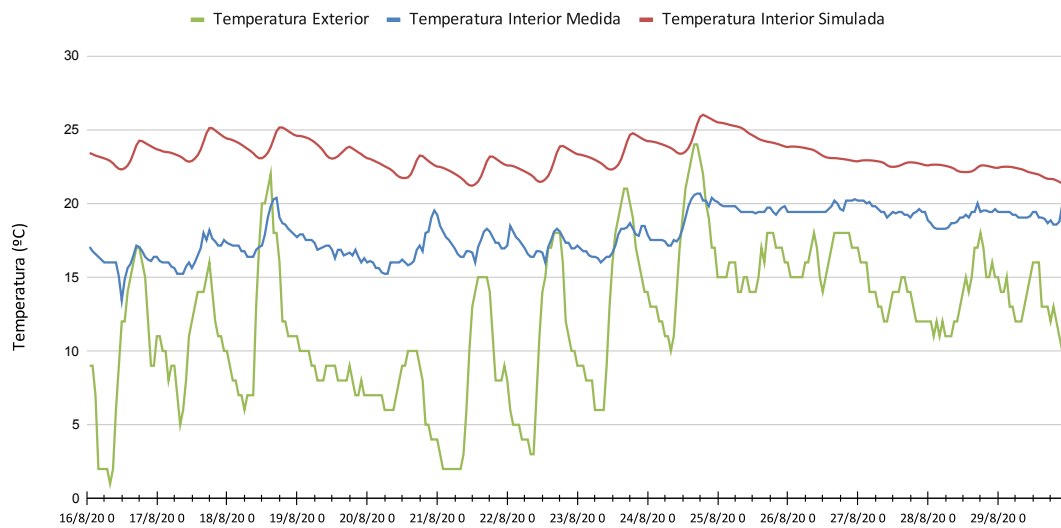
A partir de los gráficos se observa que los modelos simulados logran ajustar razonablemente las oscilaciones de temperatura diarias, con picos y valles entre día y noche, así como oscilaciones semanales. Se aprecia también algunos eventos singulares, o cambios en el comportamiento del usuario respecto al preestablecido para las simulaciones. Ejemplos de esto son el encendido del calefactor a leña en la vivienda de MEVIR (20 y 21 de agosto, Figura 7.5a), apertura de ventanas en el estar de la vivienda de PMB (2, 3 ,4 y 5 de agosto, Figura 7.6a). En estos puntos singulares los valores de temperatura simulada se apartan levemente de los medidos.

También se aprecia a partir de los gráficos una mayor inercia térmica de la

vivienda del plano económico, por sobre las otras tipologías. Por otro lado, es la tipología de MEVIR la que presenta las mayores fluctuaciones, copiando más las condiciones del exterior de la vivienda



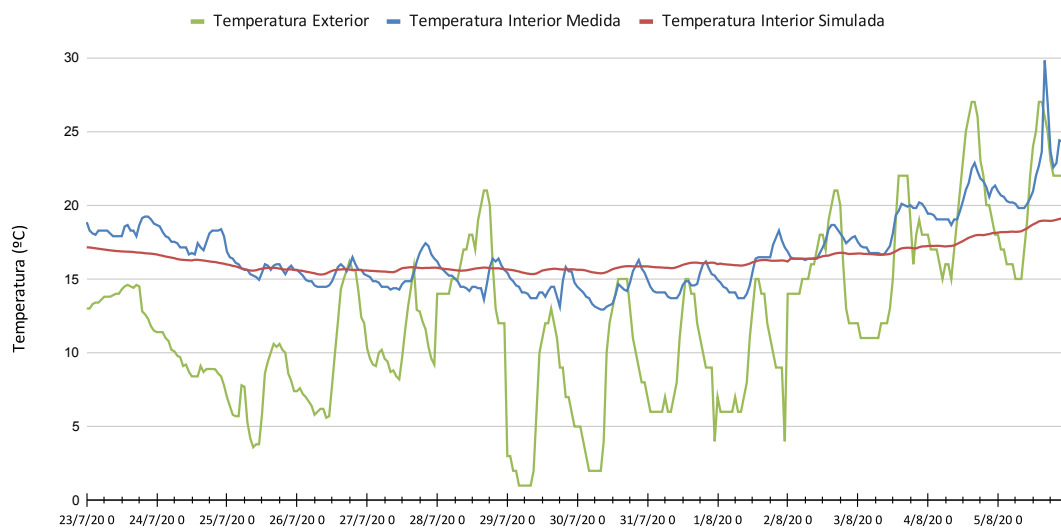
(a) Estar y cocina



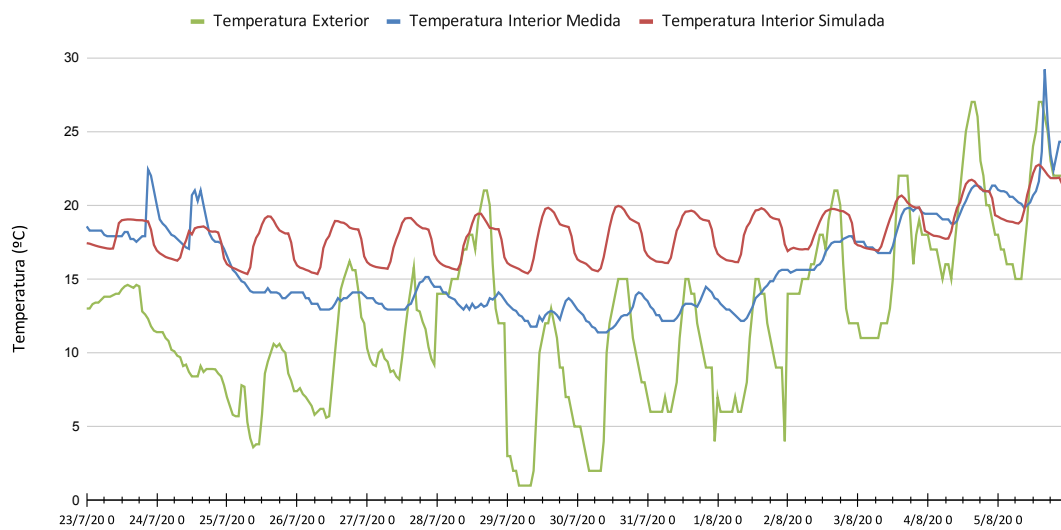
(b) Dormitorio Principal.

Figura 7.5: Temperatura exterior e interior del Estar (medida y simulada) de la vivienda de MEVIR.



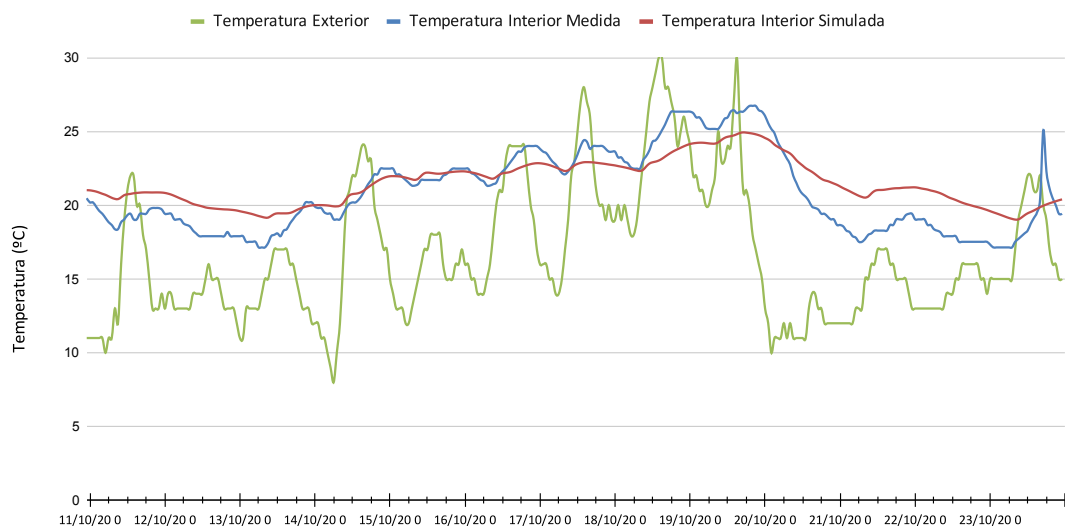


(a) Estar y cocina.

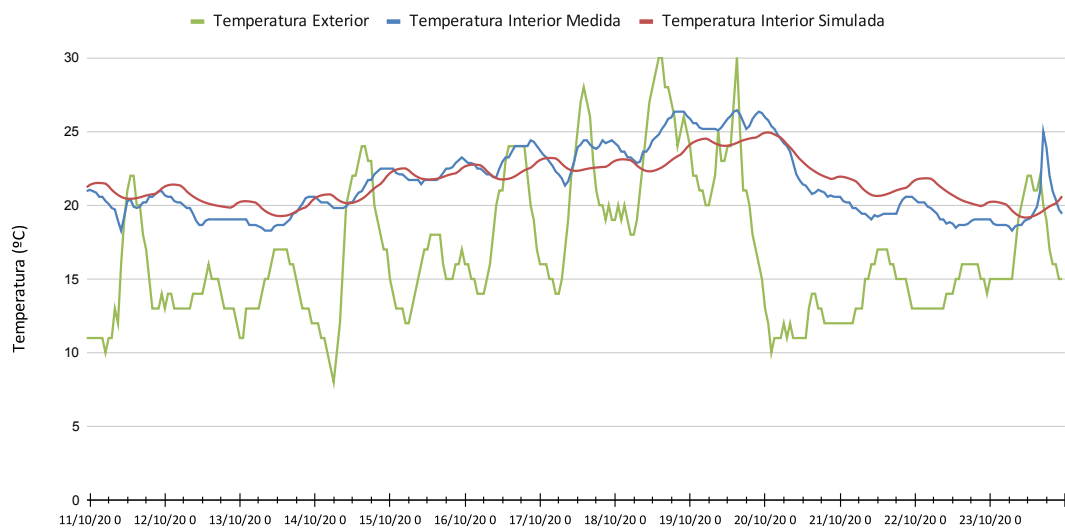


(b) Dormitorio Principal.

Figura 7.6: Temperatura exterior e interior del Estar (medida y simulada) de la vivienda del PMB.



(a) Estar y cocina.



(b) Dormitorio Principal.

Figura 7.7: Temperatura exterior e interior del Estar (medida y simulada) de la vivienda del Plano Económico.

### 7.3. Consideraciones generales para las simulaciones

El análisis de desempeño térmico de las viviendas se realiza mediante simulación considerando las características determinadas a partir de los modelos calibrados en la etapa anterior. En una primera instancia, se analiza el desempeño de la vivienda en las mismas condiciones en que es entregada a los usuarios, considerando los hábitos de uso de un usuario tipo. Paralelamente se analizan las variaciones al optimizar el comportamiento del usuario (usuario eficiente). Las viviendas, con ambos usuarios, se simulan para varias orientaciones a fin de determinar la orientación de mejor desempeño, así como identificar puntos con potencial de mejora. Una vez determinados los aspectos más relevantes, se realizan simulaciones de las viviendas con variantes en la envolvente a fin de determinar su incidencia en el desempeño.

Para la evaluación de desempeño se obtienen los siguientes datos como salida de la simulación:

- Demanda (requerimiento) de calefacción y refrigeración para obtener condiciones de confort térmico según el criterio de temperaturas establecidas en la sección 7.3.4.
  - Evolución mensual y valores anuales.
  - Variaciones según orientación de la vivienda.
- Pérdidas, ganancias y valores netos de transferencia de calor por tipo de superficie (techo, paredes, ventanas, piso) así como personas y equipos. Evolución anual e influencia de la orientación.
- Pérdidas y ganancias de calor por infiltraciones y/o ventilación natural. Evolución anual e influencia de la orientación.
- Temperatura interior media en todas las habitaciones de la tipología. Evolución anual de temperaturas medias diarias y evolución horaria para una semana del período caluroso y una del período frío.

Con la finalidad de viabilizar en tiempo y esfuerzo la realización de un gran número de corridas para cada tipología, sistematizar las salidas, así como minimizar la probabilidad de ocurrencia de errores (o rehacer simulaciones con pequeñas variaciones), las mismas se automatizan por medio de la ejecución de *scripts* desarrollados en *Python*.

De los cuatro programas habitacionales estudiados en este trabajo, se realiza un análisis exhaustivo del desempeño de la vivienda en términos de acondicionamiento

térmico por medio de las simulaciones a una tipología de MEVIR y una del Plan de Mejoramiento de Barrio.

### **7.3.1. Tipologías**

Las simulaciones se realizan sobre la tipología definida por cada programa habitacional y según cómo las mismas son entregadas al usuario. Esta puede presentar algunas diferencias respecto a las tipologías de las viviendas donde se realizaron las mediciones en campo y utilizadas para la calibración de los modelos. Se debe indicar que se descartó la tipología del Plano Económico, debido a que es una tipología para la cual es difícil extrapolar los resultados de demanda energética, ya que tiene una alta dependencia del entorno y las decisiones constructivas particulares de cada usuario. En las tipologías de MEVIR y PMB, es el diseñador el que diseña el “entorno”.

### **7.3.2. Clima**

Se emplea el año típico con clima de Montevideo para las simulaciones. El año típico meteorológico (ATMUY) que se utiliza es el elaborado por el Laboratorio de Energía Solar (LES), que representa una estadística de largo plazo en términos de sus valores medios y de su variabilidad climática para que las simulaciones sean realistas. A este año típico se le modificó las velocidades de viento, incorporando las mediciones recabadas por UTE de estos valores. Nótese que los resultados y conclusiones que se obtienen pueden ser diferentes al variar la localización (o clima) donde se ubica la vivienda.

### **7.3.3. Confort adaptativo**

En lo que refiere al confort térmico existen en la actualidad dos teorías diferentes. Por un lado la teoría del balance térmico (modelo estático), donde se realizan estudios con cámaras climáticas, considerando usuarios pasivos ante las variables térmicas. Las cámaras se utilizan para modificar exteriormente las variables de temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del aire, un investigador es quien modifica estas variables y la persona dentro de la cámara indica si está en confort térmico o no. Por otro lado, la teoría adaptativa, donde se efectúan estudios en campo. El criterio de confort adaptativo es el resultado de evaluar la aceptabilidad de las personas a los ambientes térmicos reales, lo que depende estrechamente del contexto, el comportamiento de los ocupantes y sus expectativas. Frente al modelo estático de confort térmico, en el modelo adaptativo las personas juegan un papel instrumental creando sus propias preferencias térmicas a través del modo en el que ellos interactúan con el ambiente, modifican su propio comportamiento

o gradualmente adaptan sus expectativas en función del ambiente térmico en el que se encuentren [?]. En este trabajo se adopta el criterio de confort adaptativo según ASHRAE 55:2017 [87], en donde se especifica, los factores personales y las condiciones térmicas-ambientales más adecuadas para satisfacer a la mayoría de las personas que trabajan, residen u ocupan un edificio.

Los modelos de confort adaptativo, suponen un usuario activo que interactúa con el ambiente, adaptándose y modificándose según sus preferencias. Consideran tres modos de adaptación del usuario: el conductual, se trata de ajustes que realiza el usuario en su vestimenta, actividad, entorno para mantenerse en confort; el psicológico, considera los efectos que las variables cognitivas, sociales y culturales tienen sobre los hábitos y las expectativas de las personas, las cuales influyen sobre la percepción de la condición térmica; y el fisiológico, que refieren a la capacidad aclimatarse [?]. Estos modelos se aplican a edificios naturalmente ventilados y se establecen ciertas condiciones para su aplicabilidad: los ocupantes realizan una actividad sedentaria, con tasa metabólicas entre 1,0 y 1,3 met<sup>1</sup>; los usuarios deben de tener libertad para adaptar su vestimenta en función del clima interior y exterior entre 0,5 y 1,0 clo<sup>2</sup>, y se deben disponer de ventanas operables por los usuarios permitiendo el uso de ventilación mecánica sin enfriamiento del aire. Si bien inicialmente fueron desarrollados en oficinas, resultan particularmente ajustados para viviendas debido a que los habitantes tienen la libertad de adecuar el tipo de ropa en uso, y abrir o cerrar ventanas para mejorar la sensación térmica [88]; y que de acuerdo a Piccion et al. [89] existe una adecuación de los rangos de temperatura que se determinan en este modelo, para las condiciones de confort en edificios naturalmente ventilados en nuestro clima. Se entiende por tanto que es un modelo adecuado que se ajusta a los requerimientos y prácticas de uso de los habitantes en estudio.

#### 7.3.4. Criterio de acondicionamiento térmico

El criterio de acondicionamiento térmico en una vivienda está estrechamente vinculado a la sensación de confort de sus habitantes y las posibilidades de acceder a los energéticos para alcanzar las temperaturas deseadas cuando se encuentran fuera de la temperatura de confort.

Por tanto, la evaluación de desempeño energético de la vivienda, se encontrará directamente relacionada con las temperaturas de consigna establecidas a partir de las cuales los usuarios consideran utilizar acondicionamiento térmico artificial, estando estas últimas directamente vinculadas a los parámetros de confort considerados.

---

<sup>1</sup>MET: Unidad de medida de la cantidad de calor disipado por metro cuadrado de piel 1 MET= 58,2W/m<sup>2</sup>.

<sup>2</sup>CLO: Unidad de medida de aislamiento térmico de la vestimenta. 1 clo = 0,155m<sup>2</sup>K/W

Dichos rangos de temperatura para este análisis se establecieron en base al modelo de confort adaptativo, en particular el ASHRAE Standard 55:2017 [87].

El rango de temperaturas de confort térmico para el modelo adaptativo de ASHRAE se determina a partir de una relación lineal entre la temperatura de confort térmico interior y la temperatura exterior de los días previos. La norma establece que la temperatura neutral ( $Tn$ ) de confort, se obtiene a partir de la  $Tpma(out)$  aplicando la ecuación 7.3.

$$Tn = 0,31 \times Tpma(out) + 17,8 \quad (7.3)$$

Siendo  $Tpma(out)$  la temperatura promedio de funcionamiento exterior calculada a partir de la temperatura media exterior de los 7 días previos, tal como describe la ecuación 7.4, donde  $Te_{(d-1)}$  es la temperatura exterior promedio del día previo,  $Te_{(d-2)}$  la temperatura exterior promedio del segundo día previo y así sucesivamente; y  $\alpha$  es una constante que depende del clima, asumiendo  $\alpha=0,8$ .

$$Tpma(out) = (1-\alpha)[Te_{(d-1)} + \alpha \times Te_{(d-2)} + \alpha^2 \times Te_{(d-3)} + \alpha^3 \times Te_{(d-4)} + \dots] \quad (7.4)$$

A partir de la temperatura neutral, se establece como criterio de confort un rango de  $\pm 3,5^\circ\text{C}$  (rango de  $7,0^\circ\text{C}$  total), para un porcentaje de aceptación térmica del 80 %.

La norma establece que para aplicar los límites de confort adaptativo determinados con las ecuaciones anteriores la temperatura promedio de funcionamiento exterior ( $Tpma(out)$ ) debe encontrarse entre  $10,0^\circ\text{C}$  y  $33,5^\circ\text{C}$ , cuando se encuentre fuera de esos valores los límites de confort se asumirán las condiciones constantes tomando los valores determinados por las ecuaciones anteriores para  $10,0^\circ\text{C}$  y  $33,5^\circ\text{C}$ .

En la evaluación de la demanda de energía, intervienen además de las temperaturas de consigna del sistema de acondicionamiento térmico, las horas de operación fijadas para su análisis. Partiendo de que la condición de confort térmico involucra directamente al usuario, para el cálculo de demandas de acondicionamiento térmico, tanto en calefacción como en refrigeración, se considera que solamente las habitaciones que se encuentran ocupadas (y en los momentos de ocupación) están acondicionadas de tal forma de alcanzar el mínimo confort. Por lo tanto, en el período frío se determina la demanda de energía para alcanzar la mínima temperatura de confort, mientras que en el período caluroso se determina la demanda para alcanzar la máxima temperatura de confort.

### 7.3.5. Orientación

La orientación de la vivienda es sin duda uno de los aspectos más relevantes en el desempeño térmico de la misma. Por lo tanto, para su evaluación se realizan

simulaciones del desempeño rotando la vivienda con una discretización de 30° y de forma de abarcar todos los puntos cardinales.

Se define como orientación 0° aquella en la cual la fachada principal de la vivienda se orienta al norte. La rotación de la vivienda se realiza en sentido horario, o análogamente, el norte rota en sentido antihorario respecto a un referencial posicionado en la vivienda.

### **7.3.6. Caso base**

Se define el caso base con criterios comunes para todos los planes habitacionales, a fin de poder compararlos entre ellos y luego estudiar variaciones al aplicar medidas de eficiencia energética, tanto en la vivienda como en el comportamiento de los usuarios. El caso base a considerar corresponde para cada programa a las tipologías construidas según la memoria constructiva y planos brindados en cada caso y calibrados según lo presentado en la sección 7.2, utilizando el archivo AM-Tuy, representativo del clima de Montevideo. Para la configuración de ocupación y uso de la vivienda se establece un “usuario tipo” (o real) en función de las entrevistas realizadas en el Capítulo 4. El criterio utilizado para evaluar el desempeño de las viviendas es en base a la demanda de energía para climatización, considerando los sistemas en uso durante el tiempo en que las habitaciones permanecen ocupadas, y determinando las temperaturas de consigna a partir del criterio de confort adaptativo explicado previamente.

### **7.3.7. Usuarios**

#### **Usuario Tipo**

A partir de los datos recabados en las entrevistas (Capítulo 4) sobre el comportamiento de los usuarios en relación al uso de la vivienda, equipamiento de las mismas, conocimiento y uso de estrategias de acondicionamiento térmico, se definió un usuario tipo (o “real”) el cual se utiliza en las simulaciones del caso base y en la aplicación de medidas de eficiencia energética de la vivienda.

Dada la gran variabilidad de casos, entre los diferentes programas y dentro de cada uno de ellos, así como el número acotado de entrevistas, el usuario tipo no se definió a partir de resultados estadísticos sino que refleja el comportamiento de los usuarios de estos programas de la forma más abarcativa posible.

Este usuario (o familia) tipo para las viviendas de tres dormitorios está compuesta por cuatro personas (dos adultos y dos menores). Uno de los adultos está fuera de la vivienda 9 horas por razones laborales mientras que el otro permanece más tiempo en el hogar, con salidas parciales por la mañana y por la tarde. Los menores están fuera del hogar durante la mañana y alguna hora de la tarde. La

habitación con mayor tiempo de ocupación es el estar/cocina. En cuanto a los dormitorios, el principal está ocupado únicamente durante la noche, mientras que los otros dos son utilizados durante la noche y algunas horas de la tarde.

Debido a que en gran parte del día se encuentra al menos un ocupante de la vivienda, y según los testimonios de los entrevistados, quienes manifiestan que en la mayoría de los casos intentan realizar una ventilación y acondicionamiento térmico a conciencia, para el período frío se estimó una ventilación diaria puntual próxima al medio día, mientras que para el período caluroso se estimó una ventilación más extendida en horario, abarcando el horario matutino y nocturno hasta medianoche aproximadamente. Estas ventilaciones se encuentran restringidas por el criterio de confort, y por lo tanto, en caso de que la ventilación repercuta en un apartamiento del confort térmico, la misma no es realizada. De forma similar, en cuanto al uso de las protecciones solares (interiores y/o exteriores), para el período frío se estimó que las mismas permanecen abiertas desde las 8 hasta las 18hrs aproximadamente (con desviaciones en los fines de semana respecto a los días hábiles), permaneciendo cerradas el resto del día. Para el período caluroso se consideró la apertura de los cerramientos durante la mañana y de 18 a 24 aproximadamente (también con desviaciones entre fines de semana y días hábiles).

Se considera período caluroso el comprendido entre el 16 de noviembre y 15 de marzo. El resto del año se consideró con el comportamiento de los usuarios en período frío.

En cuanto a los equipamientos y las cargas térmicas asociadas a estos, se estimó el uso de heladera (potencia continua de 70W en período frío y 80W en periodo caluroso), iluminación de bajo consumo en las habitaciones con ocupante en algunos periodos del día, televisión (y otros), así como uso de lavarropas (una vez a la semana).

La configuración de ocupación, uso de equipos, ventilación natural y protecciones solares seteadas en para el usuario tipo se presentan en el Anexo F.

### **Usuario eficiente**

Si bien la apertura y cierre de aberturas y sus protecciones solares del usuario tipo intenta reflejar un uso racional de los mismos, se define un usuario “eficiente”, él cual optimiza su uso (bajo determinadas restricciones), con la finalidad de reducir los consumos de calefacción y refrigeración. Este usuario eficiente no modifica los tiempos de ocupación de la vivienda, sus espacios interiores, ni equipamiento. La diferencia entre el usuario tipo y eficiente radica únicamente las estrategias de apertura y cierre de ventanas y protecciones solares (interiores y/o exteriores), según los criterios que se describen a continuación.

#### **Ventanas:**

1. Si no hay personas en la vivienda: Siempre cerradas



2. Si hay personas en la vivienda:

a) Habitaciones donde no hay personas: Siempre cerradas

b) Habitaciones donde hay al menos una persona:

1) Si la temperatura es menor a la de confort: Cerradas

2) Si el HVAC está encendido: Cerradas

3) Si la temperatura es mayor a la de confort ( $T_n$  de ec. 7.3) y menor al límite superior de confort ( $T_n + 3, 5^\circ C$ ) y el HVAC está apagado: Abiertas

### **Protecciones solares:**

1. Durante la noche: Siempre cerradas

2. Si no hay personas en la vivienda: Siempre cerradas

3. Si hay personas en la vivienda:

a) Habitaciones donde no hay personas:

1) Período caluroso: Cerradas

2) Período frío: Abiertas

b) Habitaciones donde hay al menos una persona:

1) Cerradas si está encendido el HVAC en modo frío.

2) Abiertas en caso contrario.

Para el usuario eficiente también se realizaron simulaciones variando la orientación de la vivienda para determinar la orientación óptima, la cual en principio puede diferir de la determinada con el usuario tipo.

## **7.3.8. Criterios para el procesamiento de datos**

### **Cargas del sistema *Heating Ventilation Air Conditioning* (HVAC)**

A partir de las simulaciones se determinan las demandas de energía necesarias para calefaccionar y refrigerar (HVAC) las viviendas con la finalidad de mantenerse dentro de los criterios de confort en las habitaciones donde se encuentra al menos una persona y durante la permanencia de las mismas. El valor obtenido de requerimiento energético no contempla la eficiencia (o COP: *coefficient of performance*) del sistema de acondicionamiento térmico, siendo directamente la demanda de energía que se debe agregar o extraer de la vivienda.

En cada tipología, las cargas HVAC se determinan a lo largo del año (mes a mes) para ambos usuarios (tipo y eficiente) para todas las orientaciones de vivienda

(de forma discreta). El análisis de estos resultados se realiza en cargas anuales en función de la orientación y para ambos usuarios, así como la evolución anual de las cargas para algunas orientaciones específicas.

### **Balances netos de la envolvente**

A través del techo y los muros exteriores, las viviendas perciben ganancias de calor y pérdidas, las cuales varían a lo largo del año. Más allá de sí puntualmente hay una ganancia o pérdida de calor en determinado momento del día, es de interés evaluar la evolución anual del flujo neto, es decir, la diferencia entre las ganancias y pérdidas por cada tipo de superficie, con la finalidad de evaluar cuales afectan en mayor medida sobre los balances totales y por ende que superficie tiene mayores potenciales de mejora.

### **Ventanas**

Debido a que las viviendas cuentan con aberturas en varias orientaciones y considerando que las ganancias de calor por radiación a través de las ventanas presentan grandes dependencias con la orientación, así como el uso de las protecciones solares, los resultados de los balances térmicos en las ventanas se presentan diferenciados del resto de las superficies de la envolvente. De este modo es posible analizar las mejores orientaciones a fin de minimizar las ganancias en el período caluroso y/o minimizarlas en el período frío.

### **Infiltraciones y ventilación**

La ventilación y su influencia en el acondicionamiento térmico es altamente dependiente de la manipulación de las ventanas (apertura y cierre), lo cual puede afectar sustancialmente las demandas de calefacción y refrigeración. Por tal motivo es de interés analizar las pérdidas y ganancias de calor por flujos de aire de forma independiente. Las simulaciones no permiten discriminar si los flujos de aire se deben a apertura de ventanas o por permeabilidad ya existente en la envolvente (infiltraciones inevitables), por lo tanto ambos fenómenos se analizan en simultáneo.

### **Temperaturas**

Finalmente, para cada caso se analiza la evolución de la temperatura interior de cada habitación y exterior (evolución anual de promedios diarios y evolución diaria de promedio horarios). A partir de estos análisis es posible determinar la evolución de las temperaturas de confort, momentos en los cuales se requiere del uso de HVAC, así como de ventilación, entre otros.

## 7.4. Desempeño del caso base, influencia la orientación y el usuario

A continuación se presentan los resultados del caso base del usuario tipo y del usuario eficiente analizando cuales son las situaciones más críticas y comparando entre programas habitacionales.

### 7.4.1. MEVIR

La orientación  $0^\circ$  corresponde a la fachada principal orientada al norte. Manteniendo los ejes cardinales fijos, los cambios de orientación equivalen al giro en sentido horario de la vivienda. Por simplicidad y con la finalidad de facilitar el análisis, en la Figura 7.8 se esquematiza el plano de la vivienda de MEVIR en cuatro orientaciones diferentes ( $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  y  $270^\circ$ )

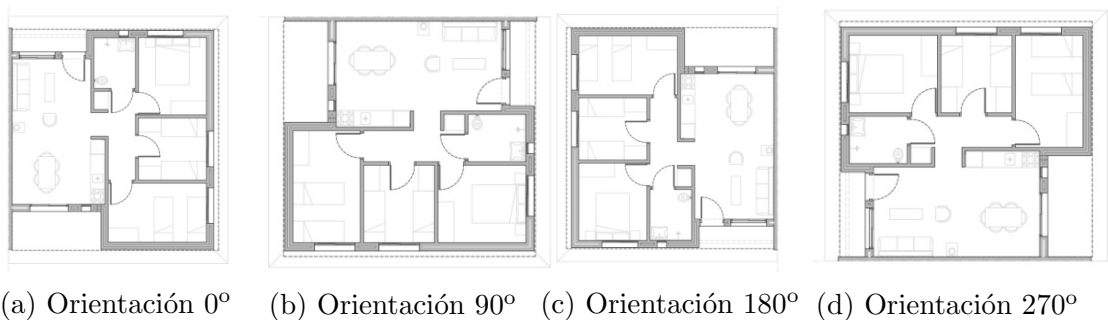


Figura 7.8: Esquemas de orientaciones para la vivienda de MEVIR.

### Cargas HVAC anuales en función de la orientación

Los resultados de demanda térmica anual de calefacción y refrigeración de la vivienda de MEVIR, en función de la orientación, se presentan en las Figura 7.9 para el usuario tipo y eficiente respectivamente.

Según los resultados obtenidos en las simulaciones existe una menor demanda de energía en calefacción que en refrigeración. Esto se explica en parte a que esta vivienda presenta una envolvente de muy buena calidad, con una transmitancia térmica baja, tanto en muros como en la cubierta. De este modo, las cargas internas generadas por las personas y los equipos se vuelven significativas, siendo las mismas positivas en el período frío (desde el punto de vista que reducen las necesidades de calefacción) y negativas en el período caluroso (debido a que aumentan el consumo de refrigeración). Por lo tanto, esta tipología presenta un mejor desempeño en invierno que en verano, siendo la demanda de refrigeración muy superior a la de

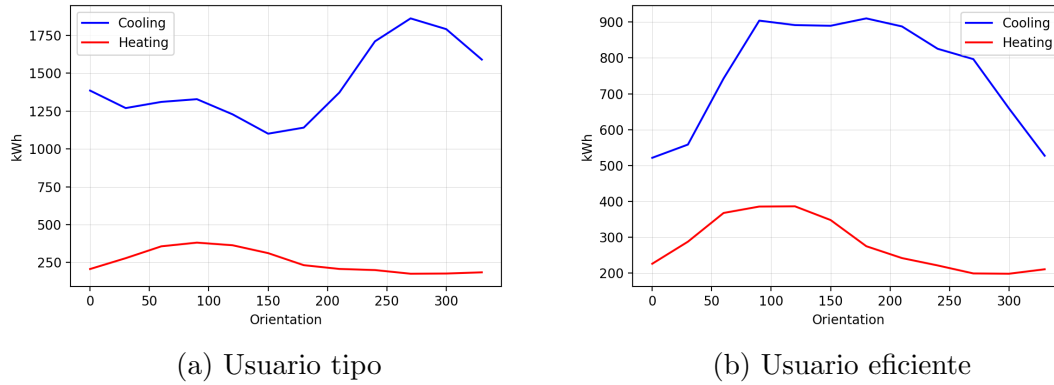


Figura 7.9: Cargas HVAC anuales en función de la orientación para la vivienda de MEVIR.

calefacción. Este comportamiento se observa para todas las orientaciones de la vivienda. No obstante, los consumos tanto de calefacción como de refrigeración presentan una gran oscilación según la orientación. Cabe mencionar que las cargas de HVAC determinadas dependen del criterio de confort adaptado. Sumado a esto, las simulaciones contemplan las infiltraciones de aire por toda la envolvente y la ventilación natural con la apertura de ventanas, quedando excluida la apertura de puertas exteriores al entrar y salir de la vivienda.

Respecto al comportamiento de los usuarios y su influencia en las demandas, comparando las Figuras 7.9a y 7.9b, se aprecia gran potencial de ahorro en el período caluroso, donde se pueden reducir aproximadamente a la mitad (dependiendo de la orientación) las demandas de refrigeración. Los cambios en los hábitos (más específicamente en la operativa de apertura y cierre de ventanas y protecciones solares), según como fueron configurados los usuarios<sup>3</sup>, no presentan grandes diferencias en las demandas de calefacción.

Respecto a la dependencia de los consumos con la orientación, se observan comportamientos diferentes según el usuario. Para el usuario tipo, en las orientaciones de 0 a 180° se minimiza la demanda en refrigeración y se maximiza la de calefacción, en cambio de 180 a 360° se invierte el tipo de la demanda. Considerando que la vivienda es entregada con un equipo de calefacción, es razonable priorizar la reducción de consumo de refrigeración, además que las cargas de refrigeración son sensiblemente mayores que las de calefacción. Por este motivo se deberían priorizar estrategias que reduzcan las ganancias de energía y que aumenten las pérdidas cuando las temperaturas exteriores así lo permitan (durante el período caluroso

<sup>3</sup>El usuario tipo abre las ventanas únicamente en un horario determinado, cerrándolas en el momento en que la temperatura sale del rango de confort

del año).

El pico máximo de demanda de refrigeración se da con la fachada principal orientada al Oeste y los dormitorios al Norte. Esto es debido a que las ventanas que no cuentan con protección solar exterior (cocina y estar) se orientan al este y oeste respectivamente, y en consecuencia reciben radiación directa durante la mañana y tarde respectivamente. Sumado a esto, esta orientación presenta ventanas de dos dormitorios orientadas al norte. Si bien las ventanas de los dormitorios cuentan con protección solar exterior, el desempeño de las mismas depende de su uso apropiado. Esta dependencia se aprecia claramente comparando la demanda de refrigeración entre los usuarios tipo y eficiente en la orientación  $270^\circ$ . Además, la existencia de una vivienda apareada en la orientación sur minimiza las pérdidas de calor. En consecuencia, esta orientación ( $270^\circ$ ) es la que requiere menores consumos de calefacción. La calefacción se maximiza en la orientación  $90^\circ$ , donde ninguna abertura está orientada al norte y por lo tanto se minimizan las ganancias por radiación en las aberturas. Más aún considerando que en la cara norte de la vivienda se encuentra otra vivienda y por lo tanto también se minimiza la radiación sobre los muros.

Contemplando tanto las demandas anuales de calefacción y refrigeración, así como las variaciones de consumo que se pueden obtener con el uso de ventilación y protecciones solares, la orientación  $0^\circ$  para la cual la fachada principal se orienta al norte, los dormitorios al este y la cocina al sur, presenta los mejores desempeños, tanto en el período frío como caluroso e independientemente del usuario.

### **Cargas HVAC en función del mes**

Analizando las cargas de calefacción y refrigeración necesarias para obtener condiciones de confort a lo largo del año, para la orientación  $0^\circ$  (Figura 7.10) se aprecia un ahorro sustancial en refrigeración reduciéndose aproximadamente a la mitad en cada mes, lo cual significa un ahorro que superó los 200 kWh en enero. En caso de utilizarse un sistema de refrigeración con COP de 2, es decir que se consiguen 2 kW de potencia de refrigeración por cada kW de potencia consumida, los cambios en el comportamiento de los usuarios pueden repercutir en ahorros de hasta 100 kWh de energía eléctrica al mes.

El consumo de calefacción (para esta orientación) alcanza un máximo de 100 kWh al mes (en julio), el cual no manifiesta variaciones entre los dos usuarios seteados, quienes minimizan la ventilación en el período frío a fin de reducir los consumos.

Según los resultados obtenidos, es necesario calefaccionar la vivienda entre mayo y agosto/septiembre con su pico máximo en junio/julio, mientras que los requerimientos de refrigeración para estar en confort durante el período caluroso se extiende de septiembre a abril del siguiente año, con un máximo en enero. Los

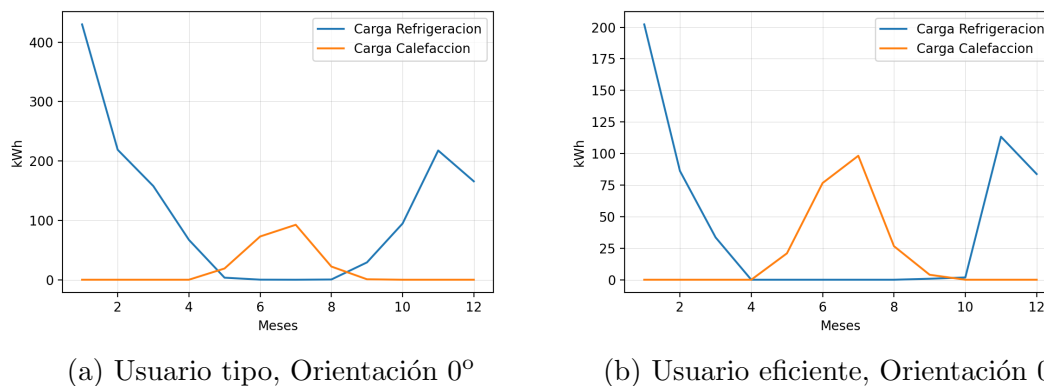


Figura 7.10: Evolución anual de las cargas HVAC para la vivienda de MEVIR.

cambios a un uso más apropiado de ventilación y protecciones solares puede eliminar el requerimiento de refrigeración en abril, septiembre y octubre, ver diferencias entre el usuario tipo y eficiente.

### Balances netos de la envolvente

La evolución anual del balance neto, es decir, la diferencia entre las ganancias y las pérdidas, del techo, muros exteriores y piso se presentan en la Figura 7.11. Los balances por estas superficies opacas no se ven afectados por el comportamiento de los usuarios. Si bien la orientación de la vivienda infliere en la incidencia de radiación solar sobre determinadas superficies, según los resultados de las simulaciones, los balances netos por la cubierta y muros exteriores no presentan cambios considerables con la orientación en esta vivienda. Esto se explica por el comportamiento de los cerramientos opacos ante la radiación solar.

Según se observa en la Figura 7.11, los intercambios de energía por el piso generan pérdidas de calor durante todo el año. Esto es debido a que la temperatura del suelo siempre es inferior a la del interior de la vivienda. Estas pérdidas son entre 50 y 100 kWh al mes, siendo significativas en el período frío.

El balance neto de los muros exteriores (paredes en el gráfico de la Figura 7.11) solamente genera ganancias de calor en los meses de verano, aunque las mismas son muy bajas. Las pérdidas de calor se maximizan entre abril/mayo y agosto/septiembre superando los 150 kWh mensuales.

Por último la cubierta (techo), según los resultados de las simulaciones, es la superficie de la envolvente opaca que provoca mayores ganancias de calor en verano y mayores pérdidas de calor en invierno en esta tipología, siendo este el comportamiento habitual de superficies horizontales expuestas a nuestro clima con estas transmitancia térmicas de paredes y techos y estas áreas. Por lo tanto, para

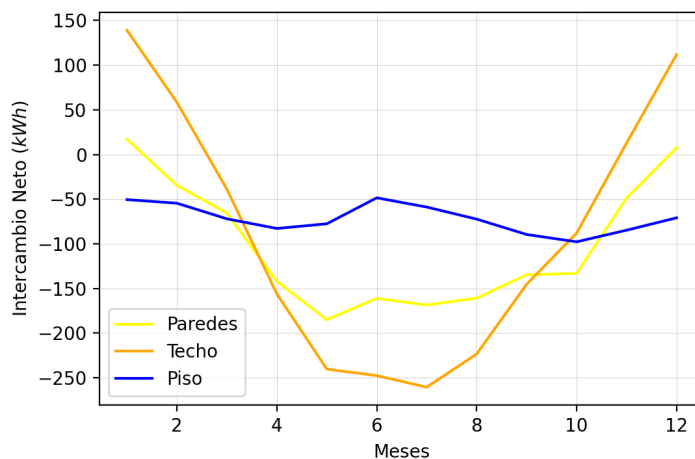


Figura 7.11: Balances netos para la vivienda de MEVIR (Orientación 0°, usuario tipo).

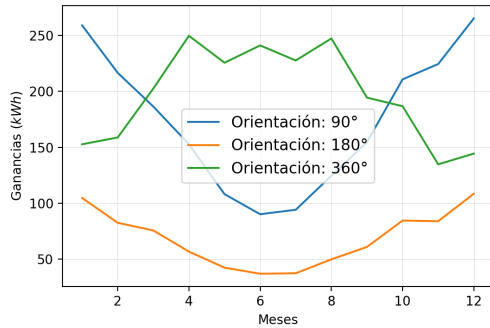
la vivienda de MEVIR, es pertinente priorizar mejoras en la aislación del techo por sobre la de los muros o el piso.

### Aberturas

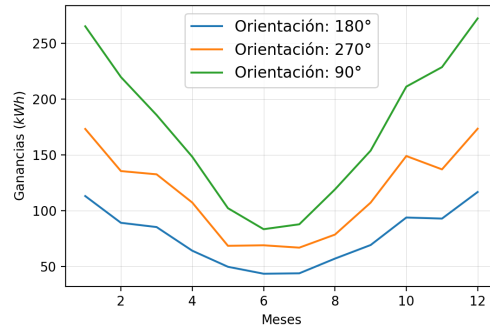
Las superficies vidriadas son las que generan mayores ganancias netas de calor (diferencia entre ganancias y pérdidas) en la vivienda, por lo que su orientación solar adecuada es central para la eficiencia energética de la vivienda.

Las ventanas orientadas al norte son las que permiten una oscilación positiva, respecto a los requerimientos del clima, siendo hasta 3 veces mayores las ganancias en el período frío que en el período caluroso (utilizando correctamente las protecciones solares), ver orientación 360° en los gráficos de la Figura 7.12. Esto se debe a que las variaciones del ángulo solar (o altura) a lo largo del año, que favorece las ganancias de calor por las ventanas orientadas al norte en el período frío, mientras que la radiación incidente en el período caluroso disminuye sobre el plano vertical debido a que la altura del sol aumenta. Sumado a esto, las ventanas orientadas al norte, en el período frío, logran ganancias del orden de hasta 5 veces superiores comparadas con las orientadas al sur. En el período caluroso, las ventanas orientadas al este y oeste son las de mayores ganancias al recibir la incidencia directa durante la mañana y tarde respectivamente. Por lo tanto, cuando las ventanas quedan orientadas al este u oeste se hace más notorio el ahorro en refrigeración con el uso apropiado de protecciones solares móviles.

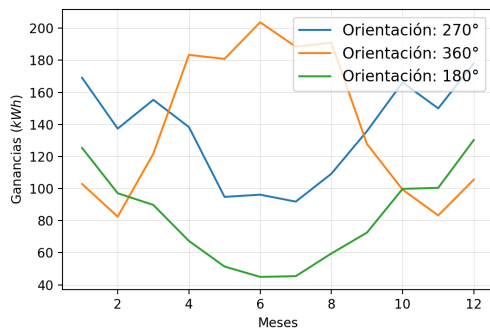
Las pérdidas de calor por las ventanas son prácticamente independientes de la



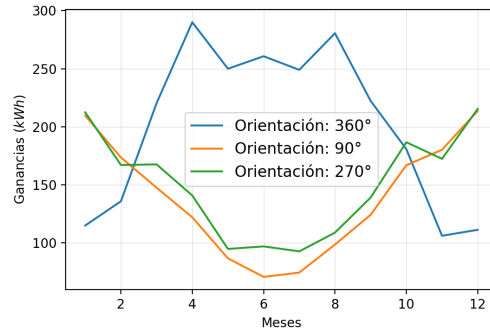
(a) Usuario tipo, Orientación 0°



(b) Usuario tipo, Orientación 90°



(c) Usuario tipo, Orientación 180°



(d) Usuario tipo, Orientación 270°

Figura 7.12: Evolución anual de las ganancias solares para la vivienda de MEVIR.

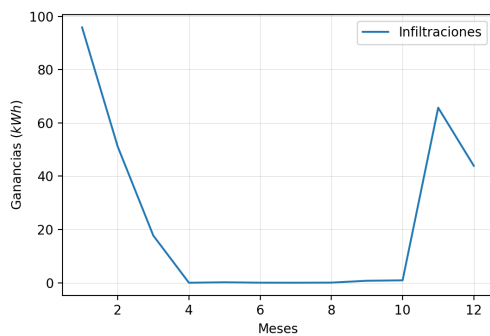
orientación de la vivienda, porque se dan básicamente por transferencia de calor por conducción. Según los resultados, estas oscilan entre 10 y 70 kWh por mes dependiendo de la época del año y la habitación. Se debería evaluar si es necesario o no invertir en una doble ventana o un vidrio doble.

### Infiltraciones y ventilación

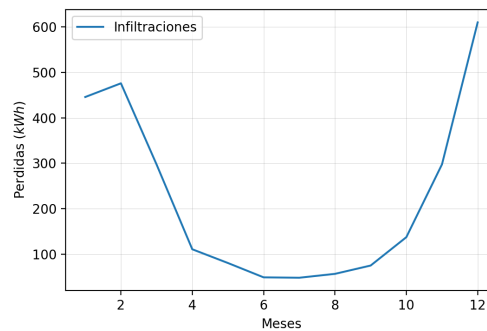
Según se resaltó anteriormente, las infiltraciones y la ventilación son determinantes en el acondicionamiento térmico de la vivienda, lo cual se ve reflejado en las demandas de calefacción y refrigeración. En las Figura 7.13 se presenta la evolución anual de las ganancias y pérdidas de calor debido a infiltraciones de aire y/o ventilación natural. Comparando los resultados obtenidos para los dos usuarios, así como los cambios entre el período frío y caluroso se aprecia claramente que la ventilación natural es efectiva como método de refrigeración, observándose que es posible generar pérdidas de calor que superan los 600 kWh en los meses más calurosos. Respecto a esta estrategia de diseño, lo central está en el uso adecuado



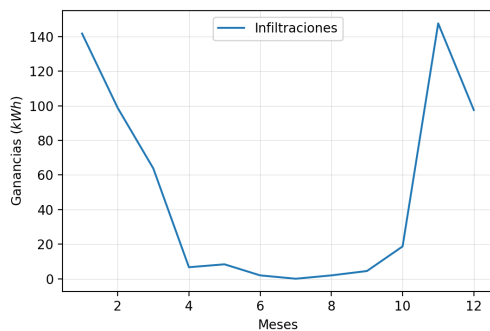
de la ventilación en función de la temperatura interior y las condiciones ambientales exteriores. Estas pérdidas de calor son muy superiores a las demandas de refrigeración (200 kWh en enero, en la misma orientación para el usuario eficiente, Figura 7.10b) Por lo tanto, un uso inadecuado o poco eficiente energéticamente de la ventilación repercute directamente en aumentos de demanda del sistema de refrigeración. También se observa que según la gestión de la apertura y cierre de ventanas del usuario eficiente, es posible obtener ganancias de calor en el período frío, aunque muy marginales. Para los meses más fríos del año, donde la apertura y cierre de ventanas está muy restringida (según la configuración de los usuarios) se observa que las pérdidas de calor por infiltraciones (“inevitables”) es aproximadamente 50 kWh al mes, siendo aproximadamente la mitad de las demandas de calefacción.



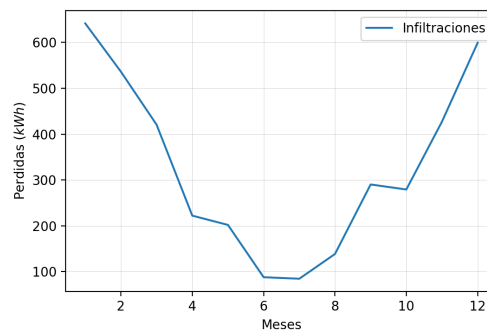
(a) Usuario tipo, Orientación 0°



(b) Usuario tipo, Orientación 0°



(c) Usuario eficiente, Orientación 0°



(d) Usuario eficiente, Orientación 0°

Figura 7.13: Evolución anual de las ganancias y pérdidas por infiltraciones y/o ventilación para la vivienda de MEVIR en función del usuario.

Las infiltraciones dependen de la presión del viento sobre las partes móviles (puertas y ventanas que se puedan abrir) de la envolvente. Por otra parte, el

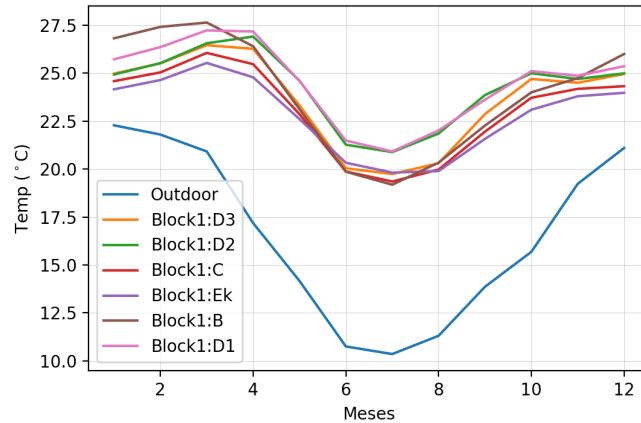


Figura 7.14: Evolución anual de la temperatura media diaria en la vivienda de MEVIR (Orientación 0°, usuario tipo).

viento es extremadamente variable, modificando su velocidad, dirección y sentido diariamente, a pesar de esto los resultados de las simulaciones para diferentes orientaciones de la vivienda muestran escasas diferencias en relación a las infiltraciones. En cuanto a la ventilación natural como la estrategia de diseño es unilateral en la mayor parte de los locales habitables, la incidencia del viento y sus cambios no se ven modificadas con los cambios de orientación.

Si bien la velocidad y dirección de viento en el año climático presenta ciertas tendencias, es decir, la rosa de los vientos tiene direcciones predominantes, los resultados de las simulaciones para diferentes orientaciones de la vivienda no muestran diferencias sustanciales en relación a las infiltraciones o ventilación natural. Por lo tanto, se puede considerar que las infiltraciones son prácticamente independientes de la orientación de la vivienda.

## Temperaturas

En las Figuras 7.14 y 7.15 se representan gráficamente la evolución de la temperatura de cada habitación, en promedios diarios a lo largo del año, así como las oscilaciones diarias durante una semana del período frío y una del caluroso. Estos gráficos corresponden al usuario tipo para la vivienda en la orientación 0°. Lo que muestran estas temperaturas es que la amplitud térmica interior es menor a la exterior, pero sigue el andamio de las temperaturas exteriores. Este andamio de las temperatura muestra la presencia de cierta inercia térmica en las viviendas, lo que determina una amortiguación y un retardo en las temperaturas interiores respecto a las temperaturas exteriores.

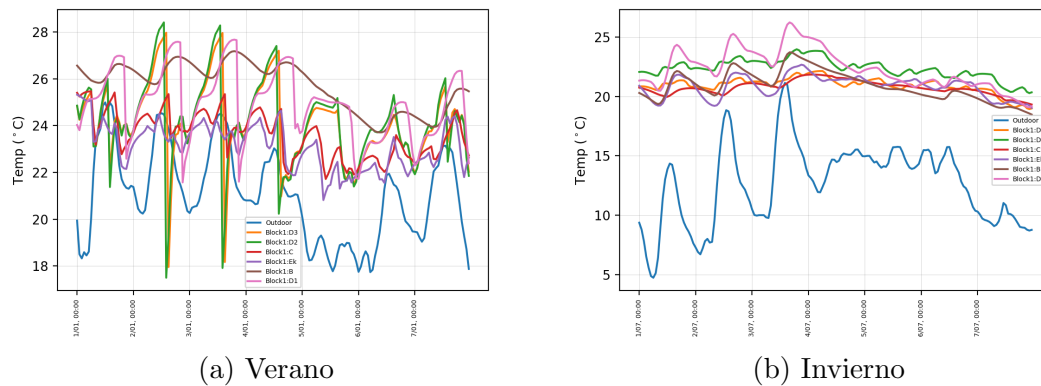


Figura 7.15: Temperatura durante una semana en la vivienda de MEVIR (Orientación 0°, usuario tipo)

Respecto a las temperaturas interiores que logra el usuario tipo, en el período caluroso se ven muy influenciadas por su comportamiento, permitiendo que la mayoría del tiempo se encuentre dentro del rango de confort térmico. El estar en el período caluroso, Figura 7.15a, muestra un comportamiento más similar al de la temperatura exterior.

Comparando la evolución de la temperatura en la misma semana del período caluroso para los dos usuarios diferentes, se observa que el usuario eficiente logra minimizar el uso del sistema de refrigeración al usar más adecuadamente la ventilación. Para esta semana en particular, la temperatura exterior no supera los 25°C, por lo que la ventilación es casi siempre favorable a efectos de refrigerar. Especialmente para los dormitorios (referencias D1, D2 y D3) se observa con el comportamiento del usuario tipo que las temperaturas se elevan durante el día siendo necesario el uso del sistema de refrigeración para mantenerse en confort al momento de ocupar esas habitaciones. Por otro lado, el usuario eficiente, por medio de la ventilación logra mantener las temperaturas de los dormitorios en zona de confort minimizando las demandas de refrigeración.

## 7.4.2. PMB

En la Figura 7.16 se esquematiza el plano (planta baja y planta alta) de la vivienda del PMB en cuatro orientaciones diferentes (0°, 90°, 180° y 270°) con la finalidad de facilitar la interpretación de los resultados.



(a) Orientación 0° (b) Orientación 90° (c) Orientación 180° (d) Orientación 270°

Figura 7.16: Esquemas de orientaciones para la vivienda del PMB.

### Cargas HVAC anuales en función de la orientación

De forma similar a lo observado para la vivienda de MEVIR, para Montevideo, para la vivienda del PMB también se obtienen menores demandas de calefacción que de refrigeración según los resultados de las simulaciones, tanto para el usuario tipo como eficiente (Figura 7.17). Análogamente a lo determinado para la vivienda de MEVIR, la envolvente de la vivienda del PMB también tiene una transmitancia baja y por lo tanto el intercambio de calor con el exterior es reducido. De este modo, las cargas internas y de radiación por las ventanas, favorables en invierno y perjudiciales en verano, son significativas en el balance energético total. Las oportunidades de medidas de eficiencia energética estarán vinculadas a las estrategias de diseño vinculadas a los problemas de calor y por tanto al control de las ganancias.

En este sentido, nuevamente el usuario juega un rol determinante en las demandas energéticas, principalmente en el período caluroso, donde los consumos se pueden reducir a la cuarta parte aproximadamente según la configuración de ambos usuarios. Es fundamental, como consecuencia de este punto, que se capacite a los futuros usuarios en el uso eficiente de las protecciones solares y se entiende que se debería reconsiderar el colocar alguna protección antes de entregarla.

En cuanto a la orientación, debido a la simetría que presenta la tipología, donde las ventanas están ubicadas en caras opuestas y con superficies vidriadas similares, las demandas de calefacción y refrigeración presentan una oscilación al variar la orientación entre 0 y 180°, la cual es muy similar a la presentada entre

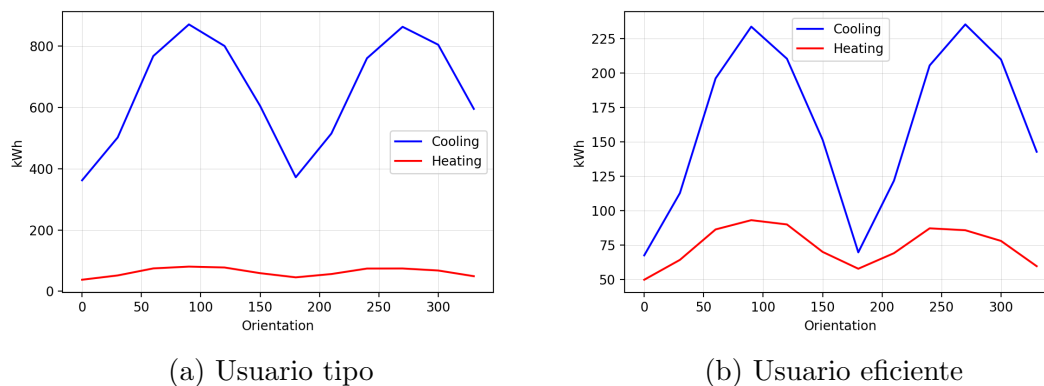


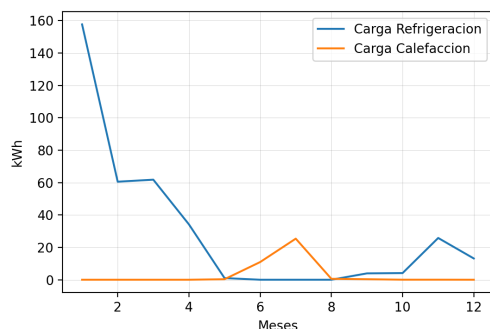
Figura 7.17: Cargas HVAC anuales en función de la orientación para la vivienda del PMB.

180 y 360°. De este modo, las orientaciones para las cuales la fachada principal se orienta al norte o al sur, y por lo tanto todas las ventanas quedan orientadas al norte o al sur, son las orientaciones que minimizan los consumos de energía para el acondicionamiento térmico, reduciéndose a menos de la mitad las demandas de refrigeración respecto a las peores orientaciones. Esta vivienda es entregada sin protecciones solares exteriores (persianas) y por lo tanto, cuando las aberturas se encuentran orientadas al este u oeste aumentan significativamente las ganancias por radiación durante la mañana y/o tarde en el período caluroso. Las simulaciones se realizaron contemplando el uso de protecciones solares interiores (cortinas), las cuales repercuten ahorros significativos al comparar los desempeños en función del usuario. Esta estrategia es fundamental para el ahorro de los consumos de energía.

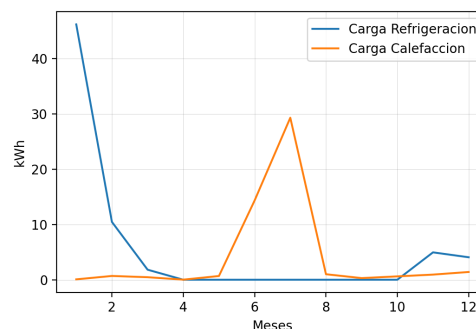
En el período frío, donde las ganancias de calor son favorables para reducir los consumos, la orientación norte también es la que tiene un mejor comportamiento, es la de mayor relevancia en este aspecto y por ende las demandas también son mínimas en las orientaciones 0 y 180°. Para esta tipología, los consumos de energía pueden reducirse a menos de la mitad en caso de que la misma esté orientada adecuadamente (respecto a la peor orientación), observándose este resultado independientemente del comportamiento del usuario.

### Cargas HVAC en función del mes

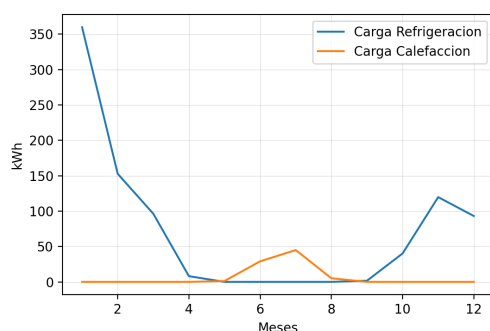
En la Figura 7.18 se grafican las cargas HVAC en función del mes, de ambos usuarios en dos orientaciones rotadas 90°, donde se observa claramente que los consumos mensuales de refrigeración al menos se duplican según la orientación de las ventanas. Los consumos de calefacción también se ven afectados sensiblemente por la orientación.



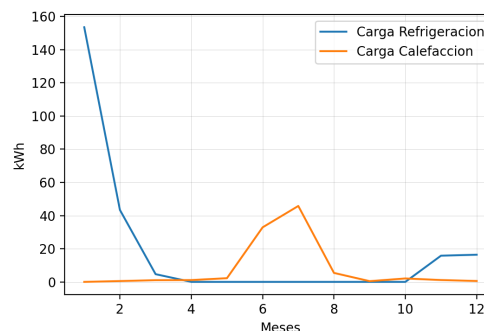
(a) Usuario tipo, Orientación 0°



(b) Usuario eficiente, Orientación 0°



(c) Usuario tipo, Orientación 90°



(d) Usuario eficiente, Orientación 90°

Figura 7.18: Evolución anual de las cargas HVAC para la vivienda del PMB.

Comparando la evolución anual de las cargas HVAC entre usuarios con la misma orientación, es muy notorio el ahorro que se consigue con el correcto uso de la ventilación natural y las protecciones solares. En el caso de la mejor orientación (ventanas al norte) y optimizando el uso de aberturas (Figura 7.18b) las demandas de energía son muy reducidas, donde no se superan los 50 kWh al mes.

### Balances por superficie

A partir de los resultados obtenidos de los balances netos a la cubierta, muros exteriores y piso, representados en la Figura 7.19, es notoria la diferencia de desempeños térmicos entre estas superficies. En primer lugar, la cubierta de esta vivienda (isopanel de 150 mm de espesor) es la superficie que genera menos pérdidas de calor, siendo inferiores a 50 kWh por mes invierno. Las ganancias de calor en verano por la cubierta no superan los 100 kWh mensuales, siendo inferiores a las ganancias por radiación a través de las ventanas según se discutirá más adelante. Contrariamente a lo observado en la vivienda de MEVIR, donde el techo es la

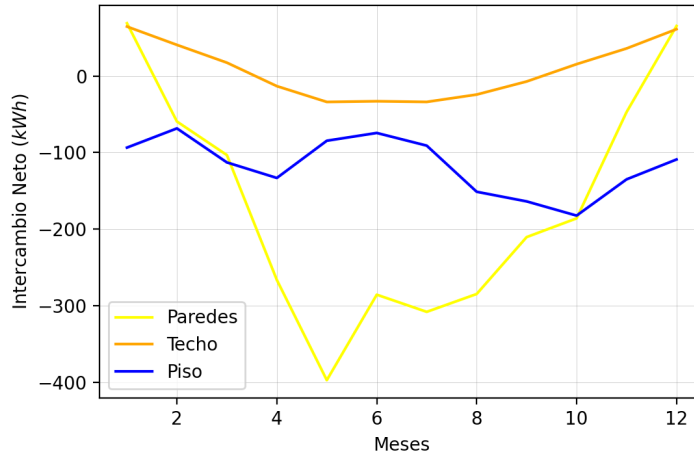


Figura 7.19: Balances netos para la vivienda del PMB (Orientación 0°, usuario tipo).

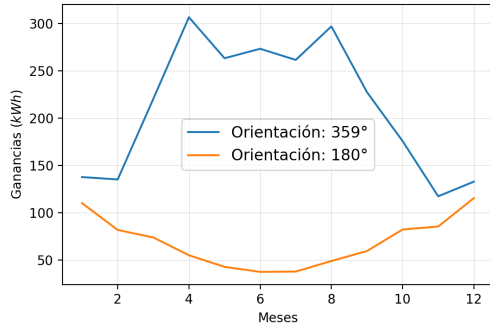
superficie de la envolvente opaca que genera mayores pérdidas y ganancias, para la vivienda del PMB el techo es la superficie de menores transferencias de calor netas. Esto se debe a la transmitancia del techo así como la superficie del mismo (la vivienda de PMB es duplex), es decir que se tiene menor área expuesta de esta tipología en referencia a la de MEVIR.

En segundo lugar, de forma similar a lo observado en la vivienda de MEVIR, las paredes generan pérdidas de calor casi todo el año, con ganancias en diciembre y enero, las cuales no superan los 100kWh mensuales. A diferencia de MEVIR, donde las pérdidas por los muros exteriores eran aproximadamente 150kWh en los meses del período frío, para la vivienda del PMB superan los 300kWh, siendo la principal pérdida de calor en invierno. Si bien las transmitancia térmica de los muros de ambas viviendas son muy similares, la tipología de PMB tiene mayor superficie de muros debido a que se desarrolla en dos plantas. Por último, el piso genera pérdidas de calor todo el año, las cuales oscilan en torno a los 100kWh mensuales.

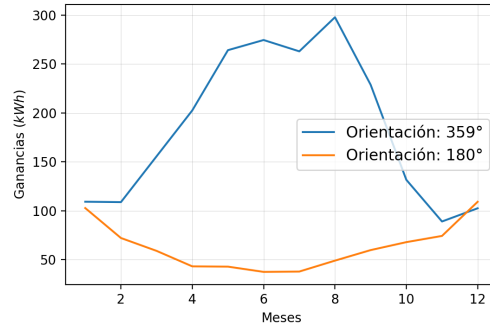
### Aberturas

La orientación respecto al sol de las aberturas, así como la disponibilidad y uso de protecciones solares, son determinantes en las demandas de acondicionamiento térmico para esta tipología en particular. En la Figura 7.20 se grafican las ganancias de calor por radiación por las ventanas para ambos usuarios en dos orientaciones diferentes de la vivienda. Debido a la peculiaridad de esta tipología, donde las aberturas se encuentran únicamente en dos caras opuestas, las ventanas se orientan

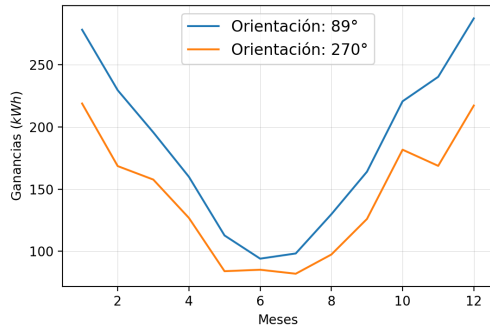
al norte-sur o este-oeste.



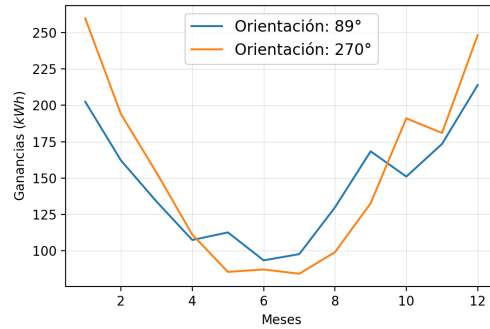
(a) Usuario tipo, Orientación 0°



(b) Usuario eficiente, Orientación 90°



(c) Usuario tipo, Orientación 90°



(d) Usuario eficiente, Orientación 90°

Figura 7.20: Evolución anual de las ganancias solares para la vivienda del PMB.

Esta vivienda es entregada sin persianas ni cortinas, no obstante, fueron consideradas cortinas interiores en las simulaciones, ya que en las viviendas relevadas se colocaron protecciones interiores por parte de los usuarios. Comparando las ganancias de calor por radiación de ambos usuarios se observa que si bien la protección solar es interior (reduciendo su desempeño en comparación con una exterior), el uso apropiado de las mismas repercute en ahorros sustanciales, pudiendo reducir a la mitad las ganancias en el período caluroso. El impacto es mayor debido a la alta incidencia que tienen las estrategias del calor en las posteriores demandas de energía.

De forma similar a lo observado para la vivienda de MEVIR, las pérdidas de calor por las ventanas son prácticamente independientes de la orientación, presentando una oscilación a lo largo del año, donde en invierno se duplican (o triplican) respecto al verano, siempre siendo inferiores a 40kWh por mes.

Comparando las ganancias con las pérdidas por las ventanas, en caso de que



las mismas estén orientadas al norte, las ganancias siempre son mayores que las pérdidas a lo largo de todo el año. En el caso opuesto, cuando las ventanas se orientan al sur, donde las ganancias solares son únicamente por radiación difusa, en invierno (momento en el cual son mínimas) son aproximadamente iguales a las pérdidas (momento del año en el cual son máximas). De este modo, el balance de energía para cualquier orientación siempre es positivo entrante a la vivienda, inclusive en las ventanas orientadas al sur en invierno. Nótese que este balance no incluye las infiltraciones por la abertura.

### **Infiltraciones y ventilación**

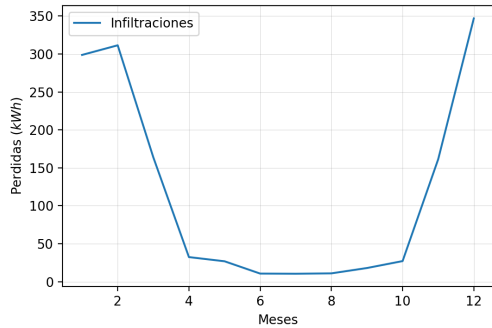
En la Figura 7.21 se grafican las pérdidas de calor por infiltraciones y ventilación natural a lo largo del año para dos orientaciones diferentes y para ambos usuarios. Se observa que por medio de la ventilación se logran pérdidas de hasta 600kWh al mes en el período caluroso, repercutiendo sensiblemente en las demandas de refrigeración. En este aspecto, el comportamiento de los usuarios (apertura y cierre de ventanas) tiene un rol determinante. El uso de la ventilación es determinante, en las pérdidas de energía.

En el período frío, donde la apertura de ventanas es casi nula, las infiltraciones inevitables para esta tipología son aproximadamente la mitad de las determinadas para la vivienda de Mevir. Esto se debe a que la calidad de los cerramientos de PMB son mejores que los de Mevir (en cuanto a infiltraciones) según los determinado experimentalmente con el uso de Blower door.

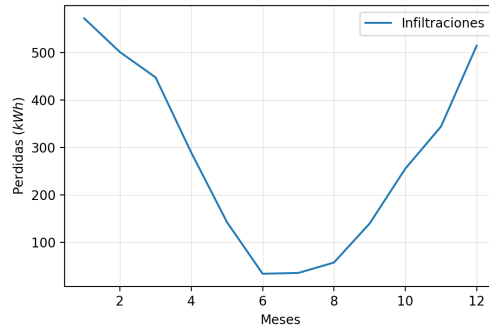
Comparando las pérdidas de calor en función de la orientación (para el mismo usuario) se observa que las mismas no presentan variaciones porcentuales significativas, Figura 7.21.

### **Temperaturas**

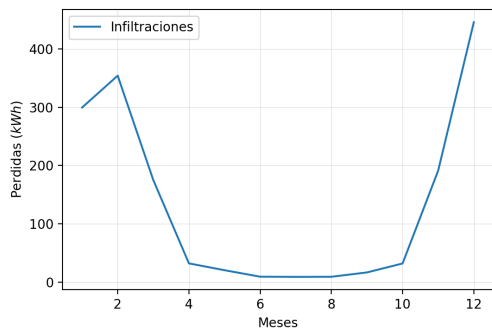
La evolución de la temperatura media de cada habitación no presenta diferencias apreciables al variar la orientación. Pero si se lo compara con la temperatura exterior los locales logran amortiguar estas temperaturas, mejorando el desempeño interior respecto al exterior acercándose a las temperaturas de confort térmico. No obstante, según se aprecia en la Figura 7.22, el usuario eficiente logra obtener temperaturas máximas en el período caluroso menores que el usuario tipo, y mayores temperaturas mínimas, es decir, una amplitud térmica (verano - invierno) menor. Por lo tanto, el usuario eficiente no solamente logra menores demandas de acondicionamiento térmico si no que también logra oscilaciones menores de temperatura.



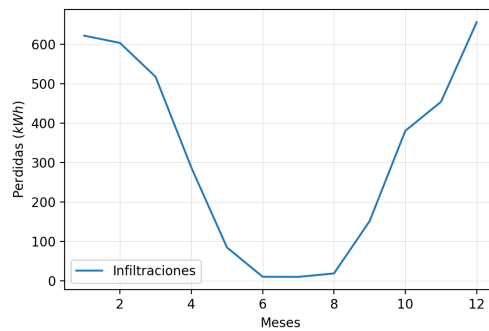
(a) Usuario tipo, Orientación 0°



(b) Usuario tipo, Orientación 0°

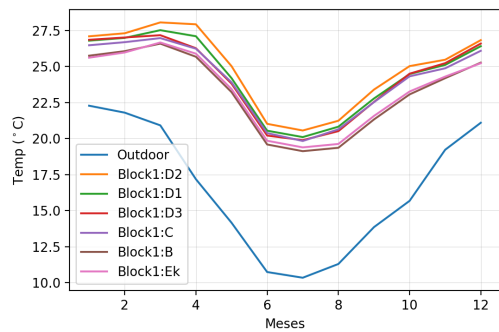


(c) Usuario tipo, Orientación 90°

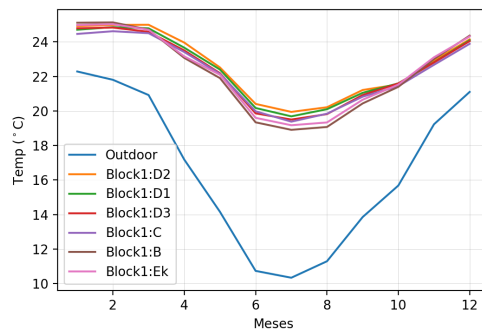


(d) Usuario eficiente, Orientación 90°

Figura 7.21: Evolución anual de las pérdidas por infiltraciones y/o ventilación para la vivienda del PMB en función del usuario y orientación.



(a) Usuario tipo



(b) Usuario eficiente

Figura 7.22: Evolución anual de la temperatura media exterior e interior (de cada habitación) en la vivienda del PMB.

### 7.4.3. Desempeño de las viviendas y posibles medidas de eficiencia energética

A partir de los resultados obtenidos en las simulaciones del caso base y las variaciones identificadas con el comportamiento de los usuarios, surgen como aspectos relevantes en el desempeño térmico de las viviendas, los siguientes puntos.

- Orientación de las aberturas:
  - La orientación norte, en combinación con aleros y/o protecciones solares exteriores móviles (persianas), así como un uso apropiado de las mismas, repercuten positivamente tanto en el período frío como caluroso.
  - Para las ventanas orientadas al este y oeste, la existencia de persianas (utilizadas adecuadamente), también repercute positivamente en las demandas energéticas del acondicionamiento térmico. No incluir persianas en estas orientaciones, o utilizarlas de forma inapropiada repercute en grandes aumentos de demandas de refrigeración.
- Orientación de la vivienda: para las condiciones climáticas de Montevideo la mejor orientación sería aquella que prioriza el Norte, siempre que el factor de hueco no supere el 60 % de huecos de la fachada y que se coloquen algún tipo de protección solar móvil.
- Ventilación: El uso apropiado de la ventilación, cuando la temperatura exterior es menor a los 30°C genera ahorros muy significativos en las demandas de refrigeración, logrando pérdidas de calor de aproximadamente 600 kWh al mes.
- Infiltraciones: Las pérdidas de calor debido a las infiltraciones “inevitables” pueden ser del orden de magnitud que las demandas de calefacción. Se debería entonces evaluar las calidades de las aberturas.
- Cubierta: La cubierta es la superficie opaca que genera mayores ganancias de calor netas en verano y mayores pérdidas de calor netas en invierno en la vivienda de MEVIR. Por lo tanto es la que debe priorizarse en cuanto al uso de aislación. La vivienda de PMB, al tener menos superficie de cubierta, así como una transmitancia menor, obtuvo mejores desempeños que la cubierta de MEVIR.
- Muros: La calidad de los muros, desde el punto de vista térmico, es muy buena tanto en la vivienda de Mevir como del PMB, siendo mayores las pérdidas en PMB debido a que tiene más superficie de muros.

- Protecciones solares: Las protecciones solares móviles (persianas y cortinas), son determinantes de las ganancias de calor por radiación, especialmente para las ventanas orientadas al este y oeste.
- Usuario: El usuario es altamente influyente para el ahorro de energía necesario para el acondicionamiento térmico, por lo que es deseable capacitarlo sobre la gestión de la energía y motivar a hacer un uso eficiente de la misma.

Por lo tanto, algunos de los aspectos constructivos que pueden repercutir en ahorros energéticos en el acondicionamiento térmico pero en condiciones de confort son los siguientes:

- Cambiar la cubierta de MEVIR por una solución constructiva de menor transmitancia térmica.
- Incorporar persianas en las ventanas que no se dispone de ellas, especialmente cuando las ventanas se orientan al este u oeste, principalmente en en la vivienda del PMB.
- Maximizar las orientación norte de las ventanas. Particularmente para la tipología de MEVIR analizada, dos dormitorios cuentan con dos caras exteriores y por lo tanto es posible reubicar las aberturas de los mismos según sea conveniente.
- Incorporar u optimizar el uso de aleros.
- Modificar el tamaño de las aberturas (factor de hueco) en función de la orientación de la misma, disponibilidad de persianas y/o aleros.

## 7.5. Evaluación de modificaciones en la envolvente

Una vez analizados los desempeños de las viviendas con la solución constructiva actual, considerando el usuario tipo y eficiente, y determinadas posibles mejoras, se realizan simulaciones de las viviendas con modificaciones a fin de cuantificar las variaciones de desempeño térmico respecto al caso base. Estas simulaciones modifican cuatro aspectos diferentes de la envolvente. Con la finalidad de facilitar el análisis, se aplican las mismas modificaciones (o estrategias de diseño) en ambas tipologías (MEVIR y PMB). Las modificaciones analizadas son:

- Cubierta: Isopanel de 100 mm. Esta modificación intenta mejorar el desempeño de la vivienda de MEVIR debido a que reduce la transmitancia. Para

Tabla 7.3: Resultados de **refrigeración** (kWh) anual para la vivienda de **MEVIR** con el usuario **tipo**. Porcentaje de ahorro respecto al caso base.

<b>Orient.</b>	<b>CB</b>	<b>Techo 100mm</b>	<b>Muro simple</b>	<b>Persianas</b>	<b>DVH</b>
0	1385	1255 9 %	1622 -17 %	1373 1 %	1245 10 %
30	1270	1114 12 %	1488 -17 %	1236 3 %	1142 10 %
60	1310	1161 11 %	1519 -16 %	1189 9 %	1230 6 %
90	1328	1165 12 %	1541 -16 %	1179 11 %	1248 6 %
120	1229	1036 16 %	1440 -17 %	1111 10 %	1142 7 %
150	1101	904 18 %	1318 -20 %	1069 3 %	1008 8 %
180	1141	982 14 %	1373 -20 %	1132 1 %	1044 8 %
210	1372	1241 10 %	1630 -19 %	1361 1 %	1269 8 %
240	1710	1609 6 %	1955 -14 %	1641 4 %	1557 9 %
270	1862	1792 4 %	2157 -16 %	1780 4 %	1698 9 %
300	1791	1689 6 %	2088 -17 %	1723 4 %	1624 9 %
330	1590	1489 6 %	1850 -16 %	1576 1 %	1439 10 %

el caso de PMB, donde las pérdidas por el techo son reducidas, si bien esta modificación aumenta la transmitancia, el efecto de la misma sobre el consumo total se espera que no sea significativo, generando así un posible ahorro en la inversión inicial.

- Muros exteriores: en lugar de colocar un muro doble, se coloca un muro exterior de 20 cm. Partiendo de una idea similar al de la cubierta, se analiza el efecto de eliminar la fila exterior de ladrillos con la finalidad de que el aumento de consumo energético no sea significativo, generando un ahorro en la inversión inicial.
- Protecciones solares (móviles) exteriores: Se incorporan persianas en todas las ventanas que la tipología original no las contempla.
- Vidrio doble: Se modifican las ventanas originales por DVH.

Otros aspectos que esta investigación no desarrolló, pero podrían ser estrategias relevantes, son la colocación de vegetación (preferentemente de hoja caduca) o el tratamiento superficial de las paredes con colores claros.

En las Tablas 7.3 a 7.10 se presentan las demandas de calefacción y refrigeración de ambas viviendas y ambos usuarios para las diferentes modificaciones planteadas y para múltiples orientaciones (discretizadas cada 30°).

Tabla 7.4: Resultados de **refrigeración** (kWh) anual para la vivienda de **MEVIR** con el usuario **eficiente**. Porcentaje de ahorro respecto al caso base.

<b>Orient.</b>	<b>CB</b>	<b>Techo 100mm</b>		<b>Muro simple</b>		<b>Persianas</b>		<b>DVH</b>	
0	522	368	29 %	656	-26 %	526	-1 %	480	8 %
30	558	426	24 %	746	-34 %	563	-1 %	514	8 %
60	743	596	20 %	935	-26 %	742	0 %	672	10 %
90	904	736	19 %	1096	-21 %	909	-1 %	782	14 %
120	892	741	17 %	1188	-33 %	894	0 %	804	10 %
150	890	637	28 %	1193	-34 %	886	0 %	772	13 %
180	910	664	27 %	1215	-34 %	903	1 %	817	10 %
210	888	688	22 %	1177	-33 %	880	1 %	786	11 %
240	826	666	19 %	1083	-31 %	837	-1 %	744	10 %
270	797	628	21 %	1013	-27 %	795	0 %	704	12 %
300	659	513	22 %	838	-27 %	657	0 %	595	10 %
330	527	380	28 %	688	-30 %	522	1 %	496	6 %

Tabla 7.5: Resultados de **calefacción** (kWh) anual para la vivienda de **MEVIR** con el usuario **tipo**. Porcentaje de ahorro respecto al caso base.

<b>Orient.</b>	<b>CB</b>	<b>Techo 100mm</b>		<b>Muro simple</b>		<b>Persianas</b>		<b>DVH</b>	
0	207	78	62 %	286	-38 %	157	24 %	123	40 %
30	279	114	59 %	361	-29 %	222	20 %	180	36 %
60	357	163	54 %	448	-26 %	299	16 %	242	32 %
90	381	179	53 %	471	-23 %	327	14 %	264	31 %
120	364	176	52 %	449	-23 %	316	13 %	257	29 %
150	312	147	53 %	390	-25 %	270	13 %	218	30 %
180	233	97	58 %	305	-31 %	192	17 %	155	33 %
210	208	81	61 %	276	-33 %	165	21 %	128	38 %
240	200	79	60 %	268	-34 %	155	23 %	122	39 %
270	176	68	62 %	246	-40 %	131	26 %	103	42 %
300	178	66	63 %	246	-39 %	131	26 %	104	42 %
330	185	72	61 %	259	-39 %	140	25 %	109	41 %

Tabla 7.6: Resultados de **calefacción** (kWh) anual para la vivienda de **MEVIR** con el usuario **eficiente**. Porcentaje de ahorro respecto al caso base.

<b>Orient.</b>	<b>CB</b>	<b>Techo 100mm</b>		<b>Muro simple</b>		<b>Persianas</b>		<b>DVH</b>	
0	226	87	61 %	315	-39 %	172	24 %	135	40 %
30	288	122	57 %	381	-32 %	234	19 %	185	36 %
60	368	170	54 %	460	-25 %	307	17 %	246	33 %
90	386	186	52 %	493	-28 %	329	15 %	269	30 %
120	386	187	51 %	505	-31 %	328	15 %	268	31 %
150	348	165	52 %	467	-34 %	291	16 %	241	31 %
180	275	120	56 %	379	-38 %	225	18 %	179	35 %
210	242	102	58 %	331	-37 %	193	20 %	152	37 %
240	222	94	57 %	306	-38 %	173	22 %	138	37 %
270	199	82	59 %	286	-43 %	150	25 %	120	40 %
300	198	80	60 %	284	-43 %	147	26 %	117	41 %
330	211	85	60 %	300	-42 %	155	26 %	123	42 %

Tabla 7.7: Resultados de **refrigeración** (kWh) anual para la vivienda del **PMB** con el usuario **tipo**. Porcentaje de ahorro respecto al caso base.

<b>Orient.</b>	<b>CB</b>	<b>Techo 100mm</b>		<b>Muro simple</b>		<b>Persianas</b>		<b>DVH</b>	
0	362	392	-8 %	491	-36 %	367	-1 %	357	1 %
30	502	532	-6 %	641	-28 %	464	7 %	486	3 %
60	768	800	-4 %	894	-16 %	652	15 %	732	5 %
90	871	907	-4 %	999	-15 %	735	16 %	823	6 %
120	801	838	-5 %	936	-17 %	695	13 %	762	5 %
150	605	643	-6 %	738	-22 %	571	6 %	587	3 %
180	372	399	-7 %	504	-36 %	372	0 %	360	3 %
210	515	547	-6 %	651	-26 %	454	12 %	491	5 %
240	761	794	-4 %	894	-17 %	608	20 %	741	3 %
270	863	892	-3 %	1001	-16 %	673	22 %	815	6 %
300	805	835	-4 %	945	-17 %	650	19 %	763	5 %
330	595	628	-6 %	730	-23 %	546	8 %	578	3 %

Tabla 7.8: Resultados de **refrigeración** (kWh) anual para la vivienda del **PMB** con el usuario **eficiente**. Porcentaje de ahorro respecto al caso base.

<b>Orient.</b>	<b>CB</b>	<b>Techo 100mm</b>		<b>Muro simple</b>		<b>Persianas</b>		<b>DVH</b>	
0	55	67	-22 %	132	-141 %	28	50 %	59	-8 %
30	98	108	-11 %	197	-102 %	44	55 %	98	-1 %
60	167	183	-10 %	312	-87 %	76	54 %	167	-1 %
90	194	217	-12 %	348	-80 %	90	54 %	199	-3 %
120	180	199	-10 %	331	-84 %	88	51 %	179	1 %
150	135	150	-11 %	249	-84 %	68	50 %	133	1 %
180	59	72	-22 %	140	-139 %	31	47 %	62	-6 %
210	101	118	-17 %	211	-109 %	46	54 %	102	-2 %
240	172	194	-13 %	324	-89 %	72	58 %	176	-2 %
270	197	224	-14 %	361	-83 %	84	57 %	199	-1 %
300	178	199	-12 %	328	-84 %	78	56 %	180	-1 %
330	125	143	-14 %	243	-94 %	61	52 %	125	0 %

Tabla 7.9: Resultados de **calefacción** (kWh) anual para la vivienda del **PMB** con el usuario **tipo**. Porcentaje de ahorro respecto al caso base.

<b>Orient.</b>	<b>CB</b>	<b>Techo 100mm</b>		<b>Muro simple</b>		<b>Persianas</b>		<b>DVH</b>	
0	38	47	-26 %	92	-146 %	26	31 %	20	47 %
30	52	63	-22 %	111	-115 %	37	29 %	29	43 %
60	75	88	-19 %	139	-87 %	56	25 %	44	40 %
90	80	95	-18 %	147	-82 %	61	24 %	48	40 %
120	77	92	-19 %	146	-88 %	59	23 %	47	40 %
150	59	72	-22 %	121	-105 %	44	25 %	34	42 %
180	45	57	-25 %	102	-124 %	32	29 %	25	45 %
210	56	69	-22 %	115	-105 %	40	28 %	32	43 %
240	74	89	-20 %	137	-85 %	55	25 %	44	41 %
270	74	88	-19 %	139	-88 %	56	24 %	44	41 %
300	68	80	-18 %	135	-100 %	52	24 %	40	41 %
330	49	60	-22 %	110	-124 %	36	26 %	27	44 %



Tabla 7.10: Resultados de **calefacción** (kWh) anual para la vivienda del **PMB** con el usuario **eficiente**. Porcentaje de ahorro respecto al caso base.

<b>Orient.</b>	<b>CB</b>	<b>Techo 100mm</b>	<b>Muro simple</b>	<b>Persianas</b>	<b>DVH</b>
0	51	60 -19 %	110 -115 %	39 24 %	33 36 %
30	64	76 -18 %	125 -93 %	49 24 %	43 34 %
60	87	100 -15 %	154 -77 %	66 24 %	58 33 %
90	92	106 -15 %	160 -73 %	72 22 %	63 32 %
120	90	103 -14 %	157 -74 %	70 22 %	62 31 %
150	69	82 -18 %	134 -93 %	53 24 %	47 32 %
180	59	69 -17 %	116 -96 %	45 24 %	40 32 %
210	69	82 -19 %	129 -87 %	53 23 %	48 30 %
240	87	101 -16 %	150 -72 %	66 25 %	58 33 %
270	87	100 -15 %	150 -72 %	67 23 %	59 32 %
300	78	91 -16 %	149 -91 %	60 23 %	51 34 %
330	60	71 -18 %	126 -109 %	45 26 %	39 35 %

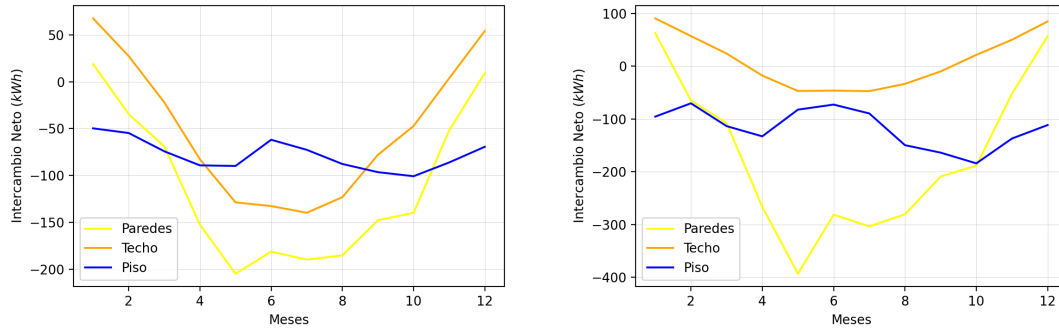
### 7.5.1. Cubierta

Según los resultados obtenidos en las simulaciones, el cambio del tipo de cubierta genera efectos opuestos en ambas viviendas (como era esperable).

En la vivienda de MEVIR, el cambio de techo genera una disminución en la transmitancia térmica, de 0,70 a 0,33 W/m<sup>2</sup>K. Esta variación repercute en ahorros en calefacción que alcanzan los 200kWh al año (o 60 % respecto al caso base) para ambos usuarios, con variaciones dependiendo de la orientación. También se generan ahorros en refrigeración que pueden alcanzar los 250kWh al año (o 29 % respecto al caso base), donde la orientación y el comportamiento del usuario también repercuten en el ahorro que se puede conseguir con el cambio de cubierta.

Por el contrario, en la vivienda del PMB, el cambio de techo genera un aumento en la transmitancia de 0,26 a 0,33 W/m<sup>2</sup>K y por lo tanto las demandas aumentan. Debido a que las transferencias de calor netas por el techo del caso base de PMB son bajas, el aumento en la demanda también es bajo, siendo del orden de 40kWh al año en refrigeración y 20kWh al año en calefacción. Porcentualmente respecto al caso base estos aumentos alcanzan el 25 % dependiendo del usuario y la orientación.

Comparando los balances netos por la cubierta, entre el caso base (Figuras 7.11 y 7.19) y el techo modificado (Figura 7.23) se aprecia claramente que en la vivienda de MEVIR se reduce la oscilación entre el período frío y caluroso, mientras que si bien en la vivienda de PMB también se aprecia un cambio (aumentó en este caso) el mismo no es tan pronunciado.



(a) MEVIR, Usuario tipo, Orientación 0°      (b) PMB, Usuario tipo, Orientación 0°

Figura 7.23: Balances netos por superficie con la cubierta modificada (isopanel de 100mm).

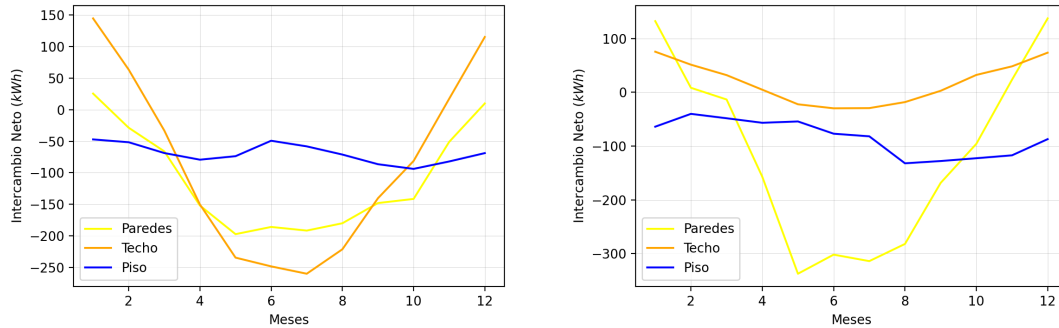
### 7.5.2. Muro exterior

Eliminar la fila exterior de ladrillos (o bloques) conlleva a un aumento de transmitancia térmica del orden de 16 % (de 0,68 a 0,77 W/m<sup>2</sup>K en la vivienda de MEVIR y de 0,68 a 0,76 W/m<sup>2</sup>K en PMB), permaneciendo por debajo del límite estipulado por la Intendencia de Montevideo (0.85W/m<sup>2</sup>K).

Estas modificaciones, si bien no repercuten sensiblemente en las ganancias y pérdidas de calor, según se aprecia en la comparación entre las Figuras 7.11 y 7.24a para MEVIR o 7.19 y 7.24b para la vivienda del PMB, se generan cambios en las temperaturas interiores haciendo que el usuario decida por prender el sistema de refrigeración (en el período caluroso) en vez de abrir las ventanas. Este análisis se desprende de observar que disminuyen las pérdidas de calor por ventilación al cambiar el tipo de muro. Por lo tanto, el aumento en el consumo de refrigeración está afectado por el comportamiento del usuario. A pesar de ello, tanto para el usuario tipo como el eficiente, en ambas tipologías, el cambio de muro significó un aumento en el consumo. En la vivienda de MEVIR la demanda de refrigeración aumentó hasta 300kWh al año, mientras que la de calefacción a 120kWh al año. Para la vivienda de PMB los aumentos fueron de hasta 150kWh al año en refrigeración y 100kWh al año en calefacción aproximadamente.

### 7.5.3. Protecciones solares

La incorporación de persianas también influye de forma muy diferente en ambas tipologías analizadas. Por un lado, en la vivienda de MEVIR se incluyeron persianas en las aberturas del estar y cocina (ambas aberturas cuentan con alero), mientras que en PMB se incluyeron en todas las aberturas ya que ninguna contaba



(a) MEVIR, Usuario tipo, Orientación 0°      (b) PMB, Usuario tipo, Orientación 0°

Figura 7.24: Balances netos por superficie con muro exterior simple + EPS.

con persianas.

En la vivienda de MEVIR, la incorporación de persianas genera ahorros tanto en refrigeración como en calefacción, siendo más notorios los ahorros cuando la fachada principal se orienta al este (orientación 90°). En el período frío los ahorros son mayores debido a que disminuye la transmitancia de la abertura y por ende sus pérdidas.

En la vivienda del PMB los ahorros en refrigeración también dependen de la orientación, reduciéndose las demandas hasta un 50 % en los casos donde las ventanas se orientan al este y oeste. En el período frío las persianas también generan ahorros de hasta 70kWh al año (o 60 % respecto al caso base).

#### 7.5.4. Vidrio doble en ventanas

El vidrio doble también repercutió en ahorros energéticos, tanto en calefacción como en refrigeración, para ambas tipologías, ambos usuarios y en todas las orientaciones. Estos ahorros, en refrigeración oscilaron entre 40 y 140 kWh anuales (entre 6 y 14 % respecto al CB) para MEVIR y por debajo de 50kWh (o 15 % respecto al CB) para PMB, mientras que en calefacción oscilaron entre 80 y 120kWh anuales (hasta 40 % respecto al CB) en la vivienda de MEVIR y del orden de 30kWh (o hasta 50 % respecto al CB) en la vivienda del PMB.

El DVH, respecto al vidrio simple, reduce tanto las ganancias como las pérdidas de calor. El hecho de reducir las ganancias repercute positivamente en el período caluroso mientras que es negativo para el período frío del año. Por otra parte, las pérdidas de calor por las ventanas se reducen casi a la mitad al utilizar DVH, lo cual afecta positivamente al ahorro de calefacción en invierno.

Comparando los resultados de las simulaciones obtenidas para las dos modificaciones planteadas sobre las aberturas (persianas y DVH), se observa que los

ahorros obtenidos por el DVH son más relevantes en invierno mientras que los ahorros por la inclusión de persianas tiene mayor repercusión en verano. Según los resultados de esta investigación, las cargas de refrigeración son más relevantes que las de calefacción, por lo tanto sería conveniente priorizar este aspecto. Por otro lado, las ganancias de calor se pueden optimizar con el uso de aleros (medida de eficiencia energética independiente de la manipulación del usuario). Además la efectividad del DVH, probablemente tiene mayor independencia de los hábitos del usuario que las persianas. Tampoco se debe desestimar la primera de las estrategias que es la orientación respecto al sol de los cerramientos vidriados.

## 7.6. Análisis de protecciones fijas

Una de las estrategias de diseño bioclimático que permiten aumentar las horas de confort interior en los espacios habitables, así como reducir el consumo de energía activa para el acondicionamiento térmico, es el uso adecuado del sombreado. Según la carta bioclimática de Givoni para Montevideo (descrito en la Sección 2.6) sería posible conseguir condiciones de confort para más del 8% de las horas del año (Tabla 2.7).

El sol es la principal fuente energética que afecta al diseño bioclimático, por lo tanto es importante entender su trayectoria en las distintas estaciones del año. Este es el punto central para diseñar los aleros de las distintas tipologías, también en función de las orientaciones.

En esta sección se realiza un análisis del sombreado de la abertura del estar, de la tipología Tambores de MEVIR, ubicada en la fachada principal. Se analiza la solución constructiva actual y se proponen alternativas para mejorar su desempeño como protección solar. Esta propuesta se puede utilizar en una ventana de iguales dimensiones y con la misma orientación solar, pero la metodología puede ser generalizable.

### 7.6.1. Metodología del análisis

Para el estudio del asoleamiento en cualquier superficie se simplificará el recorrido del sol, considerando el concepto antropocéntrico del universo, suponiendo que el sol realiza su recorrido por la bóveda celeste, del cual somos el centro. La representación del recorrido solar que se utilizará es la Carta Solar Estereográfica. En ella se determinará la altura y el acimut del sol para un día y una hora determinada. La altura solar es el ángulo que forman los rayos solares con la superficie horizontal. La altura del sol ( $h$ ) varía con la latitud, época del año y hora del día. El acimut solar ( $z$ ) es el ángulo que forma con el norte, la proyección sobre el plano

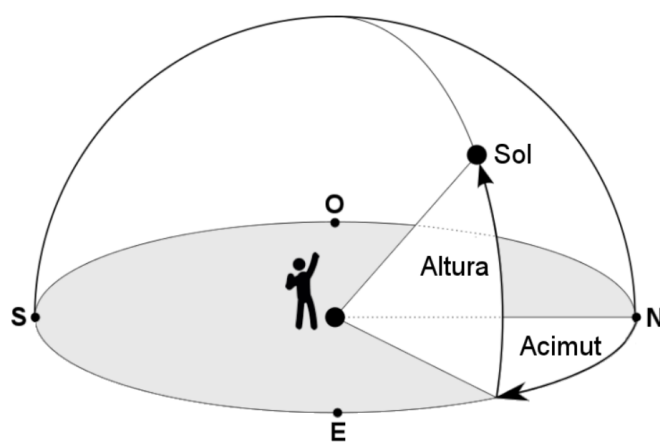


Figura 7.25: Imagen de las coordenadas solares [90].

horizontal de la línea recta que une la posición del sol con el punto de observación y su valor es positivo durante la mañana (dirección Este), Figura 7.25.

Para diseñar una protección solar que funcione adecuadamente para las condiciones climáticas y que minimice el consumo de energía activa para acondicionar térmicamente los espacios se deben cumplir tres requisitos:

**Aspectos geométricos:** Evitar el ingreso de radiación solar en el en el período caluroso (para Montevideo del 23 de noviembre al 30 de marzo), y permitir la penetración de la radiación en el período frío (en Montevideo del 31 de marzo al 22 de noviembre según Fadu, 2002 [91]). Se define el período caluroso a partir del análisis de las temperaturas exteriores medias, siendo para el sur de  $22,6^{\circ}\text{C}$  [92].

**Aspectos energéticos:** Evitar las mayores densidades de flujo del plano ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) en el período caluroso.

**Aspectos de confort térmico:** Evitar la radiación solar siempre que la temperatura exterior media sea superior a los  $19^{\circ}\text{C}$ . Se utiliza esta temperatura media ya que el rango establecido para el confort térmico adaptativo para el período caluroso es de  $20$  a  $27^{\circ}\text{C}$  [70], y que usualmente las vivienda aumenta en un por lo menos dos grados la temperatura exterior.

Al cumplir los tres puntos se optimiza la función del alero durante todo el año. Nótese que el diseño del mismo también debe responder a diferentes orientaciones. Los datos utilizados para el desarrollo de este diseño, son los siguientes:

- Ubicación geográfica: Área metropolitana de Montevideo con una latitud  $34^{\circ}50'\text{S}$  y una longitud  $58^{\circ}29'\text{W}$ .

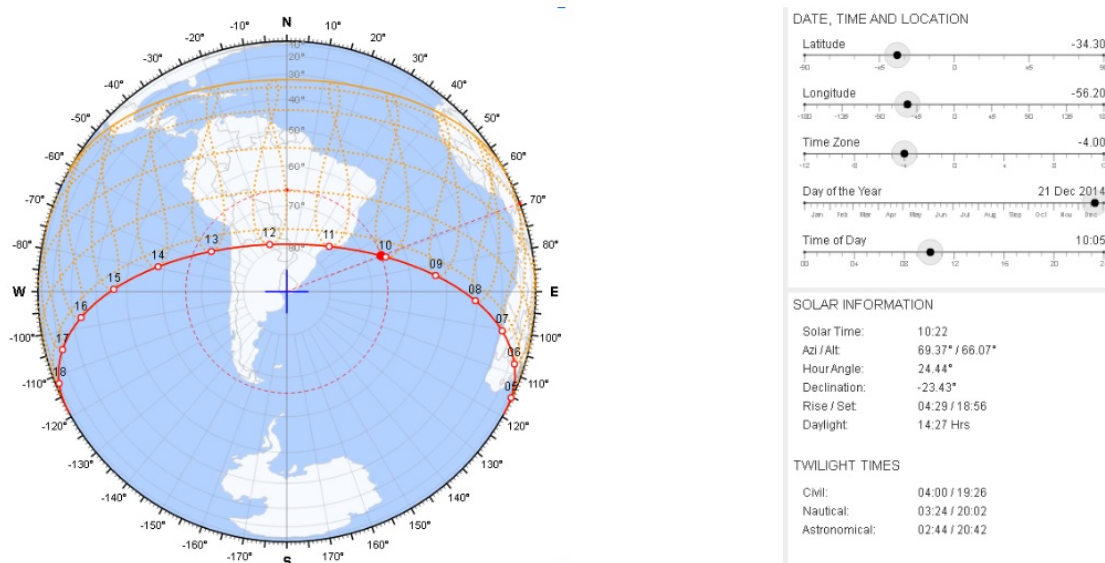


Figura 7.26: Imagen Montevideo. Fuente: Sun path 2d.

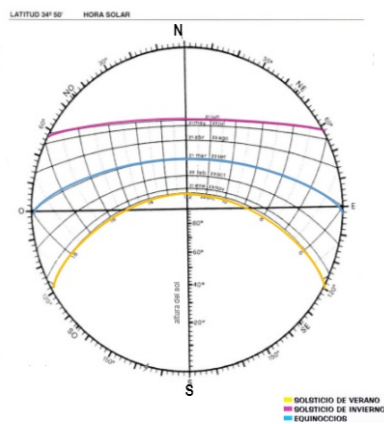
- Datos climáticos: año climático típico, temperatura exterior (temperatura de bulbo seco) de acuerdo a las horas del día y meses del año.

Además de los datos anteriores, se utilizaron para el análisis: a. Programas gráficos para el análisis de proyecciones de sombras y requerimientos de protección sobre la trayectoria solar (Heliodón, Climate consultant (2), sunpath 2d y sunpath 3d (3) de Andrew Marsh, Figura 7.26). b. Temperaturas medias diarias y c. la densidad de flujo de energía recibida por plano. Con todos estos datos y los recursos técnicos se dimensiona el alero en distintas orientaciones.

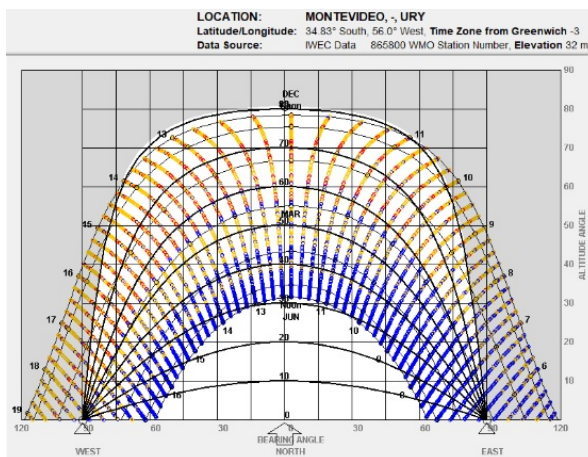
### Diseño de la protección: aspectos geométricos

Para determinar la geometría de una protección solar se deben utilizar las cartas solares. Esta es una representación gráfica en planta, que nos permite obtener la posición del sol en el cielo con respecto a una latitud específica. Eligiendo una fecha y hora, podemos obtener el ángulo solar y azimut correspondiente. Existen dos tipos de cartas solares: la estereográfica, que basa la proyección del recorrido del sol en una semiesfera y la cilíndrica, que como su nombre lo indica, su proyección se da en un cilindro, cortado por la mitad (Figura 7.27).

Para la interpretación de la proyección estereográfica, Figura 7.27a, se debe saber lo siguiente: 1. El círculo exterior representa el plano horizontal; 2. Los arcos “horizontales” representan las fechas del año. A excepción de los solsticios, el resto de los arcos representan dos fechas debido al movimiento que hace el sol; 3. Los



(a) Estereográfica [91].



(b) Carta solar cilíndrica [93].

Figura 7.27: Estereográfica y carta solar cilíndrica para Montevideo

arcos “verticales” representan las horas del día; 4. La graduación en el círculo marca el azimut; 5. La regla vertical sirve para determinar la altura del sol.

En la carta cilíndrica en el eje vertical se sitúa la **altura solar** en grados sexagesimales y en el eje horizontal el **acimut** medido desde el Norte. Los arcos representan los recorridos del sol para los equinoccios, solsticios y distintas épocas del año.

Para el análisis de aleros y su diseño se considera despreciable la incidencia solar cuando la altura del sol es menor a  $10^\circ$  respecto al plano horizontal y/o el ángulo respecto a la perpendicular al paramento en estudio (hacia ambos lados) es mayor a  $67.5^\circ$ . En la Tabla 7.11 se detallan el ángulo de altura y azimut solar, temperatura media y por ende la necesidad de protección solar para el solsticio de verano e invierno respecto a un plano orientado al norte.

Tabla 7.11: Requerimiento de protección solar en los solsticios de verano e invierno.

Mes	Día	Hora	Altura/azimut	T media (°C)	Requisito
Diciembre	21	10	62/76	27	Sí
Diciembre	21	12	75/0	27	Sí
Diciembre	21	14	62/-76	27	Sí
Junio	21	10	26/30	15	No
Junio	21	12	32/0	15	No
Junio	21	14	26/-30	15	No

Se determinaron cuáles son los ángulos exteriores de la protección solar, a

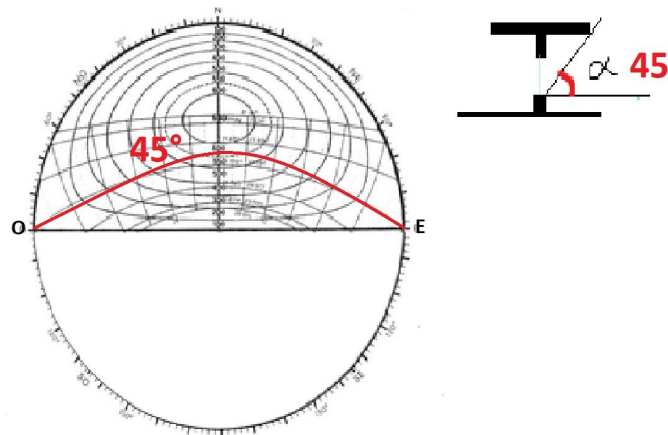


Figura 7.28: Estereográfica de Montevideo con densidades de flujo, ángulo obstruido de la protección solar y el  $\alpha$  de cielo visto.

partir de la altura del sol y las estereográficas, Figura 7.28. Este ángulo exterior  $\alpha$  determina el cielo visto por la ventana, es decir, todos los momentos en que no se obstruye el sol.

### Diseño de la protección: aspectos energéticos y de confort térmico

En la Figura 7.29 se grafican las temperaturas exteriores (medias diarias) de Montevideo del año típico y se muestra cuán alejadas las temperaturas estarán del valor de referencia de  $19^{\circ}\text{C}$ , realizado con el software Climate consultant. Según se aprecia en dicho gráfico, las temperaturas medias se encuentran por debajo de este valor principalmente en los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre, lo cual también coincide con el período de menor radiación directa (DNS). El diseño del alero debe permitir el ingreso de la radiación solar en estos meses, y evitar la radiación en los meses del período caluroso como lo muestra el gráfico de la Figura 7.29.

La protección solar debe obstruir las mayores densidades de flujo en el plano vertical (entre  $500$  y  $640 \text{ W/m}^2$ ) en el período caluroso, pero debe su permitir incidencia en el período frío. En la Figura 7.30a, se muestran las densidades de flujo que deben estar obstruidas en el período caluroso.

Si a la necesidad de recibir la menor densidad de flujo en el caluroso se la combina con las temperaturas de bulbo seco obtenemos que las temperaturas mayores se encuentran entre las 9 y las 15 hs del período caluroso, Figura 7.30b. De este modo se determina el largo del alero.

El análisis de la obstrucción del sol, tanto de los aleros como de los muros de la vivienda, se realizó por medio de los gráficos de proyección estereográfica,



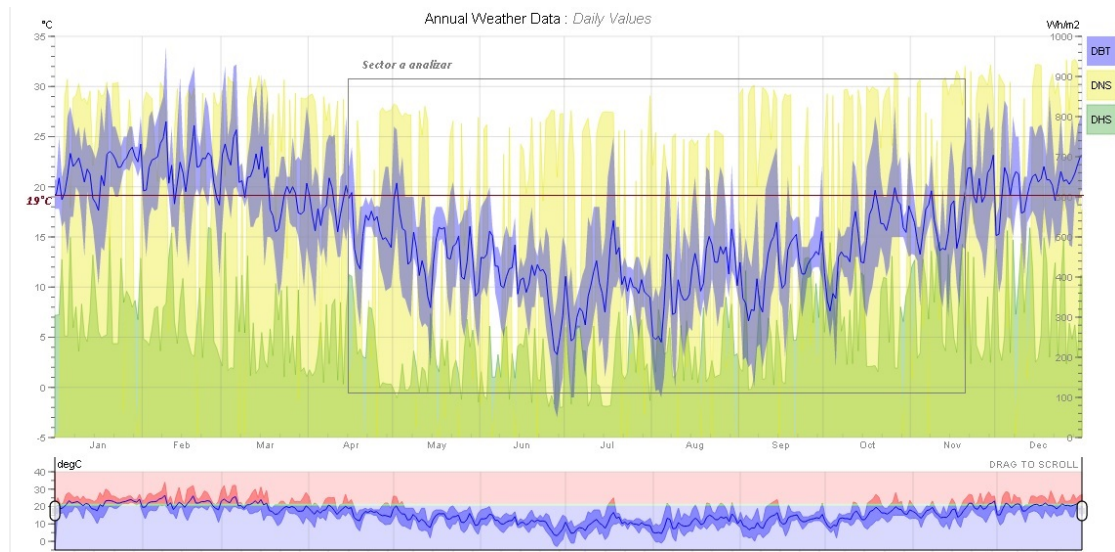
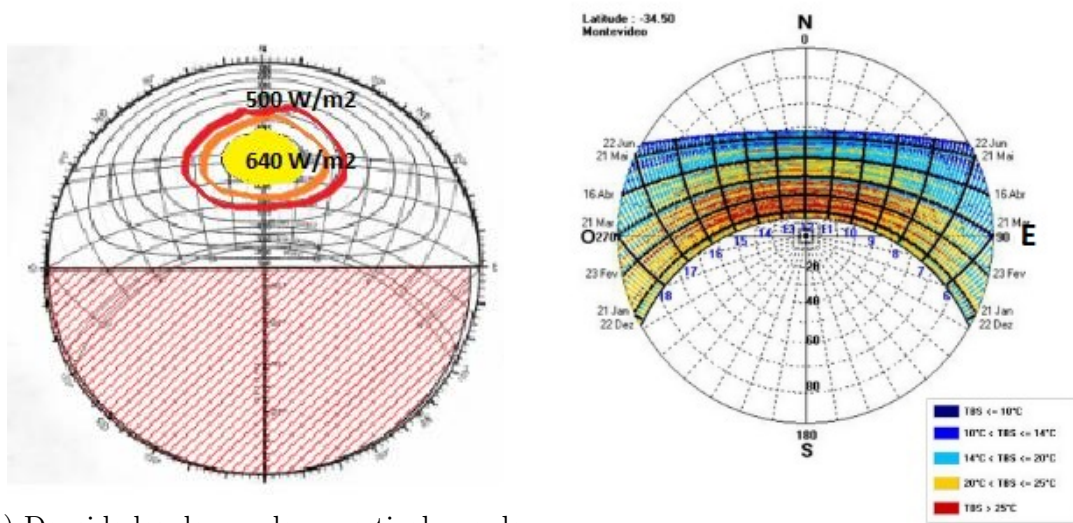


Figura 7.29: Temperaturas exteriores de bulbo seco (DBT o TBS), radiación solar directa (DNS) y radiación solar difusa (DHS). Datos tratados con Climate Consultant [93].



(a) Densidades de un plano vertical que deben estar obstruidas.

(b) Temperaturas de bulbo seco (TBS, o DTB) ploteadas en la carta solar de Montevideo.

Figura 7.30: Flujos de radiación y temperaturas ploteadas en la estereográfica

cilíndrica, densidades de flujo de la radiación y la temperatura media exterior. El análisis se realizó para las distintas orientaciones que puede tener la ventana del estar o del dormitorio, con una rotación discreta cada  $45^\circ$ , con la finalidad de determinar el ancho del alero más apropiado que cumpla la mayor parte de los requisitos.

### 7.6.2. Análisis de resultados del diseño de protecciones fijas

En la Figura 7.31 se representan las proyecciones estereográficas para las orientaciones Norte, Este y Oeste, colocando un dimensionado ideal de los aleros de acceso de la tipología de MEVIR, “Tambores”.

Para la orientación Norte el ángulo respecto a horizontal que debería tener el alero ideal sería entre  $40$  a  $45^\circ$ , esto determina un ancho de alero entre  $1$  y  $1,1\text{m}$ . Según la Figura 7.31a, el alero colocado al Norte permite recibir radiación directa en todo el período frío desde que sale el sol y se oculta para el plano. En el período caluroso, cuando la densidad de flujo es máxima y la temperatura exterior media es superior a los  $19^\circ\text{C}$ , el alero obstruye la radiación.

Con este diseño se mejora la cantidad de horas que se expone la vivienda a temperaturas exteriores por encima de los  $27^\circ\text{C}$ , pasando a tener  $0$  horas, y en temperaturas mayores a  $20^\circ$  solo  $24$  hs, según el programa Climate Consultant, Figura 7.32. Este programa utiliza una proyección solar cilíndrica, su proyección se basa en un cilindro, cortado por la mitad, los arcos corresponden a la altura del sol.

Una alternativa al alero, podría ser variar la pendiente y longitud del techo según la implantación de la vivienda, es decir, que el techo tenga la caída de la pendiente en dirección norte (1 agua) o Norte-Sur (2 aguas) para que se pueda prolongar en el sentido norte generando un alero como protección solar en lugar de colocar el alero horizontal.

Para la orientación Este y Oeste, el ángulo de obstrucción necesario sería entre  $30$  y  $35^\circ$ , determinando un ancho de alero no viable desde el punto de vista constructivo, ya que sobrepasaría los  $3,5$  m. Por este motivo, se plantea efectuar una serie de parasoles de menor tamaño (de  $0,20$  m de ancho, separados  $0,12\text{m}$  entre sí, y del largo de la ventana) de forma tal que permiten lograr la obstrucción solar, en estas orientaciones, Figuras 7.31b, 7.31c y 7.33.

La Tabla 7.12 presenta el **dimensionado final síntesis de una protección solar horizontal** para las ventanas orientadas al Norte, Este y Oeste en Montevideo y Salto, de modo de permitir el ingreso de radiación solar en invierno y bloquear los rayos en el verano. El análisis se basó en la abertura de la ventana de acceso que coloca MEVIR, de aproximadamente  $1 \times 1,1$  m, con una antepecho de

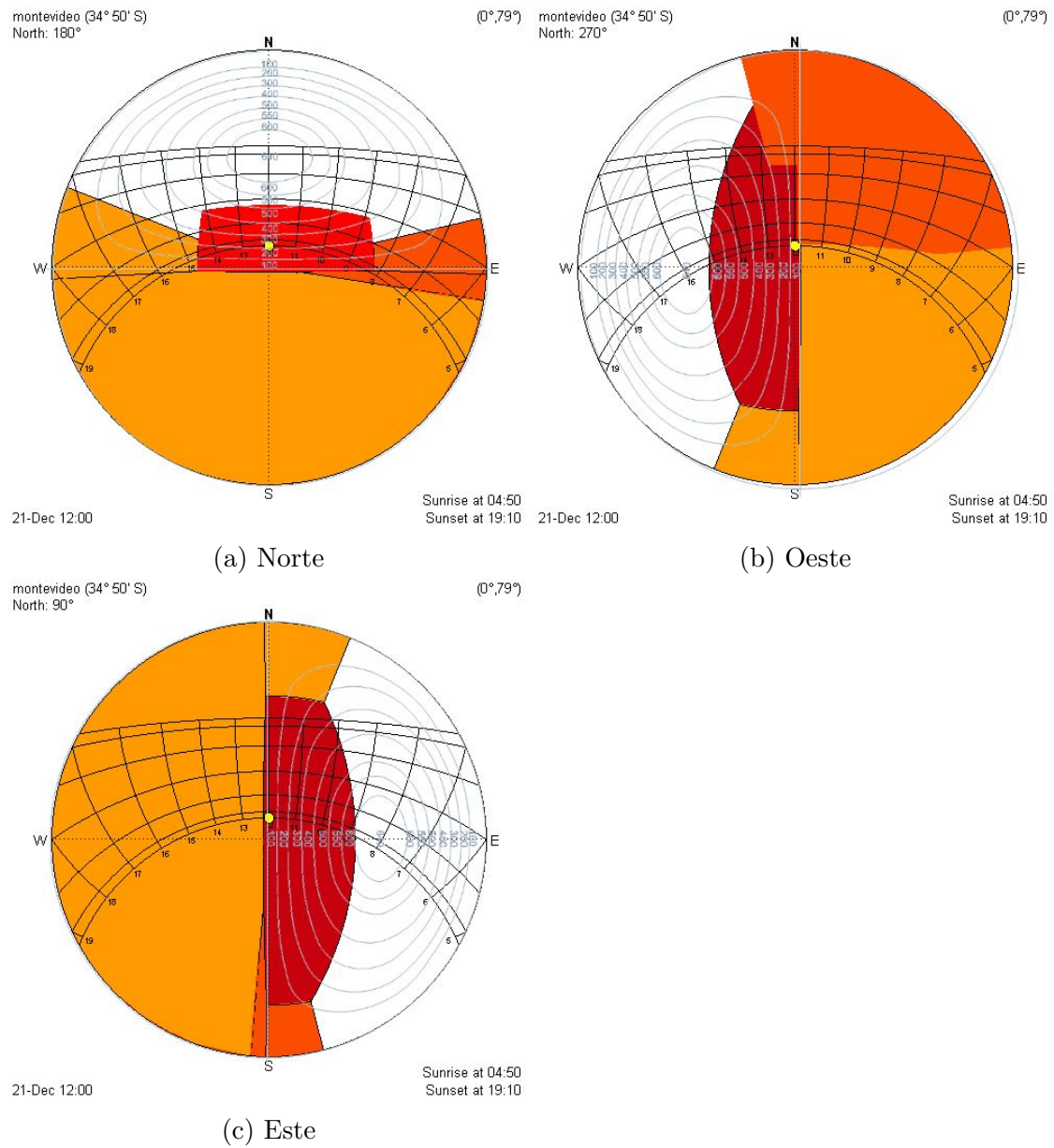


Figura 7.31: Diseño de alero que cumple con evitar los supuestos

1m. Cabe señalar que para Salto, zona climática más cálida se recomienda la protección de todo el período caluroso, para evitar el sobrecalentamiento interior. Una vez determinado el criterio de diseño en función de la orientación de la abertura, es posible extrapolar la geometría del alero en función del tamaño de la ventana.

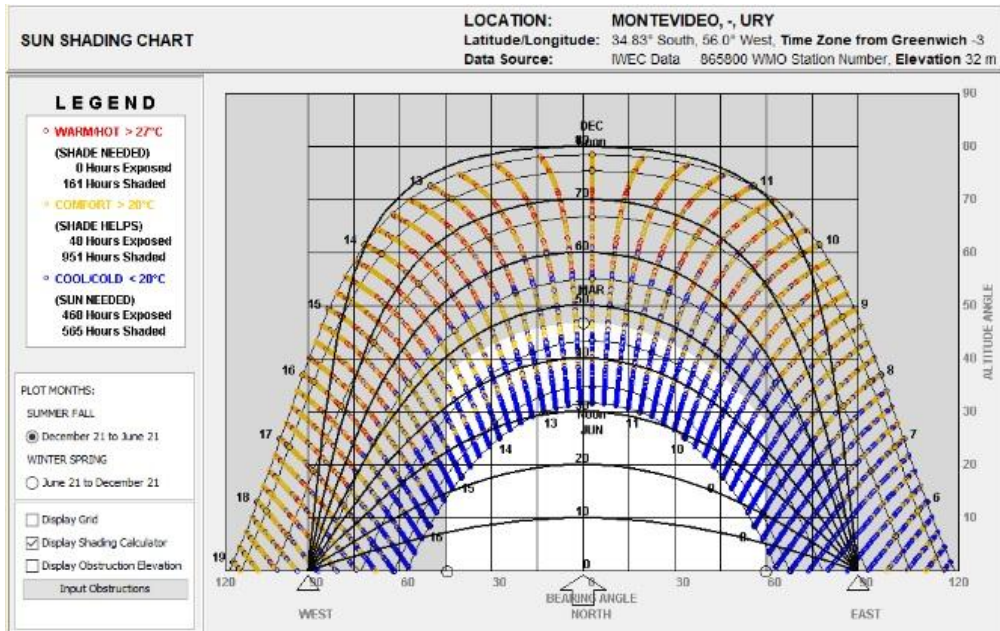


Figura 7.32: Imagen Climate Consultant, carta solar cilíndrica.

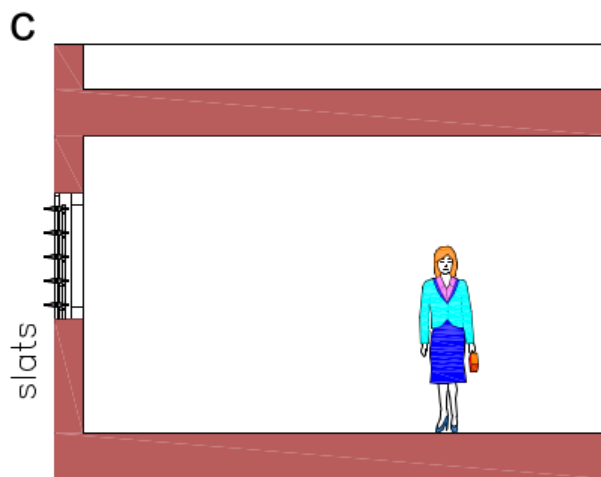


Figura 7.33: Diseño de protección solar para el Este y Oeste [94].

Tabla 7.12: Dimensionado de aleros para protección solar total en el período caluroso.

	Norte	Oeste	Este
Montevideo	1.1 a 1 m	No viable, 3.7m. Propuesta de celosías	No viable, 3.7m. Propuesta de celosías
Salto	1.1 a 1.3 m	No viable, 3.7m. Propuesta de celosías	No viable, 3.7m. Propuesta de celosías

## 7.7. Evaluación económica de las MEE

Las medidas de eficiencia energética, buscan mejorar la relación costo beneficio en el uso de la energía. En el caso de las viviendas sociales, el objetivo principal es mantener el confort térmico con una menor demanda de energía.

En esta sección se realiza la evaluación económica de las medidas de eficiencia energética propuestas en la sección precedente. La evaluación económica de las medidas, consiste en aplicar herramientas de cuantificación y valoración de costos y beneficios, y definir indicadores adecuados para determinar la conveniencia de la inversión.

Desde el punto de vista de la inversión, el objetivo es encontrar proyectos de un costo adecuado a la realidad de los programas de vivienda, que puedan generar un impacto significativo en el gasto energético de los hogares, y generen un retorno adecuado del capital invertido.

### 7.7.1. Identificación, cuantificación y valoración de costos

Se realizó la evaluación económica desde la perspectiva privada, por lo cual se valoraron costos y beneficios a precios de mercado. Algunos datos se tomaron de las fuentes de datos estatales, ARCE (2021) [95]. El costo incluye la mano de obra y los materiales. Se consideraron solamente costos directos en todos los casos, es decir que los costos fijos indirectos no se contemplaron porque estos valores dependen de cada empresa. Los precios de los materiales y mano de obra no incluyen el IVA.

Para considerar la *mano de obra*, se trató de evaluar los distintos costos económicos de este componente en las viviendas de los programas analizados. Para la mano de obra se consideraron además los rendimientos según Caviglia [96], así como también experiencias de planes de obra de vivienda social y trabajos de empresas que contratan con el Estado uruguayo.

Dentro de los programas existen costos que son difícilmente cuantificables como lo es la *ayuda mutua*. En MEVIR, los usuarios realizan ayuda mutua, es decir aportan su mano de obra en el momento de la construcción. El punto es tratar de

“objetivar económicamente” ese trabajo, es decir ponerle valor a lo que hacen los participantes en la ayuda mutua. En este trabajo se arma el costo como si no fuese con ayuda mutua, poniendo el costo de mano de obra necesaria (por rendimientos estándar y empíricos) de oficiales, medios oficiales y peones, para la valoración de las horas de trabajo. Los costos de mano de obra se calcularon en función de los valores hora del Banco de Previsión Social, BPS [97], incluyendo leyes sociales correspondientes, de las categorías VIII (para Oficiales) V (para medios oficiales) y peón práctico sin viático (para peones/participantes). En el caso de planes de ayuda mutua los usuarios ejecutan muchas tareas (en lugar de contratar personal) que en la práctica se puede aproximar de manera adecuada a la tarea de peones, ya que son la categoría con menos experiencia. La columna de ayuda mutua refiere al costo de mano de obra benévola participante, valorada al costo de hora de peón (valor que tendrían esas horas de trabajo si no se contara con trabajo de ayuda mutua).

Los costos de materiales se obtuvieron de las planillas de componentes de obra de la Arq. Ana Cristina Rainusso [98], y se actualizaron por el índice de costo de la construcción, ICC del INE [99], ya que los últimos valores de esta publicación son de agosto del 2019. Se actualizan los precios en función de la relación ICC 2019 / ICC 2021 (agosto).

Para el caso de los muros exteriores se incluye levantada de ambos aparejos, impermeabilización, borseado interior y rasada exterior. La cubierta de isopanel se supone colocada por cuadrillas de obra, incluyendo oficiales, medios oficiales y participantes del plan.

En la Tabla 7.13 se presentan los costos del muro exterior y la cubierta. Estos costos se estimaron de forma unitaria (por unidad de superficie de muro o cubierta) así como los costos totales de cada vivienda contemplando la superficie de cada componente de la envolvente. Los costos por unidad de superficie permiten comparar en iguales condiciones las cuatro variantes, sin afectar o penalizar en función de las áreas contempladas en cada programa.

Se realiza la evaluación económica en las viviendas de MEVIR y PMB, para las cuales se han cuantificado los consumos en base a las simulaciones. El costo total de estas tipologías, ambas de tres dormitorios, se presenta en la Tabla 7.14. Se observa que la vivienda de MEVIR es más económica (costo total) pero más cara por unidad de superficie útil respecto a la vivienda del PMB. De todos modos, el valor de la envolvente respecto al costo total de la vivienda no alcanza el 20% en ninguna de las tipologías (MEVIR: 18,2% y PMB: 13,3%).

### **7.7.2. Costos de las MEE**

En algunos casos las MEE consisten en la construcción o incorporación de nuevos elementos, por lo que la cuantificación y valoración de costos se realiza

Tabla 7.13: Costos de la envolvente

<b>Muro ext.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Mat.</b> \$Uy/m <sup>2</sup>	<b>M.O.</b> \$Uy/m <sup>2</sup>	<b>A.M.</b> \$Uy/m <sup>2</sup>	<b>Unitario</b> \$Uy/m <sup>2</sup>	<b>Sup.</b> m <sup>2</sup>	<b>Total</b> \$Uy
MEVIR	Muro doble ladrillo	1.253	2.954	-1.652	2.554	71,4	182.362
PMB	Muro doble bloque	1.247	1.624	-526	2.840	64,3	155.272
Plan juntos	Muro doble ladrillo	1.244	2.123	-1.023	2.344	66,3	223.185
	bloque						
Plano Ec.	Muro aplacado ladrillo	1.092	2.989	-1.380	2.701	73,9	301.650
<b>Cubierta</b>	<b>Descripción</b>	<b>Mat.</b> \$Uy/m <sup>2</sup>	<b>M.O.</b> \$Uy/m <sup>2</sup>	<b>A.M.</b> \$Uy/m <sup>2</sup>	<b>Unitario</b> \$Uy/m <sup>2</sup>	<b>Sup.</b> m <sup>2</sup>	<b>Total</b> \$Uy
MEVIR	Chapa + cielo raso madera	1.556	1.275	-390	2.441	64,8	158.195
PMB	Isopanel 15	2.174	580	-158	2.595	38,4	99.653
Plan juntos	Isopanel 15	2.174	580	-158	2.595	65,6	180.633
Plano Ec.	Losa hormigón	1.304	1.749	-640	2.412	60,2	183.744

Mat: Materiales; M.O.: Mano de obra; A.M.: Ayuda Mutua

Tabla 7.14: Costos total de las viviendas de tres dormitorios

<b>Tipología</b>	<b>Costo total</b> \$Uy	<b>Superficie</b> m <sup>2</sup>	<b>Costo unitario</b> \$Uy/m <sup>2</sup> (US\$/m <sup>2</sup> )	<b>Fuente</b>
MEVIR	1.875.550	64,8	28944 (689)	MEVIR
PMB	1.922.138	76,8	25027 (596)	LP empresa DORILER

de acuerdo a los criterios mencionados anteriormente. En otros casos, las MEE se basan en sustituir un elemento constructivo por otro. Por ejemplo, una pared de muro doble con cámara de aire que se sustituye por una pared simple con aislación exterior, pero con una transmitancia que cumple la transmitancia térmica municipal y los requisitos de reducción sonora. En estos casos, el costo de la MEE es la diferencia de costos entre el elemento constructivo original y el que lo sustituye.

Cuando la MEE consista en una mejora en el uso de la vivienda, se deberán cuantificar y valorar las actividades de capacitación de los usuarios, para ello se consideró una capacitación por parte de un técnico especializado con una dedicación de 4 horas por día en cada vivienda durante una semana. En la Tabla 7.15 se presenta el resumen de las diferencias de costos de las MEE respecto al caso base.

### 7.7.3. Cuantificación y valoración de beneficios

Para la cuantificación de beneficios se considera la reducción de la demanda de energía provocada por la incorporación de la MEE.

Tabla 7.15: Sobrecostos de las MEE respecto a la tipología base

MEE	Descripción	Sup. $m^2$	Sobrecosto $\$/m^2$	Inversión $\$/y$
<b>MEVIR</b>				
Protecciones solares	Agregar persianas de PVC	5	2.530	13.055
Ventana DVH	Sustituir Serie 20 por Serie "Probba" (DVH)	10	3.040	31.418
Techo	Isopanel de 100 mm	65	-61	-3.971
Muro exterior	Pared de 20cm c/aislante	71	-423	-30.209
<b>PMB</b>				
Protecciones solares	Agregar persianas de PVC	6	2.530	15.509
Ventana DVH	Sustituir Serie 25 por Serie "Probba" (DVH)	6	3.040	18.240
Techo	Isopanel de 100 mm	38	-215	-8.261
Muro exterior	Pared de 20cm c/aislante	64	-284	-18.249
Capacitación	20 horas de técnico por vivienda	-	-	10.500

Para la valoración de los beneficios se asume que la demanda de energía se cubre en su totalidad con energía eléctrica, utilizando un equipo de acondicionamiento térmico de COP=2. (Coeficiente de eficiencia que implica que se logra extraer, o suministrar, una cantidad de calor igual al doble de la energía eléctrica consumida)

#### 7.7.4. Evaluación económica

Se utiliza el Valor Actual Neto (VAN) para la evaluación económica de las medidas. Este se calcula como la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, deducido el valor de la inversión inicial, según se explicita en la ecuación 7.5. Si un proyecto de inversión tiene un VAN positivo, el proyecto es conveniente. Entre dos o más proyectos, el más conveniente es el que tenga un VAN más alto.

$$VAN = \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{(1+k)^i} - I_0 \quad (7.5)$$

Donde:

- La inversión inicial a realizar ( $I_0$ ), que permita obtener ahorros de energía futuros
- $F_i$ : flujos de caja futuros, la diferencia de ingresos y gastos por año.



Tabla 7.16: Evaluación económica de las MEE.

MEE	Inv. inicial (\$Uy)	Período de Repago	Inv. MEE / Inv. Total	Ahorro (\$Uy/año)	Ahorro / Cons. total
<b>MEVIR</b>					
Cambio de Techo	-3.971	Inmediato	-0,2 %	1.137	17 %
Cambio de Muro	-30.209	-	-1,6 %	-1.272	-16 %
Protecciones solares	13.055	> 20 años	0,7 %	812	12 %
Ventana DVH	31.418	> 20 años	1,7 %	960	14 %
Capacitación	10.500	3 años	0,6 %	4.148	58 %
<b>PMB</b>					
Cambio de Techo	-8.261,00	-	-0,4 %	-180	-6 %
Cambio de Muro	-18.249,00	-	-0,9 %	-784	-22 %
Protecciones solares	15.509	> 20 años	0,8 %	832	22 %
Ventana DVH	18.240	> 20 años	0,9 %	320	8 %
Capacitación	10.500	5 años	0,5 %	2.660	70 %

- La tasa de descuento o el tipo de interés mínimo esperado ( $k$ ). En este caso se utiliza un valor de 5 %, de acuerdo a lo indicado por OPP para proyectos de interés social.

A los efectos de tener un indicador que refleje de manera directa el retorno de la inversión, se calcula el período de repago, como el período necesario para que el VAN alcance un valor mayor que cero.

Para evaluar el impacto en los programas de la aplicación de estas medidas, se calcula la inversión en la MEE sobre el costo total de la vivienda.

Para evaluar el impacto en los hogares, se calcula el ahorro de cada medida en relación al consumo de acondicionamiento térmico requerido por la vivienda antes de la aplicación de la medida.

La síntesis de estos resultados se presenta en la Tabla 7.16

### Cambio de orientación

Como se ha indicado en secciones anteriores, la orientación es un elemento clave en el desempeño térmico de la vivienda. Según se resume en la Tablas 7.3 a 7.10, es posible lograr ahorros de 31 % en MEVIR y 58 % en PMB optimizando la orientación. Claramente muchas veces la orientación queda determinada por factores externos, pero estos altos valores de ahorro potencial indican que debe prestarse mucha atención al tema en el momento del diseño. Una buena alternativa podría ser la de definir diferencias en la tipología en función de la orientación del terreno en donde se ubicarán las viviendas.

## **Cambio de cubierta**

En el caso de MEVIR, el cambio de cubierta mejora la transmitancia térmica lo que produce ahorros de 17%. Debido a que la nueva cubierta tiene un costo menor a la anterior, la conveniencia de la medida es evidente.

En el caso de PMB, el cambio de cubierta aumenta levemente la transmitancia lo que produce un aumento de 6% en los consumos. El aumento en los gastos energéticos es pequeño comparado con el ahorro en la inversión inicial de \$Uy 8.261.

## **Cambio de muros**

Como se ha indicado, esta medida se planteó con la finalidad de un ahorro en la inversión inicial. Se observa que tanto en MEVIR como en PMB el aumento en los gastos energéticos es pequeño comparado con el ahorro en la inversión inicial. De todas formas el aumento en los gastos es significativo en términos porcentuales, lo cual indica que puede generar un impacto importante en la economía de los hogares.

## **Protecciones solares**

Se puede observar que se logran ahorros significativos en términos porcentuales, lo cual indica que puede generar impactos importantes en la economía de los hogares. Si bien el impacto de aplicación de la medida en el presupuesto del programa es casi despreciable, la evaluación económica indicaría que no hay un retorno adecuado de la inversión.

## **Ventanas DVH**

De manera similar al caso anterior, se puede observar que se logran ahorros significativos en términos porcentuales, lo cual indica que puede generar impactos importantes en la economía de los hogares. Si bien el impacto de aplicación de la medida en el presupuesto del programa es casi despreciable, la evaluación económica indicaría que no hay un retorno adecuado de la inversión.

## **Capacitación**

Como ya se ha mostrado, el comportamiento del usuario es un elemento clave en el desempeño térmico de la vivienda. En la Tabla se muestra que se logran ahorros de 58% en MEVIR y 70% en PMB cuando se realizan las simulaciones considerando un usuario que maneja de mejor forma la ventilación natural y las

protecciones solares. Pero a su vez, se puede afirmar que los costos de capacitación son muy bajos en relación a los costos de una vivienda. Eso implica, que la aplicación de esta MEE resulte totalmente conveniente desde el punto de vista de la evaluación económica.

## 7.8. Conclusiones

En este capítulo se desarrollaron modelos numéricos para simular el desempeño térmico de las viviendas, se calibraron en base a los resultados de las mediciones y se utilizaron para analizar tanto el desempeño de las viviendas según su diseño actual, así como diversas modificaciones en la envolvente. Se estudió también el efecto de la orientación respecto al sol y la influencia de los hábitos de los usuarios en los consumos de acondicionamiento térmico para permanecer dentro de los límites de confort. La simulación computacional, permitió evaluar de forma sistemática si las medidas generan ahorros en la demanda. Una vez determinados los ahorros energéticos de diversos escenarios, se realizó una evaluación económica de las diversas MEE.

A partir de los resultados se puede concluir que la orientación de la vivienda (sus aberturas), así como el comportamiento del usuario afectan en mayor medida las demandas comparado con las modificaciones constructivas analizadas, destacándose que el diseño actual de estas tipologías ya es eficiente.

Debido a la baja transmitancia de la envolvente de las tipologías estudiadas, las estrategias que tuvieron mayor preponderancia son las que influyen sobre las ganancias de calor por radiación solar, es decir la colocación de protecciones solares y el uso adecuado de la ventilación natural. También debe indicarse que las estrategias que vinculan hábitos son difíciles de manejar para efectuar políticas de eficiencia energética.

Por lo tanto, teniendo como finalidad generar ahorros energéticos, tiene mayor repercusión optimizar una orientación adecuada respecto al sol o influir en los hábitos (como ser el uso eficiente de las aberturas y las protecciones) de las personas que plantear modificaciones en la envolvente. Debido a que las demandas de calefacción y refrigeración de la tipología original ya son reducidas, en la evaluación económica se observó períodos de repago muy largos para algunas MEE como la inclusión de persianas o DVH en las aberturas vidriadas, siendo la capacitación de los usuarios la más beneficiosa.

Por otro lado, es altamente relevante identificar modificaciones en la envolvente que repercutan en ahorros de energía o ahorros económicos en la inversión inicial sin generar aumentos significativos en los consumos, pero que a su vez no dependan del comportamiento del usuario. De este modo, se obtienen ahorros independientemente de la familia que habite la vivienda. Dentro de esta estrategia la adecuada

orientación y el contar con protecciones solares serían de las primeras estrategias de diseño a implementar.

# Capítulo 8

## Medidas de eficiencia energética y las barreras para su implementación en los programas de vivienda social

### 8.1. Medidas de eficiencia energética

A partir del análisis de los criterios de diseño (Sección 3.2), las mediciones realizadas en las viviendas seleccionadas (Capítulo 6), del estudio del desempeño térmico a partir de simulaciones (Capítulo 7), así como las propias declaraciones de los usuarios (Capítulo 4), se desprenden una serie de medidas de eficiencia energética aplicables en viviendas de interés social, dentro de las cuales varias de ellas también pueden ser extrapolables a un universo de viviendas y usuarios más amplio. Las medidas seleccionadas tienen básicamente impacto sobre el diseño de la envolvente y en los hábitos de los usuarios. Se trata de que las medidas sean sencillas de implementar desde el punto de vista del diseño y la materialidad.

En primer lugar, es destacable como un aspecto positivo, la baja transmitancia térmica de la envolvente de las tipologías analizadas, las cuales satisfacen las exigencias municipales y del MVOT. Por la naturaleza del programa, las viviendas construidas con Plano Económico están sujetas a los materiales que finalmente el usuario decida utilizar, aunque las exigencias del programa también están sujetas a la normativa departamental y por ende las transmitancias deberían ser acordes. Por lo tanto, si bien existe un potencial de mejora, el cual repercute en ahorros energéticos en el acondicionamiento térmico, el mismo no es estrictamente necesario, existiendo otros aspectos a mejorar con mayor repercusión en el consumo. No obstante, se identificó y cuantificó el ahorro al mejorar la cubierta en la vivienda

de MEVIR, siendo esta superficie la que genera mayores ganancias de calor en el período caluroso y de mayores pérdidas en el período frío para la tipología analizada en las simulaciones. Los muros exteriores también pueden mejorarse, por ejemplo aumentando el espesor del aislante (por ejemplo poliestireno expandido o poliuretano proyectado), o bien podrían simplificarse (con una consecuente pérdida de eficiencia energética pero ahorro económico significativo en la inversión inicial) eliminando la hilera exterior de ladrillos (o bloques). Los impactos en los consumos totales generados por estas modificaciones en cada programa dependen del área expuesta de la envolvente opaca en cuestión, por lo cual no son independientes de la tipología. En los cerramientos vidriados, la incorporación (y su uso apropiado) de protecciones solares móviles (persianas) puede generar grandes ahorros en el acondicionamiento térmico de las viviendas. Esta medida está sujeta a la orientación solar de la abertura y a la interacción con el usuario. Por otra parte, la inclusión de aleros, debidamente diseñados según la orientación, también repercuten positivamente en los ahorros energéticos, siendo esta medida independiente del comportamiento del usuario y por lo tanto su efectividad tiene mayores garantías.

Otros aspectos no analizados, pero que pueden generar ahorros energéticos, son la optimización del tamaño y cantidad de aberturas (factor de hueco), terminación superficial de la envolvente opaca (emisividad, absorptividad, reflectancia y transmitividad de los materiales), cambios en el tamaño y distribución de espacios (diseño general del plano de las viviendas), modificaciones en el entorno (arbolado), aplicación de métodos constructivos no tradicionales (wood frame, steel frame, etc.). El análisis de estos aspectos podría dar lugar a otras investigaciones.

Otras medidas que no requieren de modificaciones en el plano de las viviendas, ni en los materiales utilizados, pero que a su vez generan mayores ahorros que los puntos descritos anteriormente, son la orientación de la vivienda (determinada por la cantidad y orientación de las aberturas) y el comportamiento (o hábitos) de los usuarios. Según se observa en los resultados de las simulaciones, la misma vivienda, con el mismo usuario, pero con diferente orientación requiere de demandas energéticas muy diferentes para su acondicionamiento térmico. Por lo tanto, realizar un análisis caso a caso de cómo quedan orientadas las aberturas antes de definir la implantación de la vivienda en el territorio, debería ser una práctica esencial con la finalidad de reducir futuros consumos y/o mejorar la calidad de la vida de los usuarios.

Por último, los hábitos o comportamiento del usuario (o familia usuaria) son fundamentales y determinantes en los consumos energéticos que debe sobrellevar. Respecto al acondicionamiento térmico y demandas de HVAC, la operación de apertura y cierre tanto de ventanas como de protecciones solares (exteriores y/o interiores), de forma tal que se maximicen o minimicen las ganancias por radiación según la conveniencia, así como generar pérdidas de calor con por medio de la ven-

tilación natural, influyen sustancialmente en los consumos. Según los resultados de las simulaciones, las modificaciones del comportamiento del usuario puede generar mayores ahorros que las modificaciones planteadas para la envolvente, siendo entonces el usuario un actor clave en las estrategias de eficiencia energética. Adicionalmente, según se infiere de las entrevistas a los usuarios y los relevamientos realizados en las viviendas, se detectaron hábitos poco eficientes en el uso de agua caliente sanitaria, desconociendo o ignorando el peso relativo que tiene el ACS sobre el consumo total de energía eléctrica del hogar. Paralelamente, las estrategias o posibilidades de adquisición y/o recambio de electrodomésticos generalmente prioriza la inversión inicial por sobre el consumo futuro de los equipos.

## **8.2. Barreras para la implementación de MEE**

Las barreras son los problemas que enfrentan los actores para aplicar medidas de eficiencia energética, las cuales pueden ser técnicas o de buenas prácticas. Para sortear o eliminar cada una de las barreras identificadas, se debe procurar acciones o instrumentos que lo posibiliten [100]. Las barreras pueden ser de índole económicas y/o financieras, institucionales u organizacionales, regulatorias, tecnológicas, de capacidades, de información y/o culturales.

En base al estudio llevado adelante en este proyecto, se destacan las siguientes barreras para la implementación de MEE en viviendas de interés social.

### **Barreras económicas y financieras**

La implementación de medidas de eficiencia energética generalmente supone un sobre costo inicial que necesariamente va en detrimento de otro tipo de inversiones. Varios técnicos y/o autoridades de los programas de vivienda consideran que los criterios de eficiencia energética como “accesorios” en la vivienda, los cuales compiten con otras cuestiones, como por ejemplo la seguridad. Sumado a la limitaciones en materiales constructivos o equipos que pueden o no ser incluidas en las viviendas, los recursos económicos acotados de los programas de vivienda social también se ven reflejados en la capacidad de realizar un seguimiento post obra, con talleres técnicos y apoyo de equipos del área social. Sumado a esto, en algunas ocasiones las barreras económicas también imposibilitan la inversión de recursos en repensar las tipologías o analizar mejoras. A pesar de esto, las simulaciones y la evaluación económica han mostrado que existen MEE que no implican un sobre costo inicial (orientación solar y usuario eficiente), sino más bien pequeños cambios de diseño. Es decir que el costo de inversión no llevaría a que no se efectúe la acción. Existen otras medidas que implican un ahorro desde la implementación tecnológica de esta medida, por ejemplo el cambio de techo. Esta medida de cambiar el techo, en

algunos rincones del país lleva a que no exista mercado local donde adquirirlo o dificulte la logística para llevarlo a esa localidad lo cual genera un sobre costo de flete, situación que debería evaluarse en cada caso.

En el mercado existen tecnologías de diseño eficientes energéticamente como la tecnología del doble vidrio hermético en su línea “Probba” por ejemplo pero la relación costo/ahorro podría ser discutible en su implementación.

Por otra parte ninguno de los entrevistados habla de alguno de los instrumentos financieros que podrían llegar a implementar al aplicar alguna medida de eficiencia energética, por ejemplo los certificados de eficiencia energética permiten obtener un ingreso monetario por las medidas de eficiencia energética que se hayan implementado. Entonces el desconocimiento de estas herramientas constituye una dificultad de acceso al financiamiento.

## **Barreras institucionales u organizacionales**

En cuanto a las barreras organizacionales hacen mención a los diferentes obstáculos de las propias instituciones para definir nuevas MEE. En los Capítulos 3 y 5, se abordaron estas barreras a partir del estudio de la normativa y la entrevista a técnicos y jefes.

En primer lugar, se entiende la importancia de que tanto técnicos como autoridades políticas tengan la misma concepción de la vivienda, en este sentido, se han hallado diferentes conflictos (sobre todo, en Plan Juntos) debido al desacuerdo de técnicos en la tipología transitoria y sin consideración de las particularidades de los usuarios de las viviendas a construir. En ese sentido, los técnicos argumentan la poca calidad de la vivienda en construcción y que bajo su experiencia son una minoría los usuarios que pueden refaccionar o adquirir una nueva vivienda en el futuro. Otro factor que influye es la claridad normativa de los objetivos que logra sintetizar la visión de la institución.

Otro aspecto a mejorar relevado por los técnicos y autoridades es la lentitud general de los procesos desde diseño de los proyectos de intervención hasta la obra, por lo que no se llega a responder a las necesidades de los usuarios a tiempo. En este sentido, MEVIR logra responder más rápidamente debido a pertenecer al derecho privado, por lo que no se ciñe a la normativa de licitación y compras de los organismos públicos.

Como puede observarse en el mapeo institucional las diferentes políticas de vivienda muestran un alto grado de complejidad debido a la pluralidad en materia de organización, donde participan diversas instituciones, por lo que existe cierto solapamiento en objetivos y población a atender por las organizaciones.

En cuanto a la relación con actores externos al interior de los cuatro programas abordados se releva que en general existe una compleja colaboración con diferentes organismos públicos y privados que sirven como soporte de las intervenciones.



Especialmente, se destacan dos aspectos particulares: (i) la importancia de la articulación con UTE para el armado de talleres de información sobre hábitos eficiente y (ii) experiencia de evaluación de las tipologías por parte de actores externos. En cuanto al primer punto, todos los técnicos han considerado la importancia de los talleres como forma de mejorar ciertos hábitos de los usuarios y donde se mejora la información que se tiene acerca de los equipos en sí mismos y de la utilización de ellos. Esto también se encuentra en las entrevistas a usuarios donde mencionan cómo a partir de los talleres mejoraron el uso de agua caliente y la búsqueda de hábitos más eficientes. En cuanto a la experiencia de evaluación, MEVIR menciona como principal fortaleza la posibilidad de poder evaluar cada seis meses aproximadamente las tipologías y prácticas utilizadas, a partir del incentivo de realización de tesis y otros trabajos de investigación académicos en MEVIR.

La relación entre las organizaciones y los usuarios es reforzada a partir de la tradición en el territorio, generando una mayor confianza entre ambos actores y refuerza la captación de los usuarios.

Por último, se valora positivamente la conformación de equipos técnicos interdisciplinarios que permitan el apoyo de los programas. Otra fortaleza mencionada por MEVIR ha sido el completo control en todas las etapas de construcción, por lo que se posee un conocimiento e injerencia en todos los detalles que puedan surgir.

## **Barreras regulatorias**

Si bien los cuatro programas analizados se rigen (constructivamente) por la normativa nacional y de las intendencias, a partir del análisis realizado en el Capítulo 2 y del propio testimonio de jefes de la Intendencia de Montevideo, la misma está desactualizada. Por lo tanto, la escasa o parcial regulación energética dificulta el establecimiento de estrategias de diseño para la eficiencia energética. Por lo que actualizar y generalizar en todo el territorio la normativa es relevante.

## **Barreras tecnológicas y de capacidades**

El hecho de realizar una misma tipología de forma sistemática garantiza la calidad de la misma, sumado a que optimiza tiempos y recursos. Este aspecto, también puede frenar los cambios, porque “tradicionalmente” se hace de una manera o se construye de una forma.

No obstante, la evolución de estrategias constructivas, así como de materiales y equipamiento exige a los programas a que deban actualizarse a fin de mejorar la eficiencia energética (entre otros). Por lo tanto, mantenerse actualizado en las posibilidades constructivas disponibles, así como poder analizar la viabilidad de incluirlas en los programas de vivienda y tener las capacidades técnicas para implementarlas, es otra de las barreras a sobrepasar para generar mejoras los diseños

que repercuten en la eficiencia energética de las viviendas. En este sentido, se aprecia un interés de todos los programas (con excepción del Plano Económico) por mantenerse actualizado aunque existe potencial de mejora. El sistema constructivo y materiales utilizados en el Plano Económico depende del conocimiento y posibilidades del usuario, ya que el sistema es integralmente por autoconstrucción.

## **Barreras de información y culturales**

Los aspectos culturales y de la información disponible de todos los actores involucrados en la construcción de vivienda social, así como políticas que hay detrás de estas repercuten en los consumos de energía que debe afrontar la familia usuaria.

En primer lugar, según fue destacado por los técnicos y autoridades entrevistados, y constatado por las simulaciones, los hábitos de los usuarios repercuten sensiblemente en el consumo de energía. De las entrevistas a los usuarios emerge que estos no siempre son conscientes de cómo su accionar puede influir, al punto de desconocer qué equipos son los que generan mayor consumo. Sumado a esto, algunos usuarios provienen de una situación de irregularidad en materia de consumo eléctrico, lo cual genera como herencia la disponibilidad y uso de equipos ineficientes. De este modo, la transición a la nueva vivienda requiere de un apoyo especial por parte de los equipos del área social así como instrumentos para acceder a equipos más eficientes. En este aspecto, los programas (con excepción de Plano Económico) realizan talleres post obra con la intención de influir en el uso racional de las instalaciones y los recursos. Por lo tanto, la falta o la escasez de información sobre medidas de ahorro de energía, son determinantes para llevar cualquier estrategia de diseño. Además, se aprecia que asociado con el desconocimiento de las medidas, también se desconoce el ahorro económico asociado al gasto en los energéticos que esto conlleva. También existe una deficiencia de información sobre el etiquetado de equipos disponibles en el mercado y cómo utilizarlos para tener un mayor ahorro.

Por otra parte, la trayectoria profesional e información disponible por los proyectistas (entre otros) al momento de diseñar y ejecutar la obra también repercute en los consumos futuros de energía. Por lo que es una barrera la falta de capacitación de los técnicos en estos temas.

## **Acciones para superar las barreras**

Dejando por fuera instrumentos o mecanismos existentes para aumentar la inversión en vivienda social, se identifican algunas alternativas que pueden viabilizar la adopción de medidas de eficiencia energética:

- Priorizar la búsqueda de medidas de eficiencia energética que no generen un sobre costo en la inversión, así como MEE con sobre costo bajo y modificaciones en las tipologías que pueden generar ahorros en la inversión sin repercutir en aumentos de consumo. Las modificaciones en la envolvente analizadas en las simulaciones intentaron reflejar esta óptica. No obstante existe un gran número de alternativas que no pudieron ser abarcadas.
- Actualizar normativa nacional y departamental en relación a requisitos energéticos en la construcción. Este cambio afecta positivamente no solo a las viviendas sociales, sino que también repercute en el resto del sector inmobiliario.
- Avanzar hacia el etiquetado energético de viviendas.
- Generar mayor vínculo entre instituciones con la finalidad de promover sinergias. En este aspecto Udelar puede colaborar por medio de proyectos de investigación y/o extensión.
- Identificar cuellos de botella en los procesos constructivos de los diferentes programas con la finalidad de acotar los tiempos.
- Trabajar con los usuarios, pensar el problema energético desde la óptica del usuario para entender qué motiva su comportamiento y de este modo poder generar soluciones acordes a su situación, generando un empoderamiento del uso eficiente de la energía.



# Capítulo 9

## Conclusiones generales

Si bien al final de cada tema o capítulo se sintetizaron las ideas o conceptos principales abordados, en este capítulo se sintetizan las conclusiones generales en su conjunto.

Esta investigación estuvo centrada en torno a la eficiencia energética de los programas de vivienda de interés social en el Uruguay con un enfoque interdisciplinario. Desde el área de las Ciencias Sociales (con colaboración de las otras áreas), el proyecto incorporó el estudio de tres elementos de interés: el mapeo institucional de la política de vivienda social entre los años 2010 – 2020, la recolección de información y análisis sobre los hábitos de uso de la energía por parte de los usuarios de cuatro programas de vivienda social (MEVIR, PMB, Plan Juntos, y Plano Económico de Montevideo), y las valoraciones de las autoridades políticas y técnicos responsables de los programas. Desde la Arquitectura e Ingeniería (con aportes desde el área social) se abordó la temática desde otro enfoque: relevamiento la normativa nacional e internacional relacionada a la eficiencia energética en edificios y equipos, análisis de los criterios de diseño de las tipologías a partir de los planos y memorias técnicas, relevamiento energético de viviendas en base a mediciones in situ, y análisis del desempeño térmico de las viviendas por medio de simulaciones, donde se analizaron medidas de eficiencia energética. Finalmente, de forma conjunta se determinaron las medidas de eficiencia energética aplicables a viviendas sociales, se identificaron las barreras que obstaculizan su implementación y se plantearon líneas de trabajo con la finalidad de sortear estas barreras.

### Normativa

Para implementar medidas de eficiencia energética, es necesario conocer cuales son los códigos y normas de diseño y construcción vigentes. En Uruguay, todavía no hay una normativa unificada a nivel país, sino que existen diversos requerimientos

de las intendencias. Los requisitos más exigentes son los de la Intendencia de Montevideo, y refieren a un valor máximo de transmitancia térmica de la envolvente opaca así como un área de huecos, transmitancia de vidriado y diseño de protecciones en función de las orientaciones. En cuanto a los equipos interiores, nuestro país presenta un grado de avance importante, donde el etiquetado de equipos es ampliamente difundido. La construcción de viviendas públicas en Uruguay tiene exigencias de transmitancias térmicas, así como horas de asoleamiento, entre otras. Sin embargo, otros países (de mayor extensión territorial y climas diversos) plantean distinciones en las exigencias según la zona bioclimática y niveles de exigencia de cumplimiento (mínimo, medio y recomendado). También es notorio su avance en el etiquetado energético de edificaciones en las últimas décadas, planteando exigencias en la iluminación, agua caliente sanitaria y sistemas de acondicionamiento térmico

## **Mapeo institucional**

Como es analizado en el capítulo 3, a nivel institucional, se observa la diversidad de programas que se enfocan en el problema de la vivienda en el Uruguay, todos ellos nucleados en la órbita del Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial (MVOT). Estos programas poseen una gran diversidad de objetivos, organización y financiación. Esta pluralidad surge en apoyo a la focalización de los programas, los cuales pueden tratar objetivos o poblaciones específicas – por ejemplo, MEVIR, enfocada a la vivienda rural. Sin embargo, la contracara supone la multiplicación de los costos en materia de coordinación y la posible superposición de programas. Este es un equilibrio complejo, y buena parte del esfuerzo en los últimos años desde el MVOT ha ido en esta dirección. Esta diversidad implica que dentro de los programas de vivienda existe cierta pluralidad en torno a la implementación de medidas de eficiencia energética, con diferentes niveles de desarrollo.

## **Importancia de hábitos de usuarios**

Cómo se destacó antes, los resultados en materia de eficiencia energética, dependen en buena medida de la relación entre los usuarios y las diferentes tecnologías. En el capítulo 4, se realizó un primer acercamiento a la temática en el Uruguay, utilizando una estrategia de investigación cualitativa en el marco de la pandemia mundial por COVID-19. En este sentido es importante destacar dos elementos: en primer lugar, que la situación en la que se realizaron las entrevistas es una situación atípica, si bien se intentó consultar a los usuarios respecto a su vida pre-pandemia y, en segundo lugar, que los resultados no son estadísticamente generalizables, si

bien otorga algunos insumos para pensar el problema.

A nivel central de las entrevistas a los usuarios, se observan tres elementos centrales: en primer lugar, los usuarios evalúan su confort en las viviendas de interés social de forma muy positiva, aun cuando reportan carencias en materia de bienestar o satisfacción (no sólo vinculado al uso de la energía) considerables. Esto ocurre a través de la comparación con situaciones previas que eran de extrema vulnerabilidad. Esto implica que la satisfacción del usuario, si bien deseable, no necesariamente implica un escenario de suficiencia en términos de la cobertura de derechos. En segundo lugar, se observa que la solución en materia de vivienda no necesariamente viene acompañada de mejoras en la relación con el mercado de trabajo y el ingreso por parte de los usuarios (si bien en ocasiones puede ser punto de contacto con otros programas sociales del Estado). En este contexto, la necesidad inmediata puede llevar a estrategias de supervivencia ineficientes, desde el punto de vista energético, en el mediano plazo. El caso paradigmático es el uso de lámparas incandescentes en lugar de las de bajo consumo. En este caso, UTE prevé este problema y ofrece de forma gratuita este tipo de insumo en los programas de vivienda, sin embargo, problemas de tipo similar ocurren con otros objetos de consumo y hábitos. Finalmente, se observa que la mayoría de los usuarios que recibieron algún tipo de instrucción respecto al uso de la vivienda lo traen a colación en las entrevistas. Esto puede ser indicador de la utilidad de la aplicación de talleres o instancias informativas para la incorporación de hábitos de uso eficiente. Especialmente, los usuarios de MEVIR demuestran una mayor conformidad debido al seguimiento e instancias formativas que presenta el programa.

## **Valoraciones de autoridades políticas y técnicos responsables de los programas**

Finalmente, en base a la información acumulada en los estudios anteriores, se realizaron entrevistas con autoridades de los programas y del ministerio, con el objetivo de conocer las posibles barreras a la implementación de medidas de eficiencia energética. Uno de los problemas centrales que mencionan las autoridades, se relaciona con la escasez de recursos. Esto no significa, necesariamente, que los programas cuenten con pocos recursos o que estén desfinanciados, sino que los recursos son finitos a la hora de atacar un problema que tiene soluciones costosas y que involucra a un número no menor de individuos y familias. Es decir, se encuentra que los recursos escasos llevan a una priorización de otros elementos de la vivienda ante criterios de eficiencia energética. Sin embargo, especialmente MEVIR muestra que existen diferentes mejoras en el plano organizacional que puede llevar a una mejora de la eficiencia energética, sin que implique un cambio en los

recursos.

Estos diferentes aspectos organizacionales que han surgido en las entrevistas se refieren a: (i) la actualización de los detalles constructivos de la normativa, (ii) la relación con la academia para impulsar una evaluación constante de diseño e implementación de tipologías, (iii) establecimiento de objetivos concretos, (iv) lineamientos de diseños de las viviendas basados en el enfoque de derechos e (v) importancia de considerar los hábitos de los usuarios, así como los feedbacks que puedan establecer. En cuanto al primer punto, los técnicos entienden que se releva una normativa desactualizada acerca de los detalles constructivos y que incorpora escasamente criterios de eficiencia energética, en este sentido, una mejora de la normativa nacional y de las intendencias podría mejorar la eficiencia energética de las viviendas. Esto se puede visualizar en que los objetivos de los programas no se hace mención a la eficiencia energética. Por otra parte, la experiencia de MEVIR podría indicar los beneficios que conlleva estimular la investigación académica en las medidas y construcciones tomadas por la institución que llevaría a una evaluación constante de las tipologías utilizadas. En cuanto a los puntos que hacen mención a la claridad de los objetivos y la importancia del enfoque de derechos, se encuentra que tanto técnicos como autoridades entienden la importancia de establecer viviendas de calidad y que se adecuen a las necesidades de los usuarios, sobre las viviendas transitorias, ya que se considera que aumenta el confort de los usuarios, en comparación con las viviendas diseñadas para un uso transicional. De hecho, esta discusión se ha procesado en el Plan Juntos, luego de que varios técnicos hayan mostrado disconformidades con el diseño de las viviendas y la falta de soluciones ante las necesidades particulares de los usuarios. Por último, se releva la importancia de tener en cuenta las opiniones de los usuarios, como forma de responder de mejor forma a las particularidades de la familia y las necesidades que se presenten. Para ello, es importante la generación de estabilidad y tradición en el territorio fomentando una mayor confianza entre usuarios y la propia organización.

## Relevamiento y mediciones

Tres viviendas, de diferentes programas (MEVIR, PMB y Plano Económico), permitieron al equipo de investigación realizar monitoreos durante dos semanas en el período frío del año. No se midió en una tipología del plan Juntos por no existir una vivienda construida en la época de mediciones. De este modo se registraron medidas de temperatura de bulbo seco, humedad relativa, niveles de iluminación, consumos eléctricos de equipos específicos, infiltraciones (con la colaboración de la DNE), así como un relevamiento general de las instalaciones de la vivienda y una entrevista al jefe de hogar. Estos relevamientos, los cuales fueron la base fundamental para la validación de los modelos numéricos, pero que también son



un resultado en sí mismos, permitieron observar y cuantificar varios aspectos. En primer lugar las mejoras (en términos de horas de confort) que se obtienen dentro de las viviendas respecto a las condiciones exteriores, lo cual es especialmente favorable en viviendas que destinan pocos recursos económicos para el acondicionamiento térmico. También se determinó una subutilización del recurso solar, el cual puede ser explotado de forma más eficiente para mejorar tanto la iluminación como la calefacción. Además la calidad de aberturas fue aceptable (en cuanto a infiltraciones) donde las de PMB (serie 25) presentaron mejor desempeño que las de MEVIR (serie 20). Por último, se determinó el peso relativo de diversos electrodomésticos sobre el consumo total de energía eléctrica, donde se destaca que claramente el ACS es el más significativo.

## **Desempeño térmico de viviendas por medio de simulaciones**

Para los programas (MEVIR y PMB) que presentan mayor potencial en la implementación de medidas de eficiencia energética, porque sus tipologías no se condicionan por un entorno que depende del usuario (plano económico) o porque las tipologías todavía no se han construido o validado (plan Juntos), se simuló su desempeño térmico. Se simuló el desempeño térmico de estas dos tipologías, a lo largo del año típico bajo las condiciones climáticas de Montevideo, permitió determinar demandas de acondicionamiento térmico (calefacción y refrigeración) requeridas para mantenerse dentro de las condiciones de confort (adaptativo). Se analizaron los cambios en las demandas al variar las orientaciones, así como los hábitos de los usuarios y modificaciones en la envolvente. Además se identificaron ganancias y pérdidas de calor por los diferentes tipos de superficies, el efecto de las infiltraciones y ventilación sobre los consumos, entre otros. En base a los resultados de las simulaciones, ambas viviendas mostraron un buen desempeño térmico, el cual se justifica por las transmitancias bajas, tanto en los cerramientos horizontales como verticales. Se observó que la orientación de las aberturas, así como la manipulación de las mismas (ventilación natural y optimización del recurso solar) son muy influyentes en los consumos de acondicionamiento térmico. Estos aspectos, los cuales en principio no requieren de un sobre costo de inversión, pueden generar mayores ahorros que las modificaciones de la envolvente analizadas. En cuanto a las modificaciones de la envolvente y los resultados obtenidos se destaca que MEVIR tiene un potencial de mejora en la cubierta, mientras que en PMB la incorporación de protecciones solares exteriores puede representar ahorros significativos. Debido a los buenos desempeños de las viviendas, se analizó también el escenario con muro simple y aislación (eliminando la fila exterior de ladrillos

o bloques) con la premisa de reducir costos de inversión inicial (que pueden ser utilizados para incluir otras MEE) sin perder eficacia. Los resultados muestran que si bien las ganancias y pérdidas netas de calor por la pared no se ve modificada sensiblemente, los cambios en las temperaturas interiores hacen que aumenten los consumos de climatización. Además se analizó el efecto de incluir DVH en las aberturas, lo cual repercutió positivamente tanto en invierno como verano. Por un lado, las medidas de eficiencia energética que su efectividad es independiente de los hábitos del usuario resultan más atractivas. Por otro lado, observando los beneficios que se pueden conseguir con pequeños cambios en la interacción entre el usuario y la vivienda, resulta de gran interés inferir sobre estos para generar buenas prácticas. En lo que refiere a la evaluación económica de las MEE analizadas, realizado por medio del VAN y período de repago, la tipología de MEVIR presenta un potencial de ahorro (tanto en inversión como en consumo) cambiando la cubierta por isopanel. Sumado a esto, la MEE con período de repago reducido (en ambas tipologías) es la capacitación de los usuarios para inferir en sus hábitos. Otras modificaciones, como la inclusión de persianas o VDH, si bien generan ahorros, el período de repago es mayor a 20 años.

## **Barreras para la implementación de MEE**

A nivel general se observa que Uruguay tiene una institucionalidad adecuada para la implementación de medidas de eficiencia energética. Por su parte, los usuarios parecen dispuestos a la incorporación de nuevos hábitos, en la medida en que sean ofrecidos los materiales y explicaciones adecuadas a partir de los talleres. La toma de decisiones dependerá fundamentalmente de los costos de implementación de este tipo de medidas y de su impacto sobre la cantidad de soluciones ofrecidas. El análisis económico muestra que existen medidas que no tienen costos económicos asociados, pero su implementación implica un cambio y capacitación de los técnicos y las instituciones. Esta es una discusión que deberá darse a futuro tanto a nivel de investigación empírica como a nivel de diseño de la política pública.

# Bibliografía

- [1] Dirección Nacional de Energía. Balance energético 2017. Technical report, Ministerio de Industria Energía y Minería, 2017.
- [2] Alicia Picción, Magdalena Camacho, María López, and Sara Milicua. Pautas de diseño bioclimático para optimizar condiciones de confort y uso de energía en el sector residencial financiado por organismos públicos, para Uruguay, caso de clima complejo, 2009.
- [3] Convenio entre el Ministerio de Desarrollo Social y la administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas, 2015.
- [4] Fase Piloto 2013-14 del Programa de Canasta de Servicios.
- [5] Amand Blanes, Martín Koolhaas, and Mathías Nathan. Estimaciones y proyecciones de la población de Uruguay: metodología y resultados. Revisión 2013. Technical report, Instituto Nacional de Estadística (INE), 2014.
- [6] Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. Plan Quinquenal de Vivienda 2015-2019. 2015.
- [7] Miguel Valles. *Técnicas Cualitativas de Investigación Social*. Editorial Síntesis, Madrid, 1999.
- [8] Antonia Jesús Angulo Guerrero. Los permisos de emisión negociables como instrumento de política ambiental y su aplicación en España. *Revista Desarrollo Local Sostenible*, 3, 2010.
- [9] Claudio Carpio, Manlio F. Coviello, Mentor Poveda, Luiz Augusto Horta, José Peña, Alba Gamarra, and Bolívar Santana. Situación y perspectivas de la eficiencia energética en América Latina y El Caribe. Technical report, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2009.
- [10] J. HUANG, J. DERINGER, M. KRARTI, and J. MASUD. Development of Residential and Commercial Building Energy Standards for Egypt. In *Energy Conservation in Buildings Workshop*, Kuwait, 2003.

- [11] Gabriela Reus-Netto and Jorge Daniel Czajkowski. Comparación entre las normas de desempeño térmico edilício de Argentina y Brasil. *Ambiente Construído*, 16(1):105–122, 2016.
- [12] 2ª Jornada Nacional de Eficiencia Energética. Technical report, Dirección de Programas en los Sectores Residencial Comercial y Público, 2017.
- [13] Meier. What is an Energy-Efficient Building? Foz do Iguaçu, 2002. IX ENCAC.
- [14] Paola Yañez Paola Méndez, Carlos Echevarría , Cristian Yañez , Paula Colonelli, Adelqui Fissore , Ricardo Pimentel , Arturo Leiva. Propuestas Para Un Programa De Eficiencia Energetica En Viviendas Existentes En Chile. *Bid*, 2015.
- [15] Manual de Aplicación de la Reglamentación Térmica, 2006.
- [16] ORDENANZA GENERAL DE LA LEY GENERAL DE URBANISMO Y CONSTRUCCIONES, 2019.
- [17] Waldo Bustamante and Yoselin Rozas. Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social. Technical report, 2009.
- [18] Peter Gowan and Ryan Cooper. Social Housing in the United States. Technical report, People’s Policy Project, 2018.
- [19] L. Pérez-Lombard, J. Ortiz, R. González, and I. R. Maestre. A review of benchmarking, rating and labelling concepts within the framework of building energy certification schemes. *Energy and Buildings*, 41(3):272–278, 2009.
- [20] S. Goulart. Levantamento da experiênci internacional. Experiencia europea. Florianopolis, Brasil, 2005.
- [21] E. Maldonado. The Impacts of the EPBD upon the summer performance of buildings. In: International Conference Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment. In *Palenc Conference*, Grecia, 2005.
- [22] AIE. Energy Balances of OECD Countries. Technical report, Agencian Internacional de la Energía, Paris, 2011.
- [23] Pablo Bustelo. Japón: seguridad energética con alta dependencia externa y desnuclearización progresiva. Technical report, Real Instituto Elcano Área: Asia Pacífico, Madrid, 2011.

- [24] Ministerio de Industria y Minería (MIEM). Uruguay: Política Energética 2005-2030. *Dirección Nacional de Energía*, 2008.
- [25] Ministerio de Industria Energía y Minería (MIEM). Plan Nacional de Eficiencia Energética 2015-2024. *Eficiencia energética*, pages 1–112, 2017.
- [26] MVOTMA. Reglamento de Producto.
- [27] MVOTMA. Documento de Aptitud Técnica, 2011.
- [28] Dinavi. Estandares de Desempeño y Requisitos para la Vivienda de Interés Social. Technical report, Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, 2011.
- [29] Primer informe sobre eficiencia energética. Technical report, Congreso de Intendentes, 2017.
- [30] H Rubin and I Rubin. *Qualitative Interviewing: the art of hearing data*. Sage, 1995.
- [31] Instituto Nacional de Estadística e Informática. Condiciones de Vida en Montevideo: 2do semestre 2008. Technical Report 1, Serie Documentos Temáticos N°1 Departamento de Estudios Sociodemográficos, 2013.
- [32] I Nuñez. Programa de Soluciones Habitacionales para Jubilados y Pensionistas del BPS: Principales características de los beneficiaries. Technical report, Asesoría General en Seguridad Social, 2013.
- [33] C Midaglia. Entre la tradición, la modernización ingenua y los intentos de refundar la casa: la reforma social en el Uruguay de las últimas tres décadas. Retos para la integración social de los pobres en América Latina. Technical report, CLASCO, Buenos Aires, 2009.
- [34] Alicia Picción. Evaluación del comportamiento térmico de construcciones livianas en clima templado, 2007.
- [35] Intendencia de Montevideo. Memoria constructiva vivienda popular, 2019.
- [36] MEVIR. Memoria para el Futuro. MEVIR, el camino recorrido 2015 – 2020. Technical report, MEVIR, Montevideo, 2020. <http://www.mevir.org.uy/index.php/institucional/documentos>.
- [37] J. Cardeillac, P. Mascheroni, and R. Vitelli. Investigación sobre definición operativa de la población rural con fines estadísticos en el Uruguay. Technical report, 2016.

- [38] Lidia Melendres. Estructura y composición de los hogares uruguayos: censos 2011. *CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe*, 2019.
- [39] Joaquín Cardeillac Gulla and Agustín Juncal Pérez. Estructura agraria y trabajo en un contexto de cambios: el caso de Uruguay. *Mundo Agrario*, 18(39), 2017.
- [40] D. Piñeiro and J. Cardeillac. Población Rural en Uruguay, aportes para su reconceptualización. *Revista de Ciencias Sociales*, 27(34):53–70, 2014. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4536/453644795004>.
- [41] INE. Línea de pobreza e indigencia 2006. Technical report, 2006.
- [42] V. Borrás. Multidimensionalidad de la pobreza en Uruguay, 2006-2013: Análisis en cuatro dominios geográficos. *Revista de Ciencias Sociales*, 30(40):13–42, 2016.
- [43] UEMAI–MEVIR. Pobladores de MEVIR: una aproximación a sus condiciones de vida. Technical report, 2009.
- [44] F. Scodelaro and C. Kremer. Programa de Mejoramiento de Barrios III. Estudio de impacto ambiental y social. Technical report, MVOTMA-PMB, 2018.
- [45] PMB-PIAI. Cartografía de asentamientos informales. Technical report, MVOTMA, Montevideo, 2011.
- [46] TECHO. Relevamiento Nacional de Asentamientos: el acceso al derecho a la vivienda y el hábitat en Uruguay. Technical report, TECHO Uruguay, 2019.
- [47] INE. Ficha técnica Encuesta Continua de Hogares. Technical report, Instituto Nacional de Estadística, 2020.
- [48] F. Pucci, S. Nión, and S. Mannise. La regulación autónoma del riesgo: el caso de una empresa papelera. *El Uruguay desde la Sociología*, 12, 2014.
- [49] J. Morse. Designing funded qualitative research. In *Handbook of qualitative research*. Sage, 1994.
- [50] K. Eisenhardt and M. Graebner. Theory building from cases: opportunities and challenges. *Academy of Management Journal*, 50(1), 2007.
- [51] G. King, R. Kehoane, and S Verba. El diseño de la investigación social: La inferencia científica en los estudios cualitativos. Technical report, 2005.

- [52] W. R. Shadish, T. D. Cook, and D. T. Campbell. Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference, 2002.
- [53] R. Bertoni, M. Camou, S. Maubrigades, and C. Román. Energía y Bienestar en Uruguay: electricidad y calidad de vida en el siglo XX. In *Primer Congreso Latinoamericano de Historia Económica*, Montevideo, 2007.
- [54] W. Cabella, M. Fernández, and V. Prieto. Las transformaciones de los hogares uruguayos vistas a través de los censos de 1996 y 2011, 2015.
- [55] G. Morales. La domótica como herramienta para un mejor confort, seguridad y ahorro energético. *Ciencia e Ingeniería*, 32:39–42, 2011.
- [56] A. Fiszbein, I. Adúriz, and P. I. Giovagnoli. El impacto de la crisis argentina en el bienestar de los hogares. *CEPAL*, 2003.
- [57] J. Calvo. Atlas sociodemográfico y de la desigualdad del Uruguay. Facículo 1. Las Necesidades Básicas Insatisfechas a partir de los Censos 2011, 2013.
- [58] N. CEPAL. Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de la República Oriental del Uruguay, 2015.
- [59] L. E. Juanicó and I. Bove. Estrategias de Ahorro Energético en Hogares: ¿Termotanque Eléctrico o Gas? *Ciencia y Tecnología*, 19, 2019.
- [60] Patrik Thollander, Jenny Palm, and Patrik Rohdin. Categorizing Barriers to Energy Efficiency – an Interdisciplinary Perspective. In Jenny Palm, editor, *Energy Efficiency*, chapter 3. IntechOpen, Rijeka, 2010.
- [61] Susanne Bodach and J. Hamhaber. Energy efficiency in social housing: Opportunities and barriers from a case study in Brazil. *Energy Policy*, 38(12):7898–7910, 2010.
- [62] Harald Winkler, Randall Spalding-Fecher, Lwazikazi Tyani, and Khorommbi Matibe. Cost-benefit analysis of energy efficiency in urban low-cost housing. *Development Southern Africa*, 19(5):593–614, 2002.
- [63] Jean Baptiste Harguindeguy. *Análisis de políticas públicas*. Taurus, Madrid, 2015.
- [64] Altair Magri. El Plan Juntos de emergencia habitacional en Uruguay. Respuestas gubernamentales cuando el Estado no alcanza sus metas. *Revista de Ciencias Sociales*, 26:133–155, 2013.
- [65] Juno Dente and Joan Subirats. *Decisiones Públicas*. Barcelona, 2014.

- [66] K. Sun, D. Yan, T. Hong, and S. Guo. Stochastic modeling of overtime occupancy and its application in building energy simulation and calibration. *Building and Environment*, 79:1–12, 2014.
- [67] ASHRAE. ASHRAE Guideline 14-2002 for Measurement of Energy and Demand Savings, 2002.
- [68] Verónica Chauvie. Estudio de programas de simulación térmica de edificios para el clima de la ciudad de Montevideo: Simedif, Arquitrop y Seti. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA)*, 8:115–120, 2004.
- [69] FADU. Repartido de Tablas de Acondicionamiento Térmico AT01, 2003.
- [70] A. PICCIÓN, M. CAMACHO, G. CHEIRASCO, M.N. LÓPEZ, and S. MILLICUA. Zonas variables de confort térmico para edificios naturalmente acondicionados en Uruguay. In *VII Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construido*, Buzios, 2011.
- [71] Degree Days. <https://www.degree-days.net/calculation>.
- [72] Alfonso Godoy-Muñoz. Validación y calibración de la simulación energética de edificios. La importancia del análisis de sensibilidad e incertidumbre. Technical report, UPC, 2015.
- [73] ASHRAE. ASHRAE Guideline. Measurement of Energy, Demand, and Water Savings, 2014.
- [74] R Judkoff, D Wortman, B O’Doherty, and J Burch. A methodology for validating building energy analysis simulations. Technical Report April, 2008.
- [75] Big Ladder Software; Elements software v.1.0.6, 2016. <https://bigladdersoftware.com/projects/elements/>.
- [76] Atmospheric Monitorin Service. CAMS Radiation Service. <http://www.soda-pro.com/web-services/radiation/cams-radiation-service>.
- [77] UNIT-ISO. UNIT-ISO 1150. Desempeño térmico de los edificios de uso residencial. Diseño de la envolvente. Parámetros y guías para el cálculo, 2010.
- [78] UNIT-ISO. UNIT-ISO 10456. Materiales y productos para edificación - Propiedades higrotérmicas - Valores de diseño tabulados y procedimientos para determinar los valores térmicos de diseño y declarados., 2007.
- [79] UNIT-ISO. UNIT-ISO 1158. Muros y mampuestos para muros. Métodos para determinar los valores térmicos de proyecto, 2007.



- [80] NBR. NBR15575-1 Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais.
- [81] Ministerio de vivienda. Código Técnico de la Edificación, 2006.
- [82] Base de datos del programa HTERM.
- [83] Pierre Lavigne, Paul Brejon, and Pierre Fernández. Confort Y Clima. In Universidad De Talca, editor, *Arquitectura Climática: Una Contribución Al Desarrollo Sustentable. Bases Físicas*. Talca, 2003.
- [84] R Rivero, M Aroztegui, M.C. Girardin, and R Musso. Repartido Cátedra de Acondicionamiento Térmico (comp), 2002.
- [85] UNE-EN. UNE-EN 13829:2002. Aislamiento térmico. Determinación de la estanquidad al aire en edificios. Método de presurización por medio de ventilador., 2002.
- [86] P L Curto-Risso, Federico Favre, Maria Noel López, Lucía Pereira, Sofía Gervaz, Pedrio Galione, and Alicia Picción. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL. Situación actual y evaluación de estrategias de mejoramiento para distintas condiciones climáticas en el Uruguay. Technical report, Fing-FADU, UdelaR, Montevideo, 2020.
- [87] ASHRAE. ASHRAE Standard 55-2017 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, 2017.
- [88] R. Escandón, R. Suárez, J.J. Sendra, F. Ascione, N. Bianco, and G.M. Mauro. Predicting the Impact of Climate Change on Thermal Comfort in A Building Category: The Case of Linear-type Social Housing Stock in Southern Spain. *Energies*, 12:2238, 2019.
- [89] Alicia Picción. Un aporte a la eficiencia energética a partir del estudio de condiciones de confort térmico y lumínico en edificios de uso discontinuo para condiciones de clima templado. Estudio de casos, 2011.
- [90] Tu Tiejmo. <https://www.tutiempo.net/eclipses-solares/>.
- [91] Facultad de Arquitectura. Acondicionamiento Térmico, 2002.
- [92] Inumet. Estadísticas climatológicas: Características climáticas.
- [93] Climate Consultant. <http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu/climate-consultant/request-climate-consultant.php>.

- [94] Francisco Manzano-Agugliaro, Francisco G. Montoya, Andrés Sabio-Ortega, and Amós García-Cruz. Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49:736–755, 2015.
- [95] Agencia Reguladora de Compras Estatales. Compras estatales.
- [96] J. C. Caviglia. Análisis de costos y presupuestación de obras. Technical report, Montevideo, 1999.
- [97] Banco de Previsión Social. Régimen Construcción. <https://www.bps.gub.uy/837/regimen-construccion.html>.
- [98] Ana Cristina Rainusso. Costos de componentes de obra. Technical report, 2019. <https://costos.todouy.com/>.
- [99] Instituto Nacional de Estadística. Índice de Costos de la Construcción, 2021.
- [100] Daniel Bouille, Aliosha Behnisch, Gonzalo Bravo, Nicolás Di-Sbroiavacca, Hilda Dubrovsky, Francisco Lallana, Gustavo Nadal, Hector Pistonesi, Marina Recalde, Beno Ruchansky, Raúl Landaveri, Alejandra Romano, and Ignacio Sagardoy. Propuesta del Plan Nacional de Eficiencia Energética Argentina. Technical report, 2021.
- [101] B. Givoni. Passive cooling of buildings by natural energies. *Energy and Buildings*, 2(4):279–285, 1979.
- [102] Baruch Givoni. Conservation and the use of integrated-passive energy systems in architecture. *Energy and Buildings*, 3(3):213–227, 1981.
- [103] Givoni B. Comfort, climate analysis and building design guidelines. *Energy and Buildings*, 18:11–23, 1992.
- [104] Baruch Givoni. Indoor temperature reduction by passive cooling systems. *Solar Energy*, 85(8):1692–1726, 2011.

# Anexos A

## Leyes, decretos y resoluciones

Se listan las leyes, decretos y resoluciones vinculadas a los instrumentos de promoción de la Eficiencia Energética.

### Leyes

Ley N°16.906 del 07-01-1998: Declaratoria de interés nacional para la promoción y protección de las inversiones realizadas por inversores nacionales y extranjeros en el territorio nacional.

### Decretos

Decreto N°46-016 del 16-02-2016: Se aprueba el Manual de Certificados de Eficiencia Energética.

Decreto N°317-015 del 30-11-2015: Se crea el Registro de Agentes Certificados de Ahorro de Energía que funcionará, será organizado y administrado por el MIEM a través de la Dirección Nacional de Energía (DNE).

Decreto N°74-013 del 04-03-2013: Incorpora a la lista de excepciones al arancel externo común (AEC) a las lámparas fluorescentes compactas (LFC) con casquillo integrado E14 y E40.

Decreto N°354-009 del 03-08-2009: Promoción de la conversión de equipos y/o incorporación de procesos destinados al Uso Eficiente de la Energía y de los servicios brindados por ESCO.

Decreto N°443-008 del 17-09-2008: Establece modificaciones al Decreto 455/007 de la Ley N°16.906 de Promoción de Inversiones en cuanto a plazos y criterios.

Decreto N°455-007 del 26-11-2007: Nueva Reglamentación de la Ley N°16.906 de Promoción de Inversiones que amplía los beneficios fiscales a los que puede acceder una inversión.

## Resoluciones

Resolución MIEM del 04-02-2016: Requisitos para la presentación de proyectos al FEE.

Resolución MIEM del 23-09-2015: Aprueba la celebración del Convenio de cooperación entre el MIEM y la CND y la modificación del contrato de fideicomiso de garantía específico FEE.

Circular DNE-MIEM: Aclaración sobre las actividades comprendidas dentro del ámbito de las ESCO y la aplicación del beneficio dispuesto en el artículo 1 del Decreto N°354/009 por el literal G en el marco de la Ley N°16.906 del 7 de enero de 1998.

Categorización de empresas ESCO: Resolución que establece que, para poder pasar a la categoría A y mantenerse, las ESCO interesadas deben presentarse a la categorización de ESCO del MIEM y cumplir con los requerimientos que se establecen en cada convocatoria. Las ESCO A pueden acceder a los beneficios otorgados por el Decreto N° 354/009.

## Anexos B

# Recomendaciones de medidas de eficiencia energética

En este anexo se sintetiza las principales recomendaciones realizadas por el MIEM, UTE, ENFORCE y una descripción de la carta bioclimática de Givoni (con sus aplicaciones para obtener condiciones de confort).

### B.1. MIEM - Eficiencia Energética

El MIEM, a través de su Área Demanda, Acceso y Eficiencia Energética, presenta una serie de canales de difusión con una amplia gama de informes, materiales didácticos, videos y consejos o “tips” de buenas prácticas relacionadas a medidas de eficiencia energética tanto en el diseño de las instalaciones, como criterios para la adquisición de equipos y el modo de uso de los mismos (sitio web, facebook, youtube). También presentan herramientas para la estimación de consumo de energía para la calefacción, ACS y cocción con diferentes fuentes, con su costo monetario asociado, y una herramienta para la evaluación del riesgo de ocurrencia de condensación. Las recomendaciones pueden ser categorizadas en: agua caliente sanitaria (ACS), conservación de alimentos (heladeras), acondicionamiento térmico del ambiente (calefacción y refrigeración), iluminación, cocción y lavarropas, donde el diseño y acondicionamiento de la envolvente afectan varias de estas. Algunas de las recomendaciones dadas se enumeran a continuación:

**Agua caliente sanitaria.** Elegir el equipo adecuado para el uso, evitar sobredimensionar el equipamiento. Evitar instalar el termostato eléctrico al aire libre y expuesto a flujos de aire. Es deseable que el calefón se encuentre en el interior de la vivienda (dentro de un placard o armario). Regular el termostato a una temperatura máxima de 60°C. Darse baños ágiles. En algunos

casos, el uso de un timer en calefones permite reducir significativamente el consumo de energía eléctrica. Tratar de minimizar el uso de agua caliente proveniente de termotanques eléctricos para el lavado de vajilla y otros usos para los que no sea necesario. Aplicar aislamiento térmico en las cañerías por donde circula agua caliente. Instalar un colector solar o dejar previstas las cañerías para una futura instalación durante una obra o reforma.

**Comentarios.** Si bien el simulador para el cálculo estimado de consumo contempla varias fuentes para la producción de ACS (electricidad, gas natural, GLP, leña y solar), el MIEM no menciona en sus recomendaciones el uso de equipos a gas (instantáneos o de acumulación) ni a leña. Respecto a los equipos eléctricos no se mencionan los termotanques con bombas de calor. Tampoco hacen sugerencias sobre la distancia entre el termotanque el (los) pico(s) de consumo ni se hace referencia al consumo de agua caliente para el lavado de manos y dientes.

**Conservación de alimentos.** Colocar el refrigerador en un lugar con suficiente espacio para permitir la circulación de aire por la parte posterior. Verifica que la puerta de la heladera cierra herméticamente y que no existen fugas a través de las aberturas. Evita tener la puerta abierta por mucho tiempo. No guardar los alimentos calientes en la heladera. Usar la temperatura correcta para conservar los alimentos. Mantener los alimentos cubiertos. Descongelar con regularidad el congelador si es de deshielo manual. Limpiar periódicamente la parte trasera del refrigerador (especialmente el condensador). Si el refrigerador tiene más de 20 años, considerar que el aislamiento térmico probablemente no se encuentre brindando prestaciones adecuadas desde el punto de vista de la eficiencia del equipo. Comprar el refrigerador de tamaño adecuado al uso que se le dará. Evitar adquirir refrigeradores de baja eficiencia.

**Acondicionamiento térmico del ambiente** Aislar los ambientes y aprovechar los fenómenos climáticos para que el hogar sea energéticamente más eficiente. Mantener la habitación cerrada mientras los equipos están funcionando. Si se utiliza estufa a gas o estufa a leña de hogar abierto es recomendable mantener algún tipo de ventilación. En caso de comprar un acondicionador de aire comprobar que sea de la capacidad necesaria. Equipos de mayor o menor potencia redundan en mayor consumo. Regular la temperatura de los acondicionadores de aire en invierno a 21°C o menos y en verano a 25°C o más. Limpiar y hacer mantenimiento periódico de los equipos. Siempre desconectar o apagar el equipo cuando abandones la habitación. En invierno utilizar el calor solar para calefaccionar los ambientes durante el día, en verano cerrar cortinas y persianas para evitar este efecto. Utiliza aislantes

térmicos, el correcto aislamiento en techos y paredes permite ahorrar hasta 50 % de la energía que se utiliza para la calefacción. Evita las infiltraciones por puertas y ventanas asegurando que cierren adecuadamente y sellándolas con burletes. Minimizar puentes térmicos. En el caso de una remodelación cambiar las ventanas y utilizar DVH con ruptura térmica. En vez de usar aire acondicionado en verano aproveche la ventilación natural cruzada, ventilando en las horas de la noche.

**Comentarios.** Si bien la mayoría de las recomendaciones dadas son genéricas y aplicables a diversos sistemas de calefacción, sería interesante que se presentará los diversos sistemas de acondicionamiento con sus principales ventajas y desventajas. Algunas de la recomendaciones dadas son presentadas también en la carta bioclimática de Givoni que se explicará más adelante.

**Iluminación.** Sustituir las lámparas incandescentes y halógenas por tubos fluorescentes, lámparas fluorescentes compactas (de bajo consumo) o LED. Apagar la luz al retirarse de un ambiente y al salir del hogar. Limpiar lámparas y luminarias porque el polvo bloquea la luz que emiten y reduce su rendimiento lumínico. Promover zonas de luz natural. Apagar las lámparas cuando hay luz solar. A la noche iluminar únicamente la tarea específica que se está realizando y no toda la habitación. Utilizar “dimmers” para regular el nivel de iluminación al mínimo necesario. Pintar las paredes y techos con colores claros.

**Lavarropas.** Lavar la cantidad de ropa indicada en el manual del lavarropa como máximo permisible. Si se pone menos gastará agua y electricidad de más, y si se pone más, la ropa quedará mal lavada y se puede forzar el motor. Lo mismo aplica para el lavavajilla. Evitar utilizar agua caliente en la lavadora. Usar la cantidad de detergente indicado, el exceso produce mucha espuma y hace que el motor trabaje más de lo necesario.

**Cocina.** Utilizar las hornallas en función del tamaño de la olla o sartén. Cocinar con la olla tapada ahorra un 20 % de la energía. Procurar que el tamaño del recipiente sea el adecuado para la cantidad de alimento que vas a cocinar. Usar la cantidad de agua adecuada en la cocción de los alimentos. Luego de alcanzar la temperatura de cocción no es necesario mantener la hornalla a su máxima potencia. En las cocinas a gas la llama debe presentar un color azulado. Los colores amarillos en la base de la llama indican que las hornallas están mal reguladas y esto provoca mayor consumo. Utilizar la olla bruja en la cocción de alimentos.

**Otras recomendaciones.** Desconectar todos los “standby” de los equipos y electrodomésticos antes de salir de la casa. Cualquier luz que queda encendida

en los equipos representa un consumo que, si bien suele ser muy pequeño, acumulado representa un gasto innecesario de energía. Apagar los aparatos que producen calor antes de terminar de usarlos (plancha, pinzas para el cabello, parrillas, etc.) así se aprovecha el calor acumulado. Comprar electrodomésticos de bajo consumo de energía. Usar la pantalla de la computadora en posición de ahorro.

## B.2. UTE

Por su parte, UTE, por diferentes canales de comunicación (web, redes sociales), presenta planes, consejos de uso o cambios de hábitos y recomendaciones de eficiencia energética y/o ahorro en la factura. Estos consejos están organizados en siete categorías: Lámparas, termotanque, heladera, aire acondicionado, otros equipos, aislación y Etiquetado clase A. Obviamente las recomendaciones hacen referencia únicamente al consumo de energía eléctrica. Varias de estas recomendaciones coinciden con las del MIEM, pero se suman algunas otras (o presentan diferencias) que se detallan a continuación:

- Adquisición de termotanques de 60 litros o más.
- Instalación de termotanque cercano al consumo y uso de duchero eficiente para reducir el consumo de agua manteniendo el confort.
- La temperatura ideal del refrigerador está entre 3°C y 5°C, y del congelador en -15°C. Tener en cuenta que cada grado que reduzca la temperatura interior aumenta innecesariamente un 5 % el consumo de energía.
- Durante el invierno regular el aire acondicionado a 21°C y durante el verano a 24°C.
- Es recomendable utilizar aires acondicionados inverter, principalmente en ambientes donde el equipo está muchas horas funcionando.
- En el lavarropa utilizar programas de lavado corto y siempre que sea posible secar al sol.

**Comentarios.** En las hipótesis de cálculo para la estimación de consumo de ACS del MIEM se estima que cada persona utiliza 30 lt a 60°C. Es llamativo que en los “tips” de ahorro presentados por UTE se sugiere comprar termotanques de 60 lt o más y setearlo a 60°C, sin hacer alusión a la cantidad de personas que lo van a utilizar. En cuanto al uso de timers se sugiere que el mismo apague el termotanque luego de la última ducha y no antes. Tampoco se hace mención a los sistemas de



bomba de calor, ni para ACS ni para calefacción. Se ofrecen una serie de planes con la finalidad de mejorar el confort y/o reducir el costo monetario, en algunos casos asociado al aumento del consumo eléctrico. Algunos planes apuntan a gestionar la demanda por medio de tarifas multihorario con beneficios a la mejora en la modulación horaria y la adquisición de equipos eficientes (calidad A). Por medio del blog de la energía se presenta material didáctico destinado a que escolares y liceales trabajen temas de energía y eficiencia energética.

### **B.3. ENFORCE: Eficiencia Energética en Edificios**

En el marco del proyecto europeo “ENFORCE” de la Unión Europea se promocionaron guías e información sobre las mejoras energéticas en viviendas y edificios. Este proyecto presentó una “Guía Práctica sobre Ahorro y Eficiencia Energética en Edificios”, las cuales se presentan a continuación las que se entienden pueden ser pertinentes para su aplicación en edificaciones de viviendas unifamiliares.

Esta guía presenta recomendaciones ya mencionadas por el MIEM y UTE, pero también aborda otras temáticas que estos no mencionan, como por ejemplo cuestiones constructivas, mayor variedad de sistemas de calefacción, uso de otras fuentes de energía como la geotérmica o mayor énfasis en la explotación de diversas fuentes, hasta la priorización de espacios verdes.

#### **Arquitectura bioclimática**

La arquitectura bioclimática consiste en el **diseño de edificios** teniendo en cuenta las **condiciones climáticas**, aprovechando los recursos disponibles (sol, vegetación, lluvia, vientos), logrando condiciones adecuadas de temperatura, humedad, movimiento y calidad de aire interior y así disminuir los impactos ambientales, intentando **reducir los consumos de energía y agua**, y consecuentemente ahorrar dinero en las facturas. Una vivienda bioclimática puede conseguir un gran ahorro e incluso llegar a ser sostenible en su totalidad. Aunque el costo de construcción puede ser mayor, puede ser rentable, ya que el incremento en el costo inicial puede llegar a amortizarse en el tiempo al disminuirse los costos de operación. La arquitectura bioclimática permite integrar al edificio con su entorno y favorece la sostenibilidad ambiental.

Entre los aspectos inherentes al diseño sostenible hay que tener en cuenta la distribución de espacios, atendiendo a consideraciones bioclimáticas, de ahorro energético y funcionales. Cabe destacar la importancia de una **buena orientación** con acristalamientos al sur (en el hemisferio norte, al norte para nuestro

hemisferio), con **paredes y suelos de alta inercia** y estancias de poco uso al norte (al sur para nuestro hemisferio): garajes, despensas, etc.

También es necesario tener en cuenta el uso de **materiales reciclados y reciclables**. Los materiales deben ser de materia prima lo menos elaborada posible y encontrarse lo más cerca posible de la obra, deben hallarse exentos de elementos nocivos y deben facilitar los intercambios de humedad entre la vivienda y la atmósfera.

Se deben utilizar los recursos naturales del medio en donde se encuentra ubicado el edificio: **aprovechamiento de la luz solar, climatización natural, ahorro de agua, aprovechamiento del agua de lluvia, implantación de sistemas para el ahorro energético**, etc.

### **Aislamiento de la envolvente**

Un mal aislamiento en edificios incrementa el consumo de calor y aire acondicionado, por ello es muy importante eliminar las pérdidas de calor con un aislamiento adecuado del edificio. La pérdida de calor se puede evitar con un buen aislamiento. En general, los materiales de aislamiento son de origen mineral u orgánico: fibra de cristal, piedra pómez, corcho, poliestireno, poliuretano, perlita, etc. Dependiendo del caso, estos pueden ser como espuma, como paneles rígidos, etc.

El aislamiento puede ser interior o exterior. Es especialmente conveniente aislar por el exterior cuando la vivienda o edificio son de ocupación permanente. De este modo, se cuenta con la inercia térmica para estabilizar del modo más efectivo las temperaturas y conseguir una reducción adicional en el consumo de combustible para la climatización (calefacción y refrigeración) del edificio o vivienda. El aislamiento de las paredes interiores es bastante barato, aunque dicho aislamiento reduzca el espacio habitable. Este aislamiento es indicado cuando es necesario intervenir en espacios selectivos. El aislamiento de suelos es recomendable principalmente en viviendas que descansan sobre columnas y espacios abiertos o sótanos y garajes.

Es esencial mejorar los cierres de las ventanas reduciendo así la pérdida de calor por los cristales y el marco. La renovación de los vidrios y marcos representa una de las acciones más eficaces para la mejora de la eficiencia energética del edificio y además consigue aumentar el confort térmico en el interior de las viviendas. La principal intervención en edificios consiste en el cambio de ventanas con cristal simple por otras de doble acristalamiento.

### **Sistemas integrados de calefacción**

Según esta guía, la solución ideal es combinar, utilizando las tecnologías disponibles, la explotación de las diversas fuentes de energía, optimizando las ventajas en

términos de ahorro energético y confort. El sistema ideal **integrado** de calefacción incluye **algunas** de estas características:

- Paneles solares.
- Chimenea o estufa de pellets.
- Caldera de condensación (gas).
- Almacenamiento de agua caliente (solar térmica).
- Sistemas de baja temperatura como por ejemplo losa radiante.
- Reguladores que gestionen el calor dependiendo de las necesidades de las personas y de las variaciones climáticas del exterior.

### Fuentes de energía renovable

Se recomienda el uso de fuentes de energía renovable, como solar o geotérmica. La energía **solar térmica** es idónea para la producción de agua caliente. También se puede incluir energía **solar fotovoltaica**. La energía **geotérmica** se puede adaptar a sistemas de climatización actuales, bien sea por radiadores, losa radiante o aire.

### Aire acondicionado

En cuanto al uso de equipos de aire acondicionado, la guía hace algunos comentarios:

- En los meses más cálidos se aconsejan “mecanismos pasivos”, como por ejemplo, la ventilación cruzada, la ventilación mecánica y la protección solar (persianas, cortinas, etc.).
- Una temperatura de 24-25°C en verano es suficiente para el confort. No se necesita descender a los 20-21°C pues es un derroche de energía.
- Antes de instalar aire acondicionado, coloque protección solar y ventiladores de techo.
- Tenga en cuenta que los equipos de aire acondicionado elevan la temperatura del entorno exterior, por lo tanto envían calor a los vecinos.
- Si tiene un equipo de aire acondicionado, úselo al mínimo, como complemento a la ventilación y protección solar. Menos calor y menos ruido para todos.

## **Iluminación**

La electricidad usada para la iluminación contribuye al balance energético de un edificio. En función de las precauciones adoptadas tras la selección del sistema de iluminación, puede ser más o menos significativa. Priorizar la luz natural y sistemas de iluminación artificial eficiente.

## **Recomendaciones para construcciones nuevas**

- Considerar preferentemente que la ubicación de la nueva construcción sea en una zona con servicios de transporte público.
- Utilización de energía renovable (biomasa) para la producción del 100 % de calefacción y ACS.
- Optimización de la orientación de las diferentes zonas del edificio en razón de los perfiles de temperatura de éstas.
- Incorporación de protección solar, sombreado.
- Incorporación de soluciones para aprovechar la inercia térmica de los materiales y componentes de construcción.
- Reducción de las áreas de edificación, de las carreteras de acceso y de las zonas de aparcamiento a fin de aumentar la zona verde, priorizando especies vegetales autóctonas y variadas.
- Incorporación de soluciones para minimizar las pérdidas de calor, especialmente en las zonas acristaladas.
- Garantizar una ventilación mínima y aplicación preferente de sistemas de ventilación natural cruzada.
- Optimización del uso de luz natural mediante una adecuada distribución de la luz dentro de la vivienda. Estudio de la distribución de la instalación del sistema de iluminación artificial.
- Regulación de la potencia máxima necesaria de la instalación eléctrica.
- Utilización de termostatos programables para regular los sistemas de calefacción.
- Instalación de cubiertas ajardinadas.

## Otras recomendaciones

Se propone una serie de recomendaciones de uso, mejoras de instalaciones o detección de oportunidades de ahorro a fin de reducir el consumo de energía.

- Identifique todas aquellas puertas y ventanas con marcos o cierres defectuosos (cajas de persiana) antes de que comience la época de calefacción.
- Selle todas las puertas y ventanas exteriores y aquellas puertas interiores que separen un espacio calefaccionado de otro que no lo esté.
- Incorpore aislamiento en la cámara de aire de los muros de fachada.
- Elimine los puentes térmicos de la envolvente (frentes de forjado, pilares, vigas, alféizares y cajas de persiana).
- Estudie la posibilidad de aislar la cubierta, por su parte superior o inferior.
- Estudie la posibilidad de incorporar ventanas con doble vidrio o de montar una ventana exterior.
- Incorpore láminas de protección solar en aquellas ventanas y lucernarios en los que el sol incide directamente.
- Mida el nivel de iluminación en todas las áreas y compárelo con las recomendaciones.
- Suba las persianas y quite todos los objetos que se encuentren cerca de la ventana y que obstaculizan el paso de luz natural.
- Sustituya las lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas o LED.
- Compruebe que existen reflectores de espejo para sus luminarias.
- Instale detectores de presencia en los locales que no son utilizados permanentemente.
- Pinte de colores claros las paredes, techos y suelos de las habitaciones.
- Compruebe que ninguna superficie de calefacción está obstruida.
- Permita el uso de calefactores eléctricos portátiles solamente en casos excepcionales, y como una medida temporal. Son ineficientes y consumen mucha energía.

- Reduzca la temperatura del termostato a 60°C.
- Se recomienda la limpieza de los colectores solares al menos una vez cada 6 meses.
- Identifique qué equipos pueden ser apagados cuando no se van a utilizar a corto plazo.
- Adquiera electrodomésticos clasificados tipo A o B.
- No deben dejar las puertas y ventanas abiertas cuando el aire acondicionado está encendido.

## Anexos C

# Carta bioclimática de Givoni

Baruch Givoni, arquitecto irsraelí, y su equipo de investigación se han dedicado a estudiar el diseño de edificios con miras en el confort térmico y haciendo énfasis en sistemas pasivos de acondicionamiento térmico, publicando gran variedad de trabajos [101, 102, 103, 104]. Givoni es el creador de la carta bioclimática, donde a partir de la carta psicrométrica de aire húmedo define una zona de confort y posibles acciones (pasivas y activas) para alcanzar la zona de confort térmico desde otras zonas de la carta psicrométrica. En la figura C.1 se esquematiza una carta bioclimática adaptada al clima del Uruguay [2]. El meso clima del Uruguay es templado húmedo (Cfa según la clasificación Koppen). Además, la norma UNIT 1026:99 divide al territorio nacional en tres zonas según el clima. Para esta investigación se tendrán en cuenta los meso climas más extremos del Uruguay: templado frío (Montevideo) y cálido (Salto).

El método consiste en ubicar los datos climáticos (temperatura y humedad relativa) de una localidad en una carta psicrométrica y evaluar las acciones que se deben tomar para alcanzar las condiciones de confort. Cada zona dentro de la carta psicrométrica, presenta diferentes estrategias. A continuación se presentan las recomendaciones para cada zona según Piccion et al. [2], aplicables en Uruguay, según la figura C.1.

**Zona 1: Zona de confort térmico.** En las condiciones delimitadas por esta zona habrá una gran probabilidad de que las personas se sientan en confort térmico en el ambiente interior. Esta zona es delimitada por una humedad entre un 20 % y un 80 % y por una temperatura entre 18°C y 28°C. Cuando la temperatura sea próxima a los 18°C se debe evitar el impacto del viento, que puede producir disconfort. Al aproximarse a los 28°C es importante controlar la incidencia de la radiación solar directa y favorecer la ventilación natural en una pequeña cantidad.

**Zona 2: Ventilación.** Cuando la temperatura supera los 29°C o la humedad re-

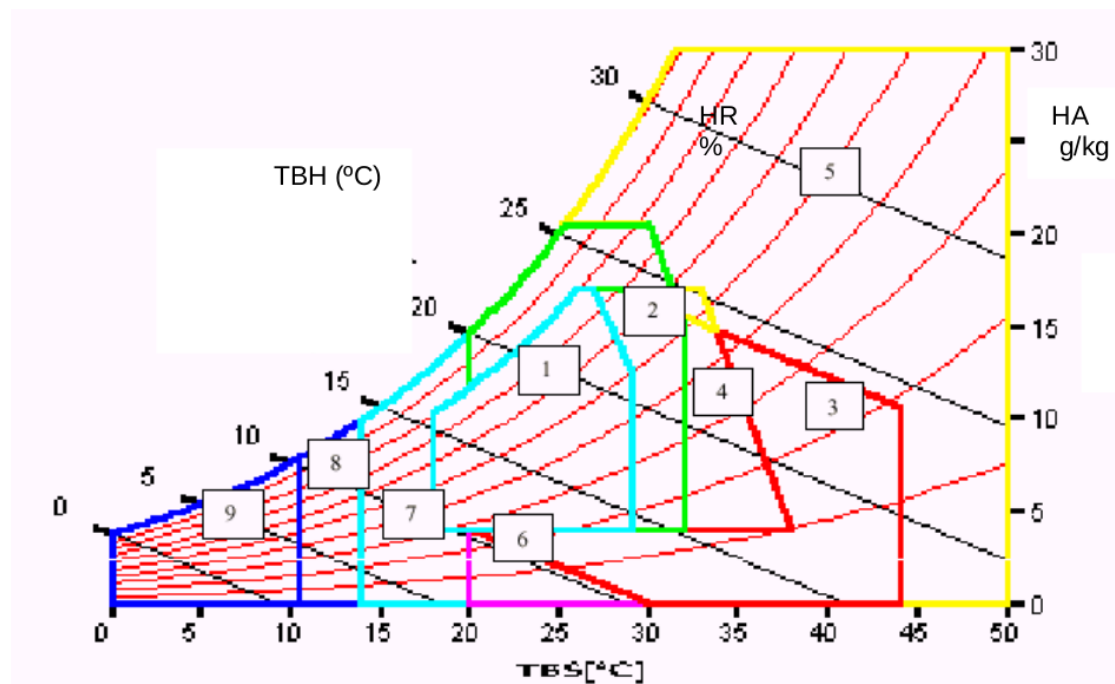


Figura C.1: Carta bioclimática de Givoni adaptada a Uruguay [2].

lativa supera el 80 %, estas condiciones ambientales se pueden mejorar utilizando la estrategia de ventilación lo que determina que la sensación térmica de las personas tienda al bienestar. En climas calientes y húmedos la ventilación cruzada es la estrategia más simple a ser adoptada. Suponiendo que la máxima velocidad del aire interior para garantizar condiciones de confort es de 2m/s, esta estrategia es aplicable hasta los 32°C, porque a partir de ahí las ganancias térmicas internas se vuelven indeseables. En regiones donde la temperatura diurna es mayor a los 29°C y la humedad relativa es inferior a 60 %, el refrescamiento convectivo nocturno es la estrategia ambiental más adecuada.

**Zona 3: Refrescamiento evaporativo.** La evaporación del agua puede reducir la temperatura y simultáneamente aumentar la humedad relativa de un ambiente. Con el refrescamiento directo de los espacios interiores se requiere una buena tasa de ventilación para evitar que se acumule el vapor de agua. Teniendo en cuenta este factor, esta estrategia es aconsejable sólo cuando la temperatura de bulbo húmedo no excede los 24°C y la temperatura de bulbo seco no supere los 44°C para países en desarrollo. Algunos ejemplos de estrategias bioclimáticas aplicables en esta estrategia son: el uso de vegetales o fuentes de agua.



**Zona 4: Masa térmica para refrescamiento.** El uso de la inercia térmica de una edificación puede disminuir la amplitud térmica interior en relación a la exterior, evitando los picos de temperatura. Esta estrategia permite ampliar las condiciones de confort cuando los límites de la humedad absoluta están entre 4 y 17 g/kg y de la temperatura entre los 29°C y los 38°C. Se podría usar además la inercia térmica del suelo.

**Zona 5: Aire acondicionado.** En algunas regiones el clima puede ser muy severo, pasando los límites de temperatura y humedad relativa que imposibilitan la aplicación de algún sistema pasivo de refrescamiento. En los casos en que la temperatura de bulbo seco fuera mayor a los 44°C y la de bulbo húmedo superior a los 24°C sería necesario aplicar sistemas complementarios de aire acondicionado.

**Zona 6: Humidificación.** Cuando la humedad relativa del aire es muy baja y la temperatura es menor a los 27°C, habría disconfort porque el aire está muy seco. En estos casos la humidificación mejoraría la sensación de confort, aunque pueda producir una sensación de refrescamiento evaporativo indeseable. Las bajas tasas de renovación del aire permiten mantener el vapor de agua en niveles confortables con mínima evaporación y refrescamiento. Algunos recursos pueden ser utilizar recipientes con agua en el interior de los locales y la hermeticidad de las aberturas que ayuda a conservar el vapor de agua proveniente de las plantas o de las actividades domésticas.

**Zona 7: Masa térmica aislada y calentamiento solar.** En la zona de la carta situada entre los 14°C y los 20°C, se puede utilizar masa térmica aislada conjuntamente con el calentamiento solar pasivo. La alternativa de utilizar masa térmica aislada puede compensar las bajas temperaturas a través del almacenamiento de la energía solar en los cerramientos, que puede ser cedido a los ambientes en los horarios de menores temperaturas, generalmente en la noche. El uso de aislación garantiza que se eviten las pérdidas de energía al exterior por la envolvente (pérdidas mayores por el cerramiento horizontal) y por el otro lado aprovechar las ganancias internas aumentando así la temperatura interior.

**Zona 8: Calentamiento solar pasivo.** Entre los 10,5°C y los 14°C el uso de calentamiento solar pasivo es lo más indicado. El disponer de cerramientos aislados térmicamente en esta zona es más riguroso, porque las pérdidas de calor tenderán a ser mayores. El edificio deberá incorporar superficies vidriadas adecuadamente orientadas (orientación norte o más menos 30° para esta zona del globo). Las aberturas deben tener proporciones reducidas en las

orientaciones menos favorables y se deben diseñar adecuadamente los espacios exteriores de modo que no generen sombras cuando no son requeridas en nuestro proyecto.

**Zona 9: Calentamiento artificial.** En localidades muy frías con temperaturas inferiores a los 10,5°C, el calentamiento solar pasivo puede no ser suficiente. Por esta razón se recomienda utilizar sistemas complementarios, aunque se debe recordar que el consumo de energía puede disminuir si se combina esta estrategia con la de la zona 8.

**Intersecciones entre ventilación, masa y refrescamiento evaporativo.** Existen tres zonas de intersección. En la zona que vincula ventilación con masa térmica para refrescamiento se puede usar cualquiera de las dos estrategias, inclusive simultáneamente. En la zona de intersección entre masa y refrescamiento evaporativo se utiliza el mismo razonamiento que el anteriormente expuesto. En la zona que se intersectan todas las estrategias cualquiera de ellas puede ser aplicadas separadamente o en su conjunto.

# Anexos D

## Formulario de Entrevista a Usuarios

### 1. Introducción

“Buenos días, mi nombre es ———, soy parte de un equipo de investigación de la Universidad de la República, nos encontramos haciendo un relevamiento por la zona de ———. La investigación que estamos realizando busca conocer los diferentes usos energéticos en los programas de vivienda social del Uruguay. El objetivo central es generar información que ayude a la creación de medidas de eficiencia energética que redunden en un mayor confort para los usuarios. Su opinión es fundamental para avanzar en este sentido. Si dispone del tiempo, nos gustaría realizarle algunas preguntas”

### 2. Generalidades

- a) Departamento
- b) Ubicación/geo-referencia
- c) Programa.
- d) Código (p.ej. p1: “Pablo 1”, para facilitar la trazabilidad de los datos posteriores)

### 3. Integrantes del hogar

- a) ¿Quiénes viven en el hogar? ¿Quién es el jefe de hogar? ¿Cuál es el vínculo con el resto de los integrantes del hogar?
- b) ¿Qué edades tienen cada uno de los integrantes del hogar?
- c) ¿A qué se dedica cada uno de ellos?

### 4. Características generales

a) ¿Hace cuánto que reside en la vivienda?

b) ¿Han reformado la vivienda? ¿Cómo?

#### 5. Tipo y tiempo de uso de la vivienda

a) ¿Utiliza la vivienda para algún otro fin (por ejemplo, productivo)? Si así es ¿qué tipo de uso le da?

b) Aproximadamente: ¿Cuántas horas por día estima que se encuentra ocupada la vivienda entre semana? ¿Y los fines de semana? ¿Quiénes la ocupan?

c) ¿Puede contarnos que habitaciones son las más utilizadas? ¿Describir cómo se usa la casa por cada uno de los integrantes?

#### 6. Confort del hogar

a) ¿Cómo evalúa el confort de su hogar?

b) ¿Qué considera que debería mejorar para que su hogar fuera más confortable?

c) ¿Cómo siente que es su hogar respecto a la temperatura? ¿Agradable? ¿Frío? ¿Caluroso? ¿Esta sensación varía de acuerdo a la época del año (verano o invierno)?

d) ¿Cómo siente que es su hogar respecto a la iluminación? ¿Agradable? ¿Oscuro?

e) ¿Cómo siente que es su hogar respecto a la ventilación y calidad del aire? ¿Agradable? ¿Viciado?

f) ¿Cómo considera que es su hogar respecto al consumo de energía? (ahondar sobre los diferentes tipos de consumo, además del consumo eléctrico)

#### 7. Prácticas en relación al uso de la energía

a) Iluminación artificial

1) ¿Cuántas habitaciones tienen luz artificial? ¿Cuánto tiempo permanecen prendidas? ¿necesita prender las luces de día?

2) ¿La vivienda posee luz exterior? ¿Posee esta un sistema de fotocélula (encendido automático de acuerdo al nivel de luz)? ¿Cuánto tiempo permanece prendida?

3) ¿Qué tipo de lamparita utiliza? (led, bajo consumo, tuboluz, incandescentes, etc.)

b) Calefacción

- 1) ¿Qué es lo primero que hace para calentarse cuando siente frío en su hogar? (prender algún artefacto, abrigarse, ingerir comida o bebida caliente, bolsa de agua caliente, etc) ¿Qué estrategias utiliza para calefaccionar su hogar?
- 2) ¿Calefacciona el ambiente siempre que siente frío? (Siempre, a veces, nunca)
- 3) ¿Utiliza algún equipo? ¿Qué equipos utiliza para calefaccionar? (estufa a gas, eléctrica, a leña, aire acondicionado, calienta camas) ¿Prepara la casa para calefaccionarla?
  - a' Si utiliza aire acondicionado, ¿En qué temperatura suele utilizarlo?
  - b' Si utiliza estufa a leña, podría contarme con más detalle: ¿Qué tipo de leña utiliza? ¿Cuántas horas de uso le da por día? ¿Regula la entrada de aire? ¿Cuando hace la recarga de leña?
  - c' Si utiliza estufa a gas, ¿Cuántas garrafas aproximadamente usa por mes? ¿Y en todo el invierno?
- 4) En invierno: ¿Cuántas veces por semana los usan? ¿En qué horario suelen estar prendidos?
- 5) ¿Hay algún integrante del hogar que los use con mayor frecuencia?
- 6) Cuando calefacciona, ¿Calefacciona toda la casa o sólo algunas piezas? ¿Cuáles? ¿Con qué criterios?
- 7) ¿Cree que la calidad de vida de su familia mejoraría si pudiera mejorar la calefacción de la vivienda? ¿En qué sentido?
- 8) ¿Utiliza otras estrategias cotidianamente para calefaccionar o evitar que la casa se enfríe? (aprovechar la luz del sol para calentar, cierre de ventanas, cierre de persianas)
- 9) ¿Hizo mejoras en la vivienda para mejorar la calefacción? (colocar burletes, colocar aislante, cambiar aberturas de puertas o ventanas)

c) Refrigeración

- 1) ¿Qué es lo primero que hace para refrescarse cuando siente calor en su hogar? (prender algún artefacto, comida o bebida fría, ducharse, etc) ¿Qué estrategias utiliza para ventilar su hogar?
- 2) ¿Utiliza algún artefacto para refrigerarse? (aire acondicionado, ventilador)
- 3) ¿Qué artefactos utiliza para refrigerar? (ordene de mayor a menor uso)
- 4) En verano: ¿Cuántas veces por semana lo usa? ¿En qué horario suele estar prendido?

- 5) ¿Hay algún integrante del hogar que lo use con mayor frecuencia?
  - 6) ¿Cuántas habitaciones suele refrigerar? ¿Cuáles? ¿con qué criterio?
  - 7) ¿Cree que la calidad de vida de su familia mejoraría si pudiera mejorar la refrigeración de la vivienda? ¿En qué sentido?
  - 8) ¿Utiliza otras estrategias cotidianamente para la refrigeración ? (apertura de ventanas, mojar techo, mojar pisos, cierre de cortinas en horarios calurosos)
  - 9) ¿Hizo mejoras en la vivienda para mejorar la refrigeración? (colocar cortinas de enrollar, colocar postigones, plantar árboles)
- d) Conservación de alimentos
- 1) ¿Qué artefactos utiliza para la conservación de alimentos (heladera, freezer, otro)?
  - 2) ¿Considera que su forma de conservación de alimentos es adecuada? Si no es así ¿qué debería hacer para que esta mejore?
- e) Cocción y calentamiento de alimentos
- 1) ¿Cocina regularmente en su casa? ¿Cuántas veces por semana?
  - 2) ¿Qué artefactos utiliza para cocinar?
  - 3) ¿Cuál es la principal fuente de energía utilizada para cocinar?
  - 4) ¿Con qué artefacto calienta la comida y/o agua y/u otras bebidas?
  - 5) ¿Qué otros artefactos utiliza en la cocina? (tostadora, jarra eléctrica, microondas, licuadora, procesadora, etc.)
- f) Calentamiento de agua para baño
- 1) ¿Utiliza algún artefacto para el calentamiento de agua para baño y/o para bañarse? ¿Cuál?
  - 2) Este artefacto (calefón, calentador instantáneo, etc) De ser eléctrico: ¿está siempre enchufado o se desenchufa en determinados horarios? ¿Usatimer? ¿Quién controla su uso?
  - 3) ¿Qué capacidad tiene este artefacto en litros? ¿A qué temperatura está regulado? ¿La cambia según época del año?
  - 4) ¿Utiliza agua caliente para higienizarse las manos? ¿Posee un monocomando en el lavamanos? ¿en que posición está regularmente el monocomando (aunque no use agua caliente), bien a la derecha, centrado, a la izquierda o no sabe?
  - 5) ¿Cuántas duchas se realizan diariamente en el hogar? ¿Posee un monocomando en la ducha? ¿Cuánto estima que es el gasto en agua caliente por día? (Por ejemplo, un calefón de 50lt a 70°C por día) ¿Calefacciona el baño mientras se baña (por ejemplo, calientador)?

- 6) ¿Está satisfecho con las condiciones en la que puede realizar su higiene personal? (Por ejemplo: temperatura del agua, tiempo de la ducha, frecuencia)
  - 7) Usted o algún miembro de su hogar, ¿Suele secarse el pelo con secador o utilizar plancha de pelo? ¿Con qué frecuencia?
- g) Calentamiento de agua para limpieza
- 1) Cocina:¿Utiliza agua fría o caliente para lavar la vajilla?
  - 2) En caso de agua caliente ¿cómo la calienta? (en la hornalla, caldera eléctrica, calefón en la cocina, calefón central del hogar, etc.) ¿Posee un monocomando en la cocina?
  - 3) ¿Utiliza lavavajilla?
  - 4) Ropa: ¿utiliza lavarropa? ¿De qué tipo? (automático, semiautomático, manual)
  - 5) ¿Lo utiliza con agua fría o caliente? ¿Cuántos lavados se hacen semanalmente?
  - 6) ¿Utiliza secarropa? ¿Siempre o en qué momentos?

## 8. Artefactos

Nota para el entrevistador: debe preguntarse exclusivamente aquello sobre lo que no se ha respondido en secciones anteriores de la entrevista.

- a) ¿Tiene alguno de estos artefactos en su hogar? ¿Qué cantidad? ¿Conoce su etiqueta? ¿Qué tan frecuentemente los usa?
- Posee calefón o calentador de agua? Cuántos? De qué tipo? Conoce su etiqueta?
  - Posee algún tipo de estufa eléctrica? Cuántas? De Qué tipo?
  - Posee estufa a leña? Cuántas? De qué tipo?
  - Posee estufa a gas? Cuántas? De qué tipo (3 o 13)?
  - Posee equipo de aire acondicionado? Cuántos? Con qué frecuencia lo utiliza?
  - Posee caliente camas? Cuántos? Con qué frecuencia lo utiliza?
  - Posee ventilador? Cuántos? Con qué frecuencia lo utiliza?
  - Posee heladera? Cuántas? De qué tipo? Conoce su etiqueta?
  - Posee cocina? Cuántas? De qué tipo?
  - Posee jarra eléctrica? Con qué frecuencia la utiliza?
  - Posee tostadora eléctrica? Con qué frecuencia la utiliza?
  - Posee secador de pelo? Con qué frecuencia lo utiliza?

- Posee planchita? Con qué frecuencia lo utiliza?
- Posee lavarropas? Con qué frecuencia lo utiliza?
- Posee secadora de ropa? Con qué frecuencia lo utiliza?
- Posee aspiradora? Con qué frecuencia lo utiliza?
- Posee computadora o laptop? Cuántos? Con qué frecuencia lo utiliza?
- Posee juegos de video? Cuántos? Con qué frecuencia lo utiliza?
- Posee TV? Cuántas? De qué tipo? Con qué frecuencia lo utiliza?
- Posee algún tipo de herramienta (amoladora, taladro)? Cuáles? Con qué frecuencia los utiliza?

## 9. Conocimiento y estrategias de eficiencia

- a) De los artefactos que usa ¿cuál le parece que consume más energía? ¿Por qué?
- b) ¿Ha cambiado alguno de sus hábitos con el fin de disminuir el consumo de energía? (puede ser: dejar de usar un artefacto/ desenchufar o cambiarse a otro energético)

Ejemplos a modo de ayuda para el entrevistador:

Utilizar el monocomando del lado frío en caso de no necesitar agua caliente o tibia.

Acondicionar de forma aislada las habitaciones y con seteo adecuado.

Uso de timer y seteo adecuado de la temperatura (60°C).

Minimizar el uso de agua caliente para otros usos que no sea bañarse (lavar vajilla, manos, dientes).

Priorizar el uso de la luz natural.

Cambio de luminaria a eficiente (led, bajo consumo).

Iluminar únicamente la tarea que está realizando.

No introducir alimentos calientes en la heladera.

Descongelado frecuente de congelador.

Limpieza de equipos (por ejemplo parte trasera de refrigerado y filtros de aire acondicionado).

En el lavarropa utilizar programas de lavado corto, con agua fría y a carga máxima.

- c) ¿Ha evaluado la instalación de algún equipo de energía renovable? (colectores solares, calentador solar de agua, biomasa para la calefacción, aerogeneradores de uso doméstico) ¿Si es así, lo ha implementado? Si no, ¿por qué motivos aún no lo ha implementado?



- d) ¿Alguno de los integrantes del hogar se encarga del control en el consumo de energía? ¿Quién?
- e) ¿Algún comentario que considere podría mejorar la calidad de las casas construidas por el programa?



## Anexos E

# Configuración de usuario de las calibraciones

En este anexo se especifica la configuración utilizada para los usuarios en la calibración de los modelos. Se detallan los horario y habitaciones donde hay ocupantes, el uso de iluminación artificial y otros equipos, apertura y cierre de ventanas y protecciones solares. Se hace la distinción del comportamiento entre las viviendas, ajustándose a el comportamiento de cada familia en el período en el cual se realizaron las mediciones.

Cada tabla especifica, según el horario y la habitación:

**Ocupación (Oc.):** Cantidad de ocupantes.

**Iluminación (Il.):** Potencia de la iluminación artificial encendida (W).

**Equipos (Eq.):** Potencia de los equipos en uso (W).

**Ventilación (Vent.):** Apertura y cierre de aberturas. 0-Cerrada; 1-Abierta

**Protecciones solares (P.S.):** Apertura y cierre de protecciones (interiores y/o exteriores). 0-Cerrada; 1-Abierta

## E.1. MEVIR

Tabla E.1: Vivienda de MEVIR en los días hábiles.

	ESTAR					DORMITORIO 1					DORMITORIO 2					DORMITORIO 3					
	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	
1:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
7:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
8:00	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
9:00	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
10:00	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
11:00	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
12:00	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
13:00	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
14:00	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
15:00	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
16:00	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
17:00	5	15	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
18:00	5	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00	5	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00	5	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	5	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	5	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	1	2	15	0	0	0	2	15	0	0	0	1	15	0	0	0	0
24:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Tabla E.2: Vivienda de MEVIR en los sábados y domingos.

	ESTAR					DORMITORIO 1					DORMITORIO 2					DORMITORIO 3					
	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	
1:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
7:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
8:00	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
9:00	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
10:00	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
11:00	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
12:00	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
13:00	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
14:00	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
15:00	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
16:00	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
17:00	5	15	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
18:00	5	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00	5	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00	5	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	5	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	5	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	1	2	15	0	0	0	2	15	0	0	0	1	15	0	0	0	0
24:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

## E.2. Plan de Mejoramiento de Barrio

Tabla E.3: Vivienda del PMB en los días hábiles.

	ESTAR					DORMITORIO 1					DORMITORIO 2					DORMITORIO 3					
	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	
1:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
7:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
8:00	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
9:00	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
10:00	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
11:00	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
12:00	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
13:00	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14:00	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15:00	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00	5	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00	5	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00	5	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	5	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	15	0	0	1	2	15	0	0	0	2	15	0	0	0	1	15	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
24:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Tabla E.4: Vivienda del PMB durante sábados y domingos.

	ESTAR					DORMITORIO 1					DORMITORIO 2					DORMITORIO 3					
	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	
1:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
7:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
8:00	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
9:00	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
10:00	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
11:00	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
12:00	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
13:00	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14:00	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15:00	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00	5	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00	5	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00	5	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	5	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	15	0	0	1	2	15	0	0	0	2	15	0	0	0	1	15	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
24:00	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

## E.3. Plano Económico

Tabla E.5: Vivienda del Plano Económico para toda la semana.

	ESTAR					COCINA					DORMITORIO 1					DORMITORIO 2				
	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
11:00	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
12:00	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
13:00	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
14:00	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
15:00	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
16:00	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
17:00	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
18:00	0	0	0	0	0	1	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	2	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0	0	2	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	2	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	2	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	15	0	0	0	0	0	0	0	0
24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0

# Anexos F

## Configuración de usuario tipo

En este anexo se especifica la configuración utilizada para el usuario tipo (o “real”). Se detallan los horarios y habitaciones donde hay ocupantes, el uso de iluminación artificial y otros equipos, apertura y cierre de ventanas y protecciones solares. Se hace la distinción del comportamiento entre los días hábiles y fines de semana, así como entre el período caluroso (desde el 16/11 al 15/03) y el período frío (complemento del caluroso).

Cada tabla especifica, según el horario y la habitación:

**Ocupación (Oc.):** Cantidad de ocupantes.

**Iluminación (Il.):** Potencia de la iluminación artificial encendida (W).

**Equipos (Eq.):** Potencia de los equipos en uso (W).

**Ventilación (Vent.):** Apertura y cierre de aberturas. 0-Cerrada; 1-Abierta. La apertura de las ventanas, además de restringirse por horario, no se realiza en caso de repercutir en un apartamento del confort térmico.

**Protecciones solares (P.S.):** Apertura y cierre de protecciones (interiores y/o exteriores). 0-Cerrada; 1-Abierta

## F.1. Período frío

Tabla F.1: Usuario tipo. Período frío. Días hábiles.

	ESTAR					DORMITORIO 1					DORMITORIO 2					DORMITORIO 3					
	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	
1:00	0	0	70	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2:00	0	0	70	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3:00	0	0	70	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4:00	0	0	70	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
5:00	0	0	70	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
6:00	0	0	70	0	0	2	9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
7:00	2	18	70	0	0	0	0	0	0	0	1	9	0	0	0	1	18	0	0	0	0
8:00	3	18	70	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
9:00	1	0	320	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
10:00	1	0	70	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
11:00	1	0	70	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
12:00	1	0	70	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1
13:00	3	0	160	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
14:00	1	0	160	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
15:00	1	0	160	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
16:00	1	0	70	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
17:00	1	0	160	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
18:00	2	18	160	0	0	0	0	0	0	0	1	9	0	0	0	1	9	0	0	0	0
19:00	2	18	160	0	0	0	0	0	0	0	1	9	0	0	0	1	9	0	0	0	0
20:00	2	18	160	0	0	0	0	0	0	0	1	9	0	0	0	1	9	0	0	0	0
21:00	4	18	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	4	18	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	70	0	0	2	18	0	0	0	1	9	0	0	0	1	9	0	0	0	0
24:00	0	0	70	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Tabla F.2: Usuario tipo. Período frío. Sábados y domingos.

	ESTAR					DORMITORIO 1					DORMITORIO 2					DORMITORIO 3					
	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	
1:00	0	0	70	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2:00	0	0	70	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3:00	0	0	70	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4:00	0	0	70	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
5:00	0	0	70	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
6:00	0	0	70	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
7:00	2	18	70	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
8:00	2	18	70	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
9:00	2	18	70	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
10:00	1	0	70	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
11:00	3	0	160	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
12:00	3	18	160	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1
13:00	4	0	160	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
14:00	4	0	160	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
15:00	4	0	160	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
16:00	2	0	70	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
17:00	2	18	160	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
18:00	2	18	160	0	0	0	0	0	0	0	1	9	0	0	0	1	9	0	0	0	0
19:00	2	18	160	0	0	0	0	0	0	0	1	9	0	0	0	1	9	0	0	0	0
20:00	2	18	160	0	0	0	0	0	0	0	1	9	0	0	0	1	9	0	0	0	0
21:00	4	18	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	4	18	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	70	0	0	2	9	0	0	0	1	9	0	0	0	1	9	0	0	0	0
24:00	0	0	70	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0



## F.2. Período caluroso

Tabla F.3: Usuario tipo. Período caluroso. Días hábiles.

	ESTAR					DORMITORIO 1					DORMITORIO 2					DORMITORIO 3				
	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.
1:00	0	0	80	1	0	2	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0
2:00	0	0	80	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
3:00	0	0	80	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
4:00	0	0	80	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
5:00	0	0	80	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
6:00	0	0	80	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
7:00	2	18	80	0	0	0	0	0	0	0	1	9	0	0	0	1	9	0	0	0
8:00	3	18	80	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
9:00	0	0	80	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
10:00	1	0	80	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
11:00	1	0	80	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
12:00	1	0	80	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
13:00	3	0	220	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
14:00	1	0	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15:00	1	0	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00	1	0	80	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00	1	0	80	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
18:00	2	18	220	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1
19:00	2	18	220	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1
20:00	2	18	170	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1
21:00	4	18	170	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
22:00	4	18	170	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
23:00	0	0	80	1	0	2	9	0	1	0	1	9	0	1	0	1	9	0	1	0
24:00	0	0	80	1	0	2	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0

Tabla F.4: Usuario tipo. Período caluroso. Sábados y domingos.

	ESTAR					DORMITORIO 1					DORMITORIO 2					DORMITORIO 3				
	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.	Oc. (n)	Il. (W)	Eq. (W)	Vent.	P.S.
1:00	0	0	80	1	0	2	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0
2:00	0	0	80	1	0	2	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0
3:00	0	0	80	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
4:00	0	0	80	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
5:00	0	0	80	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
6:00	0	0	80	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
7:00	2	18	80	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
8:00	2	18	80	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
9:00	2	0	80	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
10:00	1	0	80	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1
11:00	1	0	330	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
12:00	1	0	80	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
13:00	4	0	220	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
14:00	4	0	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15:00	4	0	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00	2	0	80	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
17:00	2	0	80	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
18:00	2	18	220	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
19:00	2	18	220	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1
20:00	2	18	170	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1
21:00	4	18	170	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
22:00	4	18	170	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
23:00	0	0	80	1	1	2	9	0	1	1	1	9	0	1	1	1	9	0	1	1
24:00	0	0	80	1	0	2	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0



# Anexos G

## Propiedades de materiales utilizados

Propiedades de materiales utilizados en la calibración de los modelos de simulación

## G.1. MEVIR

			material	rugosidad	e (m)	k (W/mK)	densidad (kg/m <sup>3</sup> )	c (J/kgK)	alpha_ thermal	alpha_ solar	alpha_ visible		
<b>MUROS EXTERIORES</b>													
muro doble ladrillo + aislante + ladrillo			EXT	Ladrillo de campo expuesto a la lluvia	Medium Rough	0,120	0,79	1300	1000	0,93	0,55	0,63	
				Cámara de aire		0,020							
	e total (m)	0,300		Poliestireno expandido EPS (densidad 10-50)		0,030	0,04	30	1450				
	U (W/m <sup>2</sup> K)	0,67		Revoque (densidad 2100)	Medium Smooth	0,005	1,40	2100	1000	0,90	0,60	0,60	
				INT	Ladrillo de campo	Medium Rough	0,120	0,65	1300	1000	0,93	0,55	0,63
					Revoque (densidad 1800)	Medium Smooth	0,005	1,00	1800	1000	0,90	0,20	0,20
<b>MUROS INTERIORES</b>													
ladrillo revocado				Revoque (densidad 1800)	Medium Smooth	0,010	1,00	1800	1000	0,90	0,60	0,60	
	e total (m)	0,14		Ladrillo de campo	Medium Rough	0,120	0,65	1300	1000	0,93	0,55	0,63	
				Revoque (densidad 1800)	Medium Smooth	0,010	1,00	1800	1000	0,90	0,60	0,60	
<b>CUBIERTAS</b>													
econopanel + lana de vidrio +cielorraso	e total (m)	0,050	EXT	Chapa (acero)	Smooth	0,0005	50	7800	450	0,25	0,8	0,8	
	U (W/m <sup>2</sup> K)	0,7		Lana de roca (densidad 15-200)	Medium Rough	0,0500	0,04	108	1030				
			INT	Fenólico	Medium Smooth	0,0015	0,14	600	1700	0,6	0,9	0,9	
<b>PISO</b>													
P1			INT	Baldosa cerámica		0,015	1,00	2000	800	0,95	0,45	0,45	
	e total (m)	0,16		Mortero	Smooth	0,020	0,41	999	1000	0,90	0,50	0,50	
			SUELO	Contrapiso (hormigón)	Medium Smooth	0,120	1,35	2000	1000	0,90	0,50	0,50	
<b>VENTANAS</b>													
MARCO			Aluminio S25										
V1	e	0,004	Vidrio simple 4mm										
<b>PUERTAS</b>													
PtaExt 3 Aluminio			Aluminio			Smooth	0,001	160,00	2800	880	0,03	0,25	0,25
PtaInt1			Panel de fibras, incluyendo MDF (densidad 600)			Medium Smooth	0,038	0,14	600	1700	0,60	0,90	0,90
			Cámara de aire				0,025						
			Panel de fibras, incluyendo MDF (densidad 600)			Medium Smooth	0,038	0,14	600	1700	0,60	0,90	0,90

## G.2. Plan de Mejoramiento de Barrio

			material	rugosidad	e (m)	k (W/mK)	densidad (kg/m <sup>3</sup> )	c (J/kgK)	alpha_thermal	alpha_solar	alpha_visible	
<b>MUROS EXTERIORES</b>												
doble bloque hormigón + aislante + bloque hormigón			EXT	Bloque de Hormigón 12cm	Rough	0,12	0,75	1875	1000	0,90	0,60	0,60
	e total (m)	0,30		Poliestireno expandido EPS (densidad 10-50)		0,040	0,04	30	1450			
	U (W/m <sup>2</sup> K)	0,67		Revoque (densidad 2100)	Medium Smooth	0,015	1,40	2100	1000	0,90	0,60	0,60
			INT	Bloque de Hormigón 12cm	Medium Rough	0,12	0,750	1875	1000	0,90	0,20	0,20
<b>MUROS INTERIORES</b>												
Bloque visto	e total (m)	0,12		Bloque de Hormigón 12cm	Rough	0,12	0,75	1875	1000	0,90	0,60	0,60
tabique liviano				Placa de yeso	Smooth	0,0125	0,25	900	1000	0,09	0,02	0,02
	e total (m)	0,08		Lana de roca (densidad 15-200)	Medium Rough	0,05	0,04					
					Placa de yeso	Smooth	0,0125	0,25	900	1000	0,09	0,20
<b>CUBIERTAS</b>												
panel sandwich	e total (m)	0,15	EXT	Chapa (acero)	Smooth	0,0005	50	7800	450	0,25	0,8	0,8
	U (W/m <sup>2</sup> K)	0,26		Poliestireno expandido EPS (densidad 10-50)	Medium Smooth	0,1500	0,040	30	1450			
				INT	Chapa (acero)	Smooth	0,0005	50	7800	450	0,25	0,8
<b>PISO</b>												
P1			INT	baldaosa cerámica		0,00	1,00	2000,	800	0,95	0,45	0,45
	e total (m)	0,1250		Mortero	Medium Rough	0,020	0,41	999	1000	0,90	0,50	0,50
			SUELO	Hormigón de cascote (densidad 1800)	Medium smooth	0,100	0,9500	1800	1000	0,90	0,50	0,50
EP	e total (m)	0,17	PA	Hormigón armado con 1% de acero	Medium smooth	0,050	2,30	2300	1000	0,90	0,50	0,50
			PB	loseta		0,012						
<b>VENTANAS</b>												
MARCO				Aluminio S25								
V1	e	0,004		Vidrio simple 4mm								
<b>PUERTAS</b>												
PtaExt2 - Madera				Madera (pino)	Medium Smooth	0,035	0,12	450	1600	0,6	0,9	0,9
PtaExt3- Aluminio				Aluminio	Smooth		160	2800	880	0,03	0,25	0,25
				Vidrio	Smooth	0,004						
PtaInt1				Panel de fibras, incluyendo MDF (densidad 600)	Medium Smooth	0,005	0,14	600	1700	0,6	0,9	0,9
				cámara de aire		0,025						
				Panel de fibras, incluyendo MDF (densidad 600)	Medium Smooth	0,005	0,14	600	1700	0,6	0,9	0,9

### G.3. Plano Económico (caso medido)

			material	rugosidad	e (m)	k (W/mK)	densidad (kg/m3)	c (J/kgK)	alpha_ thermal	alpha_ solar	alpha_ visible	
<b>MUROS EXTERIORES</b>												
muro doble ladrillo + cámara de aire + ladrillo aplacado			EXT	Ladrillo de campo expuesto a la lluvia	Medium Rough	0,120	0,79	1300	1000	0,93	0,55	0,63
				cámara de aire		0,03						
	e total (m)	0,30		Revoque (densidad 2100)	Medium Smooth	0,015	1,40	2100	1000	0,90	0,60	0,60
	U (W/m2K)	1,4		Ladrillo de campo	Medium Rough	0,120	0,65	1300	1000	0,93	0,55	0,63
			INT	Revoque (densidad 1800)	Medium Smooth	0,015	1,00	1800	1000	0,90	0,20	0,20
<b>MUROS INTERIORES</b>												
ladrillo revocado				Revoque (densidad 1800)	Medium Smooth	0,015	1,00	1800	1000	0,90	0,60	0,60
	e total (m)	0,15		Ladrillo de campo	Medium Rough	0,120	0,65	1300	1000	0,93	0,55	0,63
					Revoque H (densidad 1800)	Medium Smooth	0,015	1,00	1800	1000	0,90	0,60
<b>CUBIERTAS</b>												
losa con aplacado (sin aislación)			EXT	Ladrillo de campo expuesto a la lluvia	Medium Rough	0,030	0,79	1300	1000	0,93	0,55	0,63
				Balasto (Arena y grava)	Very Rough	0,05	2,00	1950	1045	0,90	0,40	0,40
				Asfalto		0,004	0,70	2100	1000			
	e total (m)	0,29		Mortero de arena y cemento	Medium Smooth	0,01	1,00	1800	1000	0,90	0,50	0,50
	U (W/m2K)	2,81		Hormigón de cascote (densidad 1800)	Rough	0,08	0,95	1800	1000	0,90	0,50	0,50
					Hormigón armado con 1% de acero	Medium Rough	0,10	2,30	2300	1000	0,90	0,50
			INT	Revoque (densidad 1800)	Medium Smooth	0,02	1,00	1800	1000	0,90	0,20	0,20
<b>PISO</b>												
P1			INT	Baldosa cerámica		0,005	1,00	2000	800	0,95	0,45	0,45
	e total (m)	0,11		Mortero	Smooth	0,020	0,41	999	1000	0,90	0,50	0,50
				SUELO	Contrapiso (hormigón)	Medium Smooth	0,080	1,35	2000	1000	0,90	0,50
<b>VENTANAS / aluminio S20</b>												
MARCO			aluminio Serie 20									
V1	e	0,004	Vidrio simple 4mm									
<b>PUERTAS</b>												
PtaExt1 - Hierro				Chapa (acero)	Smooth	0,001	50	7800	450	0,25	0,80	0,80
PtaExt2 - Madera				Madera (pino)	Medium Smooth	0,038	0,12	450	1600	0,60	0,90	0,90
PtaInt1				Panel de fibras, incluyendo MDF (densidad 600)	Medium Smooth	0,038	0,14	600	1700	0,60	0,90	0,90
				Cámara de aire		0,025						
					Panel de fibras, incluyendo MDF (densidad 600)	Medium Smooth	0,038	0,14	600	1700	0,60	0,90