

REDISEÑO AMBIENTAL DE VIVIENDAS EN CLIMA MUY FRÍO EN EL MARCO DE LOS “MECANISMOS DE DESARROLLO LIMPIO”.

Diaz Cristian Jorge (1); Czajkowski Jorge Daniel (2)

(1) Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata
Calle 47 N° 162. CC 478 (1900) La Plata. Tel-fax: + 54 (221) 423-6587 / 90 int. 255

E-mail: diazcristian007@yahoo.com.ar;

(2) Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata
Calle 47 N° 162. CC 478 (1900) La Plata. Tel-fax: + 54 (221) 423-6587 / 90 int. 255

E-mail: czajko@gmail.com

RESUMEN

La entrada en vigencia del protocolo de Kyoto, permite a los países que no pertenecen al anexo 1 proponer Mecanismos de Desarrollo Limpio –MDL- que entre otros beneficios implica: reducción de emisiones GEI, innovación tecnológica, incorporación del sector construcción, diseño innovativo, que no solamente favorecen a la comunidad local sino que implican aportes a la comunidad global. De acuerdo a estudios realizados recientemente (Diaz C., Czajkowski J., 2004-2006) se demostró la insustentabilidad e ineficiencia en edificios de viviendas de interés social construidos por el Estado en la provincia de Tierra del Fuego. En el presente trabajo se muestran alternativas de mejoras a los sistemas constructivos de las viviendas auditadas en el periodo 2004-2005 en la ciudad de Río Grande de dicha provincia. Las mejoras tienen como objetivo principal el ahorro energético para calefacción y energía eléctrica, mostrar su viabilidad económica más allá del beneficio de los altos subsidios al gas natural; e incorporar innovaciones que contengan las premisas antes descritas para favorecer el área de la construcción de viviendas de interés social para climas muy fríos.

Palabras Clave: Mecanismo de Desarrollo Limpio, vivienda interés social, ahorro energético.

ABSTRACT

The entrance in validity of the Kyoto's protocol, allows to the countries that don't belong to the annex 1 to propose Clean Development Mechanisms - CDM - that implies among other benefits: reduction of greenhouse gas –CHG- emissions, technological innovation, incorporation of the sector construction, innovative design that they not only favor to the local community but rather they imply contributions to the global community. According to studies carried out recently (Diaz C., Czajkowski J., 2004-2006) it was demonstrated the insustentabilidad and inefficient in buildings of low-income housing built by the State in the county of Tierra del Fuego. This work shows improvement alternatives to the constructive systems of the housings audits in the period 2004-2005 in the city of Río Grande of this country. The improvements have as main objective the energy saving for heating and electric power, to show their economic viability beyond the benefit from the high subsidies to the natural gas, and to incorporate innovations that contain the premises before described to favor the area of the construction of low-income housing for very cold climates.

Key Words: Clean Development Mechanism, low-income housing, energy saving

1. INTRODUCCIÓN

El Protocolo de Kyoto, ya en vigor, supone un hito importante en la historia de la política ambiental. Por primera vez la comunidad internacional se ha dotado de un tratado con carácter vinculante para

buscar soluciones a los problemas que se derivan del cambio climático. Este fenómeno de carácter global afecta al conjunto del planeta y, por tanto, debe gestionarse en el marco de la cooperación multilateral.

El tratamiento internacional del cambio climático y la necesidad de gestionarlo de manera conjunta, ha llevado a la utilización de nuevos procedimientos. Uno de los instrumentos más valiosos contemplados en el Protocolo de Kyoto es el denominado Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL). Su finalidad es flexibilizar las opciones para el cumplimiento de los objetivos de reducción, limitación del crecimiento o estabilización de las emisiones de gases de efecto invernadero que los países industrializados han adquirido al ratificar dicho Protocolo.

El Protocolo de Kyoto contempla la utilización de tres mecanismos de flexibilidad para ayudar al cumplimiento de las obligaciones contraídas por los países desarrollados respecto a la limitación de los Gases de Efecto Invernadero (GEI): el Comercio de Emisiones, y dos mecanismos basados en la realización de proyectos, como son, la Aplicación Conjunta (AC) y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).

En el presente trabajo se muestra la viabilidad y el alcance que puede tener el Artículo 12 en el cual se define el MDL, del mencionado protocolo, donde uno de sus principales objetivos para los países en desarrollo es el *desarrollo sostenible* mediante la *implantación en su territorio de proyectos que permitan obtener reducciones certificadas de emisiones de GEI*. De acuerdo a esto mostraremos la factibilidad de este modelo en viviendas de interés social para climas muy fríos, desarrollando algunas variantes a los sistemas constructivos utilizados a lo largo de la historia en viviendas construidas por el gobierno en la provincia de Tierra del Fuego las cuales, para su análisis, las dividimos en tres grandes grupos como ser el sistema constructivo pesado, tradicional y liviano, aunque cabe la aclaración, que estos sistemas a su vez tienen sus propias variaciones constructivas.

Consideramos, para la simplificación del trabajo en cuestión, dos alternativas de mejoras en los sistemas constructivos analizados, para un caso se toman como parámetro las Normas Argentinas IRAM y luego proponemos como discusión una alternativa con un grado más alto en el nivel de eficiencia energética. Se plantea como hipótesis general que la implementación de medidas de ahorro y uso racional de la energía en vivienda y edificios de viviendas en el extremo sur-patagónico permitiría mejorar significativamente su comportamiento ambiental con amortización a corto y mediano plazo. Esto aun considerado en la ecuación económica el subsidio del 67% que reciben los usuarios en sus facturas de gas natural. Este estudio nos permitirá obtener indicadores GEI, que nos servirán para cuantificar cuantas emisiones contaminantes se producen para cada sistema constructivo y sus respectivas mejoras, teniendo en cuenta que si trasladamos los datos obtenidos a todo el universo de viviendas de la provincia¹, puede lograrse valores significativos.

2. INSTRUMENTOS, MÉTODOS Y TÉCNICAS

Se propone la realización de tres análisis separados para cada uno de los sistemas constructivos. Para esto se utilizará el Sistema “EnergCAD R14” (Czajkowski, 1999) que permite realizar un análisis mes a mes de la demanda de energía del edificio a partir de un archivo gráfico tipo DWG. El modelo de consumo de este sistema responde a una versión ampliada de la Norma IRAM 11.604. Este permite conocer la demanda de energía (varios vectores energéticos) a partir de las características del edificio, características climáticas del sitio y características de implantación del edificio analizado.

Los coeficientes de transmitancia térmica K de la envolvente se han determinado según Norma IRAM 11601 y 11605. Son valores calculados a partir de la información de proyecto suministrada por el Instituto Provincial de la Vivienda (IPV) y relevamiento in-situ.

¹ De acuerdo a los datos del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, Secretaria de Obras Públicas y la Subsecretaria de Desarrollo Urbano y Vivienda, en la provincia de Tierra del Fuego, el 65% de la población se encuentra habitando este tipo de viviendas.

Se realizó un análisis de la demanda de energía para calefacción, para esta latitud se considera que las unidades habitacionales se encuentran en esta situación durante todo el año (Díaz, C.; Corredera, C.; Czajkowski J.; 2005), a fin de determinar cargas térmicas globales que sirvan de base para conocer las emisiones.

3. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO

El sitio está categorizado por las Normas IRAM como muy frío. En la tabla 1 se indica la base de datos climática utilizada por el “EnergCAD R14” para la simulación.

Tabla 1 – Datos climáticos de la ciudad de Río Grande, Tierra del Fuego, Argentina.

LOCALIDAD: RIOGRANDE								PROVINCIA: X				
LATITUD: -53.80				LONGITUD: -67.75				ASNM: 13				
MES	KT	RAD	TMED	TMAX	TMIN	TMXA	TMNA	GDC18	GDE25	VV	TV	HR
ENE	0.36	14.9	10.9	15.8	6.0	21.3	0.3	220	0	15	8.3	71
FEB	0.39	13.5	10.0	15.0	5.3	21.5	-3.6	224	0	14	8.1	70
MAR	0.33	8.0	15.4	13.4	3.7	19.7	-3.2	81	0	13	7.7	70
ABR	0.40	5.6	6.1	10.5	2.1	16.3	-5.1	357	0	12	6.7	73
MAY	0.37	2.7	2.9	6.9	-0.9	16.4	-7.9	468	0	10	5.9	76
JUN	0.46	2.1	-0.3	2.7	-3.6	7.8	-11.6	549	0	8	5.3	78
JUL	0.44	2.4	0.2	2.4	-3.6	7.1	-11.1	552	0	8	5.3	78
AGO	0.39	4.0	2.9	5.0	-1.8	10.1	-8.0	468	0	12	5.6	77
SET	0.44	8.4	3.4	7.3	-0.3	13.1	-5.8	438	0	12	6.0	79
OCT	0.45	13.3	6.3	11.4	3.5	17.1	-3.3	363	0	15	6.5	68
NOV	0.35	13.7	8.5	14.1	3.7	19.3	-1.5	285	0	16	7.3	68
DIC	0.34	14.8	18.3	14.5	4.9	34.2	0.0	0	0	15	7.7	70
	0.39	8.6	7.1	9.9	1.6			4004	0	13	6.7	73

4. CARACTERÍSTICAS VIVIENDAS Y MEJORAS PROPUESTAS

En la tabla 2 se muestra una síntesis de la tecnología, características constructivas de cada sistema y su análisis térmico según la información cedida por el IPV y auditada, también se describe los valores con las propuestas de mejora.


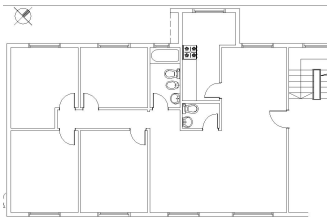

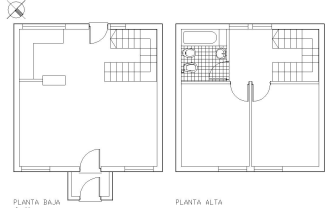

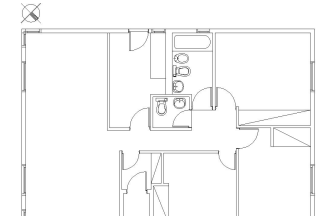
Se evalúan en primer lugar las unidades habitacionales con el sistema constructivo actual, el edificio *tipo monobloque*, correspondientes al sistema constructivo pesado, con una superficie habitable de 89,79m² (1) materializado con placas pretensadas de hormigón armado (H^oA^o) con aislamiento térmico en los paramentos verticales (K_M= 0,87W/m².K) y de H^oA^o insitu para los entresijos (K_E= 2,00 W/m².K), las carpinterías son metálicas con doble vidriado. En segundo lugar se encuentran las *unidades habitacionales unifamiliares*, de sistema constructivo tradicional con una superficie de 70,88m², resuelta en dos plantas (2), cuyos cerramientos verticales son materializados con bloques de hormigón revocados en ambas caras con aislación exterior revestido en madera (K_M= 1,05W/m².K); cubiertas de chapa galvanizada con aislamiento higrotérmico y machimbre de pino a la vista (K_T= 0,66 W/m².K), las carpinterías de madera con doble vidriado.

En último lugar, *unidad habitacional unifamiliar* del sistema constructivo liviano que consta de 83m² cubiertos (3); materializado con estructura de madera, recubrimiento exterior tipo “siding” en madera, aislamiento térmico interior con lana de vidrio y terminación interior con placas de roca de yeso (K_M= 0,58W/m².K); con cubierta de chapa galvanizada con aislamiento higrotérmico y cielo raso suspendido de yeso (K_T= 0,60W/m².K), las carpinterías de chapa doblada con doble vidriado.

A los sistemas constructivos descritos se le incorporan las siguientes mejoras, en las cuales tomaremos dos niveles de confort. En el primer caso implementamos una mejora en la eficiencia energética para que cumpla con el nivel B de la Norma IRAM 11605. En la segunda opción incorporamos mayor aislamiento térmico al cual denominamos *ahorro MDL* (Para todos los casos se considero mejorar la

envolvente desde la cara exterior de muros, permitiendo con esta decisión minimizar los puentes térmicos que se pudieran llegar ocasionar en los diferentes elementos de la envolvente). El objeto de esto es poder verificar y discutir si es factible, con la tecnología disponible en el sitio, incorporar un importante aislamiento térmico.

Tabla 2 – Datos bioclimáticos de la ciudad de Río Grande, Tierra del Fuego, Argentina.

Imagen Actual de la Vivienda Auditada	Planta de arquitectura	Valores K Relevado $W/m^2.K$	Valores K Mejor. IRAM - $W/m^2.K$	Valores K Mejor. MDL - $W/m^2.K$
 <p>Sist. Const. Pesado</p>		<p>(1)</p> <p>$K_M: 0,87$</p> <p>$K_E: 2,00$</p> <p>$K_V: 4,19$</p>	<p>(4)</p> <p>$K_M: 0,55$</p> <p>$K_E: 1,40$</p> <p>$K_V: 4,19$</p>	<p>(7)</p> <p>$K_M: 0,29$</p> <p>$K_E: 1,15$</p> <p>$K_V: 4,19$</p>
 <p>Sist. Const. Tradicional</p>	 <p>PLANTA BAJA PLANTA ALTA</p>	<p>(2)</p> <p>$K_M: 1,05$</p> <p>$K_T: 0,66$</p> <p>$K_V: 3,27$</p>	<p>(5)</p> <p>$K_M: 0,34$</p> <p>$K_T: 0,66$</p> <p>$K_V: 3,27$</p>	<p>(8)</p> <p>$K_M: 0,25$</p> <p>$K_T: 0,66$</p> <p>$K_V: 3,27$</p>
 <p>Sist. Const. Liviano</p>		<p>(3)</p> <p>$K_M: 0,58$</p> <p>$K_T: 0,60$</p> <p>$K_V: 4,19$</p>	<p>(6)</p> <p>$K_M: 0,40$</p> <p>$K_T: 0,60$</p> <p>$K_V: 4,19$</p>	<p>(9)</p> <p>$K_M: 0,26$</p> <p>$K_T: 0,60$</p> <p>$K_V: 4,19$</p>

En lo que se refiere a las mejoras para el caso del sistema constructivo pesado (4) se le adiciona una mano de Eifs (pegamento) y a esto se le adhiere 3cm para el primer caso y 8 cm para el segundo (7) de poliestireno expandido con densidad de 25 kg/m^3 , nuevamente se coloca una capa de 3mm de pegamento Eifs y se colocan fajas empezando de abajo hacia arriba adhiriendo a esta una malla de lana de vidrio resistente a los alcalis, luego se coloca otra mano de 5mm de espesor de Eifs, a esto último se lo frataza y se propone una terminación de pintura ($K_{M-IRAM} = 0,55 \text{ W/m}^2.K$; $K_{(M-MDL)} = 0,29 \text{ W/m}^2.K$).

En los entresijos se propone colocar 5mm de aislamiento térmico y segunda opción 10mm, luego se superponen placas MDF (4mm) y como terminación parquet de eucalipto de bosques cultivados; ($K_{E-IRAM} = 1,40 \text{ W/m}^2.K$; $K_{E-MDL} = 1,15 \text{ W/m}^2.K$). Con esta solución constructiva (piso flotante), mejoraría significativamente el comportamiento acústico por reducción de ruidos de impacto.

En el caso del sistema tradicional, la mejora consiste en las caras NE, SO y E ya que la cara oeste esta compartida con otra unidad habitacional (5) adicionar una capa continua de PUR (poliuretano) proyectado para el nivel B, 4cm, y para el MDL 7cm (8), a esto se le adiciona una malla resistente a

los álcalis para posteriormente colocar un revoque proyectado (2cm) con aditivo acrílico ($K_{M-IRAM}=0,34 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$; $K_{M-MDL}=0,25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$).

Para el sistema liviano se propone una estructura de madera económica (saligna o lenga) atornillada al exterior de muro existente con la incorporación de 2,5cm (6) de aislamiento térmico y para la opción MDL 7cm (9). En ambos casos poliestireno expandido, densidad 25kg/m^3 . El recubrimiento exterior es tipo “siding” ($K_M=0,43 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$; $K_M=0,26 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$), de esta manera seguimos conservando el mismo lenguaje.

Tabla 3 – Costo de las diferentes propuestas de mejora.

Sistema constructivo	Costo Total IRAM (U\$S)	Precio por m ² (U\$S) para IRAM	Costo total MDL (U\$S)	Precio por m ² (U\$S) para MDL
Pesado	5201,7	67,03	5695,48	73,1
Tradicional	1474,14	18,23	1797,7	22,67
Liviano	2431,56	28,18	2847,75	35,60

Para lograr estas mejoras se muestra en la tabla 3, cual es la inversión necesaria para cada opción, cabe aclarar que en estos valores se encuentra incluida la mano de obra (los costos están establecidos de acuerdo a los precios del mercado regional). Si consideramos según datos cedidos por el Instituto Provincial de la Vivienda –IPV-, que el costo del m² oscila en U\$S 500² se necesitaría, en promedio, para alcanzara el Nivel B un incremento de 7,5% por m² y 8,76% para la segunda opción de mejora.

5. MODELIZACIÓN ENERGÉTICA

La modelización energética se dividió en tres partes de acuerdo a los diferentes sistemas constructivos que luego se integran para un análisis.

A fin de prever el consumo de energía en el tiempo se adoptaron los siguientes criterios para el análisis energético mediante “EnergocAD”, tanto para verano como para invierno, se consideró como temperatura interior de confort de 20°C para adecuarlo a las Normas IRAM, en lo que respecta a las pérdidas de calor por infiltración, se adoptó 1,2 renovaciones de aire. Estas elecciones están sustentadas en trabajos anteriores donde quedo demostrado que los usuarios tienen un comportamiento similar y constante en el uso de energía para calefacción, (Diaz y Czajkowski, 2004; 2006) esto representa mantener con sistemas mecánicos estas temperaturas durante las 24hs para invierno como verano a lo largo de todo el año. De las tablas 4 a 6 se muestra la condición de demanda de energía para las unidades habitacionales del sistema constructivo pesado, considerando sus tres situaciones, actual, cumplimiento con la Norma IRAM nivel B y el propuesto con las mejoras para MDL, donde se expone la variación mensual para dividida en:

Pérdidas: corresponde a las pérdidas de calor del edificio en Kwh/mes x 100

Ganancias: es el aporte solar potencial sobre el edificio (es indicativo ya que se requiere de un estudio detallado para optimizar su aprovechamiento) en Kwh/mes x 100.

Balance %: si el valor es mayor que cero y menor o igual a cien se considera como la contribución solar a la reducción de la demanda de energía en calefacción.

m³/mes/10: demanda de gas natural en calefacción x 10 que no contempla el rendimiento del sistema de climatización.

A las ganancias obtenidas según los cálculos (valores marcados en negrita en las tablas 4 a 6) proponemos considerar, para ser más precisos, los aportes por ocupación y equipamiento (O+E). En

² Este dato fue otorgado por el Director del Área Técnica del IPV en una entrevista realizada en agosto del 2005, de acuerdo a los valores manejados en actual plan de viviendas que se esta desarrollando en la provincia, dentro del marco del “Plan Federal de Viviendas”.

base a trabajos anteriores (Diaz C., Czajkowski J., 2005-2006) podemos promediar y calcular la variación estándar para estas dos incógnitas, a la cual se la sumaremos a las ganancias determinadas por balance obteniendo, de esta manera obtenemos mayor precisión en las pérdidas ocasionadas en cada unidad habitacional.

Tabla 4 –Sist. constructivo pesado, demanda energía mensual, 5500 GD base 20°C, estado actual

Energía	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	O+E	AÑO
	en KWh* 100													
Perdidas	21	21	11	32	40	46	47	40	38	32	26	4		358
Ganancias	11	12	11	12	12	14	14	13	14	14	13	11	65	86
Balance %	30	34	59	24	17	17	16	18	21	25	25	153		24
m3/mes/10	20	20	10	29	37	42	43	37	35	30	24	4		329

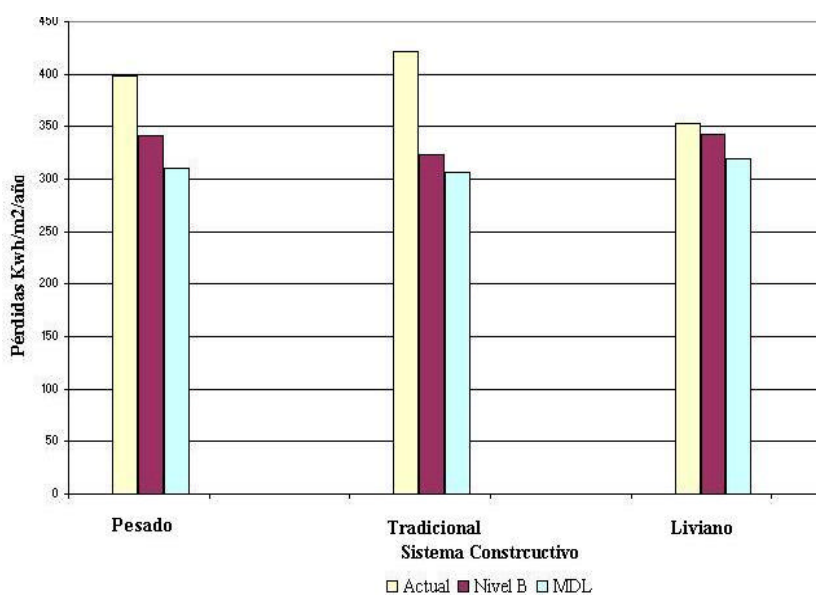
Tabla 5 – Sistema constructivo pesado, demanda de energía mensual, 5500 GD base 20°C, para Norma IRAM

Energía	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	O+E	AÑO
	en KWh* 100													
Perdidas	18	18	9	27	34	40	40	34	32	28	22	3		307
Ganancias	11	12	11	12	12	14	14	13	14	14	13	11	65	86
Balance %	35	39	69	28	20	20	19	21	25	30	29	179		28
m3/mes/10	17	17	9	25	32	36	37	32	30	25	21	3		282

Tabla 6 – Sistema constructivo pesado, demanda de energía mensual, 5500 GD base 20°C, con mejoras MDL

Energía	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	O+E	AÑO
	en KWh* 100													
Perdidas	17	17	8	25	31	36	36	31	39	25	20	3		279
Ganancias	11	12	11	12	12	14	14	13	14	14	13	11	65	86
Balance %	39	43	76	30	22	22	21	23	27	32	32	197		31
m3/mes/10	15	15	8	23	29	33	33	29	27	23	19	3		256

Figura 2 – Demanda anual de energía en calefacción según sistemas constructivos y sus respectivas mejoras.



Como las viviendas analizadas son diferentes, tanto en aspectos de diseño como constructivas, el estudio de sus mejoras fueron hechas de acuerdo a las características de cada uno de ellas. Debido a

esto se optó por trabajar con demanda de energía por unidad de superficie cubierta a efectos de poder comparar los casos. Observamos en la figura 2 esta integración y podemos concluir que de acuerdo a cada mejora propuesta las pérdidas se redujeron de manera equivalente, sobre todo con los cambios producidos al los diferentes sistemas constructivos con la propuesta MDL.

Aunado a lo anterior, queda analizar la mejora en cuanto a la reducción en el consumo de gas natural, para esto en la tabla 7 se muestra los indicadores de consumo de demanda anual relativa al total de gas natural para calefacción con eficiencia del sistema 100%.

Tabla 7 – Indicadores en el consumo de gas natural para calefacción

Indicador	Sistema constructivo								
	Pesado			Tradicional			Liviano		
	Actual	Nivel B	MDL	Actual	Nivel B	MDL	Actual	Nivel B	MDL
Total m³ GN anual	3290	2820	2560	2750	2110	2000	2700	2610	2520
Promedio	274	235	213	229,2	175,8	166,6	225	217,5	210
STD	123,54	106,6	96,6	105,04	80,84	75,6	101,84	98,82	94,3

Según la tabla 7 observamos que para el sistema constructivo pesado se puede ahorrar 14,3% con el nivel B y 22,2% con la propuesta MDL, para el caso de sistema tradicional le corresponde un ahorro del 23,3% para la primer propuesta y 27,3% para la segunda; en el último sistema constructivo el ahorro con la mejoras para el nivel B es de 3,4% y 6,7% para la segunda alternativa.

De acuerdo a las tarifas finales a usuarios, con categoría/cliente (R1;R2 y R3) para la provincia de Tierra del Fuego, el cargo por m³ de consumo es de U\$S 0,03207, a modo comparativo en la provincia de Buenos Aires el valor del m³ de GN asciende a U\$S 0,0562 . En la tabla 8 se muestra un resumen de los ahorros producidos en cada vivienda analizada.

Tabla 8 – Valor del consumo anual de gas natural estimado para cada vivienda en U\$S.

Indicador	Sistema constructivo								
	Pesado			Tradicional			Liviano		
	Actual	Nivel B	MDL	Actual	Nivel B	MDL	Actual	Nivel B	MDL
Costo GN anual U\$S	105,51	90,44	82,09	88,19	67,67	64,14	86,59	83,70	80,81

5.1. Verificación de la calidad energética edilicia

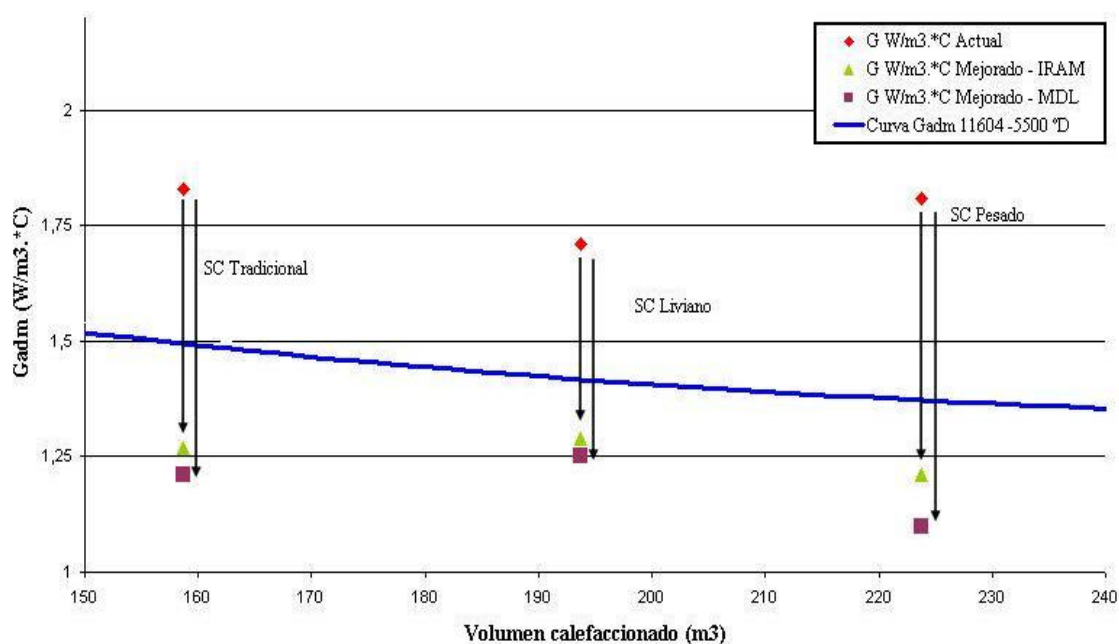
La Norma IRAM 11604 sobre ahorro de energía en calefacción a pesar de no ser de cumplimiento obligatorio en la Argentina, establece un nivel de calidad energética edilicia. En este caso se realiza la verificación a fin de mostrar el grado de razonabilidad en la demanda de energía para cada sistema constructivo.

En la figura 3 se muestra que ningún sistema constructivo en el estado actual cumple con lo establecido en las Normas. Se indica con rombo rojo el Coeficiente Global de pérdidas térmicas [G en W/m²°C] de cada sistema constructivo en el estado actual; con triángulo verde el G resultante de reemplazar la envolvente con el aislamiento antes descrito para cumplir con el nivel B de la Norma y con un cuadrado violeta el propuesto para MDL.

La curva correspondiente al Gadm según Norma IRAM 11604 corresponde a 5500 grados día, base 20°C para la ciudad de Río Grande (Tierra del Fuego).

Si se deseara cumplir con la Norma, podemos observar, que las mejoras propuestas reducen notablemente las pérdidas de calor de los casos analizados.

Figura 3 – Comparación de la calidad térmica de las diferentes unidades habitacionales con y sin mejoras respecto al Gadm para la ciudad de Río Grande.



5.2. Estudio de emisiones de las unidades habitacionales

En este apartado se muestran las emisiones de las diferentes unidades habitacionales en el estado actual y con las mejoras. El método utilizado para estimar la cantidad de GEI que se producen es el denominado *Bottom-Up* en el cual se toma a partir de datos específicos sobre el consumo de gas natural en m³ en las viviendas analizadas.

En la tabla 9a, b y c mostramos los gases considerados de la totalidad de emisiones producidas por la combustión en los artefactos de calefacción, expresados en Kg/año: material particulado, dióxido de azufre (SO₂), óxidos nitrosos (NO_x), hidrocarburos volátiles (HC), monóxidos de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂).

Tabla 9a – Emisiones GEI para el sistemas constructivos pesado y sus alternativas de mejora.

Sistema constructivo	Emisiones de contaminantes [Kg/año]					
	Part.	SO ₂	NO _x	HC	CO	CO ₂
Pesado actual	0,58	0,0154	5,534	1,168	1,168	6518,5
Pesado - Nivel B	0,5	0,013	4,74	1	1	5587,28
Pesado - MDL	0,45	0,012	4,3	0,9	0,9	5072,14

Tabla 9b – Emisiones GEI para el sistemas constructivos tradicional y sus alternativas de mejora.

Sistema constructivo	Emisiones de contaminantes [Kg/año]					
	Part.	SO ₂	NO _x	HC	CO	CO ₂
Tradicional actual	0,48	0,013	4,626	0,97	0,97	5448,6
Tradicional - Nivel B	0,37	0,0098	3,54	0,75	0,75	4180,5
Tradicional - MDL	0,35	0,009	3,36	0,71	0,71	3962,6

Tabla 9c – Emisiones GEI para el sistemas constructivos liviano y sus alternativas de mejora.

Sistema constructivo	Emisiones de contaminantes [Kg/año]					
	Part.	SO ₂	NO _x	HC	CO	CO ₂
Liviano actual	0,48	0,013	4,54	0,96	0,96	5359,5
Liviano - Nivel B	0,46	0,012	4,39	0,92	0,92	5171,2
Liviano - MDL	0,44	0,011	4,23	0,89	0,89	4992,8

De acuerdo al protocolo de Kyoto y dentro del marco MDL se consensó reducir, en promedio, el 5,2% de las emisiones, en la tabla 10 se expresan las reducciones de emanaciones para cada propuesta constructiva. Los resultados obtenidos de la tabla 10 nos permite demostrar que existe, para el caso de las mejoras para que cumplan con el nivel B de la Norma, nos permite un ahorro promedio del 14,07% y para la propuesta con MDL el 19,6%. Solo si tomamos un análisis por separado, la vivienda con el sistema constructivo liviano - Nivel B, no estaría dentro de las reducciones promedio del protocolo.

Tabla 10 – Reducciones de emisiones de contaminantes.

Sistema constructivo	Ahorro de emisiones GEI [%]					
	Part.	SO ₂	NO _x	HC	CO	CO ₂
Pesado - IRAM	13,8	15,6	14,34	14,4	14,4	14,3
Pesado - MDL	22,4	22,1	22,3	22,9	22,9	22,2
Tradicional - IRAM	22,9	24,6	23,4	22,7	22,7	23,3
Tradicional - MDL	27,1	30,8	27,4	26,8	26,8	27,3
Liviano - IRAM	4,2	7,7	3,3	4,2	4,2	3,3
Liviano - MDL	8,3	15,4	6,8	7,3	7,3	6,7

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los balances térmico-energéticos edilicios de los tres sistemas constructivos estudiados, encontramos que muestran un comportamiento insustentable desde un enfoque ambiental. Para mantener los niveles de confort a lo largo de un año, y a lo largo de su vida útil requerirá de una gran demanda de recursos energéticos para calefacción.

Los resultados obtenidos de los estudios permitieron observar los ahorros potenciales en el comportamiento energético para cada unidad habitacional, con las dos alternativas de mejora. En la aplicación de las Normas IRAM, se disminuye la demanda de energía el 14,25% en vivienda con sistema prefabricado pesado; el 23,40% en viviendas de construcción tradicional y el 3,1% en viviendas con sistema constructivo liviano.

Si trasladamos la propuesta MDL, se verifica un ahorro potencial del siguiente orden: 22,1%, para el sistema pesado, 27,42% para tradicional y 6,5% para el liviano. Estas cifras implican una inversión del 8,7%, 18% y 14,6% respectivamente para cada sistema constructivo.

6. REFERENCIAS

CZAJKOWSKI, J. D.; CORREDERA, C. R.; DIAZ, C. J.; BELLONI, P.; ELICHIRIGOITY, C. (2004) *Evaluación del Comportamiento Energético de un Conjunto edilicio de Alta Densidad en Neuquén*. Revista Avances en Energías Renovables y Ambiente. Vol. 8, Nº 1, Edit. ASADES. Salta, Argentina. Pág. 67-72.

- DIAZ, C. J.; CORREDERA, C. R.; CZAJKOWSKI, J. D. (2005) *Resultados de mediciones de confort higrotérmico en viviendas de interés social en Tierra del Fuego. Campaña de verano*. Actas 27° Reunión de Trabajo de ASADES. Edit. ASADES. Salta, Argentina. Pág. 79-84.
- DIAZ, C. J.; CZAJKOWSKI, J. D. (2006) *Auditorias Energéticas en Viviendas de Interés Social en Río Grande, Tierra del Fuego*. Actas 28° Reunión de Trabajo de ASADES. Edit. ASADES. Salta, Argentina. Pág. 33-38.
- DISCOLI, CARLOS A. (1998). *El diagnóstico de la gestión productiva-energético-ambiental de las redes territoriales del sector salud*. Edit. UNLP. La Plata, Buenos Aires.
- IRAM, series de normas relacionadas con el aislamiento térmico de edificios. Buenos Aires, Argentina.
- ROSENLUND, Hans; JIANQUNG He; GUOFENG Sun. (2005). *Housing Design for Lower Domestic Energy Use. Exemplified by multi-storey buildings in Beijing*. Building issues – SIDA and HDM. Printed by Grahns Tryckeri AB, Suecia.
- SYNERGY, UNESA, Universidad Politécnica de Madrid, Institut System-und Innocationsforschung, Instituto Mexicano del Petróleo, Universidad Nacional Autónoma de México, CIER y OLADE (2005). *Metodologías para la implementación de los mecanismos flexibles de Kyoto – Mecanismo de Desarrollo Limpio en Latinoamérica*. Madrid, España.
- YUNG, Z., CHEN, B., GUO, Y., PENG, F., ZHAO, J. (2004). *Indoor Air Environment of Residential Building in Dalian, China*. Energy and Buildings. N° 36. Pp. 1235-1239.