

COMPORTAMIENTO DE VARIABLES EDILICIAS Y ENERGÉTICAS EN EDIFICIOS ESCOLARES EN DOS SITUACIONES REGIONALES DE LA REPUBLICA ARGENTINA

Gustavo San Juan ¹, Santiago Hoses ²

IDEHAB, Instituto de Estudios del Hábitat, Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Universidad Nacional de La Plata.

Calle 47 N°162, CC 478. La Plata (1900). http://idehab_fau_unlp.tripod.com/ui2
Tel/fax +54-0221-4236587/90 int 254. E-mail: gsanjuan@arqui.farulp.unlp.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo presenta el análisis comparativo de tipologías edilicias de educación de dos provincias de la República Argentina, Neuquen y Buenos Aires, en cuanto a la sensibilidad de las variables edilicias y energéticas en relación al consumo necesario para calefacción. Se trabaja a partir de la detección de aquellos edificios de producción oficial suficientemente representativos, comparando su respuesta energética con el objeto de cuantificar y valorar la incidencia de las variables involucradas. Se exponen indicadores de la situación real y optimizada, así como la incidencia en un distrito escolar.

ABSTRACT

This work exposes the educational building typologies comparative analysis from the Neuquen and Buenos Aires provinces (Argentine). They are presented as for the building and energetic variables reply. The work is carried out from the detection of those official production sufficiently representative buildings, comparing their energy consumption in order to quantify and to value the incidence of the involved variables. Real and optimised situation indicators are exposed, as well as the incidence in a school district

1. INTRODUCCION

El trabajo se basa en desarrollos producidos en el campo de los estudios de la arquitectura educacional, sosteniéndose metodológicamente según la experiencia adquirida en el sector residencial de producción oficial en la prov. de Buenos Aires (SAN JUAN, 1994), experiencia que formuló en su momento la posibilidad de operar sobre *un universo complejo disperso en un espacio regional extenso*; así como el desarrollo de una tesis de maestría en el sector educación, adecuándose a los edificios de *uso discontinuo y sus implicancias ambientales* (SAN JUAN, 2000).

Los resultados que se exponen tienden por un lado a proponer una metódica de evaluación de un sector de los servicios de la ciudad, como es el de educación con la característica de su funcionamiento en red. Esta propiedad equivale a considerar un conjunto de establecimientos, con atributos comunes de funcionamiento, control de gestión, prestación de servicios y materialidad edilicia, los cuales operan en una misma unidad geográfica y en conjunto conforman un sistema fisco-espacial. Otra de las características es que la producción de arquitectura escolar en nuestro país se ha correspondido en su organización funcional, propuesta formal y tecnología empleada, a la gestión de gobierno imperante,

¹ Investigador CONICET. ² Becario CONICET

tanto a nivel nacional como provincial. Se han producido planes de infraestructura escolar mediante la implantación de determinada cantidad de casos, recurriéndose a lo que conocemos como una producción tipológica, y sus modelos.

Por otro lado se profundizó en la definición y estudio de las variables *estructurales*, o sea aquellas que definen en su totalidad el problema abordado, y variables *críticas*, las cuales son decisivas en la determinación cualitativa y cuantitativa de un determinado estado o proceso. Para nuestro caso de análisis definimos además variables *operacionales*, a aquellas variables arquitectónicas que responden a diferentes escenarios de cálculo. Estas varían según la mejora tecnológica de la envolvente edilicia, en función de optimizar el funcionamiento futuro, mejorando las condiciones ambientales y minimizando el uso de los *recursos críticos* involucrados. Entendemos a éstos como: recurso espacial, personal, y fundamentalmente para este trabajo energético y económico. (ROSENFELD et. al, 1993) (SAMAJA, 1993)

La comparación a nivel de análisis de *sectores edicios homólogos*, llámese aulas, salón de usos múltiples (en adelante SUM), administración o circulación, y tipologías edilicias, permite la definición de la sensibilidad de las variables en relación al consumo energético, así como y la respuesta de cada uno de los “tipos” involucrados.

2. METODOLOGIA

El desarrollo que se expone involucra una serie de edificios escolares, los cuales representan la producción arquitectónica de su región comprendiendo una metódica de evaluación ambiental, a partir de la interacción de tres subsistemas: i. El **Edificio**; ii. El **Funcional**; iii. El relativo al **sitio** o medio de localización. Cada uno de ellos contiene una serie de elementos que llamaremos variables con relación a la especulación desarrollada a partir de la cual evaluaremos a cada uno de los casos analizados.

Sintéticamente describiremos cada uno:

El subsistema **edificio**, comprende junto con el del *sitio*, las variables independientes, las cuales definen las características *dimensionales* de cada uno de los módulos edicios involucrados, entendidos como diferenciales de una unidad mayor; su *organización* la cual deriva en la conformación del todo como unidad autónoma repetible; la *tecnología* de cada una de las partes constitutivas; el *equipamiento* involucrado para mantener las condiciones operativas, y su *localización*, sobre todo la orientación y su emplazamiento. El subsistema del **sitio** involucra las variables *climáticas* y su contexto de implantación (urbano-rural); El subsistema **funcional** congrega las variables intervinientes, como son: el *factor de uso* (Fu), determinando el funcionamiento diario, estacional y anual y el *factor de ocupación* (Fo) el cual condiciona las ganancias internas de temperatura y humedad, definido por el tipo de actividad, cantidad y edad de sus ocupantes.

Estos tres conjuntos de elementos poseen relaciones uni o bi-direccionales:

La relación entre Edificio y Sitio (ES), se produce en presencia de un “lugar”, conformando un espacio de actividades, el cual vive y se relaciona con su medio, con su contexto inmediato y mediato a través de visuales, energía, población escolar, radiación solar, insumos, viento, recursos, entre otros. El sitio a su vez ofrece y condiciona estas necesidades. La relación entre funcionamiento y edificio (EF) tiende a ser dinámica en el sentido que las variables que intervienen condicionan la respuesta energética y ambiental. La relación Funcionamiento y Sitio (SF) es indirecta, caracterizada por el uso y apropiación de los espacios y la degradación producida sobre el ambiente. Esta compleja situación está referida a una cierta condición de contorno que tiene que ver con el ambiente natural y cultural, y las decisiones que en el se producen. Por ejemplo, estas pueden ser referidas directamente a políticas de intervención en el sector, tendientes a la mejora de las condiciones ambientales de las escuelas y su influencia en los consumos energéticos y en la habitabilidad interior, lo que implica un cambio tecnológico a realizarse acorde a las regiones de implantación.


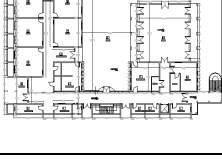
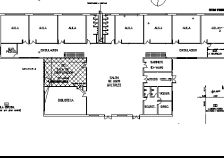

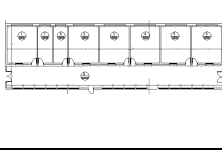

Este cambio tecnológico se refiere por un lado a los cambios organizacionales del edificio, apoyándose en la propuesta de la Ley Federal de Educación, donde el edificio es la conjunción de una serie de módulos o espacios arquitectónicos en función con los requerimientos del proyecto institucional

vigente. Por otro, en la adopción de tecnología (Tec) constructiva adecuada que minimice los desfases térmicos y haga eficiente los recursos críticos intervinientes, como el energético. En este caso se trabaja sobre el cálculo de la energía necesaria de calefacción para dos situaciones regionales diferenciadas de la Argentina (provincias de Neuquén y Buenos Aires) y una serie de escenarios de cálculo, con el objeto de comparar la sensibilidad de las variables estudiadas. (SAN JUAN, 2000, op. cit)

2.1. Escenarios de cálculo:

♦ *Subsistema edilicio*: Se adoptan las tipologías representativas de cada provincia, del nivel EGB, en cuanto a su organización, tecnología y período de gestión. Para el caso de Neuquén se trabaja sobre seis tipos representativos: Tn1 (gestión 1946-1955); Tn2 (1966-73); Tn3 (1976-83); Tn4 y Tn5 (1983-91); Tn6 (1991-99). Para la provincia de Buenos Aires cinco tipos representativos: Tba1 (1973); Tba2 (1981); Tba3 (1983); Tba4 (1997); Tba5 (1963) (Tabla 1).

Tabla 1: Tipologías representativas de las provincias de Neuquén y Buenos Aires

LINEAL CON PATIO (Tn1)			BLOQUE (Tba1)		
LINEAL CON SUM (Tn2)			LINEAL CON SUM (Tba2)		
LINEAL CON SUM Y PATIO (Tn3)			CENTRAL (Tba3)		
LINEAL CON SUM (SAREN) (Tn4)			COMBINADA (Tba4)		
LINEAL CON SUM (SAREN) (Tn5)			LINEAL SIMPLE CRUJIA (Tba5)		
LINEAL CON SUM (SAREN) (Tn6)					

Se consideraron las siguientes variables analizadas:

1. *Situación original*: Considerando una temperatura base de calefacción de 18°C para Aulas y Administración, y 16°C para SUM y Circulación. Nueve renovaciones de aire hora (ra/h), en función del tipo y calidad de las carpinterías existentes, así como de su costumbre de cierre y apertura. Tecnología constructiva original según cada propuesta.

2. Variable *Temperatura*: Se elevó en todos los ambientes la temperatura en 2°C, siendo la temperatura base de calefacción resultante de 20°C y 18°C.
3. Variable *Renovaciones de Aire*: Se redujeron las renovaciones de aire (variable de mayor sensibilidad) a 4ra/h.
4. Variable *Superficie de Ventanas*: Duplicación de la superficie..
5. Variable *Techo*: Se mejoró su transmitancia térmica (“K”, en w/m² °C) de acuerdo con el tipo constructivo.
6. Variable *Muro*: Ídem anterior.
7. Variable *Ventanas*: Se incorporó doble vidrio, mejorando el “K”. Sólo para Neuquén.
8. Variable *Pisos*: Se incorporó aislación térmica en el perímetro habitado (1m). Sólo para Neuquén.
9. Total de mejoras: ra/h + techo + muro + ventanas + piso (Neuquén);
ra /h+ techo + muro (Buenos Aires)

♦ *Subsistema del sitio*: Como contexto de análisis se adoptaron las localidades de Neuquén Capital, para la provincia de Neuquen : Zona bioambiental IVb, Templada Fría y La Plata, para la provincia de Buenos Aires, zona bioambiental IIIb Templada Cálida. (Tabla 2)

Tabla 2: Características climáticas adoptadas.

Localidad:	Temp.med.Anual	Temp.Med. Per.calef.	Rad. Global Media	Hum.Rel. Med	Grados Día Calef
Neuquén Capital	14.3°C	°C	15.2 MJ/m ²	51%	1680°C ₁₈
La Plata	16°C	12°C	16.1 MJ/m ²	78%	994°C ₁₈

♦ *Subsistema Funcional*: Se adoptó un funcionamiento anual de 130 días hábiles y diario de 10hs, considerándose 30alumnos por aula.

Se calcularon las condiciones de consumo energético para calefacción en cada uno de los sectores constitutivos (Aula, Administración, SUM, Circulaciones), entendidos éstos como diferenciales del funcionamiento total, respondiendo a las características particulares de cada uno de ellos, en cuanto a necesidades térmicas, dimensionales, funcionamiento y posicionamiento en el conjunto edilicio (DISCOLO et al, 1996). En el presente trabajo sólo se exponen los totales por tipología. Se utilizó un balance estacionario en plataforma Auto-CAD (ENERGO-CAD) y valores de transmitancia térmica según normas IRAM. (IRAM 1990-99)

3. RESULTADOS

En cuanto a los consumos energéticos comparando las dos situaciones regionales, las necesidades promedio para la provincia de Neuquen (Ne) es de aproximadamente 170.000 kwh/año mientras que para Buenos Aires (BsAs), salvo los casos Tba2 y Tba5 las cuales corresponden a establecimientos de grandes dimensiones, el consumo promedio es de 70.000 kwh/año. Se observa un escalón entre las dos situaciones debido a las situaciones climático-regionales, y por otro a los tamaños sensiblemente mayores de los edificios de Ne. Las mejoras aplicadas a la envolvente disminuyen esta amplitud, siendo la situación resultante entre de 50.000 y 30.000 kwh/año. (Figura 1).

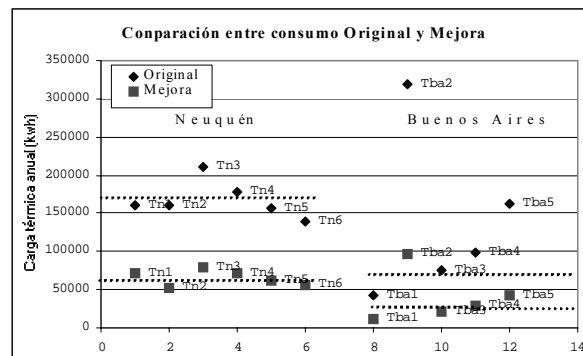


Figura 1: Comparación del consumo energético anual en calefacción (kw/hora año), para la situación original y mejorada, por cada tipología

La elevación de dos grados de la temperatura base de calefacción implica consumos promedio de 30 % y 45% en más para Ne y BsAs respectivamente.

La inclusión de doble vidrio -previsto sólo para la situación de Ne- implica ahorros medios de 2,7% llegando a 3,6% para la tipología Tn4, la cual posee grandes superficies vidriadas. El beneficio estriba además en incorporar buenas carpinterías que no sólo controlen la condensación superficial al disminuir su transmitancia térmica (“k”), sino también disminuir la infiltración de aire, dado que esta es la variable con mayor sensibilidad con respecto a las pérdidas energéticas. La reducción promedio aplicando esta medida, es de 52% para ambas localizaciones. (Figura2)

El incremento de la superficie de aventanamiento al doble para todas las tipologías equivale a incrementar las pérdidas en un 4,6% para Ne 2,6% para BsAs. La estrategia correcta estriba en equilibrar pérdidas y ganancias según orientación del edificio y la disposición de las superficies de captación.

La aislación correcta de los techos arroja un valor adicional para los períodos cálidos pero para el período invernal se pueden obtener disminuciones medias de energía de 6,7% (Ne) y 9,5% (Bs As). El caso de los tipos Tn1, Tn2, Tba1 y Tba2 (10 – 10,3 - 14 y 11,4% respectivamente), corresponden a las construcciones más antiguas, tecnología pesada con cubierta de losa. La solución de aislación de cubiertas es la relativamente más fácil de solucionar, recurriendo a “techos invertidos” para cubierta plana (con la incorporación de aislación térmica por encima de la losa y la protección hidráulica), o prever espacio adicional necesario en cubiertas en pendiente. (Figura3)

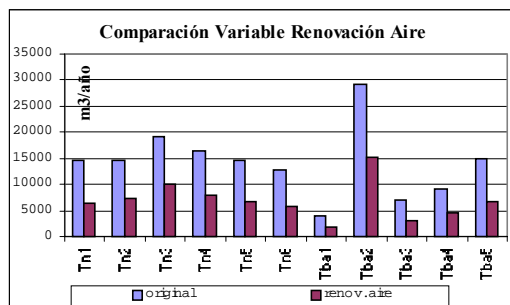


Figura 2: Comparación del consumo energético ($m^3/año$) para la variable renovaciones de aire, en la situación original y mejorada por tipología.

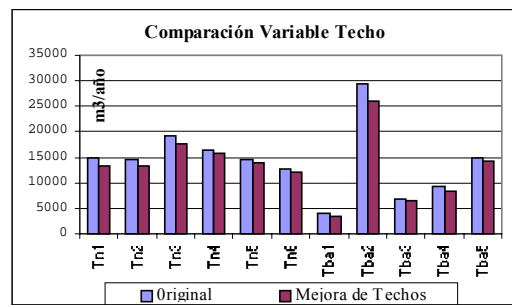


Figura 3: Comparación del consumo energético ($m^3/año$) para la variable techo, en la situación original y mejorada por tipología.

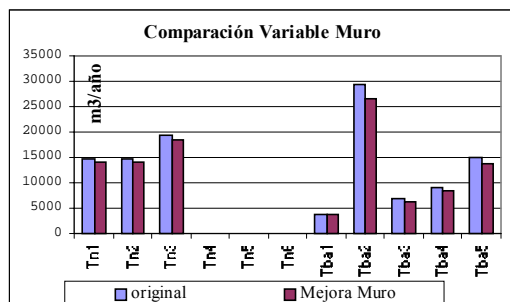


Figura 4: Comparación del consumo energético ($m^3/año$) para la variable Muro, en la situación original y mejorada por tipología.

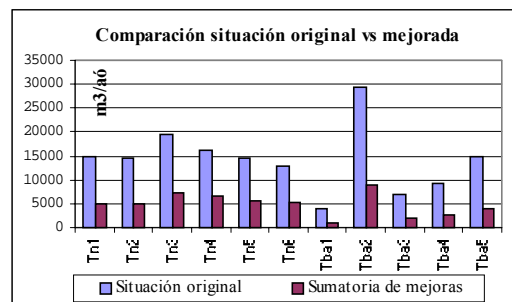


Figura 5: Comparación del consumo energético ($m^3/año$) para la totalidad de las variables, en la situación original y mejorada por tipología.

La mejora de las condiciones térmico-constructiva de los muros exteriores implican una reducción promedio en las necesidades energéticas entre 3,9% y 8,1% para Ne y BsAs respectivamente. Esta solución es la más complicada tecnológicamente ya que se debe apelar a alguna respuesta de “doble muro” (mampostería exterior, aislación térmica y mampostería o terminación interior) lo que eleva los costos de materiales y mano de obra preestablecidos (Figura 4). El reciclado de construcciones

existentes no es un problema fácil, tanto en lograr una correcta estanqueidad al vapor de agua al aplicar la aislación desde el interior del espacio, o por la reducción del espacio habitable.

La reducción energética debido a la incorporación de aislación perimetral (1metro lineal) del piso, equivale a un ahorro estimado de 0,5%. Aunque pequeña desde un punto de vista cuantitativo, esta medida mejora la condición de habitabilidad, reduciendo el puente térmico entre piso y muro.

El diseño de edificios que contemple la posibilidad de una respuesta conservativa, implicaría reducciones entre 62,7% para Neuquén y 71% para Buenos Aires (Figura 5). Si además se trabaja a partir del aprovechamiento de la radiación solar mediante superficies captoras, produciendo calor adicional se obtendrá una fracción de ahorro solar significativa (la proporción de la carga energética proporcionada por el sol, incluyendo conservación y aprovechamiento), aunque por supuesto se debe recurrir a sobre costos según las inversiones corrientes que oscilan entre 650\$/m² (Ne) y 550\$/m² (BsAS). Para el caso de Ne, situación extrema desde el punto de vista climático la reducción de equipos de producción de calor (alrededor del 6% del costo total de la obra), implicaría la posibilidad de re-inversión en mejoras sobre la envolvente edilicia.

La variable de mayor sensibilidad en cuanto a la carga térmica para calefacción, como ya dijimos, es la renovación de aire. Esto, debido a que se han observado calidades de carpintería inadecuadas y deterioros estructurales en cuanto a su estanqueidad, además de una falta de control en su uso, tanto de apertura y cierre de las aberturas (puertas y ventanas). En segunda instancia se verifica la variable, mejora de la cubierta. (Figura 6).

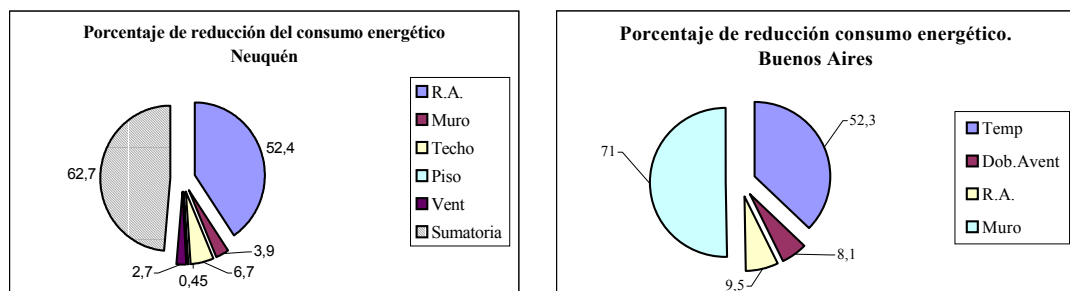


Figura 6: Porcentaje de reducción del consumo energético para calefacción. Provincias de Neuquén y Buenos Aires.

El promedio del consumo según la matrícula teórica que puedan albergar los establecimientos es de 273 kwh/alumno y 230 kwh/alumno lo que equivale a 0,020 tep/alumno año (toneladas equivalentes de petróleo por alumno y año) y 0,023 tep/alumno año, para Ne y BsAs respectivamente. Según la matrícula para los niveles Inicial, EGB y Medio, de 118.309 alumnos (Ne) y 2.131.707 alumnos (BsAs), el consumo teórico del parque edilicio es de 2.784tep y 42.267tep para Ne y BsAs. En la Tabla 3 se observan los ahorros para algunas hipótesis de intervención.

Tabla 3: Reducciones teóricas en TEP por variable de intervención.

	Ra/h	Techo	Muro	Total
Neuquén	1459	186	108	1746
Buenos Aires	22106	4015	3423	30010

Si analizamos el caso del Distrito Escolar N°1 “Confluencia”, de la provincia de Neuquén, teniendo como dato la representatividad de las tipologías existentes y el consumo energético de cada una de ellas se obtiene una carga térmica total anual de 13.539.678 kwh/año, equivalente a 1167,2 tep. Este distrito que es cuantitativamente el más importante de la provincia, además de corresponder al área de la capital, según estos cálculos teóricos equivale al 42% del consumo energético requerido destinado a calefacción, para la provincia en el ámbito de la demanda de edificios de educación en los niveles mencionados. (MCEN, 1994) (Tabla 4)

Tabla 4: Carga Térmica total estimada por grupo tipológico para el Distrito 1 “Confluencia”, de la provincia de Neuquén.

Tipologías	Cantidad	Kwh/m2	Kwh/año
Tn1	2	118,7	1596042
Tn2	9	138,6	3200166
Tn3	13	133,8	2201290
Tn4	9	128,8	1400300
Tn5	14	135,6	1436733
Tn6	10	141,5	2730494
No tipológica (promedio)	23	132,8	3854653
Total	80	---	13539678

4. CONSIDERACIONES FINALES

El estudio de la sensibilidad de variables, es un trabajo teórico que requeriría un análisis de campo exhaustivo si se quisiera ajustar los resultados obtenidos. De todos modos, se entiende que la situación de uso real no corresponde a modelos estacionarios; así como que se registran establecimientos con infra-consumo energético, o con registros de uso de equipos de calefacción, alejados de un funcionamiento eficiente de los mismos. Otro de los aspectos es que no se ha considerado en este cálculo ganancias internas por ocupación, equipamiento o por radiación solar incidente.

Los valores obtenidos ofician de indicadores tendientes a una posible intervención en casos donde se puede actuar por reciclado edilicio y sobre todo en la nueva arquitectura educacional. Además posibilita estimar globalmente los recursos destinados a un área del sector terciario –como es la educacional- y establecer estrategias y políticas en la gestión del sector. Sólo se valoran en este trabajo, los posibles ahorros energéticos, pero se deberían incluir en la ecuación las reducciones de emisión de contaminantes a la atmósfera; la eliminación o disminución de patologías constructivas, y la mejora de las condiciones de habitabilidad y confort de los ocupantes, teniendo en cuenta que el universo involucrado congrega 127.707 m² y 2.330.153 personas (alumnos y docentes) que habitan en estos edificios diariamente.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. (1990-1999) Serie de normas sobre acondicionamiento térmico de edificios: N°11549, 11601, 11603, 11625.
- MCEN, Ministerio de Cultura y Educación de la Nación (1996). Censo Nacional de Docentes y Establecimientos educativos, 1994. Resultados definitivos, Serie N°1. Argentina
- ROSENFELD E., DISCOLI C. (1993). El uso de los recursos del hábitat. Edificios bioclimáticos inteligentes. En “*Elementos de Política Ambiental*”, de la Honorable cámara de Diputados de la provincia de Buenos Aires. Ver: “Variables arquitectónicas”. (pp649 a 664). Argentina.
- SAMAJA J. (1993). Epistemología y Metodología. Elementos para una teoría de la investigación científica. EUDEBA, Buenos Aires.
- SAN JUAN G. (1994). Comparación de variables arquitectónico-energético, en el ámbito de la provincia de Buenos Aires. Publicado en el Boletín NE4 del IDEHAB, FAU, UNLP. (7 pag).
- SAN JUAN G. (1997-2000). Implicancias Ambientales de las Variables Estructurales correspondientes al parque edilicio de educación. TESIS DE MAGISTER. Escuela de Posgrado en Ambiente y Patología Ambiental UNLP, Universidad de los Altos Estudios de Siena.
- DISCOLI C, MARTINI I, ROSENFELD Y, TESLER J. (1996). Sistematización y biblioteca de módulos energéticos productivos (MEEP) del sector Salud. XIX Reunión de Trabajo de ASADES. Tomo I, pp 06.25 a 06.28. Mar del Plata, Argentina.