

Eficiencia de las edificaciones en el ámbito de las consecuencias generadas por la arquitectura y el consumo energético

**Eficiencia de las edificaciones en el ámbito de las
consecuencias generadas por la arquitectura y
el consumo energético**

Autores:

Juan Carlos Torres Espinoza
Héctor Danilo Hugo Ullauri
Silvia Corina Alcívar Macías
Felipe Bustamante Alarcón
Carmen Ávila
Irma Pilar Zambrano

Eficiencia de las Edificaciones en el Ámbito de las
Consecuencias Generadas por la arquitectura y
el Consumo Energético

Autores :

Juan Carlos Torres Espinoza
Héctor Danilo Hugo Ullauri
Silvia Corina Alcívar Macías
Felipe Bustamante Alarcón
Carmen Ávila
Irma Pilar Zambrano

Docentes
Universidad de Guayaquil, Facultad de
Arquitectura y Urbanismo, Cda. Universitaria
"Salvador Allende", Guayaquil, Ecuador



Primera edición: junio 2018
© Ediciones Grupo Compás 2018
ISBN; 978-9942-33-011-6

Diseño de portada y diagramación:
Equipo Editorial Grupo Compás

Este texto ha sido sometido a un proceso de
evaluación por pares externos
con base en la normativa del editorial

Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las
sanciones en las leyes, la producción o
almacenamiento total o parcial de la presente
publicación, incluyendo el diseño de la portada,
así como la transmisión de la misma por
cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico,
como químico, mecánico, óptico, de grabación
o bien de fotocopia, sin la autorización de los
titulares del copyright.

Cita.

Juan, T, Hector, H, Silvia, A, Felipe B, Carmen, A, Irma Z, (2018) Eficiencia de las Edificaciones en el Ámbito de las consecuencias generadas por la arquitectura y el Consumo Energético , Editorial Grupo Compás, Guayaquil Ecuador, 124 pag

Prólogo

Los autores del texto pretenden establecer un estudio de la Eficiencia Energética en las Edificaciones es un universo de trabajo muy amplio que abarca el estudio de diferentes temáticas. El presente trabajo se enfoca en el análisis de las consecuencias de la orientación, el diseño arquitectónico, la forma del edificio, la ventilación natural y la ganancia y protección solar, como factores que determinan el ahorro de energía, la reducción de emisiones de CO₂ y el confort térmico en las edificaciones de tipo medio, en la ciudad de Guayaquil, Ecuador.

La investigación incorpora el análisis de cuatro edificaciones, en las cuales se analizarán los indicadores establecidos anteriormente y se realizarán mediciones de temperatura, humedad relativa y se recabará información sobre el consumo eléctrico mensual y anual en cada una de las edificaciones, para realizar las comparaciones del caso, en atención a las normativas de eficiencia energética vigentes en el medio y establecer las conclusiones y recomendaciones que el caso amerita.

La selección de edificaciones del mencionado segmento social, se determina en función del consumo residencial de energía eléctrica, que determina que las edificaciones de tipo medio, poseen el segundo mayor consumo y facturación de energía a nivel nacional.

El trabajo se realiza como un aporte a la concienciación de estudiantes y profesionales, en la importancia que tiene el diseño arquitectónico, como factor para la reducción del consumo eléctrico en el hogar. Tal aspecto está relacionado con la reducción

de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) al ambiente, causante de gases de efecto invernadero, los mismos que contribuyen al calentamiento global del planeta.

índice

Prólogo	3
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES / FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA CIENTÍFICO	4
Reseña histórica de la eficiencia energética.	8
Situación y problema	11
Selección de edificaciones y de los sectores de estudio.....	14
¿Por qué el estudio de la eficiencia energética en términos de la orientación, diseño arquitectónico, factor de forma, ventilación y ganancia y protección solar?.....	14
¿Por qué investigar sobre la eficiencia energética?	15
Aspiración del presente estudio	18
Teorías entorno a la investigación	20
Aspectos conceptuales.....	21
Breve acercamiento al concepto de eficiencia energética en las edificaciones.....	22
Logrando la investigación	25
Marco Conceptual.-	30
ESQUEMATIZACIÓN DE LOS MÉTODOS A APLICAR	31
Muestras de análisis.	32
Glosario de términos principales.-.....	32
TAREAS / PLAN DE TRABAJO	36
POSIBLES RESULTADOS A OBTENER	37
ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.-	39
Estadísticas de la situación actual del sector eléctrico.....	40
Estadísticas de consumo y de emisiones de CO ₂ en el hogar.....	45
Medidas para la reducción del consumo eléctrico.	46
Encuestas de Buenas Prácticas Ambientales en la ciudad de Guayaquil. 47	
Normas Técnicas de Eficiencia Energética en Edificaciones	49
Orientación.....	50
Diseño arquitectónico.....	51
Forma de la edificación.....	55

Ganancia y protección solar	58
Aspectos climáticos y meteorológicos.	62
ANÁLISIS DE LA ORIENTACIÓN, DISEÑO ARQUITECTÓNICO, FORMA DE LA EDIFICACIÓN, VENTILACIÓN Y CALIDAD DE AIRE Y GANANCIA Y PROTECCIÓN SOLAR.....	69
Orientación.....	69
Análisis de la ubicación y orientación general de las edificaciones en estudio.....	70
Diseño arquitectónico.....	75
Planos Arquitectónicos.....	76
Altura mínima libre de cada local de acuerdo a su clase y uso	81
Forma de la edificación.....	81
Determinación del Factor de Forma en el estudio.	83
SAUCES, ETAPA VIII: CÓDIGO CATASTRAL: 90-1913-027	85
GUAYACANES IV ETAPA ESTE: CÓDIGO CATASTRAL: 60-0425-004	85
VILLA ESPAÑA (MUCHO LOTE): CÓDIGO CATASTRAL: 59-2971-014	86
ALBORADA XI ETAPA: CÓDIGO CATASTRAL: 90-0548-009.....	86
Ventilación y calidad de aire.....	87
Ganancia y protección solar.....	90
Iluminación natural.....	95
ANÁLISIS DEL CONSUMO ELECTRICO DE LAS EDIFICACIONES MOTIVO DEL PRESENTE ESTUDIO.	96
ANÁLISIS DE ASPECTOS CLIMÁTICOS	98
Aspectos Meteorológicos: Mediciones de Temperatura y Humedad Relativa	98
Diagrama Psicrométrico.	101
CÁLCULO DE EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO.....	103
RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS REALIZADOS	104
EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LOS INDICADORES GENERALES DEL ESTUDIO	111
INCORPORACIÓN DE LOS CONCEPTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS UNIVERSIDADES.....	117
CONCLUSIONES.....	119
Bibliografía	124

INTRODUCCIÓN

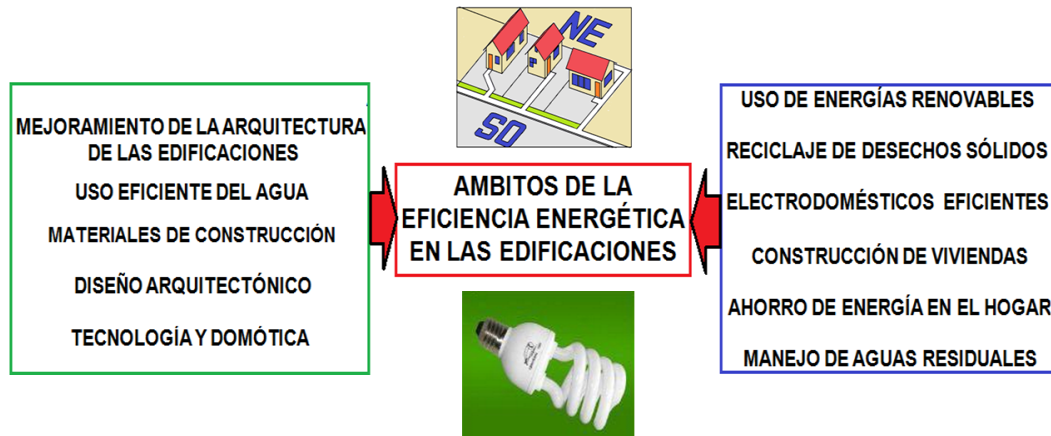
Los seres humanos constituyen la única especie, que ha consolidado su existencia en la modificación de la naturaleza como forma de vida, a diferencia del resto de especies que han adaptado sus necesidades, a lo que la naturaleza les ofrecía.

El éxito del hombre ha sido completo, sin embargo, tal resultado ha conllevado al deterioro del medio natural. Una de las actividades más perjudiciales con el ambiente es la relacionada con el consumo de energía, dentro del cual, el sector residencial es el responsable de un elevado porcentaje. En tal sentido, es necesario hoy en día, modificar el comportamiento humano, hasta alcanzar un grado sostenible.

El presente estudio pretende despertar el interés hacia un diseño de las edificaciones más acorde al ahorro de energía y al entorno climático, de modo que se aproveche de forma óptima aquellas ventajas que ofrece el espacio físico y el clima, con una disminución de emisiones al ambiente de gases de efecto invernadero.

Siendo el tema de la eficiencia energética en las edificaciones, un estudio muy amplio que conlleva diferentes objetivos de análisis, tales como, los materiales de construcción, la tecnología y la domótica, el aislamiento térmico, el uso eficiente del agua y de las instalaciones energéticas del edificio, el reciclaje, el ahorro de energía en el hogar, etc., es preciso una delimitación de la temática dentro de ámbitos específicos.

Ilustración # 1.1: Ámbitos de la Eficiencia Energética en las Edificaciones.



Fuente: Elaboración propia.

En tal sentido, el presente estudio se encuentra orientado al análisis de la eficiencia energética en las edificaciones de uso residencial de nivel medio, dentro del ámbito de sus consecuencias finales en cuanto al consumo eléctrico, la temperatura, la ventilación e iluminación y las emisiones de CO₂ a la atmósfera, evaluando aspectos tales como la orientación del edificio, el diseño arquitectónico, el factor de forma de la envolvente, el clima, entre otros.

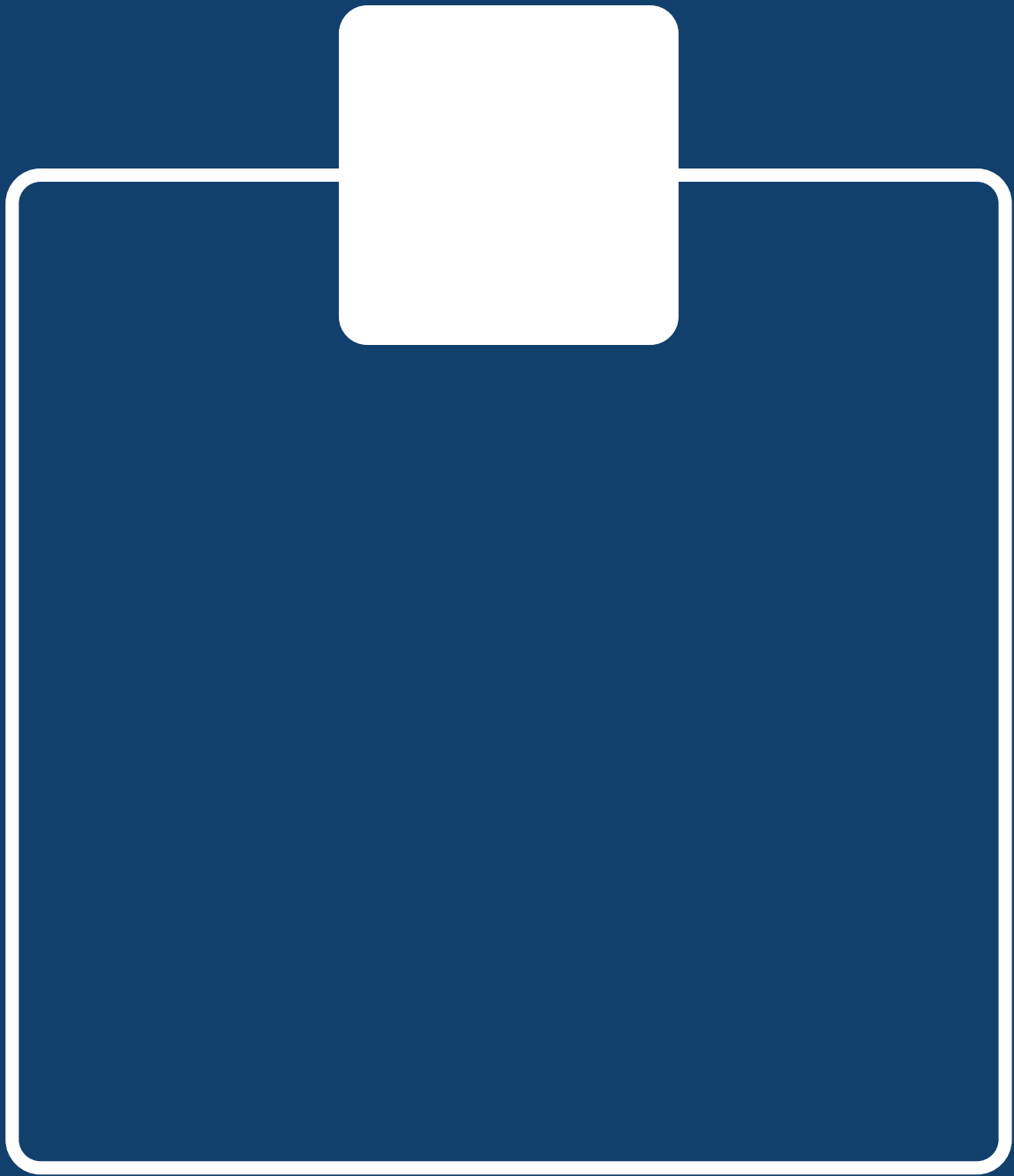
La definición de los segmentos sociales se determina en función de la "Distribución del consumo residencial de la energía eléctrica" (Ver Cuadro # 13.3, p. 44)

Para el referido estudio se tomará en cuenta el análisis de las características antes indicadas, en varias viviendas ubicadas en diferentes sectores de la ciudad de Guayaquil. Se elaborarán los

planos de las edificaciones seleccionadas, para el estudio de los componentes y características arquitectónicas, así como para establecer la incidencia de las variables ambientales sobre las mismas, entre otros.

El estudio en oficina se complementará con mediciones en sitio de temperatura y humedad relativa, dimensiones de las edificaciones, número de habitantes, consumo y uso final de la energía, fotografías, etc.

La información obtenida se comparará con la normativa técnica local vigente, esto es a través, de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, Normas Técnicas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y con información estadística del INAMHI, CONELEC, I.N.E.C., etc., a fin de establecer las conclusiones adecuadas en cuanto a las consecuencias de una buena o mala eficiencia energética en las edificaciones analizadas.

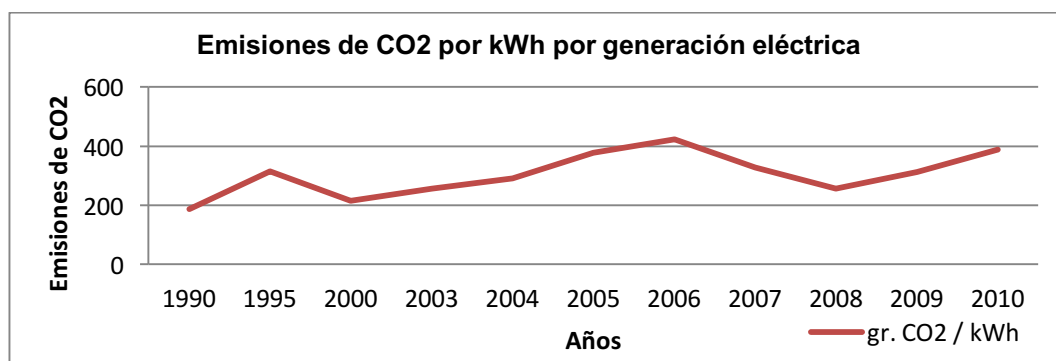


ANTECEDENTES / FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA CIENTÍFICO

El aumento del consumo de energía mediante la utilización de combustibles fósiles ha traído como consecuencia, la generación de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente Dióxido de Carbono "CO₂", entre otras sustancias contaminantes.

De acuerdo a las estadísticas de la Agencia Internacional de Energía (2012), entre los años 2008 y 2010, el Ecuador presentó un promedio de emisiones de dióxido de carbono por generación de electricidad de 319 gramos por kilovatio hora. En el 2010 las emisiones llegaron a 389 gr de CO₂ / kW hora.

Ilustración # 2.2: Emisiones de CO₂ por kilovatios hora por generación eléctrica.



Fuente: International Energy Agency "I.E.A." (2012). CO₂ Emissions from Fuel Combustion Highlights: I.E.A. Statistics, p. 113.

El dióxido de carbono es el gas de efecto invernadero más abundante emitido como consecuencia de las actividades humanas. Según el Boletín de la Organización Meteorológica Mundial (2012), la cantidad de CO₂ presente en la atmósfera alcanzó 390,9 partes por millón en el 2011.

Cuadro # 2.1: Abundancias mundiales en fracciones molares de CO₂ durante los 12 meses del 2011 y cambios relativos a 2010 y 1750 medidos por la red mundial de la VAG de vigilancia de estos gases.

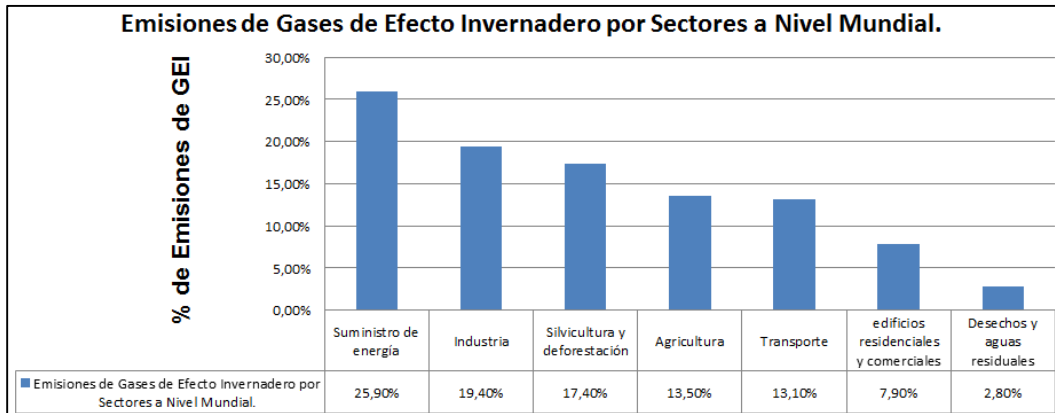
Abundancia mundial de CO ₂ en 2011	Abundancia en 2011 respecto del año 1750	Crecimiento absoluto de 2010 a 2011	Crecimiento relativo de 2010 a 2011	Promedio de crecimiento absoluto anual durante los últimos 10 años
390,9± 0,1 ⁵ ppm	140%	2,0 ppm	0,51%	2,0 ppm/año

Fuente: Organización Meteorológica Mundial (2012). Boletín sobre Gases de Efecto Invernadero, p. 2.

“Los científicos nos advierten de que las temperaturas globales podrían aumentar en este siglo, de un mínimo de 1,3°C a un máximo de 4,3°C, en el caso de que los objetivos de controlar las emisiones de contaminación se retrasen” (Intelligent Energy Europe, 2007, p. 5). Las consecuencias ante este fenómeno atmosférico mundial se traducirían en migraciones masivas de seres vivos, inundaciones, erosión y desertificación de los suelos, aspectos que son preocupantes y que están empezando a estar vigentes en los actuales momentos.

“El primer sector, a nivel mundial, responsable de la emisión de GEI es el suministro de electricidad; el segundo, la industria; el tercero, la silvicultura (incluye deforestación); el cuarto la agricultura; y el quinto el transporte” (CEDA, 2011, p. 30).

Ilustración # 2.3: Emisiones de gases de efecto invernadero por sectores a nivel mundial.



Fuente: Intergovernmental Panel on Climate Change "IPCC" (2007).

Según el Plan Maestro de Electrificación del Ecuador 2012-2021 (2012), en el país, "el 36% del consumo total de energía pertenece al área residencial". (Conelec, 2012, p. 69).

El sector residencial es el segundo mayor consumidor de energía a nivel nacional, con el 18%, después del sector transporte con el 61%. La tendencia histórica para el año 2020 indica que esta situación no va a variar de manera significativa.

Dentro el ámbito indicado, una edificación energéticamente eficiente es aquella que reduce el consumo de la energía eléctrica, a fin de economizar y hacer más adecuado el uso de la misma. Tanto las disponibilidades técnicas, como los procedimientos responsables, hacen que pueda ser técnicamente factible una disminución del consumo energético en una edificación.

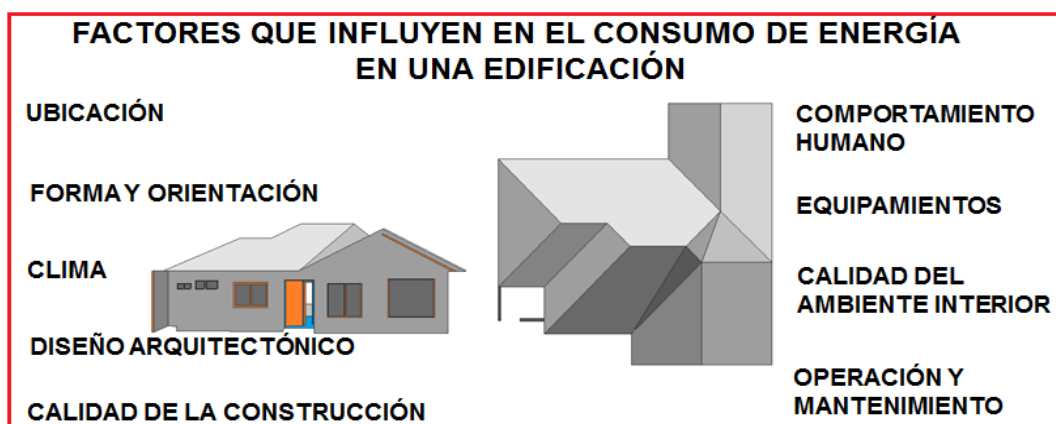
Tal eficiencia se hace evidente cuando en la vivienda se aprovecha la orientación, el diseño arquitectónico, el factor de forma, la

ventilación natural, y la ganancia y protección solar, para alcanzar el confort en cada uno de sus ambientes interiores, reduciendo consumo energético y emisiones de CO₂.

El uso de materiales de construcción eficientes energéticamente resulta en vano, cuando las viviendas no se encuentran adecuadamente diseñadas, pasando por alto aspectos tan importantes como la orientación del edificio, necesitando climatizar ambientes con un elevado consumo de energía. “Solamente bajando un grado las exigencias de climatización, ahorraremos la emisión de 72 kg de CO₂ al cabo del año” (Fundación Tierra, 2008).

La ubicación del edificio, el diseño arquitectónico, el bajo consumo eléctrico mensual, entre otros, son aspectos que deben ser considerados en los estudios orientados a la reducción de las emisiones de CO₂ asociadas al sector residencial. “Cada kilovatio de electricidad que gastamos supone la emisión de 400 gr de dióxido de carbono en la atmosfera” (Fundación Tierra, 2008).

Ilustración # 2.4: Factores que influyen en el consumo de energía en una edificación.



Fuente: Elaboración propia.

Una vivienda podrá ser más eficiente energéticamente, en la medida que requiera un consumo menor de electricidad para satisfacer sus necesidades en relación a una referencia. Este aspecto se puede alcanzar mejorando el nivel de acondicionamiento térmico de la edificación.

Uno de los obstáculos más relevantes para obtener en forma concreta mejorar la eficiencia energética en una edificación, es la falta de conocimiento sobre los factores que influyen en ella.

A pesar de ello, hoy en día se puede llevar a cabo una arquitectura respetuosa del medio ambiente, solo se necesita un cambio de actitud y terminar con el mito de que la construcción sustentable es muy cara.

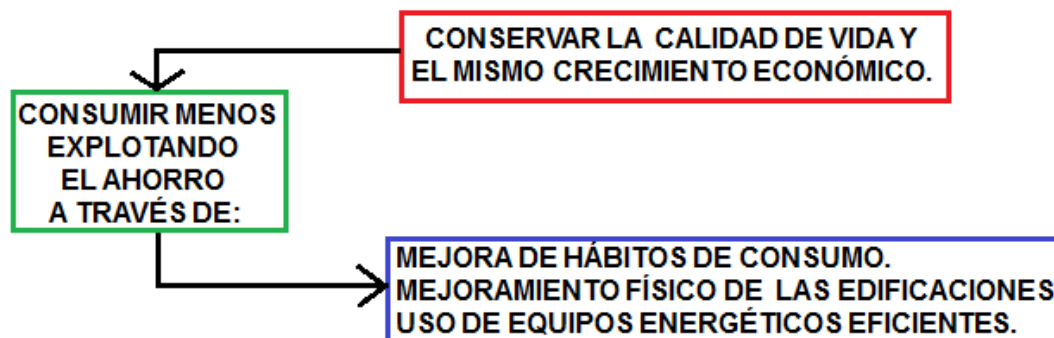
Reseña histórica de la eficiencia energética.

Las primeras normas de eficiencia energética para edificios surgen en la década del 70 durante la crisis del petróleo.

En el año 1973 la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), decidió incrementar el precio de este insumo, generando inflación y recesión en varios países. Esto obligó a reflexionar sobre la posibilidad de sustituir al petróleo por otra fuente de energía.

Entre las alternativas que se evaluaron estuvieron, el uso de la energía solar, eólica y nuclear. Al mismo tiempo se llegó a la conclusión de que se podía mantener la misma calidad de vida y el crecimiento económico de los países "consumiendo menos".

Ilustración # 2.5: Reducción del consumo energético explotando el ahorro.



Fuente: Elaboración propia.

Diversos países lanzaron, programas de incentivos para la reducción del consumo de energía, resultando posteriormente normas de eficiencia energética.

Programas de uso eficiente de energía, entre 1976 y 1985, permitieron construir solo 4 plantas de producción de energía, cuando en condiciones normales se requerían 20 de 1000 MW, en el estado de California. Programas similares permitieron el incremento del Producto Interno Bruto en varios países, mientras la tasa de crecimiento de energía se reducía.

No obstante, se pudo comprobar la correlación entre el aumento de las emisiones de CO₂ y el incremento de la temperatura media. "En el año 2004, las emisiones de CO₂ aumentaron un 80% respecto de las emisiones de 1970, lo que influyó en el aumento de la temperatura media mundial de 0,74°C. en un lapso de 100 años" (Conelec, 2012, p. 65).

En el año 1997 los países industrializados se reunieron en Kioto (Japón) para aprobar el denominado Protocolo de Kioto, por el cual

dichas naciones se comprometían a reducir el 5% sus emisiones entre los años 2008-2012 con respecto a sus emisiones del año 1990.

Dada la pérdida de vigencia de la legislación y normativas del Protocolo en el 2012, se está activando una segunda generación de mecanismos, llamados Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMAS), las que reducen las emisiones por debajo del nivel actual, en los países en desarrollo.

“El Ecuador no contó, hasta finales del año 2007, con lineamientos claros respecto a un Plan Nacional de Eficiencia Energética, debido a la falta de información y capacitación técnica, la cual ha limitado las posibilidades de identificar oportunidades y proponer soluciones concretas y factibles para mejorar el uso final de la energía. La ausencia de un marco legal adecuado, impidió eliminar barreras y crear medios e incentivos para la aplicación de estas medidas” (Conelec, 2012, p. 66).

Situación y problema

La eficiencia energética en las edificaciones constituye un problema complejo, cuyo análisis supera los márgenes estrictos de una sola disciplina académica, lo cual exige la colaboración interdisciplinaria en diferentes campos, en una forma amplia y diversa.

Plantea retos, como la concepción de eficiencia energética desde la elaboración del proyecto arquitectónico mismo, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero generadas por el sector residencial, el ahorro de energía en los hogares, entre otros.

Es un problema que afecta a toda la humanidad, que evidencia el desequilibrio entre las sociedades, cuestiona modelos de vida y aconseja la adopción de medidas restrictivas. Es un problema que une a su relevancia científica un interés social, circunstancia que propicia la investigación académica.

Entre las variables destacables del presente estudio podemos destacar el ineficiente consumo de energía eléctrica de las edificaciones antes mencionadas, el desconocimiento o la falta de normas y criterios de diseño y construcción sostenible, la necesidad de reducir las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera originado en el sector residencial, el mejoramiento de la arquitectura de las viviendas, etc.

Uno de los principales retos de la eficiencia energética dentro del ámbito expuesto, es el de procurar mantener el mismo nivel de calidad de vida de las personas dentro de las viviendas, pero

consumiendo menos energía. “El consumo de energía en los edificios es muy importante y cualquier ahorro que se consiga en los mismos sería muy beneficioso, tanto en el ámbito económico como en el medio ambiental” (Montoro, 2004, p. 21)

No obstante, tales aspectos se dificultan al comprobarse la relación entre el “aumento de las emisiones de CO₂ y el incremento de la temperatura media” del ambiente, presente en los últimos años, a consecuencia del ineficiente consumo eléctrico producido, entre varias causas, por falta de precauciones en la orientación de los edificios y en el diseño arquitectónico.

Las líneas de investigación del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), las normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y políticas nacionales y otros, corroboran la importancia de la investigación de la eficiencia energética en las edificaciones.

El INER al definir sus líneas de investigación en el ámbito de sus facultades y atribuciones, seleccionó a la “eficiencia energética en las edificaciones” como una de las áreas de estudio que de mejor manera se identifican con los objetivos nacionales y mundiales para el buen uso de la energía.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (2011), señala que, “el desconocimiento académico por parte de las escuelas de formación y universidades acerca de los conceptos de bioclimatismo y uso pasivo de la energía..., ha desembocado en

una forma de construir genérica sin distinguir entre las diferencias climáticas" (NEC-11, 2011, p. 13-4), aspecto mencionado como una de las causas para que el sector residencial sea un gran consumidor de energía.

Entre las políticas del Plan Nacional del Buen Vivir 2009-2013 (PNBV/2009), su Objetivo 4 menciona la necesidad de "promover la eficiencia energética" (4.3), "prevenir, controlar y mitigar la contaminación ambiental" (4.4), "fomentar la adaptación y mitigación a la vulnerabilidad climática con énfasis en el cambio climático" (4.5); y, entre sus metas, "Disminuir la huella ecológica de tal manera que no sobre pase la biocapacidad del Ecuador al 2013" (4.3.2).

Entre los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), fijados en el año 2000, para cumplirse hasta el año 2015, por los países miembros de las Naciones Unidas, se identifica el Objetivo 7, en el que "se garantiza el sustento del medio ambiente, incorporando principios de desarrollo sostenible en las políticas y programas nacionales". Entre los indicadores del objetivo se fijan a las emisiones de dióxido de carbono.

El fomento de la eficiencia energética, según el estudio denominado 'Ciudades para un Futuro más Sostenible', "constituye una parte importante del conjunto de políticas y medidas necesarias para cumplir lo dispuesto en el Protocolo de Kyoto, y debe estar presente en todas las medidas que se adopten con el fin de dar cumplimiento a nuevos compromisos" (Matesanz, 2008).

Selección de edificaciones y de los sectores de estudio.

El tipo de edificaciones seleccionadas se sitúan en el estrato socioeconómico medio, que es uno de los segmentos sociales con mayores consumos eléctricos a nivel nacional (1.685,65 GWh, equivalente al 33 %), así como, los de la mayor facturación por tal consumo.

Las edificaciones seleccionadas reúnen varias características diferentes en cuanto a condiciones de ordenamiento y de edificabilidad. Tal es el caso, que se cuenta para el análisis con edificaciones "aisladas y continuas", con retiros y sin retiros, con diferentes áreas de solares, distintos frentes (6, 8 y 10 m), de una y dos plantas, y por estar ubicadas en el sector norte de la ciudad de Guayaquil, en donde se sitúa el mayor polo actual de desarrollo de programas de vivienda para el segmento social mencionado (Autopista Narcisca de Jesús, Av. Francisco de Orellana y Vía a Daule, y sus áreas adyacentes).

¿Por qué el estudio de la eficiencia energética en términos de la orientación, diseño arquitectónico, factor de forma, ventilación y ganancia y protección solar?

La misma Norma Ecuatoriana de la Construcción, en el capítulo 13 de Eficiencia Energética en la Construcción en Ecuador, incluye dentro de sus componentes a la orientación de la edificación, criterios arquitectónicos preliminares, exigencias de diseño, ventilación y calidad de aire, ganancia y protección solar, limitación

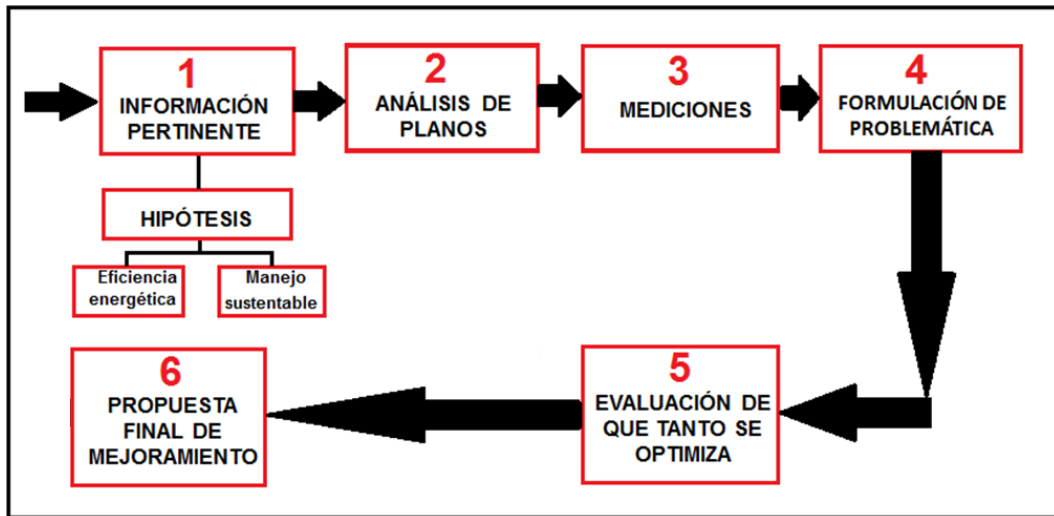
de la demanda energética, como factores de análisis dentro de este ámbito.

La norma INEN 2506:2009 sobre Eficiencia Energética en Edificaciones (Requisitos), incorpora aspectos como la envolvente del edificio y el factor de forma, entre otros. Tales parámetros se repiten reiteradamente en fuentes sobre eficiencia energética procedentes de estudios realizados en España, México, Chile, Venezuela, etc.

¿Por qué investigar sobre la eficiencia energética?

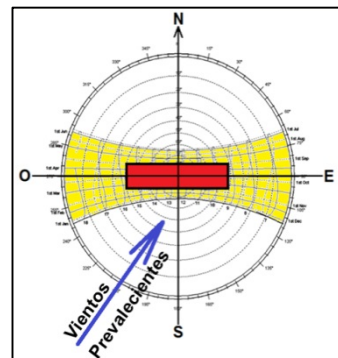
Es un tema que está vigente en diferentes países del mundo, con conciencia ecológica y está relacionado íntimamente con el ahorro de energía en las edificaciones y con el calentamiento global, causante de diversos problemas medioambientales. Por tanto, es imprescindible implementar medidas de concienciación a nivel de universidades, profesionales de la construcción y ciudadanía en general, a fin de dar a conocer los beneficios de la implementación de la eficiencia energética en el medio, en atención a que el sector residencial es el segundo mayor consumidor de energía (18%), después de transporte (61%), y el mayor consumidor de energía eléctrica a nivel nacional (36%).

Ilustración # 6.6: Plan de trabajo de la investigación.

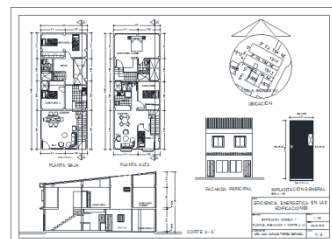


Fuente: Elaboración propia.

a) Análisis de la disposición de las edificaciones en atención a su ubicación geográfica y a las características climáticas de la zona de implantación, tomando en consideración de que la ubicación de una edificación es un factor que influirá en el equilibrio energético de la misma.



a) Análisis de los diseños arquitectónicos de las edificaciones seleccionadas para el presente estudio (Ver anexo de planos).



- b)** Cálculo de las superficies y volumen de la envolvente del edificio para determinar su “factor de forma”.



- c)** Cálculo de porcentaje de áreas de vanos en fachadas.



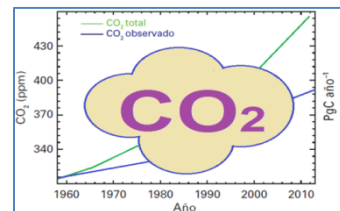
- d)** Medición de la temperatura ambiental, a distintas horas del día, en cada una de las edificaciones.



- e)** Determinación de la humedad relativa en cada una de las edificaciones.



- f)** Cálculo de las emisiones de CO₂ en función del consumo eléctrico.



Aportar mejoras cualitativas al diseño arquitectónico en el ámbito de la construcción sustentable y de la eficiencia energética en las edificaciones, temas de primera línea a nivel mundial vistas desde una experiencia local, así como también, el analizar la relación del consumo energético con las características físico-constructivas de

las edificaciones y desarrollar un modelo espacial aplicable al ahorro energético y a optimizar la calidad ambiental de las edificaciones.

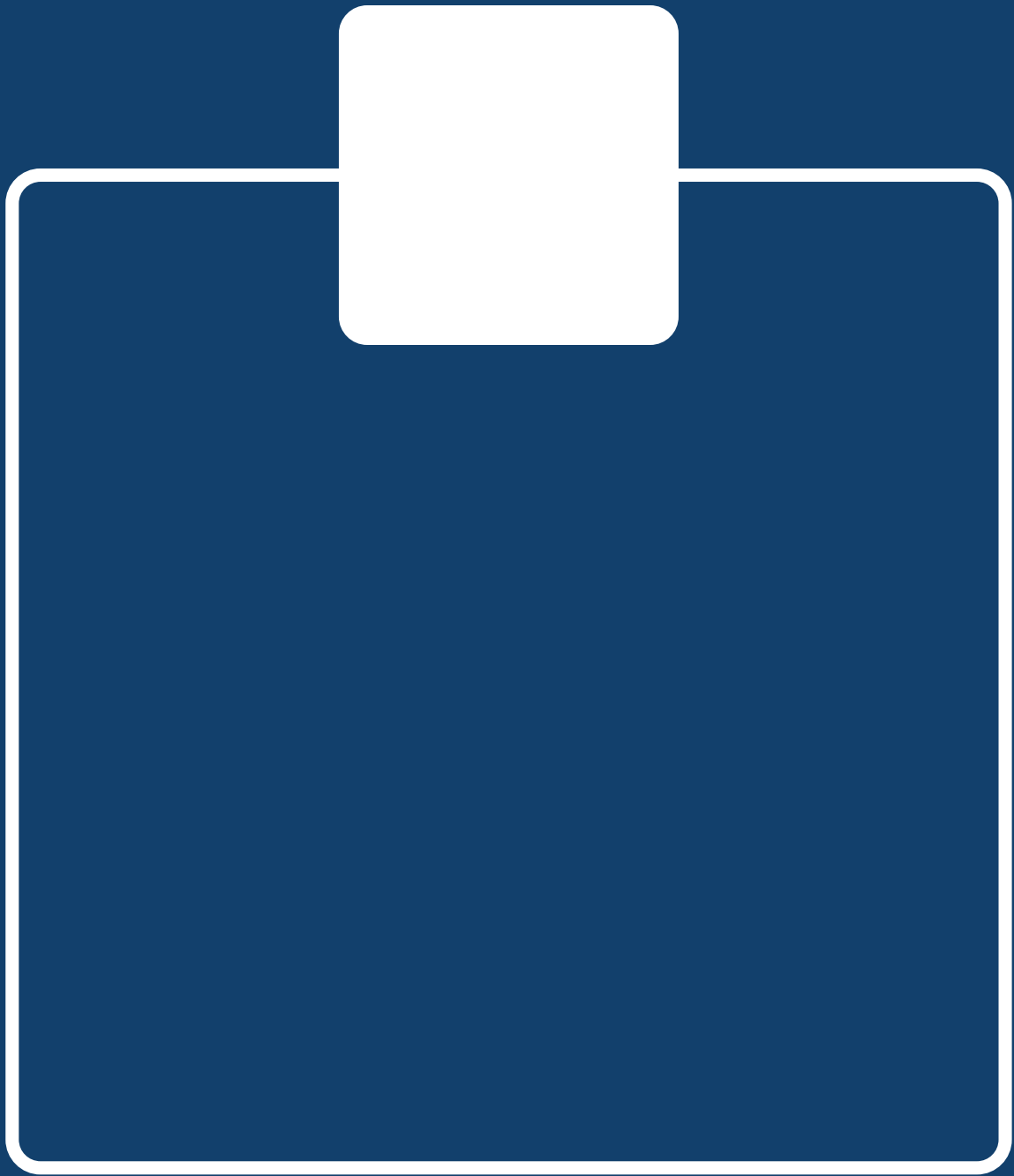
El proceso será abordado mediante la investigación normativa de los parámetros técnicos mencionados, de manera preferencial en función de normativas de construcción nacional, así como de criterios técnicos contenidos en estudios realizados en otros países sobre el tema, a fin de establecer una base de datos que nos permita disponer de herramientas para la evaluación de las consecuencias de la eficiencia e ineficiencia energética en las edificaciones que se construyen en el medio y establecer medidas de mitigación en las edificaciones presentes y futuras, ahorro de recursos económicos y reducción de emisiones de CO₂, dentro del ámbito de dicha eficiencia.

Para tal evaluación se considerará el consecuente trabajo de campo para determinar tipos de edificaciones, características, dimensiones, mediciones de temperatura, análisis del consumo eléctrico y de emisiones de CO₂ al ambiente, para el correspondiente estudio de la eficiencia energética mencionada.

Aspiración del presente estudio

En el país se han realizado pocos estudios referentes a la eficiencia energética en las edificaciones, desde los ámbitos descritos en el presente análisis. Por lo tanto, se considera importante promover este tema, a fin de que los actuales profesionales de la construcción y los estudiantes de arquitectura tomen conciencia, desde la

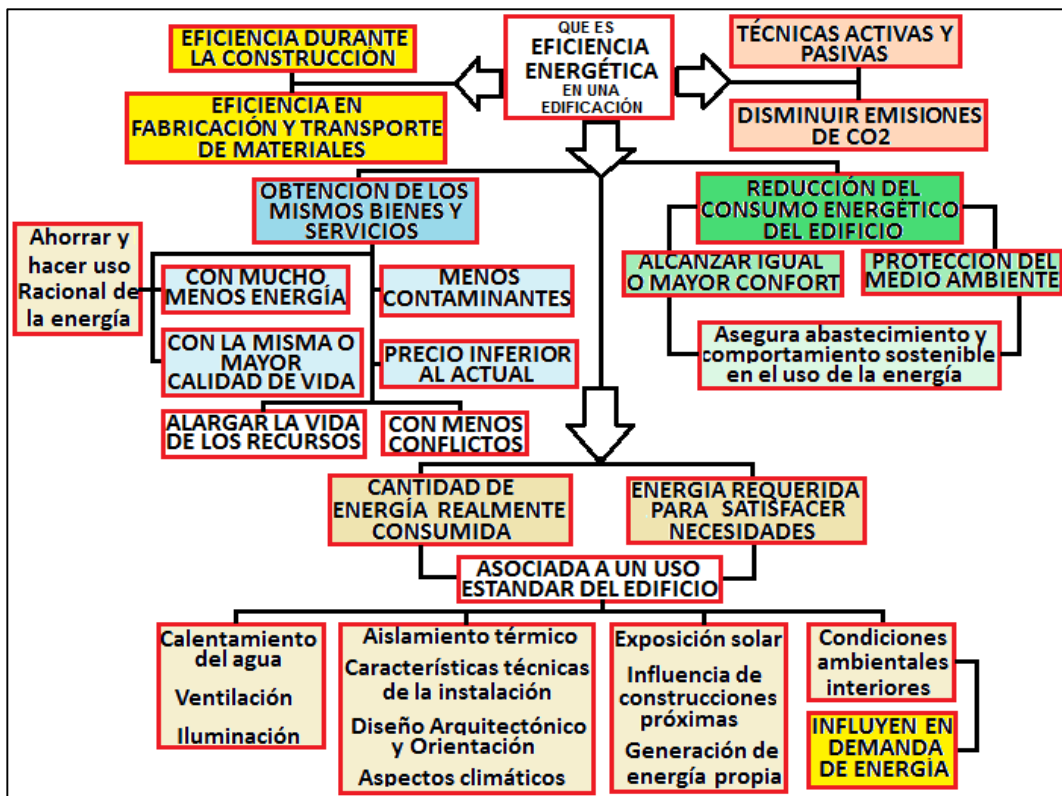
concepción misma del proyecto arquitectónico, en cuanto a lo imprescindible de considerar la eficiencia energética en las edificaciones, en los actuales programas de vivienda que se desarrollan en la ciudad.



Teorías entorno a la investigación

“La eficiencia energética es un concepto clave, pues se refiere al conjunto de acciones realizadas para promover una reducción de la cantidad de energía utilizada para producir un bien o servicio con el menor impacto sobre el medio ambiente” (Conelec, 2012, p. 63). Es la cantidad de energía indispensable para satisfacer los requerimientos vinculados a un uso convencional, manteniendo un determinado nivel de confort.

Ilustración # 7.7: Aspectos conceptuales de la eficiencia energética.



Aspectos conceptuales

El objetivo de la eficiencia energética en la edificación es disminuir el consumo de energía primaria y a la vez de las emisiones de CO₂ a la atmósfera debido a la actividad constructiva y al uso de los edificios, sin apartarse de la estética, ni del resto de condicionantes técnicos espaciales y formales de la Arquitectura.

Su estudio busca disponer adecuadamente de los recursos que intervienen en los procesos de construcción y uso de un inmueble, minimizando el consumo de energía y los niveles de calidad en los servicios.

La vivienda energéticamente eficiente no necesariamente constituye la edificación más costosa. Tal eficiencia requerirá de la aplicación de nuevas tecnologías, las cuales en un primer término podrían elevar su costo inicial, pero posteriormente éste se reducirá, a causa del uso frecuente de la tecnología. Son obras de construcción que a mediano plazo, resultarán más rentables que las edificaciones convencionales.

Son edificaciones que se mantienen frescas durante todo el año, reduciendo el uso del aire acondicionado y aprovechando la iluminación y ventilación natural. Cualquier actuación que conlleve un ahorro energético supone a su vez una reducción de los impactos, ya sea por el ahorro de recursos no renovables o por la reducción de emisiones de CO₂.

La eficiencia energética en la edificación exige reordenar las estrategias y proponer un esquema distinto al común, donde la mayor parte de la comodidad se consiga gracias a la orientación, forma, proporción y a los materiales utilizados.

Ser eficientes energéticamente significa realizar el mismo trabajo utilizando menos energía, esto sin disminuir la calidad del servicio prestado.

Breve acercamiento al concepto de eficiencia energética en las edificaciones.

Este concepto ha sido utilizado en los últimos años de diferentes maneras y para distintos fines, por lo que se hace necesario delimitar su contexto.

En tal sentido, la palabra Eficiencia procede del latín “*efficere*” (*efecto*) y de “*efficientia*” (*eficiencia*) que significa “capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado” (DRAE, 2001). La palabra Energética es “perteneciente o relativo a la energía” (DRAE, 2001). Etimológicamente, energía viene del prefijo latino “*in*” (*dentro de*), del griego “*ergon*” (*acción, trabajo*), y del sufijo “*ia*” que indica cualidad, lo cual se refiere a la “capacidad de trabajo”.

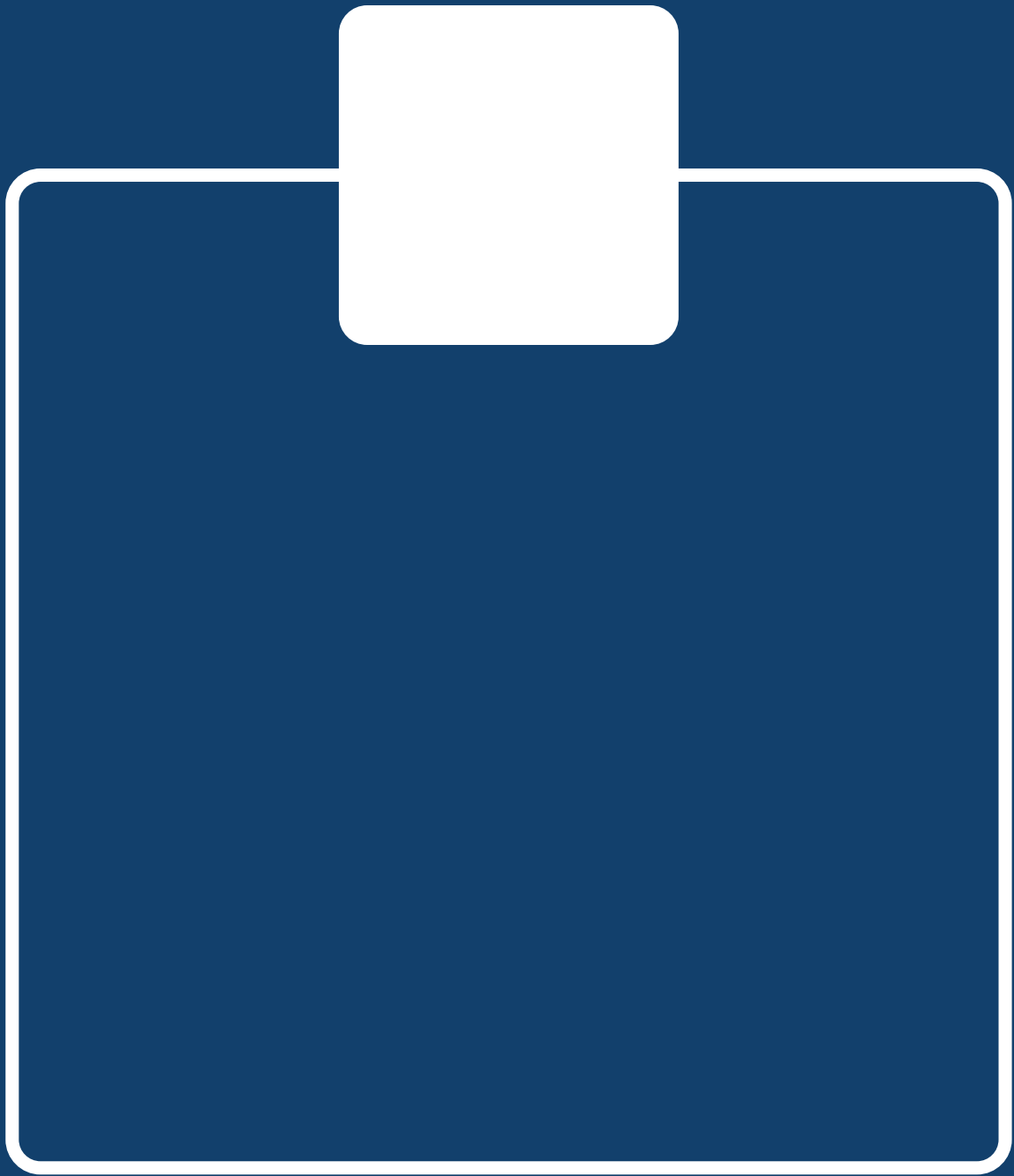
Se podría decir entonces que, eficiencia energética es la facultad de conservar las mismas ventajas y comodidades que dan confort a una edificación, pero con una menor capacidad de trabajo o de gasto energético, lo cual mejora la calidad de vida de los moradores

de las viviendas, a un precio inferior al tradicional, con disminución de emisiones de CO₂ al ambiente y que asegura abastecimiento y comportamiento sostenible en el uso de la energía.

En los últimos años, tal terminología se viene utilizando constantemente pero de una forma más amplia, la cual no sólo incluye la optimización en el uso de la energía, sino lo que esta conlleva para el medio ambiente y la vida de las personas. En general todos los conceptos que se encuentran en este contexto son semejantes, sin embargo, algunos de ellos destacan, de manera particular, su relación con la reducción del consumo y la consiguiente disminución de emisiones de dióxido de carbono al ambiente.

La investigación dentro de este campo es pues, un factor fundamental, en la relación costo-beneficio, para incrementar la seguridad del abastecimiento de energía, disminuir las emisiones de CO₂, estimular la competitividad y fomentar el desarrollo de un mercado avanzado de tecnologías y productos.

La eficiencia energética se presenta como la solución a la dependencia y al aumento del costo de la energía, al disminuir su uso, pero conservando los mismos servicios energéticos, sin reducir el confort y la calidad de vida, defendiendo el medio ambiente, garantizando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible.



Logrando la investigación

El tema y los estudios de Eficiencia Energética en las Edificaciones son abordados intensamente en la actualidad en países como España, México, Chile, Venezuela, entre otros, desde diferentes puntos de vista profesional y académico, en función de la formación universitaria del autor del estudio. Sin embargo, todos concuerdan en la importancia de reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera y de hacer que las edificaciones sean energéticamente más eficientes y confortables. Se citan a continuación algunos estudios académicos referentes a la mencionada temática:

- a) *“Método de valoración de viviendas desde la perspectiva medio ambiental y análisis de costes. Autor: María José Ruá Aguilar. Dpto. Economía y Ciencias Sociales. Universidad Politécnica de Valencia”* (España). Abril 2011. Uno de sus objetivos es estudiar las medidas constructivas e instalaciones que puedan influir en la eficiencia energética del edificio. Toma en consideración la cuantía de reducción de emisiones de CO₂, así como su coste económico.

Enfoques coincidentes

- Considera el consumo energético y las zonas climáticas como parte del análisis.
- La localización y características constructivas son decisivas en la valoración de los edificios. Parámetros que influyen en la eficiencia energética, para el autor, son: la orientación, la envolvente y los vanos.

- Conoce los ahorros derivados de la aplicación de diseños que a priori, son más adecuados desde el punto de vista medio ambiental.
- Abarca el estudio de la eficiencia energética desde el punto de vista arquitectónico-constructivo. Se centra en el análisis de un proyecto real.

Métodos aplicables

- Analiza cómo influye la calificación energética en la valoración de la vivienda
 - Utiliza diferentes herramientas informáticas para llevar a cabo los cálculos durante todas las fases del trabajo de investigación: **a)** Lider v1.0, para el cálculo del cumplimiento de los mínimos de la envolvente térmica; **b)** Calumen, para el cálculo de transmitancia y factor solar en vidrios; **c)** Calener VYP v1.0, para obtener la calificación energética; **d)** SPSS 16, para el análisis estadístico de datos; y, **e)** Lingo 6, como programa de optimización.
 - Establece una escala de calificación caracterizada por 7 letras, desde A hasta G, indicando rangos de mayor a menor eficiencia energética.
- b)** *“Emisiones de CO₂ por los sistemas constructivos de cubiertas de vivienda de interés social en la ciudad de Colima. Autor: Ixchel Y. Flores Velasco”*. Facultad de Arquitectura y Diseño. Universidad de Colima (México). Mayo 2010. Su objetivo es determinar el sistema constructivo de cubierta que genera menos emisiones de CO₂, durante su ciclo de vida en vivienda de interés social. Establece como hipótesis, que “el sistema

constructivo industrializado de vigueta y bovedilla en cubiertas de interés social es generador de la menor cantidad de emisiones de CO₂ a largo de su ciclo de vida".

Enfoques coincidentes

- Los resultados registrados fueron referentes a temperatura y humedad relativa en la vivienda, considerando la temperatura de confort de la ciudad de Colima, México.
- Utiliza el consumo eléctrico mensual en el periodo de un año, como base para determinar otros consumos.
- Analiza datos en base a los planos de tres edificaciones utilizadas en el estudio.

Métodos aplicables

- Cuantificación de CO₂ por metro cuadrado generado por la cubierta, a causa de los consumos energéticos, mediante la herramienta del "Análisis de Ciclo de Vida".
 - Simulación de una vivienda tipo, por medio del programa Trysys, generando los consumos energéticos por climatización.
 - Procesamiento de datos en el sistema simulador Simapro, para la cuantificación de procesos constructivos.
- c)** *"Alternativas para la Reducción de Emisiones de CO₂ del Sector Doméstico del Municipio Santa María de Palautordera". Autor: César Jara González". Universidad Politécnica de Cataluña (España) Diciembre 2010. El objetivo del estudio es conocer las diferentes acciones para la reducción de emisiones de CO₂ y su impacto para el sector doméstico, que se están implementando con el Pacto de los Alcaldes.*

Enfoques coincidentes

- Analiza las medidas y propuestas más adecuadas para la reducción de CO₂ en el sector doméstico.
- Sensibiliza a la comunidad para que tenga comportamientos más cercanos al modelo sostenible, con un consumo responsable.
- Incluye en el estudio la rehabilitación de fachadas y ventanas eficientes energéticamente.
- Establece que uno de los principales responsables de las emisiones de CO₂ del sector doméstico es el consumo eléctrico.

Métodos aplicables

- Cuantifica emisiones de CO₂ a nivel municipal y propone indicadores y variables para cuantificarlas.
- Usa el programa Desgel relacionado con la cuantificación de las emisiones asociadas a los consumos de energía del sector doméstico. Mide el consumo de energía de los contadores domiciliarios.
- Mide y asigna emisiones a la producción, al consumo y a la utilidad.

- d)** *“Modelo de metabolismo energético, a partir del consumo eléctrico de la vivienda económica de Mexicali, B.C.”* Autor: Roberto Calderón Vázquez. Facultad de Arquitectura. Universidad Autónoma de Baja California (México). Julio 2011. Su objetivo es crear y medir indicadores cuantitativos que permitan

reducir los consumos energéticos, traducidos en consumos eléctricos, emisiones de CO₂ y barriles de petróleo entre otros.

Enfoques coincidentes

- Se compara los consumos de energía de dos tipos de viviendas, eficiente e ineficiente, determinando su consumo eléctrico y reducción de CO₂.
- Estimación del consumo eléctrico de la vivienda analizada. Reducción de emisiones de CO₂ a partir de su consumo eléctrico.

Métodos aplicables

- Evaluación de un sistema constructivo tradicional, contra un sistema ahorrador (basado en focos ahorradores, sistemas de aire acondicionado y aislamiento térmico).
 - Investigación basada en el principio del “análisis de flujo de materiales”, utilizada internacionalmente para determinar los flujos de materia y energía en estudios de metabolismo urbano.
- e)** *“Implementación de la norma de gestión energética ISO/FDIS 50001 en el campus San Cayetano de la UTPL”*. Autor: Pablo G. Cruz Herrera y Henry B. Pardo. Universidad Técnica Particular de Loja (Ecuador). Abril 2012. Su objetivo es el análisis de la eficiencia energética en los principales edificios de la Universidad Técnica Particular de Loja, según los lineamientos de la norma ISO 50001 y del Código Internacional de la Energía.

Enfoques coincidentes

- Uso de la norma INEN 2506:09, sobre eficiencia energética en edificios. La norma establece la forma y orientación adecuada para un edificio.
- Uso de la norma INEN 1152:84, sobre iluminación natural en viviendas, escuelas, oficinas y hospitales.
- Uso de la norma INEN 1124:84 sobre ventilación natural de edificios.
- Se determina los límites de humedad relativa (entre 40 y 60%) y de temperatura seca (entre 21 y 26°). Alturas libres recomendables para distintos locales.

Métodos aplicables

- Implementación de un sistema de gestión energética que garantice el cumplimiento de las medidas adoptadas.
- La norma ISO FDIS 50001 proporciona un marco conceptual y metodológico suficiente. Ayuda de forma sistemática a planificar y administrar el uso de la energía, enfocada en el rendimiento y la mejora continua.
- Auditoría energética de cada una de las edificaciones analizadas.
- Uso de ficha para levantamiento de información conformada por 5 campos: datos generales, aspectos constructivos y sistemas de iluminación, fuerza y aire acondicionado.

Marco Conceptual.-

Una edificación es energéticamente eficiente cuando aprovecha el diseño arquitectónico, los materiales de construcción, la tecnología

y los recursos climáticos y energéticos del medio donde se inserta, para alcanzar el confort de las personas que habitan en ella, para lo cual, reduce al máximo su demanda energética y sus emisiones de CO₂ y prioriza las fuentes de energías renovables.

El siguiente mapa enlaza, estructura y organiza jerárquicamente los conceptos del presente estudio, estableciendo relaciones a partir de sus premisas básicas, conformando un marco secuencial de ideas organizadas que facilita el entendimiento de la información de la forma más clara posible.

ESQUEMATIZACIÓN DE LOS MÉTODOS A APLICAR

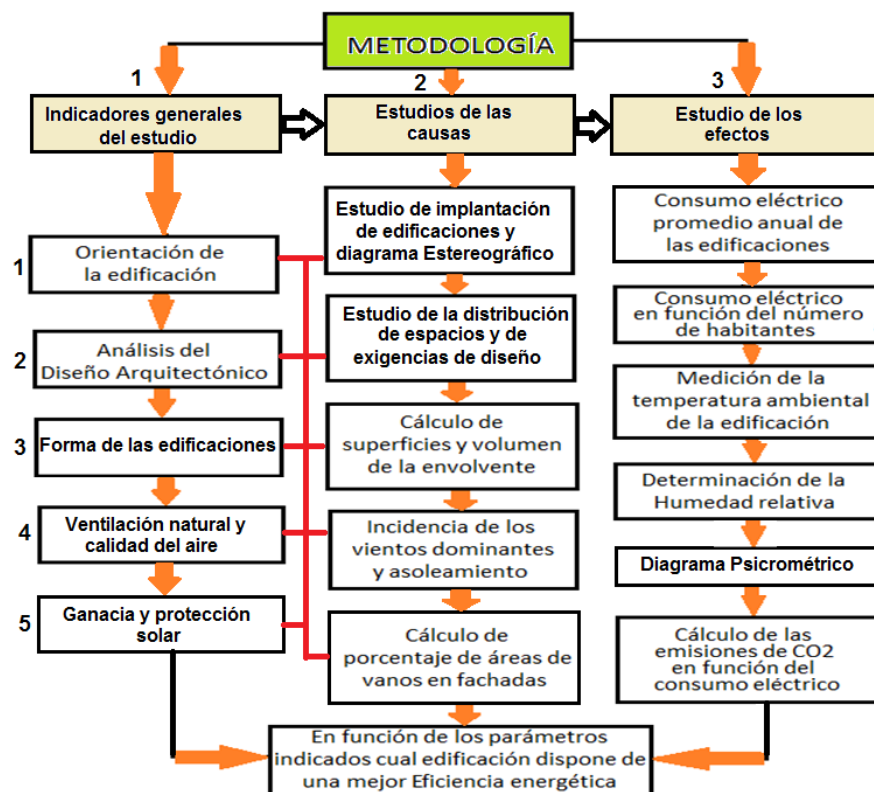


Ilustración # 10.8: Esquemmatización de la metodología a utilizarse en el estudio.

Muestras de análisis.

Cuadro # 10.2: Edificaciones seleccionadas para el análisis de eficiencia energética.

Código Catastral	Ubicación	Área (m2)		Dimensiones (m)		No. Pisos	Con retiros
		Solar	Const	Frente	Fondo		
90-1913-027	Los Sauces (Etapa VIII):	87	174,00	6,00	14,50	2	Continua
	1° Paseo 19 A NE y 5° Pje. 1C NE						
60-0425-004	Urb. Guayacanes (Etapa IV Este):	140	83,40	8,00	17,50	1	Aislada
	Av. Dr. Antonio Parra Velasco (Av. 4 NE) y Eduardo Kigman Riofrío (5° Cjón. 20A NE)						
59-2971-014	Mucho Lote (Villa España):	78	92,31	6,00	13,00	2	Continua
	Calle S/N entre Bloques 4 y 5						
90-0548-009	Alborada (Etapa XI):	150	138,00	10,00	15,00	1	Continua
	3° Cjón. 18 NE y 3° Pje. 2A NE						

Fuente: Elaboración propia.

Glosario de términos principales.-

Aislante térmico: "Material utilizado para disminuir el flujo de calor o frío, caracterizado por su bajo coeficiente de conductividad térmica" (INEN, 2009, p. 1).

Cerramiento: "Elemento constructivo del edificio que lo separa del exterior" (INEN, 2009, p. 1).

Compacidad: "Grado de concentración de las masas que componen el edificio. Relación entre la superficie que rodea el edificio y su volumen" (CFRD, 2010, p. 3).

Confort térmico: "Consiste en mantener un clima interior que sea satisfactorio para las personas, fisiológica e higiénicamente, dentro de una instalación residencial" (INEN, 2009, p. 1).

Conductividad térmica (λ): "Es la capacidad de un material para transferir calor, en vatios por metro-kelvin ($W/m^{\circ}K$)", (INEN, 2009, p. 1).

Energía no renovable: "Aquella que se obtiene a partir de acumulaciones estáticas de energía, que permanece fija hasta que se liberan por los seres humanos. Son ejemplos los combustibles fósiles, las nucleares" (González, 2009, p. 47).

Energía primaria: "Cantidad total de combustible que ha sido preciso quemar en una central térmica para generar electricidad. La energía primaria se origina a partir del carbón, petróleo, gas natural, energía nuclear, biomasa, centrales hidroeléctricas y energías renovables" (González, 2009, p. 23).

Energía renovable: "Es todo flujo energético que se restablece al mismo ritmo al que se utiliza.... Las fuentes de energía renovable están garantizadas y son inagotables, pues no existen reservas almacenadas que puedan agotarse" (González, 2009, p. 47).

Eficiencia energética: "Es la obtención de los mismos bienes y servicios energéticos, pero con mucha menos energía, con la misma o mayor calidad de vida, con menos contaminación, a un precio

inferior al actual, alargando la vida de los recursos" (AEDENAT ET AL, 1998).

Envolvente del edificio: "Se refiere al techo, vanos, paredes, puertas y piso que conforman un edificio" (INEN, 2009, p. 2).

Factor Forma (f): "Es la relación entre la suma de las superficies de los elementos de separación de los edificios y el volumen encerrado por las mismas" (INEN, 2009, p. 2).

Inercia térmica: "Por inercia térmica se entiende la capacidad de los materiales de absorber y entregar calor. Esta capacidad para un volumen determinado dependerá de la densidad (masa) y del calor específico. Los materiales buenos acumuladores o con buena inercia térmica, son el agua, ladrillo, piedra y concreto. La madera tiene pobres características de acumulación y los aislantes y el aire prácticamente no tienen inercia térmica." (Sarmiento, 2007, p. 86).

Instalación activa: "Es cualquier sistema necesario en una edificación que mantenga el ambiente interior dentro de los parámetros de confort mediante el uso de equipos que consuman energía eléctrica u otra fuente de energía primaria. Ej.: Sistemas de calefacción, aire acondicionado, ventilación,..." (NEC, 2011, p. 13-26)

Irradiar: "(Lat. irradiare). Dicho de un cuerpo: Despedir rayos de luz, calor u otra energía. Someter a algo a una radiación. Transmitir, propagar, difundir. Irradiación: Acción y efecto de irradiar". (Diccionario de la Lengua Española). Sinónimo: radiar.

Puente térmico: Zonas del envolvente del edificio en las que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción, lo que conlleva a una variación de la resistencia térmica respecto del resto de la envolvente (INEN, 2009, p. 2).

Radiar: "(Lat. radiare). Producir la radiación de ondas, sean sonoras, electromagnéticas, etc., o de partículas. Radiación: Acción y efecto de irradiar. Energía ondulatoria o partículas materiales que se propagan a través del espacio. Forma de propagarse la energía o las partículas". (Diccionario de la Lengua Española). Sinónimo: Irradiación.

Sostenible: "Que puede mantenerse por sí mismo. Involucra la estabilidad de los procesos mediante el "aseguramiento de los recursos" para el presente y para el futuro; particular que marcará el mejoramiento de las condiciones de vida del individuo" (Conelec, 2012, p. 326).

Viento dominante (en un lugar determinado): "Es el que sopla con mayor intensidad" (INEN, 1984, p. 1).

Viento reinante (en un lugar determinado): "Es el que sopla con mayor frecuencia" (INEN, 1984, p. 1).

TAREAS / PLAN DE TRABAJO

- a)** Investigación general sobre aspectos relacionados con “Eficiencia Energética en las Edificaciones”, emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂), ahorro de energía a través del “estudio de los planos y condiciones físicas de proyectos existentes”, entre otros temas vinculados.

- b)** Determinación de normas y criterios arquitectónicos de eficiencia energética para el diseño y la construcción de edificaciones de uso residencial.

- c)** Identificación de los sectores urbanos y las edificaciones tipo en donde realizar la investigación de campo.

- d)** Recopilación de información sobre las edificaciones y sus características. Obtención de normas de edificación y cartografía en general.

- e)** Visitas de verificación, toma de medidas, parámetros ambientales, fotografías e información general sobre métodos constructivos, materiales de construcción y consumo energético de las viviendas.

- f)** Revisión, clasificación y análisis de la información obtenida, para ordenar, ajustar y tabular los contenidos en función de la delimitación preestablecida. Estructuración general del trabajo, en función del sumario general elaborado para tal efecto.

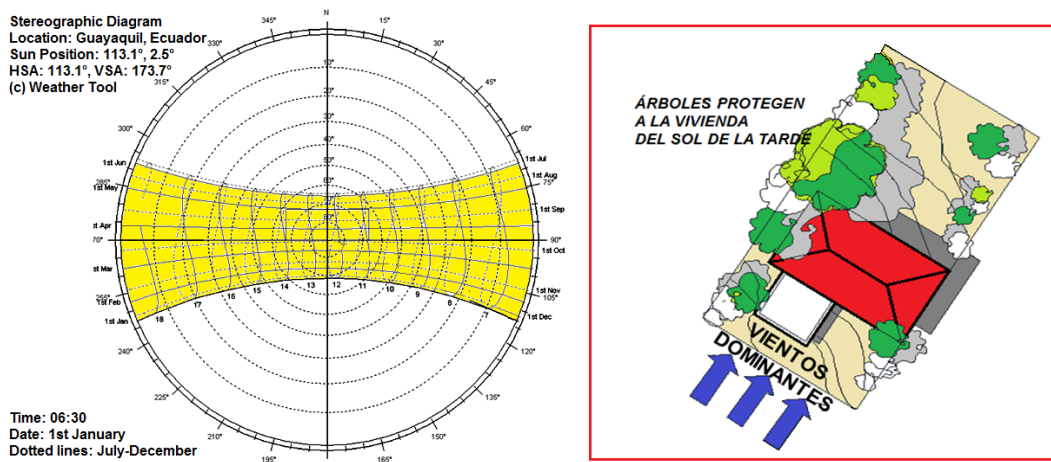
- g) Elaboración de esquemas, gráficos, cuadros, planos y demás elementos que permitan ilustrar cada una de las fases, capítulos o etapas del presente estudio.

POSIBLES RESULTADOS A OBTENER

Entre los posibles resultados a obtenerse con el presente estudio, se puede establecer lo siguiente:

Que la orientación Norte-Sur o viceversa, de las fachadas de las edificaciones analizadas, están relacionadas e inciden en la protección contra las radiaciones solares directas y favorecen la ventilación natural interior, lo que deriva en un menor consumo de energía eléctrica.

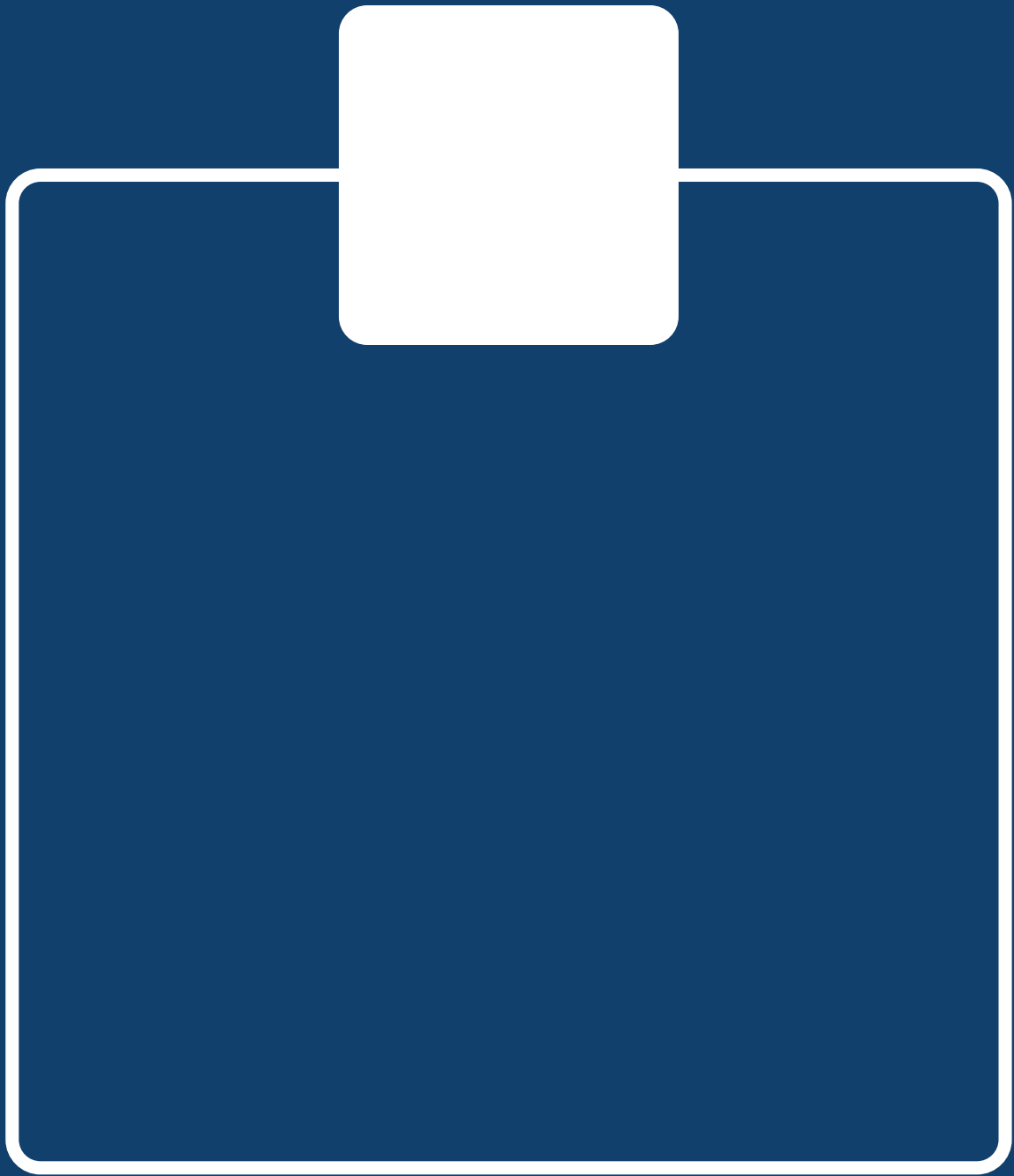
Ilustración # 12.9: Orientación, ventilación y asoleamiento de la edificación.



Fuente: Elaboración propia.

Que un tratamiento arquitectónico de alturas piso-cielo raso mayor a 2,40 m y “porcentajes de vanos” con respecto a la “superficie de la fachada principal o posterior” del 40, 30 y 20% en orientaciones Norte-Sur, Suroeste-Noreste, Este-Oeste, y viceversa, respectivamente, favorecen la eficiencia energética en las edificaciones motivo del presente estudio.

Que un factor de forma con cocientes mayores de 1,2 en edificaciones de tipo residencial (tipo medio-bajo y medio) ubicadas en zonas cálidas, están relacionados y contribuyen a mejorar los rangos meteorológicos de confort térmico (temperatura y humedad relativa) en el interior de las viviendas, al disminuir el consumo de energía y las emisiones de CO₂ al ambiente.

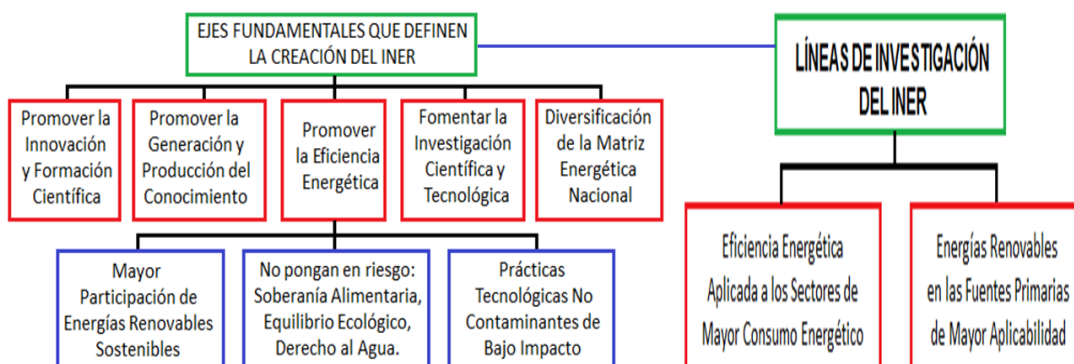


ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.-

1.1. Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER)

El INER como entidad de investigación en eficiencia energética y energías renovables tiene como finalidad: generar proyectos de investigación aplicada, basados en la combinación de investigación, desarrollo, innovación y negocios; fomentar la formación de PhD's; crear redes de expertos nacionales e internacionales, al igual que grupos de investigación para el desarrollo investigativo; entre otros.

Ilustración # 13.10: Ejes fundamentales y líneas de investigación del INER



Fuente: Elaboración propia, tomando como referencia información del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER)

Para el INER, el estudio de la eficiencia energética en las edificaciones busca disponer adecuadamente de los recursos que intervienen en los procesos de construcción y uso de un inmueble, al minimizar el consumo de energía y al mantener o mejorar los niveles de calidad en los servicios.

Según el INER, la implementación de criterios sobre eficiencia energética, se pueden aplicar durante la fase de planificación, ejecución y uso de las edificaciones, lo que permite mejorar la interacción entre el ser humano y el medio ambiente. Estos pueden ser: factor de forma, características climáticas del sitio, materiales utilizados en la envolvente y características de los equipos e instalaciones. El resultado de aplicar estos principios se refleja en beneficios tales como la reducción de las emisiones de CO₂, el ahorro económico y el desarrollo armónico de las actividades del usuario.

Estadísticas de la situación actual del sector eléctrico.

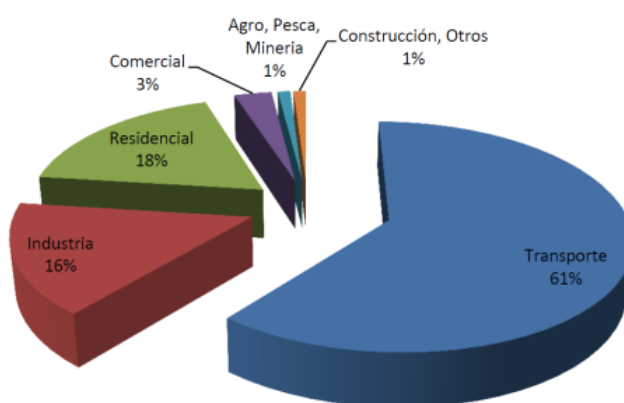
Según el Boletín Estadístico del Sector Eléctrico Ecuatoriano (2012), el Ecuador contaba con una producción total de energía eléctrica bruta de 21.838,73 GWh, de los cuales el 52 % correspondía a energía producida por fuentes renovables, el 42 % a la energía de fuentes no renovables y el 6 % a la importación de energía.

Atendiendo a esta distribución y teniendo en cuenta las emisiones de CO₂ generadas por las fuentes no renovables, podemos concluir que no solo el consumo energético de las edificaciones es alto, sino que, además, es peligroso, pues los combustibles utilizados emiten una gran cantidad de CO₂ a la atmósfera.

En los años 2011 y 2012, tal cual señala el Plan Maestro de Electrificación 2012-2021 (2012), se emitieron a la atmósfera las cantidades de 3,55 y 3,96 millones de toneladas de CO₂, respectivamente, originadas en la operación de centrales térmicas.

El sector residencial es el segundo mayor consumidor energético a nivel nacional, luego del transporte, con una participación del 18% de la demanda total de energía, mientras al sector de la construcción y otros, le corresponde el 1%.

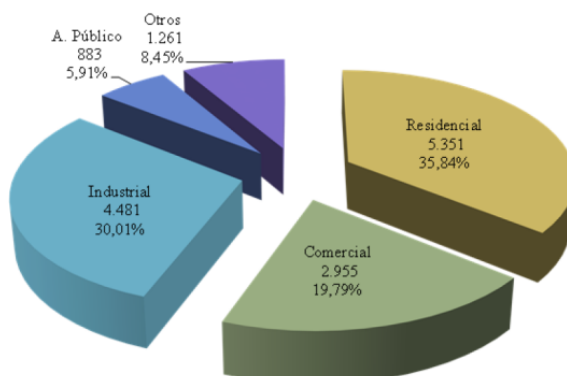
Ilustración # 13.11: Consumo energético nacional



Fuente: CONELEC (2012). Plan Maestro de Electrificación del Ecuador 2012-2021, p. 62.

El sector residencial es el mayor consumidor de energía eléctrica por sectores, con una participación de 36%, mientras a los sectores industrial, comercial, otros y alumbrado público, le corresponde el 30, 20, 8 y 6 %, respectivamente, sobre un total de 14.931 GWh. En el año 2011 se presentó un promedio nacional de consumo mensual por cliente de 121 kWh en el sector residencial.

Ilustración # 13.12: Composición de facturación de energía eléctrica anual a clientes finales por sector de consumo en GWh.

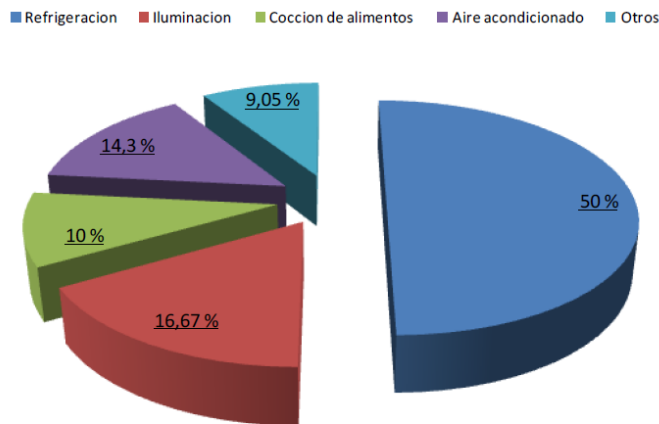


Fuente: CONELEC (2011). Boletín Estadístico Sector Eléctrico Ecuatoriano, p. 57.

Las principales medidas de eficiencia energética deberán ir encaminadas a optimizar el consumo de los tres sectores de mayor demanda (residencial, industrial y comercial), pues juntos representan el 86% del consumo eléctrico nacional.

Según el Plan Maestro de Electrificación del Ecuador 2012-2021 (2012), los estudios de los usos finales de la energía, permiten conocer la cantidad de energía que se utiliza en los distintos equipos y artefactos existentes a nivel residencial, como en refrigeración de alimentos, iluminación, etc. Esta información permitirá plantear medidas o planes de eficiencia de energía con el fin de atacar el mayor componente de la demanda.

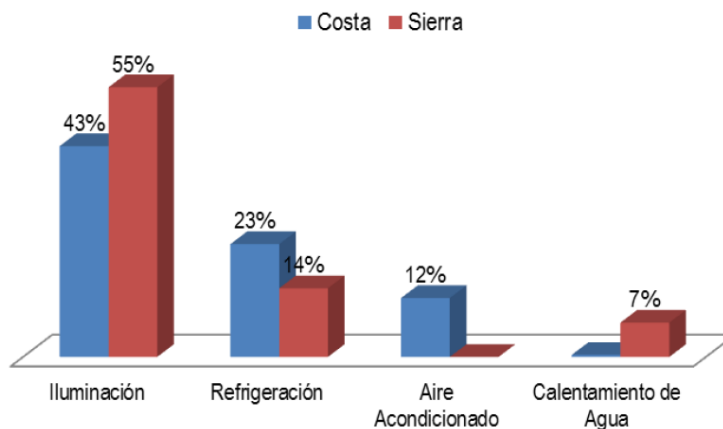
Ilustración # 13.13: Usos finales de la energía (Región Costa)



Fuente: CONELEC (2012). Plan Maestro de Electrificación del Ecuador 2012-2021, p. 71.

El comportamiento de la demanda eléctrica a nivel nacional, en el periodo de demanda máxima u horas pico, está influenciado por el consumo residencial, esto debido principalmente al uso de la iluminación, representando en la Costa el 43%.

Ilustración # 13.14: Demanda eléctrica en el sector residencial



Fuente: CONELEC (2012). Plan Maestro de Electrificación del Ecuador 2012-2021, p. 72.

De acuerdo a la situación actual de consumo eléctrico del sector residencial, las medidas y planes de eficiencia y buen uso de la energía irán orientados a los usos finales de mayor demanda: iluminación, refrigeración de alimentos y acondicionamiento de ambientes.

Cuadro # 13.3: Distribución por estratos del consumo residencial de energía eléctrica (total nacional - 2010)

Segmento social	Estrato kWh/mes	Usuarios abonados	%	Consumo GWh	%	Facturación (millones USD)	%
Alta	> 1000	19.427	0,6	423,54	8,3	39,05	8,3
Media Alta	501-1.000	63.196	1,8	509,24	10,0	46,95	10,0
Media	201-500	483.111	13,9	1.685,65	33,0	155,42	33,0
Media Baja	51-200	1.615.158	46,5	2.215,45	43,3	204,26	43,3
Baja	0-50	1.289.439	37,2	280,31	5,5	25,84	5,5
Total		3.470.331	100	5.114,19	100	471,52	100

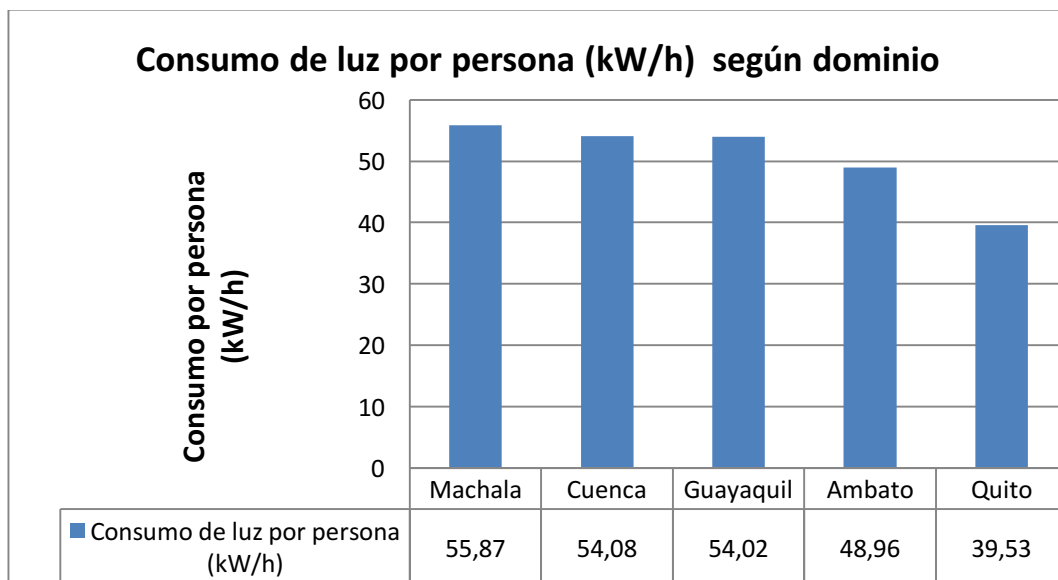
Fuente: CONELEC (2012). Plan Maestro de Electrificación del Ecuador 2012-2021, p. 73.

De acuerdo a "Estudios de Usos Finales" realizados por el ex-INECEL (1993), la mayoría de clientes de este sector, se encuentran en la clase media baja (consumos entre 51 y 200 kWh/mes), situación que no ha cambiado mucho respecto al año 1993.

Según el Boletín Estadístico del Sector Eléctrico Ecuatoriano (2012), en el caso de Ecuador el consumo final de energía eléctrica ha tenido una tasa de crecimiento anual promedio de 5.24%, durante la última década, pasando de 683.75 (kWh/hab), en el 2002, a 1038.18 (kWh/hab), en el año 2011.

Estadísticas de consumo y de emisiones de CO₂ en el hogar.

Ilustración # 13.15: Consumo de luz por persona (kW/h) según dominio.

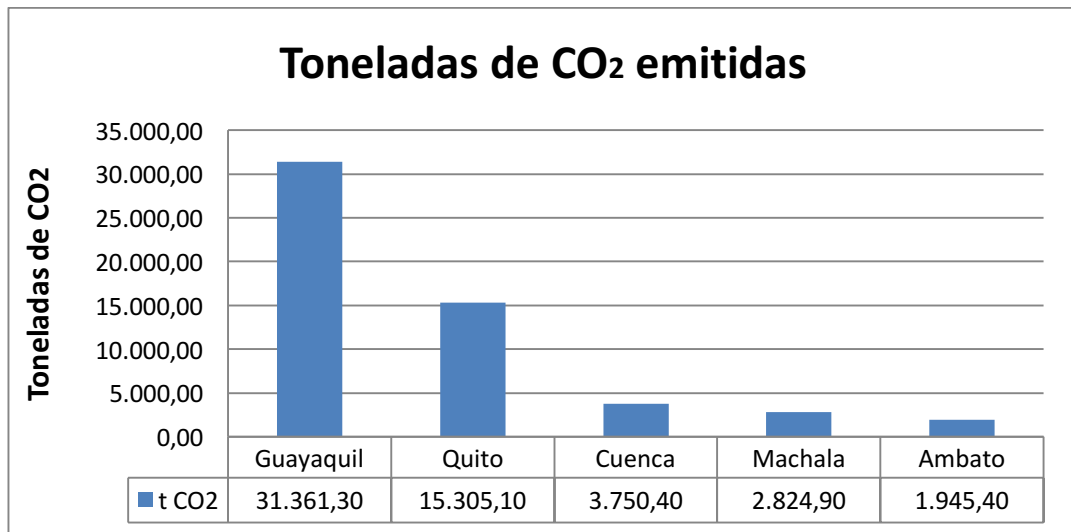


Fuente: INEC (2011). Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo – ENEMDU.

En el 2012, Machala fue la ciudad con mayor consumo de luz por persona. El Promedio Nacional en el año 2011 fue de 43,07 kW/h.

En el año 2011, Guayas fue la provincia que produjo más toneladas de CO₂ por consumo de energía, seguida de Pichincha, con una producción de 44 y 23 millones de toneladas, respectivamente. En el 2012, solo Pichincha aumentó su emisión de toneladas de CO₂. “El total Nacional al 2011 es de 128.149 tCO₂” (INEC/ENEMDU, 2011).

Ilustración # 13.16: Toneladas de Dióxido de Carbono emitidas.



Fuente: INEC (2011). Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo – ENEMDU.

El sector residencial es el máximo consumidor de energía dentro de las edificaciones (36% de participación). “Debido al elevado volumen de edificios, pequeños ahorros a escala individual supondrían grandes ahorros a escala global” (Montoro, 2004, p. 22).

Medidas para la reducción del consumo eléctrico.

Con la intervención del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), en el año 2008 se realizó el proyecto de “Sustitución de 6´000.000 de Focos Incandescentes por Focos Ahorradores”, con el fin de promover la reducción del consumo de energía eléctrica y el ahorro económico. La disposición se llevó a cabo para enfrentar el crecimiento de la demanda anual de energía “que en promedio presentó una tasa del orden del 6%” (Conelec, 2012, p. 74), lo que se tradujo en una insuficiencia de la oferta y en un aumento en los costos de producción.

A partir de enero del 2010, en lo que respecta al control del gasto por iluminación, se puede señalar, la suspensión de importaciones de focos incandescentes para uso residencial, de potencia entre los 25 W a 100 W inclusive, y la entrega de incentivos arancelarios a la importación de lámparas fluorescentes, como medidas complementarias (Conelec, 2012).

Encuestas de Buenas Prácticas Ambientales en la ciudad de Guayaquil.

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), en la ciudad de Guayaquil, el consumo de energía eléctrica en kW/h de la última planilla eléctrica, determina consumos mínimos de 3 kW/h, medios de 166 kW/h y máximos de 2.111 kW/h.

En cuanto a las prácticas de ahorro de energía eléctrica, el 91% de las personas consultadas ahorran energía y el 9% no realizan ningún ahorro. En lo que respecta a las medidas de ahorro utilizadas, sobre un total de 550.152 consultas realizadas, se tienen los siguientes resultados:

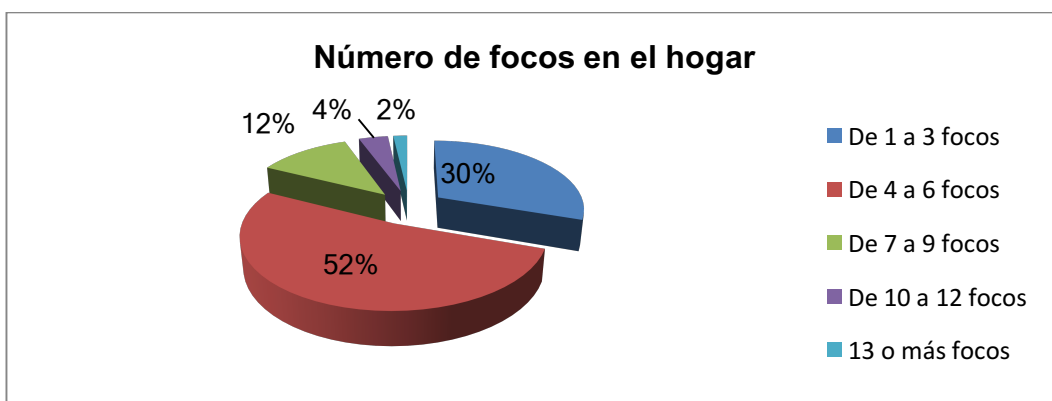
Ilustración # 13.17: Estadísticas de medidas de ahorro de energía eléctrica.

Uso de focos ahorradores (%)			Enciende las luces necesarias (%)			Desconectan aparatos eléctricos después de usarlos (%)			Otros (%)		
Si	No	Total	Si	No	Total	Si	No	Total	Si	No	Total
94	6	100	90,9	9,1	100	69,8	30,2	100	2,3	97,7	100

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2011). Encuesta Nacional del Empleo, Desempleo y Subempleo. ENEMDU – Módulo de Buenas Prácticas Ambientales.

La principal fuente de energía en Guayaquil es la electricidad con el 96%, luego el gas con el 4% sobre un total de 604.741 consultas realizadas. La energía solar no es utilizada en la ciudad como fuente de energía. El 91% de dicha muestra utiliza focos ahorradores y el 9% aún no los utiliza. En cuanto al número de focos ahorradores instalados en el hogar, se tiene la siguiente estadística:

Ilustración # 13.18: Número de focos ahorradores instalados en el hogar



Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2011), Encuesta Nacional del Empleo, Desempleo y Subempleo. ENEMDU – Módulo de Buenas Prácticas Ambientales.

En cuanto al porqué se utilizan focos ahorradores, el INEC utiliza tres variables para realizar la siguiente consulta a la población de Guayaquil, sobre una muestra de 549.666 consultas:

Cuadro # 13.4: ¿Por qué se utilizan focos ahorradores?

Por conciencia ambiental (%)			Por ahorro en el pago de energía eléctrica (%)			Porque les entregó los focos el gobierno (%)		
Si	No	Total	Si	No	Total	Si	No	Total
44,7	55,3	100	96,4	3,6	100	34,6	65,4	100

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2011). Encuesta Nacional del Empleo, Desempleo y Subempleo. ENEMDU – Módulo de Buenas Prácticas Ambientales.

Respecto a la encuesta de si se cuenta o no con instalaciones activas de aire acondicionado, sobre una muestra de 604.741 consultas, el 18% tiene un equipo de aire acondicionado y el 82% no cuenta con este equipo.

Normas Técnicas de Eficiencia Energética en Edificaciones

La limitación de la demanda energética es el conjunto de procedimientos tendientes a que una edificación tenga un consumo energético sostenible, es decir, un consumo de energía menor al que supondría una construcción según las técnicas convencionales.

Los edificios, los aspectos urbanísticos, las personas y el barrio, deben tener de manera indispensable un carácter sostenible, a fin de dar cumplimiento a las directrices de eficiencia energética señaladas anteriormente.

Diseños con criterio de urbanización compacta y movilidad sostenible que incorporen aspectos tales como, el estudio de la orientación, exigencias arquitectónicas, forma de la edificación, ventilación y calidad del aire, y la ganancia y protección solar, deben considerarse indispensables en la planificación de proyectos habitacionales y en limitación de la demanda energética.

El entorno socio-cultural, el medio natural, los aspectos meteorológicos, la historia, los usos del suelo y las reglamentaciones municipales, son parámetros que complementan los aspectos técnicos mencionados anteriormente.

A continuación se expone una síntesis de normativas relacionadas con eficiencia energética en las edificaciones, a fin de tomarlas como referencia para los consecuentes análisis y conclusiones del presente estudio.

Orientación

La ubicación es uno de los aspectos a tomarse en cuenta dentro de la planificación de un edificio. Por tal razón, se considerará lo siguiente:

- Acción del viento e incidencia de los rayos solares y humedad sobre el edificio.
- La fachada principal se orientará con la dirección de los vientos reinantes y dominantes. Es recomendable que los ejes longitudinales se encuentren en esa dirección.
- Las alturas de los volúmenes deben ser uniformes evitando cambios bruscos de altura, ya que generan vientos fuertes a nivel del suelo.

El grado de exposición de la edificación al sol y al viento, según su ubicación geográfica, condicionan la temperatura y humedad de los ambientes interiores de la edificación. Es necesario ubicar los espacios habitables de acuerdo a la orientación de las fachadas, zonificándolos de según su uso y horas de actividad.

La orientación del edificio se realizará en función a las necesidades de aislamiento acústico, protección solar, ventilación y calidad de aire.

Para mejores resultados ambientales, en las zonas cálidas se sugiere que las fachadas principales tengan orientaciones Norte y Sur, ya que evitan la exposición solar directa en la mañana y en la tarde y son fáciles de proteger al medio día de la insolación.

Diseño arquitectónico

Dentro de este ámbito debe considerarse el estudio de la distribución interior de los espacios y de las exigencias de diseño de elementos arquitectónicos tales como, el acceso principal; los muros, fachadas, pisos y cubiertas (envolvente del edificio); las paredes interiores, el color y la altura de los ambientes interiores.

Ilustración # 13.19: Elementos arquitectónicos

Acceso principal		Se recomienda que sea un espacio cerrado, a modo de esclusa de separación, en donde se desarrolle un área de aire inmóvil, que disminuya las pérdidas de aire fresco del interior del edificio.
Muros fachadas	y	Deben cumplir funciones de transmitancia e inercia térmica y permeabilidad, considerando la ganancia o pérdida de energía de acuerdo a la zona climática
Pisos cubiertas	y	Tomar en cuenta la capacidad de transmisión térmica de los materiales, para regular la pérdida o ganancia de calor. Considerar el uso de cámaras de ventilación, cubiertas ajardinadas, entre otros.
Paredes interiores		Procurar el uso de sistemas constructivos con partes versátiles que permitan facilitar su montaje y desmontaje y el paso de instalaciones en su interior, de modo que puedan adaptarse a los cambios de los usuarios. Deben garantizar criterios de confort mínimo.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2011, p. 13-15.

La envolvente de la edificación

La envolvente está conformada por la cubierta, los vacíos, las paredes, las puertas y el piso de la edificación. Su presencia limitará la demanda energética necesaria para alcanzar el confort térmico dentro de la edificación, en función de los siguientes aspectos:

a) El Clima y el uso del edificio; b) las características de aislamiento e inercia; c) La permeabilidad del aire; y, d) La exposición a la radiación solar de materiales usados en la construcción (cubiertas, paredes y ventanas).

La envolvente tendrá características apropiadas para restringir las necesidades de energía de la edificación, de una manera adecuada, a fin de conseguir una buena calidad de aire, iluminación, temperatura, acústica, por sobre el uso de la edificación y el clima local.

La envolvente se encuentra constituida: a) Por todos los cerramientos de un edificio que limitan áreas habitables con el ambiente exterior; y, b) por todas las divisiones internas que limitan áreas habitables con áreas no habitables, que a su vez están en contacto con el exterior. Los cerramientos se clasifican de la siguiente manera:

Cuadro # 13.5: Clasificación de la envolvente.

Cerramientos en contacto con el:	Aire	Muros de fachada, cubiertas, suelos en contacto con el aire exterior y puentes térmicos integrados. Huecos de fachada y lucernarios de cubiertas.
	Terreno	Suelo y muros en contacto con el terreno y losas enterradas (subsuelo)
Divisiones interiores en contacto con espacios no habitables.		En contacto con cualquier espacio no habitable.
		Suelos en contacto con cámaras sanitarias.
Vanos de la envolvente		Ventanas, lucernarios y puertas.
Cerramientos medianeros		Limitan con otros edificios ya construidos o que se construyan a la vez y que conformen división común.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2011, p. 13-18.

Alturas libres preferidas de locales

La altura libre mínima de cada local varía de acuerdo a su clase y USO.

Cuadro # 13.6: Altura libre preferidas de locales.

Clase de local	Altura libre mínima del local	Indispensable en locales
Dormitorios, comedor, estar, biblioteca, estudio, consultorio, oficina, sala	2,60 m	Todos
Cocina, cuarto de baño, retrete, lavadero, guardarropa, cuarto de costura y cuarto de plancha	2,40 m	Cocina, guardarropa, vestuario, cuarto de costura o planchado.
	2,10 m	Cuarto de baño, retrete y lavadero
Local para comercio o trabajo, depósito comercial o industrial, vestuarios colectivos, gimnasio, locales para prácticas de deportes, cocina de hotel, restaurante, dormitorios colectivos, comedor colectivo y similares.	3,10 m	Todos
Escalera secundaria, circulaciones, sala de espera, guardarropa, despensa, garaje, sala de cirugía, laboratorios fotográficos, locales de servicio, etc.	2,10 m	Hasta 16 m ²
	2,40 m	Más de 16 m ² hasta 30 m ²
	2,60 m	más de 30 m ² hasta 50 m ²
	3,00 m	Más de 50 m ²

Fuente: NTE INEN 1124 (1984), p. 4.

El Color como Elemento Arquitectónico

Entre los elementos arquitectónicos, el color de la edificación debe considerar la calidad de luz (natural o artificial) y el reflejo que éstas tienen sobre las superficies pintadas, evitando los deslumbramientos.

En espacios interiores se recomienda el uso de tonos contrastantes para evitar el cansancio visual. Tal es el caso, que si los pisos y elementos complementarios son de color oscuro (reflexión entre el 25% y 40%) las áreas superiores del ambiente deben tener una capacidad de reflexión del 50% al 60%. Se sugieren colores claros para los cielos rasos, a fin de aumentar la luminosidad interior.

En las tres zonas climáticas más frías, se recomienda que el color empleado en las paredes exteriores tenga índices de reflexión no mayores al 60%, mientras que para las tres zonas cálidas deberán ser inferiores al 40%. En el cuadro se exponen los índices de reflexión de colores utilizados frecuentemente en edificaciones.

Cuadro # 13.7: Reflexión de radiación solar en función del color de la superficie.

REFLEXIÓN DE RADIACIÓN SOLAR EN FUNCIÓN DEL COLOR DE LA SUPERFICIE					
Color	% Reflejado	Color	% Reflejado	Color	% Reflejado
Blanco cal	80	Rosa salmón	40	Verde vegetal	20
Amarillo limón	70	Gris cemento	32	Ladrillo	18
Amarillo oro	60	Anaranjado	25-30	Rojo	16
Azul claro	40-50	Beige	25	Negro	5

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2011), p. 13-16.

Forma de la edificación

En cuanto a las consideraciones constructivas de diseño, la forma de la superficie exterior determina el aumento o la disminución de calor con relación al ambiente, mientras que el volumen, determina la cantidad de energía de la edificación. La forma recomendable de la edificación, en atención al clima y al microclima de ubicación, sería la siguiente:

Cuadro # 13.8: Forma de la edificación en función del clima.

CLIMAS		
Cálidos y húmedos	Cálidos y secos	Fríos
Se recomienda formas elevadas con grandes aberturas que faciliten ventilación y sombra del edificio.	Es mejor la construcción compacta y pesada, con gran inercia térmica para amortiguar cambios externos de temperatura.	Los edificios deben ser compactos, bien aislados constructivamente y con reducidas infiltraciones de aire.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2011), p. 13-14.

La forma de un edificio actúa directamente en el aprovechamiento climático del entorno, esto es a través de dos elementos básicos: la superficie y el volumen. Se debe tomar en cuenta el cálculo del factor de forma, como sigue:

Cuadro # 13.9: Factor de forma en función de las Zonas Climáticas.

FACTOR DE FORMA	$f = \frac{S}{V}$	Factor de forma (f)	Zona Climática
		0,5 < f < 0,8	Templada
		f > 1,2	Cálida
Publicación INEN: Asoleamiento y sus aplicaciones para el diseño climatológico de la vivienda en el Ecuador.			

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2506, 2009, p. 3

Dónde:

S = Superficie total del edificio en m².

V = Volumen encerrado por la superficie total del edificio en m³.

1.1.1. Ventilación y calidad de aire

El viento y la calidad de aire reducen la percepción de calor debido a su acción sobre las personas. La transferencia de aire entre el interior y exterior es el elemento básico para nivelar la temperatura en los ambientes interiores. Las finalidades según zonas climáticas son:

Cuadro # 13.10: Ventilación y calidad de aire.

Zonas climáticas frías	Zonas climáticas cálidas
Se procura que no haya pérdida de calor en los espacios interiores por efecto de infiltraciones de aire	Se debe favorecer los intercambios de aire para poder mantener más frescos los interiores.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2011), p. 13-15.

En los lugares habitables donde se encuentran los usuarios de la edificación, se debe asegurar una calidad de aire interior aceptable, mediante sistemas de renovación de aire viciado producto del funcionamiento regular del edificio. No se admitirá materiales de construcción que desprendan elementos nocivos para las personas.

En el diseño arquitectónico de la edificación se deberá considerar un sistema de ventilación de acuerdo al número de habitantes previsto y que al mismo tiempo, minimice emisiones de dióxido de carbono al ambiente. Los sistemas de ventilación pueden ser:

natural, mecánico o híbrido. Se favorecerá la implementación del primero de los sistemas nombrados

Para diseñar los caudales de renovación de aire, se identifican tres clases de ambientes, los mismos que se exponen a continuación:

Cuadro # 13.11: Categorías de ambientes en función de caudales de renovación de aire.

Clase A	Clase B	Clase C
Locales con necesidades de aire de muy buena calidad	Locales con necesidades de aire de calidad media	Locales con necesidades de aire de baja calidad de circulación esporádica.
Hospitales, clínicas, laboratorios, bibliotecas, museos y guarderías.	Oficinas, viviendas, residencias, hoteles edificios públicos, restaurantes, cafeterías, locales deportivos, etc.	

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2011), p. 13-22.

Cuadro # 13.12: Renovación de aire por persona y concentración de CO₂.

Caudales mínimos de aire por persona y concentración máxima permisible de acuerdo a calidad de aire necesaria.	Necesidad de aire	Lit/s por persona	Ppm (partes por millón en volumen)
	Muy buena calidad	20	350
	Calidad media	10	650
	Baja calidad	5	1200

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2011), p. 13-22.

La ventilación natural debe desplazarse desde los ambientes secos (sala, dormitorios, estudio) hacia los ambientes húmedos (baños, cocinas), para ello los ambientes secos deben contar con aberturas de admisión y los húmedos con aberturas de salida. Las paredes que

separan lugares secos de húmedos deben disponer de aberturas para circulación de aire.

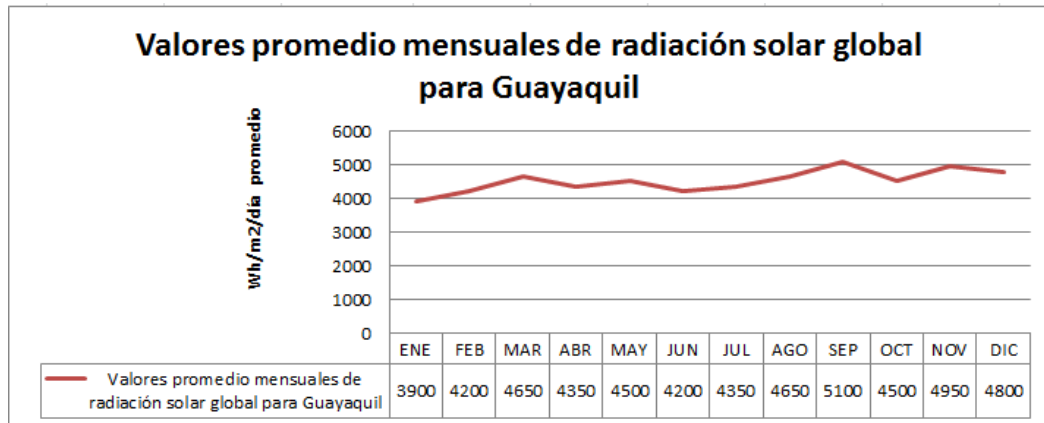
Es factible utilizar las juntas de puertas como aberturas, siempre y cuando, se justifique cumplir con los caudales mínimos de renovación de aire establecido. En las zonas cálidas los valores de renovación cercanos a los proporcionados en la tabla, pueden ser superados.

Las edificaciones que establezcan técnicas de ventilación cruzada, se ubicarán de tal manera, que el viento predominante o reinante, incida sobre los espacios interiores secos. Las vías de admisión se encontraran en la parte baja mientras que las de salida se ubicarán en la parte superior de dichos ambientes.

Ganancia y protección solar

La energía solar puede ser utilizada de diferentes maneras en la edificación. Entre las que se cita, el calentamiento de agua y la generación eléctrica, ya que es un recurso de alta calidad energética y confiabilidad. Los valores promedio mensuales de radiación solar global para Guayaquil, se muestran en el siguiente cuadro:

Ilustración # 13.20: Valores promedio mensuales de radiación solar global para Guayaquil.



Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2011), p. 13-37 y 13-38

El valor de insolación o radiación solar global para la ciudad de Guayaquil es de 4513 Wh/m²/día.

La protección térmica de la edificación está determinada por el nivel de asoleamiento de la envoltura y de las superficies vidriadas. Las finalidades de la protección solar, según la zona climática, son las siguientes:

Cuadro # 13.13: Ganancia y protección solar.

Zonas frías	Zonas cálidas
Se debe favorecer la incidencia de la radiación sobre las superficies vidriadas	Se debe usar elementos de protección sobre las superficies vidriadas.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2011), p. 13-15.

El diseño del edificio no debe verse influenciado en su aspecto estético formal, ya que dependerá del arquitecto la selección del elemento ornamental o constructivo de protección.

Cuadro # 13.14: Recomendaciones para la optimización de la radiación solar.

Zonas Frías	Zonas Cálidas
Almacenar la radiación solar en elementos macizos de hormigón, piedra o arcilla cuya inercia permita acumulación de calor en fachada o muros interiores. El calor se restituye paulatinamente por convección y radiación en horas nocturnas.	Controlar la radiación directa mediante elementos constructivos de protección solar (aleros, persianas, pérgolas, batientes), superficies acristaladas con coeficientes de transmisión bajos para limitar aportes energéticos externos. Complemente con uso de textiles o protección vegetal.
Limitar los intercambios de temperatura con el exterior al reducir la superficie en la envolvente, y al reforzar el aislamiento térmico y disminuir el movimiento del aire.	Disipar el calor con ventilación natural.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2011), p. 13-15.

La protección solar debe ser adecuadamente analizada, a fin de reducir necesidades energéticas en las viviendas. La protección solar dependerá de: a) la dirección de las superficies receptoras (paredes, puertas, ventanas, cubiertas y tragaluces en contacto con el aire); y, b) del porcentaje entre la superficie de paredes y ventanas.

La relación de superficie de ventanas respecto de la superficie total de la fachada no debe superar el porcentaje señalado a continuación.

Cuadro # 13.15: Relación de superficie de ventana y superficie total de fachada (%)

Relación de superficie de ventana y superficie total de fachada (%)						
Zona Climática	Orientación con vidrio monolítico			Orientación con vidrio reflectivo		
	N-S	NO-SO-NE-SE	E-O	N-S	NO-SO-NE-SE	E-O
ZT4	40	35	25	85	60	45
ZT5	40	30	20	75	55	40
ZT6	40	30	20	65	50	35

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), 2011, p. 13-21 y 13-22.

Podemos aumentar el porcentaje de ventanas en las zonas cálidas (ZT4, ZT5 y ZT6), siempre y cuando, el vidrio usado tenga un coeficiente de ganancia solar menor a 0,4. No obstante, es preferible utilizar en estas zonas al menos un 30% de sombras arquitectónicas en las direcciones Norte y Sur y NO-SO-NE-SE, y de al menos 50% en las direcciones Este y Oeste para evitar el sobrecalentamiento de la edificación.

Se sugiere el uso de cubiertas inclinadas para minimizar la ganancia solar en dicha cubierta. Si se construye una cubierta plana, esta debe ser de color blanco o en su lugar, debe estar protegida de la radiación solar con elementos arquitectónicos, vegetación, entre otros.

Iluminación natural

La iluminación deberá satisfacer requerimientos mínimos dentro de una edificación, para lo cual se tomará en cuenta las siguientes recomendaciones:

Cuadro # 13.16: Exigencias mínimas de iluminación en una edificación.

Confort visual	Prestación visual	Seguridad
Mantener un nivel de bienestar sin que se afecte el rendimiento ni la salud de los ocupantes de la edificación.	Los ocupantes son capaces de realizar sus tareas visuales, incluso en circunstancias difíciles y durante periodos largos de tiempo.	A través de la utilización de equipos normalizados y eficientes

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2011), p. 13-23

Ente las exigencias de espacios e iluminación natural, se sugiere ubicar las áreas de uso pasivo en ambientes de menor radiación

solar e iluminación natural, mientras que las áreas de uso activo, pueden ubicarse en ambientes de mayor radiación solar e iluminación natural.

La luz natural que ingresa a una edificación puede ser: a) Lateral, si ingresa por vanos de fachadas y superficies verticales; b) Cenital, si ingresa por tragaluces de cubierta o por patios internos; o, c) Combinada, si se emplea ambos sistemas para obtener mejor rendimiento.

El diseño arquitectónico de una edificación, deberá contar siempre con iluminación natural en todos los ambientes, a través de fachadas, patios, atrios y tragaluces. Se recomienda la instalación de sistemas de aprovechamiento de luz natural, que regulen el nivel de iluminación en función del aporte de luz natural.

Aspectos climáticos y meteorológicos.

El estudio del clima y su inclusión en el proceso de planificación, constituye una aproximación al probable medio natural que encuentre el arquitecto al momento del diseño arquitectónico.

En este sentido, el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), desarrolló un mapa de isotermas con doce zonas térmicas, las cuales son agrupadas en seis zonas climáticas. Tales zonas son las siguientes:

Cuadro # 13.17: Rangos de temperatura de acuerdo a las zonas climáticas.

Zona Climática	Rangos de temperatura de acuerdo a zonas climáticas
ZT1	6 – 10 (°C)
ZT2	10 – 14 (°C)
ZT3	14 – 18 (°C)
ZT4	18 – 22 (°C)
ZT5	22 – 25 (°C)
ZT6	25 – 27 (°C)

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2011), p. 13-10.

Las Zonas Térmicas 5 y 6, son aplicables a la ciudad de Guayaquil, en atención a los rangos de temperatura consideradas.

Cuadro # 13.18: Datos de temperatura media, máxima y mínima. Promedio entre los años 2000 y 2008. Datos proporcionados por el INAMHI.

ESTACIÓN		VALOR ANUAL			
		Temperaturas Extremas °C			Humedad relativa
COD. /NOMBRE	PROVINCIA	Mínima	Media	Máxima	Media %
MA2V Guayaquil	GUAYAS	22,38	26,10	30,63	73,86

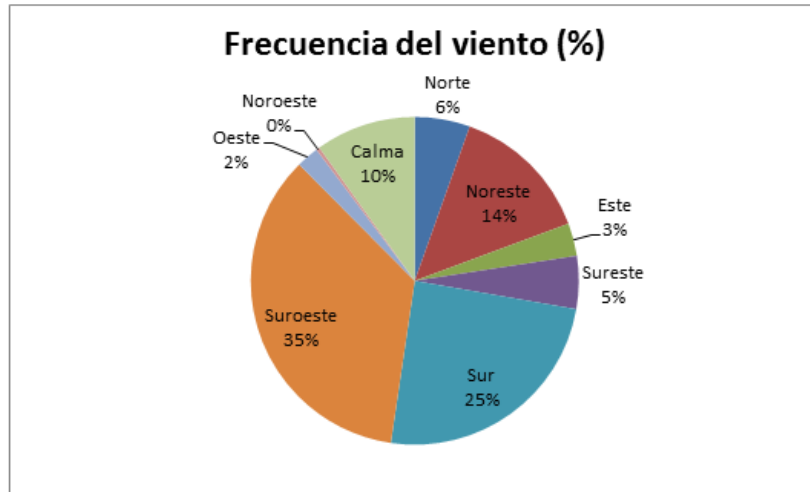
Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2011), p. 13-10

Cuadro # 13.19: Frecuencia del viento entre los meses de enero y diciembre (%)

	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Calma	%
Enero	7	25	5	7	19	17	3	1	16	100
Febrero	11	39	2	5	10	14	1	0	18	100
Marzo	10	22	10	9	10	24	3	0	14	102
Abril	9	22	0	1	16	37	2	0	13	100
Mayo	5	5	3	8	26	40	3	0	10	100
Junio	7	6	4	3	30	42	3	1	3	99
Julio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	0	2	2	7	33	53	1	0	2	100
Septiembre	0	0	0	3	38	54	2	0	2	99
Octubre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Noviembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diciembre	0	4	3	4	39	36	2	1	11	100

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología "INAMHI" (2012). Anuario Meteorológico No. 50. (MA2V) Estación Meteorológica U. Estatal Guayaquil (Radio Sonda). Pág. 102.

Ilustración # 13.21: Frecuencia del viento entre los meses de enero y diciembre (%)



Fuente: Elaboración propia

Cuadro # 13.20: Velocidad del viento entre los meses de enero y diciembre (m/s).

	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste	Prom.
Enero	1	1	1	1,2	1,1	1,3	2,3	1	1,2
Febrero	1	1	1	1	1	1,3	1	0	0,9
Marzo	1,1	1,2	1,6	1,3	1,2	1,4	1	0	1,1
Abril	1	1,4	0	1	1,1	1,2	1,5	0	0,9
Mayo	1	1	1,7	1,4	1,1	1,2	1	0	1,1
Junio	1,2	1	1,3	2	1,1	1,5	2,3	1	1,4
Julio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	0	1	1,5	1,8	1,6	1,4	2	0	1,2
Septiembre	0	0	0	2,7	1,5	1,8	1,5	0	0,9
Octubre	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Noviembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diciembre	0	1,3	2	1,5	1,2	1,5	1	1	1,2

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología "INAMHI" (2012). Anuario Meteorológico No. 50. (MA2V) Estación Meteorológica U. Estatal Guayaquil (Radio Sonda). Pág. 102.

El interior de las edificaciones debe mantenerse dentro de los siguientes parámetros ambientales, para generar confort térmico.

Cuadro # 13.21: Rangos meteorológicos de confort térmico.

Temperatura		Velocidad del aire	Humedad relativa
Aire ambiente	Radiante media de superficies del local		
Entre 18 y 26 °C	Entre 18 y 26 °C	Entre 0,05 y 0,15 m/s	Entre el 40 y el 65 %

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2011), p. 13-13.

2. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS EDIFICACIONES SELECCIONADAS PARA EL PRESENTE ESTUDIO.



Sauces VIII

Fachada principal de la vivienda, orientada orientada



Guayacanes Etapa IV

Fachada principal de la vivienda,



Sauces VIII

hacia el Suroeste (**Plano Anexo 1/4**).
 Porcentaje de vanos equivalente al 32%.
 al 16%.
 La norma (NEC) establece el 30% de tal tal



Guayacanes Etapa IV

hacia el Oeste (**Plano Anexo 2/4**)
 Porcentaje de vanos equivalente al 16%.
 La norma (NEC) establece el 20% de tal



**Villa España (Mucho Lote)
Sauces VIII**

proporción hacia el Suroeste.
Edificación continua, sin retiros, con un área
de construcción de 162,44 m² (dos plantas).
83,40 m².

Fachada principal de la vivienda orientada
orientada
hacia el Noreste (**Plano Anexo 3/4**).



**Alborada Etapa XI
Guayacanes Etapa IV**

proporción hacia el Oeste.
Edificación aislada, de una
Un área de construcción de

Fachada principal de la vivienda
hacia el Noroeste (**Plano Anexo 4/4**).



Villa España (Mucho Lote)

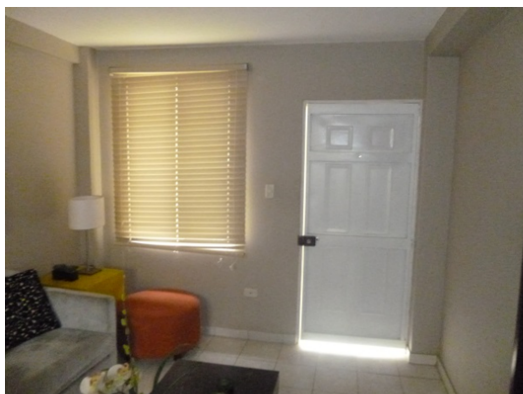
Porcentaje de vanos equivalente al 39%.
31%.
La norma (NEC) establece el 30% de tal
tal



Alborada Etapa XI

Porcentaje de vanos equivalente al
La norma (NEC) establece el 30% de

proporción hacia el Noreste.



Villa España (Mucho Lote)

proporción hacia el Noroeste.



Alborada Etapa XI

Edificación continua, con un área de construcción de 91,42 m² (dos plantas).

Edificación continua, con un área de construcción de 94,02 m² (una planta).

Cuadro # 14.22: Identificación y descripción de las edificaciones seleccionadas para el presente estudio.

Código Catastral	90-1913-027	60-0425-004	59-2971-014	90-0548-009
	Sauces VIII	Guayacanes Etapa IV	Mucho Lote	Alborada Etapa XI
Ubicación	1° Paseo 19 A NE y 5° Pasaje 1C NE	Av. Dr. Antonio Parra Velasco y Eduardo Kigman Riofrío	Calle entre los Bloques 4 y 5	3° Callejón 18 NE y 3° Pasaje 2 A NE
Área del solar (m²)	87,00	140,00	78,00	150,00
Área de construcción (m²)	162,44	83,40	91,42	94,02
Frente (m)	6,00	8,00	6,00	10,00
Fondo (m)	14,50	17,50	13,00	15,00
No. Pisos	2	1	2	1
Retiros	Continua	Aislada	Continua	Continua

Fuente: Elaboración propia.



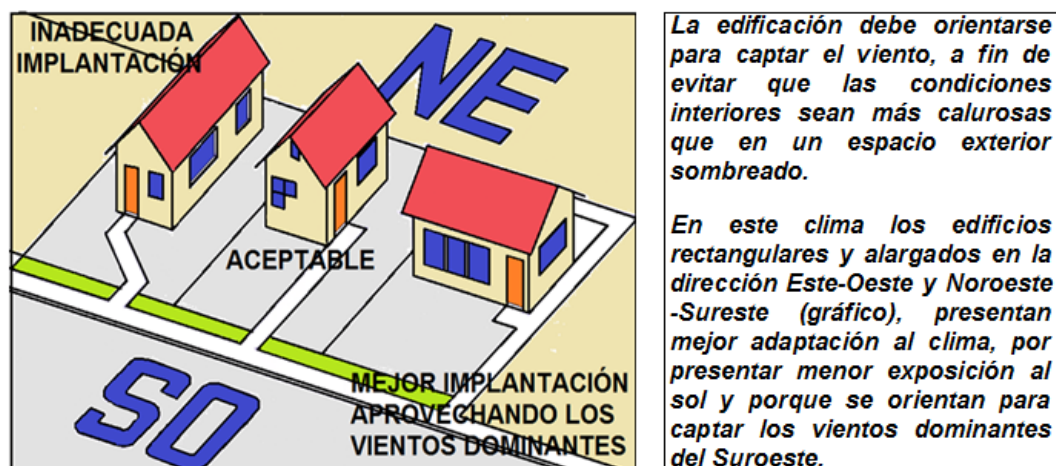
ANÁLISIS DE LA ORIENTACIÓN, DISEÑO ARQUITECTÓNICO, FORMA DE LA EDIFICACIÓN, VENTILACIÓN Y CALIDAD DE AIRE Y GANANCIA Y PROTECCIÓN SOLAR

Orientación

Una edificación adecuadamente orientada se mantiene fresca e iluminada por medios naturales todo el año, con una demanda mínima de aire acondicionado y de iluminación artificial.

Cada zona geográfica tiene su clima y las edificaciones deben adecuarse a éste desde el inicio del proyecto, tanto si se trata de construcción nueva como si se va a rehabilitar una existente. "La ubicación y orientación del edificio en el sitio puede ayudar directamente y en gran medida a reducir el impacto ambiental del lugar y obtener muchos beneficios en el diseño bioclimático del edificio, así como indirectamente reducir el consumo de energía" (Rey & Velasco, 2006, p. 45)

Ilustración # 15.22: Orientación de las edificaciones.



Fuente: Elaboración propia.

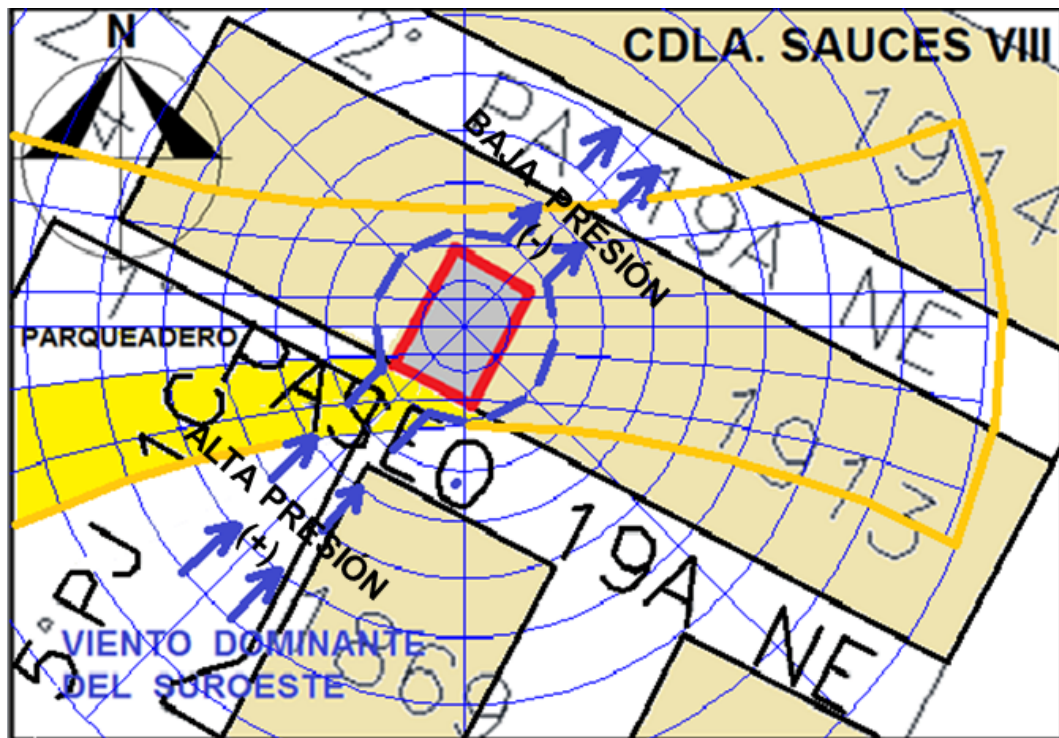
Análisis de la ubicación y orientación general de las edificaciones en estudio

La ubicación y orientación de los edificios determina en gran parte la demanda energética de climatización del mismo en el futuro. Una buena orientación podría minimizar considerablemente las demandas energéticas a través de la ventilación e iluminación natural.

La tendencia en la dirección del viento con la velocidad más alta, define a los vientos dominantes, que para el presente estudio, proceden del Suroeste la mayor parte del año, con una velocidad máxima de 4 m/s; y, los vientos que soplan con mayor frecuencia o predominancia desde una sola dirección, corresponden a los vientos reinantes, los cuales en un 35% proceden desde el Suroeste, el 25% desde el Sur y el 14% desde el Noreste, durante el año.

El desplazamiento del aire se genera por la diferencia de presiones, las mismas que pueden ser ocasionadas por la gradiente de temperaturas o por el efecto dinámico del viento al golpear contra la edificación. En las zonas cálidas, el primero no es determinante, dada la poca diferencia de temperaturas internas y externas. No obstante, el efecto dinámico provee mayor velocidad y renovación del aire en los ambientes interiores, aspecto de gran importancia para el confort térmico de una edificación.

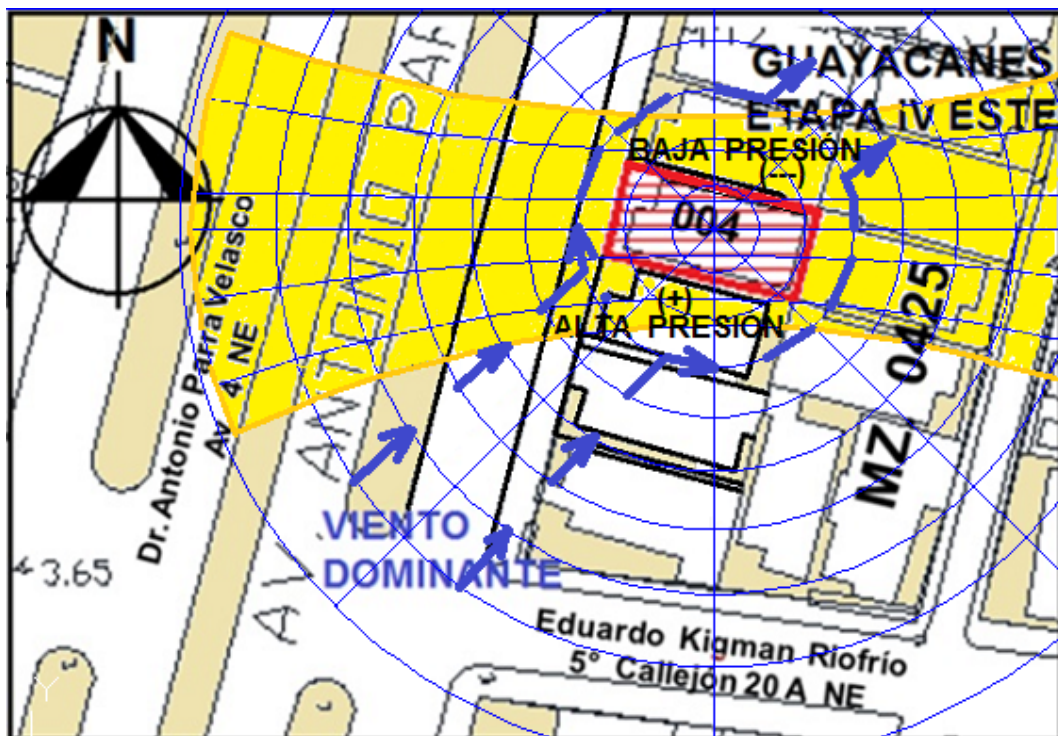
SAUCES VIII



La orientación de esta edificación determina que el viento procedente del suroeste se interrumpa en la fachada principal y se desvíe alrededor del edificio, elevando la presión en el lado que da hacia el viento, creando en la parte posterior una zona de presión negativa. La diferencia de presiones alrededor del edificio, induce la ventilación por efecto de la velocidad del viento. De acuerdo al Diagrama Estereográfico, las radiaciones solares de la tarde inciden

sobre la fachada suroeste de manera oblicua, aproximadamente entre los meses de noviembre y febrero.

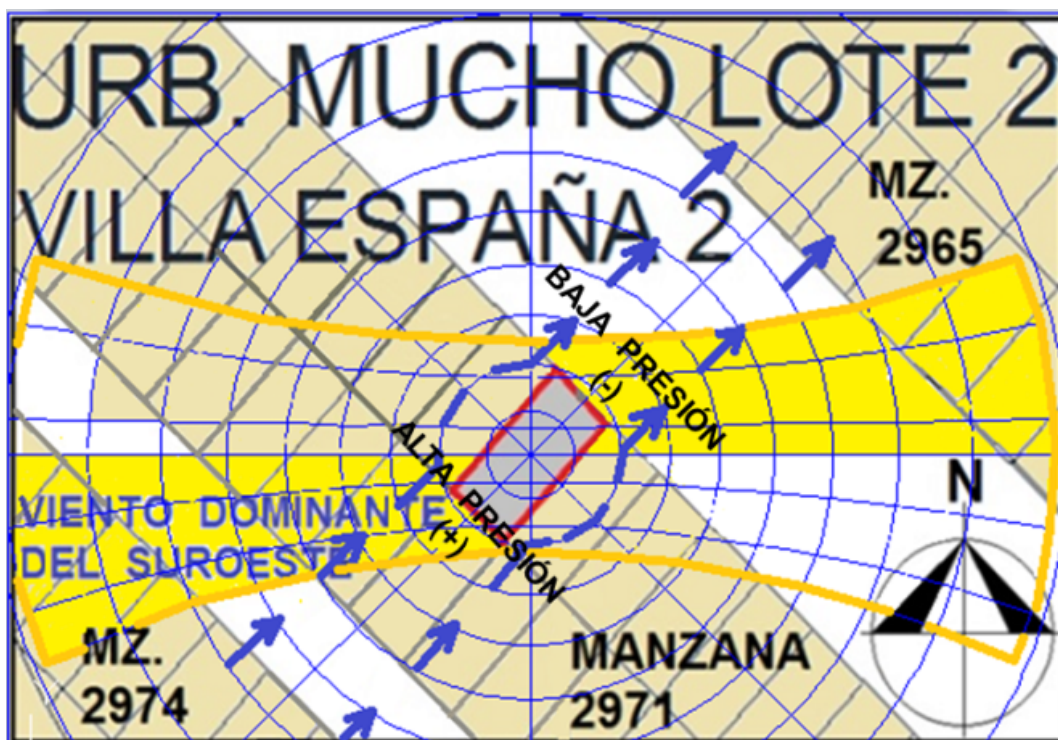
GUAYACANES, IV ETAPA ESTE



Los vientos dominantes y reinantes inciden en mayor proporción sobre la fachada lateral sur y en menor grado sobre la fachada principal oeste, desarrollando una zona de alta presión en ambos lados. Hacia las fachadas norte y este se genera la zona de presión negativa. La radiación solar de la tarde actúa sobre las fachadas oeste y Sur, esta última entre noviembre y febrero. El sol de la mañana incide sobre las fachadas este y norte.

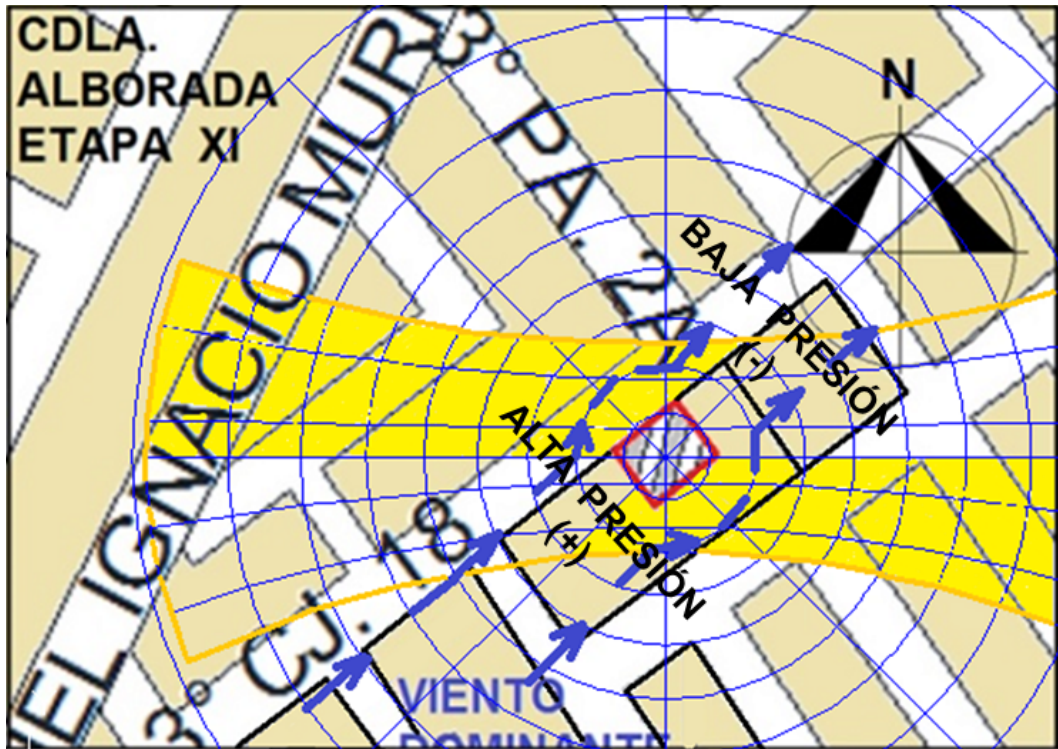
La permeabilidad de las fachadas y la implantación son factores que determinan los campos de presión y la velocidad del viento incidente alrededor de la edificación, condicionando la velocidad del aire.

VILLA ESPAÑA



El viento del suroeste incide de frente sobre la fachada posterior de la edificación. En la fachada principal noreste se crea la zona de presión negativa. La radiación solar de la mañana actúa de manera oblicua sobre las fachadas principal noreste y lateral sureste, y por la tarde, en las fachadas posterior suroeste y lateral noroeste.

ALBORADA XI ETAPA



La fachada lateral suroeste recibe frontalmente los vientos reinantes elevando la presión atmosférica en este sector. Los vientos desviados lateralmente crean una zona de presión negativa hacia las fachadas noroeste, noreste y sureste. La radiación solar de la tarde incide de manera oblicua sobre la fachada principal noroeste, entre los meses de marzo y septiembre, aproximadamente. El sol de la mañana actúa sobre las fachadas noreste y sureste.

La presión del aire no está distribuida uniformemente. “Cuando el flujo incide oblicuamente, las variaciones de la magnitud de la presión de aire, en la zona negativa, son menores que en las regiones

sometidas a presión positiva. El techo está sometido a succión en todos los casos" (Hinz, González, De Osteiza, Quiroz, 1986, p. 31).

Diseño arquitectónico

Considerando el clima y la ubicación, la arquitectura es crucial para definir una construcción eficiente energéticamente.



Si se cuenta con una adecuada planificación no es necesario hacer construcciones sofisticadas, ya que los mismos materiales, volúmenes, altura de ambientes y orientación de ventanas, cumplen con el objetivo de ahorrar. El deber del arquitecto es velar por la edificación y su futuro, diseñando viviendas que requieran un mínimo de energía convencional.

Los aspectos básicos que debemos tener en consideración en el diseño arquitectónico son: el acceso, los muros y fachadas, los pisos y cubiertas, las paredes interiores, las ventanas, el color, la altura de la edificación y la distribución interior de los espacios. "En los edificios conviene integrar los aspectos energéticos y medio ambientales durante su diseño y construcción, ya que ellos condicionan el consumo energético durante muchas décadas" (Rey & Velasco, 2006, p. 6).

El diseño de la fachada principal deberá orientarse en lo posible hacia el Sur o el Norte. Deberá procurarse la ventilación cruzada, a

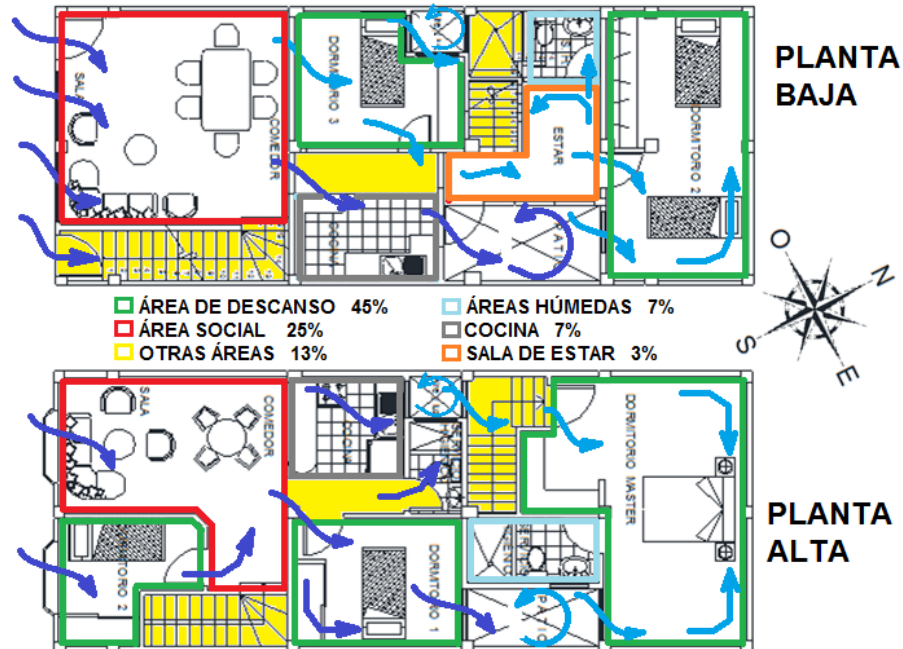
través de los vanos de la fachada. “Un sistema de bajo consumo energético debe basarse en primer lugar en un diseño espacial que favorezca la iluminación natural” (Rey & Velasco, 2006, p. 12).

Una estrategia de diseño pasivo es conveniente acompañarla de “inercia térmica” en la envolvente (paredes, pisos, techos) de la edificación, a fin de que amortigüen la onda térmica exterior. La calidad de la construcción, no tanto en el empleo de materiales como en el acabado, es una premisa básica para que las edificaciones tengan una demanda baja de energía.

Planos Arquitectónicos

A continuación se exponen las plantas arquitectónicas y las fachadas principales de las edificaciones analizadas, con una breve descripción de sus características.

SAUCES, ETAPA VIII: CÓDIGO CATASTRAL: 90-1913-027



Edificación de dos plantas y sin retiros de 162,44 m² de construcción. El 45% del área construida está destinada a cinco dormitorios, el 25% al área social (sala/comedor) y el 13% a escaleras y corredores.

La planta alta está parcialmente ocupada por un departamento independiente utilizado por miembros de la misma familia, que ocupa el 61% de la planta alta. El 39% restante, está ocupado por un dormitorio que está conectado independientemente con la planta baja. No obstante, el departamento de la planta alta, indicado anteriormente, dispone de acceso directo desde la calle.

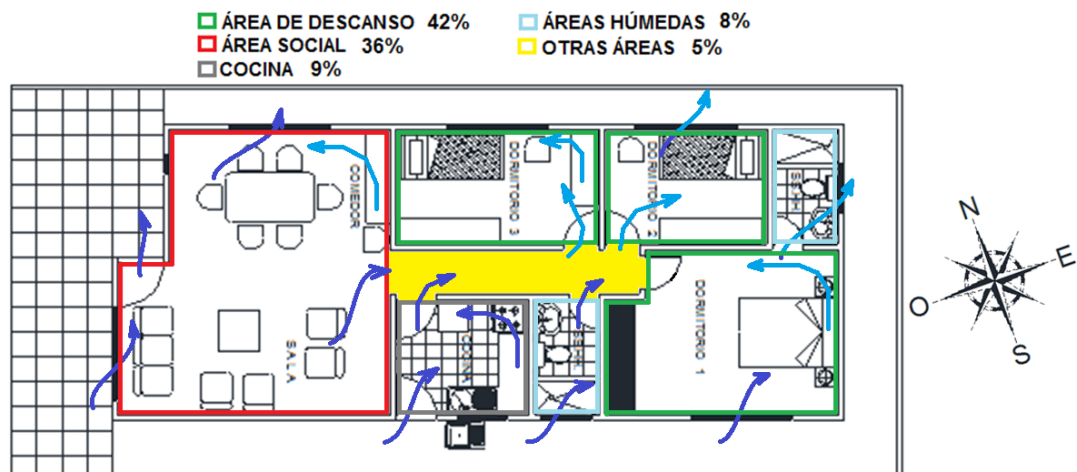
La edificación cuenta con dos escaleras, la una que accede a la planta alta desde la calle y otra ubicada interiormente, que permite acceder al dormitorio master ubicado en la parte posterior de la

edificación. Se cuenta también con dos corredores centrales de circulación y un hall interior o sala de estar, que permiten acceder a los diferentes ambientes de la vivienda.

GUAYACANES IV ETAPA ESTE: CÓDIGO CATASTRAL: 60-0425-004

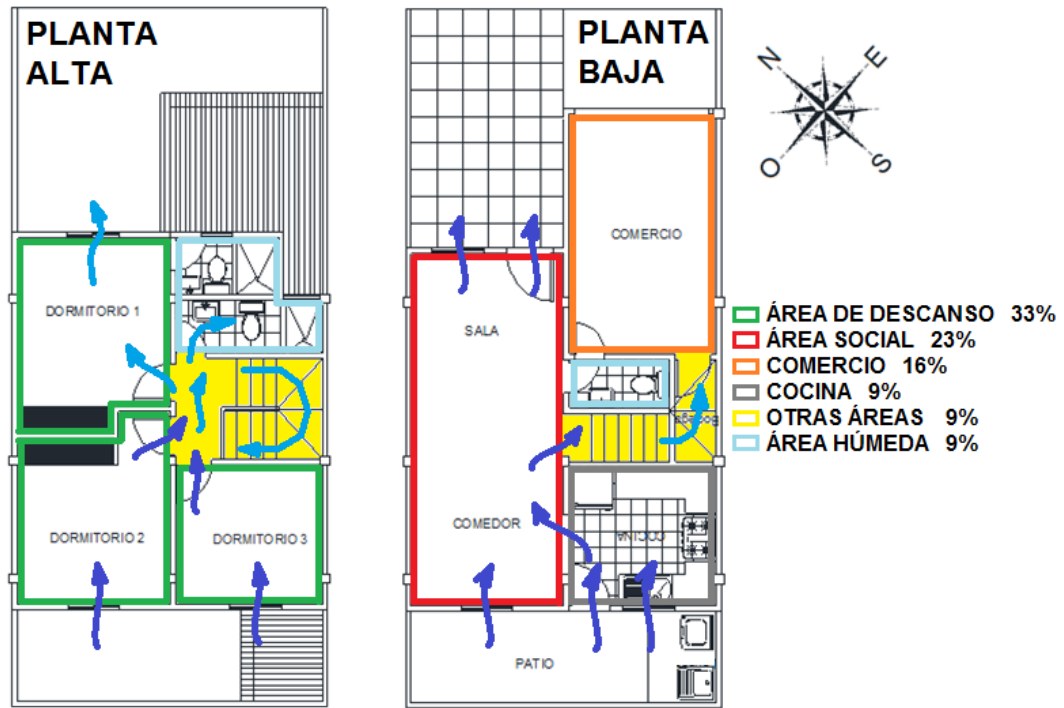
Edificación de una planta de 83,40 m² de construcción, con retiros laterales, frontal y posterior. El 42% del área construida está destinada a tres dormitorios, el 36% al área social y el 9% a la cocina. Dispone de sala y comedor integrados en un solo ambiente.

El acceso al área de descanso, cocina y servicios higiénicos, se lo



realiza a través de un corredor central de circulación, tal cual se muestra en la presente ilustración. La vivienda tiene 3 dormitorios, 2 baños, 1 cocina y un área de sala-comedor, esto último integrado en un ambiente.

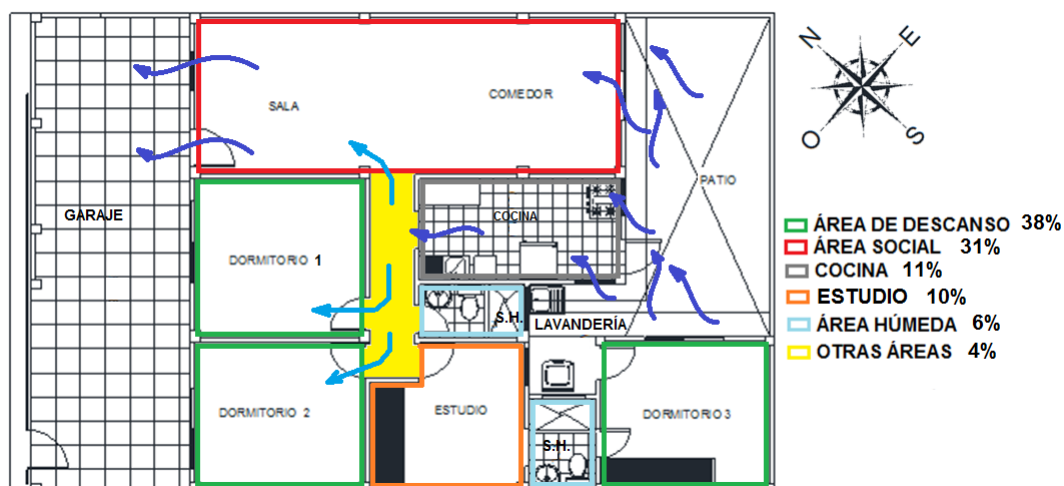
VILLA ESPAÑA (MUCHO LOTE): CÓDIGO CATASTRAL: 59-2971-014



Edificación de dos plantas de 91,42 m² de construcción, con retiro frontal y posterior (edificación continua). El 34% del área construida corresponde a tres dormitorios, 23% a sala/comedor y el 16% a un local comercial.

En la planta baja, considerando un eje longitudinal central de división, a un costado de este eje, se encuentra el área social y hacia el otro lado, un local comercial, baño de visitas, escalera y la cocina. En la planta alta, los tres dormitorios y dos servicios higiénicos que posee esta vivienda, se disponen simétricamente en torno a la escalera y a un pequeño hall de circulación.

ALBORADA XI ETAPA: CÓDIGO CATASTRAL: 90-0548-009



Edificación de una planta de 94,02 m² de construcción, con retiro frontal y posterior (edificación continua). El 38% del área construida corresponde a sus tres dormitorios, el 31% a la sala/comedor y el 11% a la cocina.

La vivienda tiene 3 dormitorios, 2 baños, sala, comedor, cocina, lavandería, patio y garaje. Cuenta con un corredor central de distribución y circulación para acceder a las diferentes áreas de la vivienda

Altura mínima libre de cada local de acuerdo a su clase y uso

Cuadro # 15.23: Altura mínima libre de cada local de acuerdo a su clase y uso.

	Locales analizados		Altura libre mínima
Sauces VIII	Planta alta	Sala, comedor, cocina, dormitorios 1 y 2, cuarto de baño: 2,55 m	Dormitorios, comedor, sala, estudio: 2,60 m.
	Planta baja	Sala, comedor, cocina, dormitorios 2 y 3, cuarto de baño: 2,74 m	
Guayacanes	Planta baja	Todos los ambientes: 2,54 m	
Mucho Lote 2	Planta alta	Dormitorios 1, 2, 3, cuarto de baño: Variable de 2,56 a 3,25 m	Cocina y vestidor: 2,40 m
	Planta baja	Sala, comedor, cocina, S.H. visitas: 2,44 m	
		Local comercial: Variable 2,65 a 3,42 m	Cuarto de baño: 2,10 m
Alborada XI	Planta baja	Predominante (Sala, comedor, cocina, dormitorios 1 y 2 , cuarto de baño: 2,34 m).	
		Aumento (comedor-cocina): 2,28 m.	Local comercial: 3,10 m
		Dormitorio 3: 2,19 m	
		2do. Baño: Variable de 2,05 a 2,23 m	

Forma de la edificación

La forma de la edificación influye sobre la superficie de contacto, la facilidad de ventilación natural y la captación solar.

El volumen de una edificación debe estar relacionado con las condiciones climáticas en donde estará implantado. El planificador deberá considerar, de que si tal implantación se realiza en una zona cálida, el volumen deberá contener el calor y disiparlo al ambiente exterior.

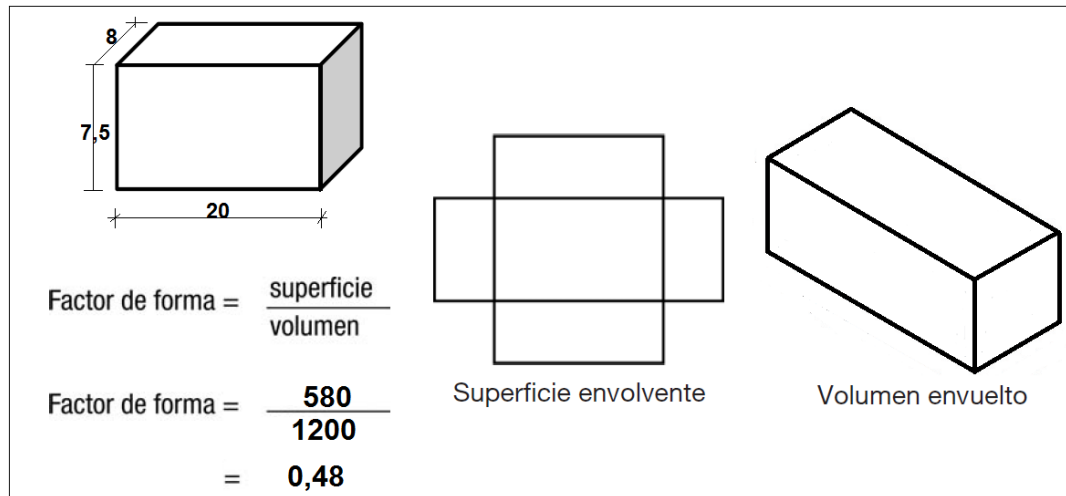
El factor de forma es la relación entre la superficie que rodea al edificio y su volumen. Esta ecuación permite determinar el grado de concentración de las masas que componen el edificio. En climas cálidos como el como el de Guayaquil, se recomienda incrementar el factor de forma.

En los volúmenes compactos se dificulta iluminar y ventilar, de forma natural, las zonas centrales. Esto se agrava cuando el edificio aumenta su volumen y el tamaño de los espacios interiores disminuye.

Los volúmenes expandidos tienen facilidad para iluminar y ventilar el interior de la edificación. Tienen mayor posibilidad de pérdida de energía y de captación de radiación solar. Adecuados cuando se busca interacción climática con el entorno.

Las ganancias o pérdidas térmicas se producen sobre todo a través de paredes y cubiertas. Cuanto menor sea la superficie expuesta de estos cerramientos, con respecto al volumen, menor será también la posibilidad de obtener una buena iluminación y ventilación por medios naturales, en climas cálidos. Por eso, en la medida de lo posible, conviene optar por diseños semi-compactos, con factores de forma mayores de 1.2.

Ilustración # 15.23: Ejercicio de cálculo del factor de forma.



Fuente: Elaboración propia.

Determinación del Factor de Forma en el estudio.

La envolvente de un edificio constituye uno de los elementos sobre el cual podemos actuar para optimizar la eficiencia y el ahorro energético. Es uno de los parámetros más destacados sobre el cual podemos incidir para asegurar, tras una correcta ejecución en obra, un comportamiento como se ha previsto.

Cuadro # 15.24: Superficies de la envolvente del edificio.

	MODELO 1 Sauces VIII	MODELO 2 Guayacanes	MODELO 3 Mucho Lote 2	MODELO 4 Alborada XI
Paredes	257,13 m ²	109,89 m ²	173,37 m ²	121,51 m ²
Piso	82,19 m ²	83,40 m ²	49,41 m ²	94,02 m ²
Losa / cielo raso	82,19 m ²	83,40 m ²	42,90 m ²	94,02 m ²
Total	421,51 m ²	276,69 m ²	265,68 m ²	309,55 m ²

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro # 15.25: Volumen de la envolvente del edificio.

	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3	MODELO 4
	Sauces VIII	Guayacanes	Mucho Lote 2	Alborada XI
Volumen	453,13 m ³	225,18 m ³	274,06 m ³	231,36 m ³

“El factor de forma es una ecuación simple que relaciona la superficie envolvente con el volumen envuelto. Un factor de forma bajo significa que el edificio tiene menos pérdidas” (CITEC/UBB, 2012, p. 24). En el caso de que no se pueda modificar el factor de forma de una vivienda, debemos prestar más atención a la ventilación y al control de la radiación solar.

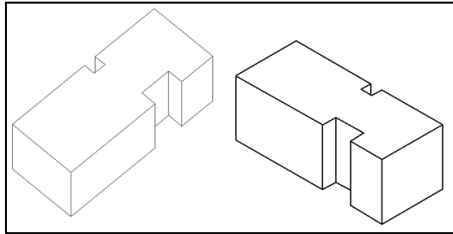
Cuadro # 15.26: Determinación del factor de forma de las edificaciones analizadas.

	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3	MODELO 4
	Sauces VIII	Guayacanes	Mucho Lote 2	Alborada XI
Factor de forma	0,93	1,23	0,97	1,34

Fuente: Elaboración propia.

La forma del edificio es muy importante para el control de los rayos solares y para disminuir el consumo de energía. Realizado un estudio comparativo con cuatro modelos de edificaciones para evaluar la influencia de la compacidad, se observa que la disminución de la demanda de energía, no es un factor absoluto exclusivo de la mayor compacidad de una edificación, dado que, la compacidad en algunos casos reduce demasiado el área de ventanas en fachada y por ende el aprovechamiento de la ventilación e iluminación natural de la edificación. Por tanto, en climas cálidos, los mejores resultados energéticos se obtienen más bien, en edificaciones con factores de forma mayores a 1,2.

SAUCES, ETAPA VIII: CÓDIGO CATASTRAL: 90-1913-027

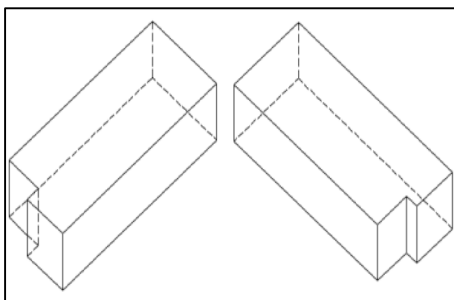


Volumen de la edificación compacta, con pequeños pozos de luz a ambos lados de la edificación.

No presenta una importante superficie de caras de exposición frente a la ventilación e iluminación natural. Los pozos de luz son una explicación a la necesidad de solucionar los requerimientos de ventilación e iluminación de la vivienda.

El efecto chimenea que se observa en este caso, a través de dos pozos interiores de aire y luz, es muy efectivo cuando se acompaña de una solución de patio interior. “La estratificación de la temperatura del aire hace que se produzca una succión desde la parte superior, de tal modo que provoca una corriente de aire cruzada en el interior del edificio” (Montoro, 2004, p. 92).

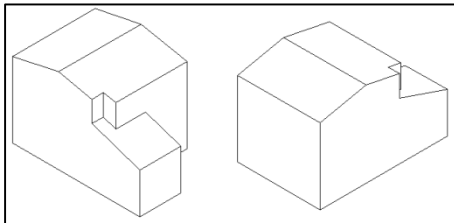
GUAYACANES IV ETAPA ESTE: CÓDIGO CATASTRAL: 60-0425-004



Edificación con un volumen regular en su parte posterior y con un incremento de superficie de exposición en su parte frontal, aspecto que mejora la relación entre

la superficie total del edificio y su volumen.

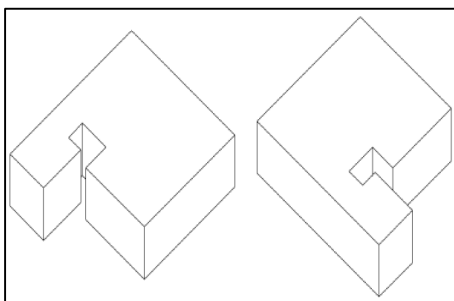
VILLA ESPAÑA (MUCHO LOTE): CÓDIGO CATASTRAL: 59-2971-014



Elemento compacto que presente un incremento en sus superficies de exposición a la ventilación e iluminación en su parte frontal.

Tales aspectos ayudan a mejorar la relación entre las superficies de la envolvente y el volumen de la edificación.

ALBORADA XI ETAPA: CÓDIGO CATASTRAL: 90-0548-009



La parte frontal de la edificación tiene una forma regular, sin embargo, la parte posterior presenta una forma irregular, que permite la ventilación e iluminación natural de diferentes áreas de la vivienda.

La fachada expuesta a la radiación solar experimenta un aumento considerable de temperatura por la absorción de energía. Este aumento de temperatura aumenta la conducción hacia el interior del edificio. Si la fachada no tiene un aislamiento adecuado aumentará considerablemente la temperatura interior.

Ventilación y calidad de aire

Cuando se analizan los elementos patógenos de una edificación (causantes del "síndrome del edificio enfermo"), se deduce que uno de los métodos más generales y efectivos para garantizar el bienestar y la salud de sus ocupantes es la ventilación natural.

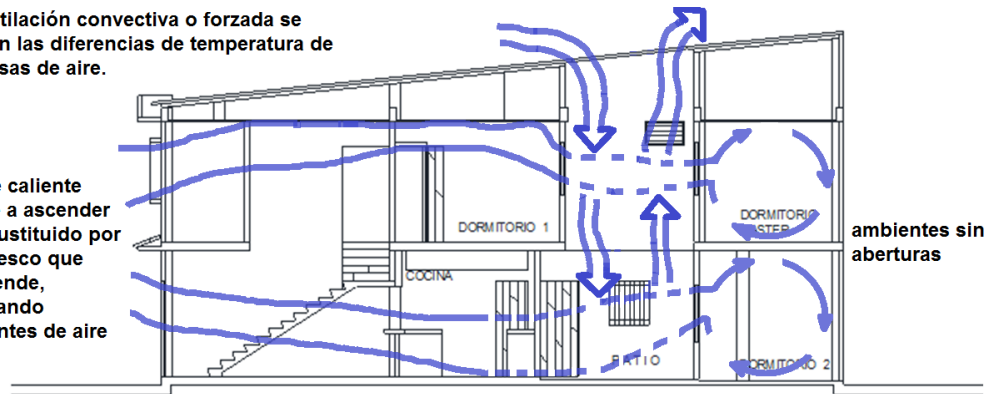
La ventilación natural debe cumplir tres condiciones básicas, esto es, "renovar el aire en el interior de un espacio, proporcionar bienestar térmico al incrementar la pérdida de calor del cuerpo por evaporación y enfriar la estructura del edificio" (González, Hinz, De Oteiza, Quiros, 1986, p. 28). En las zonas cálidas las dos últimas tienen mayor importancia, pero de ellas, la segunda es la más destacada.

La circulación de aire a través de una edificación es producido por diferencias de presión que provienen de "la gradiente o diferencia de temperatura entre el aire exterior e interior, efecto térmico, y de la presión que crea exteriormente el flujo del viento, efecto de la velocidad del viento" (González, et al., 1986)

En las siguientes imágenes se destacan algunas de las características de las edificaciones analizadas, en cuanto al patrón del flujo de ventilación natural que poseen cada una de ellas, en función de la dirección del viento y de la ubicación de la abertura de entrada.

La ventilación convectiva o forzada se basa en las diferencias de temperatura de las masas de aire.

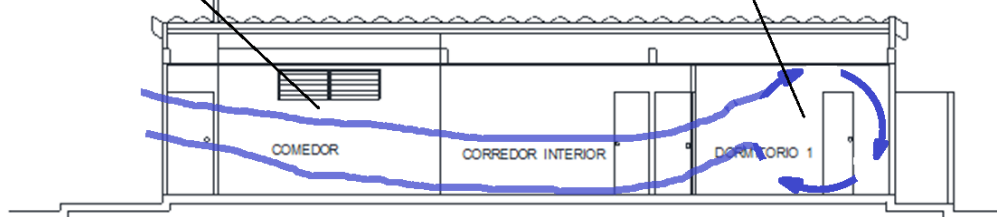
El aire caliente tiende a ascender y es sustituido por aire fresco que desciende, generando corrientes de aire



La ventilación natural incide oblicuamente sobre la fachada principal y atraviesa adecuadamente el área social de las plantas baja y alta. La ventilación de los dormitorios 2 y 3 es inadecuada por cuanto la ventilación entra en el primero y no tiene sitio de salida y en el segundo caso la ventilación fluye a más de 2 m de altura, por cuanto ese ambiente tiene paredes con aberturas en su parte superior. La ventilación interior depende en gran medida de los dos patios de aire y luz que posee.

La ventilación cruzada se refiere a la condición existente en una habitación que tiene 2 aberturas situadas en lugares de diferente presión

Cuando la habitación no tiene ventilación cruzada, el predominio de la velocidad del viento es muy bajo, sobre todo cuando el viento es perpendicular a la ventana.

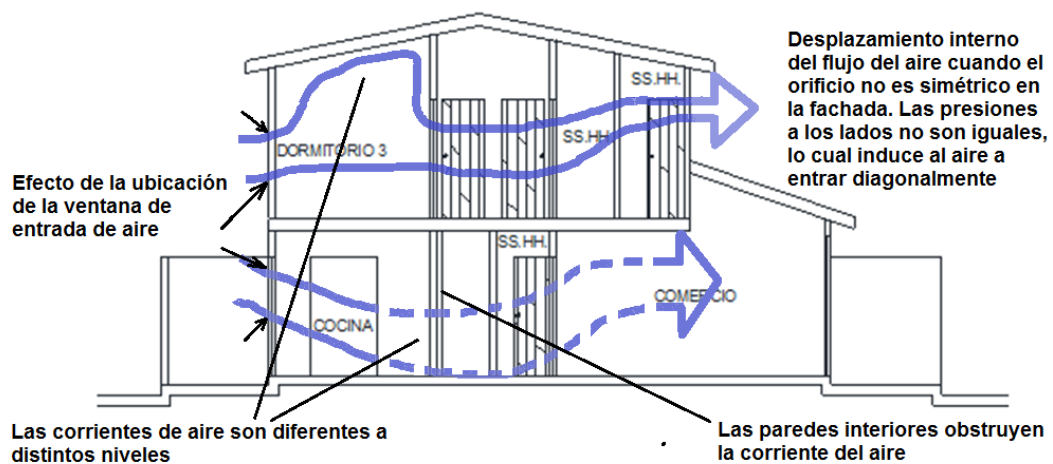


No hay ventilación cruzada cuando las 2 ventanas situadas en la misma o distintas paredes, están sometidas a presiones similares

Generalmente cuando una habitación tiene ventanas en un solo lado, sus condiciones de ventilación son muy malas.

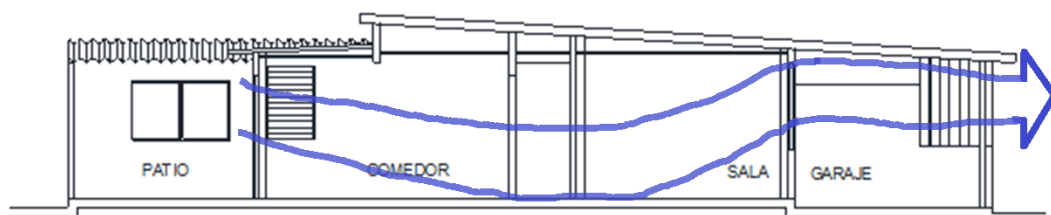
La sala y el comedor disponen de una buena ventilación cruzada. Sin embargo, esta no es aprovechada por cuanto la ventana de fachada hacia las áreas indicadas pasa protegida por cortinas de la radiación solar de la tarde. La ubicación de la cocina y de uno

de los servicios higiénicos, determina que los vientos atraviesen primero estos ambientes y luego sigan hacia el interior de la vivienda. La ventilación en los dormitorios 2 y 3 no es directa desde el exterior. La ventilación en el dormitorio 1 ingresa y sale por la misma ventana por cuanto no dispone de ventilación cruzada.



La flujo del viento llega a casi todos los ambientes de esta edificación, excepto al área destinada para comercio. Los ambientes interiores favorecen la existencia de ventilación cruzada. No obstante, la ubicación de la cocina con respecto al viento, hace que este último arrastre los olores hacia el área social de la edificación.

La ventilación cruzada se refiere a la condición existente en una habitación que tiene 2 aberturas situadas en lugares de diferente presión



Cuando un ambiente tiene aberturas de diferentes tamaños y la más grande es la salida, se obtienen las mayores velocidades máximas del viento.

Los vientos reinantes y dominantes procedentes del suroeste, no entran directamente al interior de la edificación, en atención a la orientación de la misma y a la ubicación de sus ventanas. No obstante, los vientos procedentes del sur (segundos en orden de predominancia), ingresan por el patio de la edificación, favoreciendo directamente la ventilación cruzada en el área social y cocina, y de manera indirecta a los dormitorios 1 y 2. A pesar de aquello, los vientos atraviesan un servicio higiénico y la cocina, a su paso hacia el interior de la vivienda. El dormitorio 3, el área de estudio y un servicio higiénico ubicado entre los 2 anterior, no disponen de una adecuada ventilación cruzada.

Ganancia y protección solar.

Es importante que los vanos de las fachadas estén bien orientados y tengan dimensiones adecuadas para captar lo mínimo indispensable de las radiaciones solares en zonas cálidas (iluminación natural), en relación con el tamaño de los espacios habitables. Sin embargo, también se debe considerar que las aberturas demasiado grandes sin la protección solar correspondiente, pueden propiciar ganancias de calor y de radiaciones solares en los periodos de soleamiento. En términos generales se puede establecer una proporción adecuada de vanos sobre las fachadas, en función de la orientación de las mismas y del tipo de acristalamiento de las ventanas. Proporciones más pequeña de vanos, protegen los espacios interiores de la captación de

radiación innecesaria, mientras que proporciones más grandes suelen obligar a tomar medidas para la protección solar de los ambientes interiores.

Ninguna de las edificaciones analizadas recurre a la protección propia de elementos naturales, como árboles y plantas, para atenuar la incidencia de las radiaciones solares sobre las fachadas y cubiertas.

A continuación se muestra un análisis de la relación entre los vanos de las fachadas y la superficie total de las mismas, en cada una de las edificaciones motivo del presente estudio:

Cuadro # 15.27: Relación de la superficie de vanos y superficie total de la fachada.

	MODELO 1		MODELO 2		MODELO 3		MODELO 4	
	Área	%	Área	%	Área	%	Área	%
Fachada frontal	36,75 m ²	100	20,18 m ²	100	29,30 m ²	100	25,70 m ²	100
Ventanas/puertas	11,80 m ²	32	3,15 m ²	16	11,49 m ²	39	7,88 m ²	31
Fachada posterior	---	---	20,18 m ²	100	32,51 m ²	100	20,09 m ²	100
Ventanas/puertas	---	---	0,60 m ²	3	6,00 m ²	18	7,59 m ²	38

Fuente: Elaboración Propia.

En el cuadro constan las áreas de las fachadas frontales y posteriores de cada una de las edificaciones analizadas (equivalente cada una al 100% de la superficie). También se muestran el área de vanos presentes en cada una de ellas, con el correspondiente porcentaje de ocupación. Las celdas sin contenidos indican que la edificación no tiene retiro posterior.

Cuadro # 15.28: Relación de la proporción de vanos en fachada con lo establecido en la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

	MODELO 1			MODELO 2			MODELO 3			MODELO 4		
	Orient.	Norma	%	Orient.	Norma	%	Orient.	Norma	%	Orient.	Norma	%
Vanos frontales	SO	30%	32	O	20%	16	NE	30%	39	NO	30%	31
Vanos posteriores	---	---	---	E	20%	3	SO	30%	18	SE	30%	38

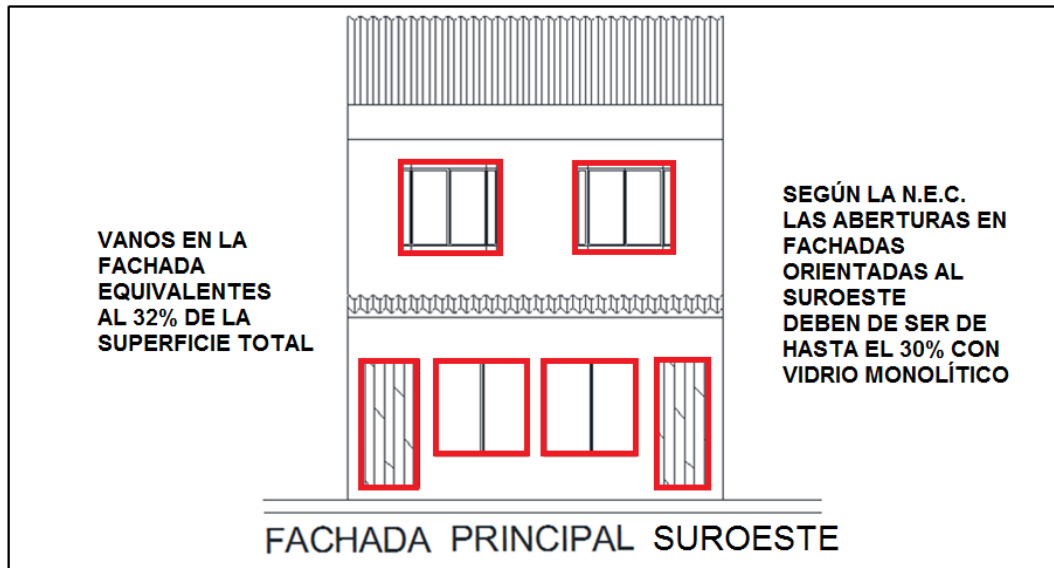
Fuente: Elaboración Propia.

Para cada una de las viviendas analizadas se establecen tres columnas de estudio. La primera indica la orientación de la fachada, la segunda el porcentaje de vanos establecidos por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (N.E.C.) de acuerdo a cada orientación y la tercera columna indica el porcentaje de vanos de cada fachada analizada, la cual es comparada con el porcentaje de la segunda columna.

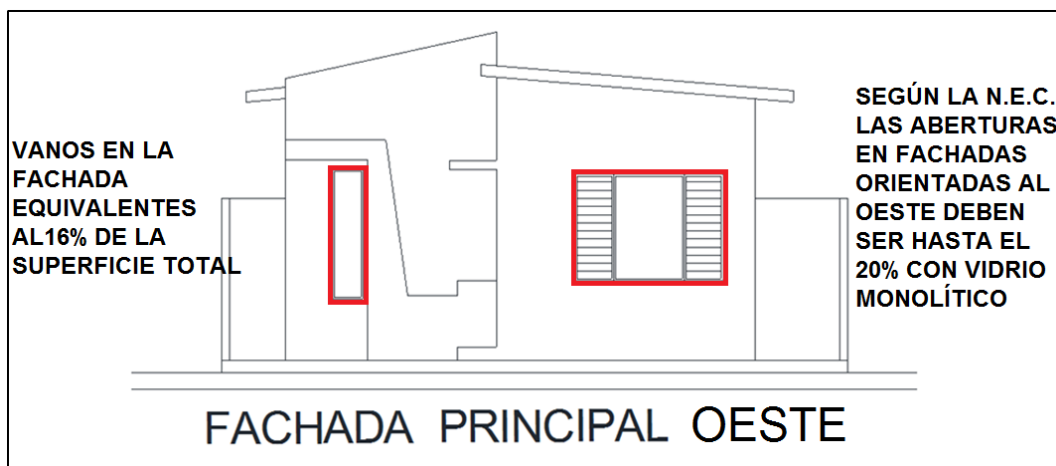
Los porcentajes de vanos considerados están relacionados con el uso de vidrios monolíticos en las ventanas, con coeficientes de transferencia de calor menor a $5,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Si tales valores son sobrepasados por el porcentaje de vanos de una edificación, es recomendable el uso de vidrios reflectivos, con mayor protección contra las radiaciones solares y coeficientes de transferencia de calor menor a $3,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Si los porcentajes son inferiores a lo establecido por la norma, se estaría reduciendo la posibilidad de una adecuada ventilación e iluminación natural en la edificación.

A continuación se muestra el análisis gráfico de los resultados tabulados anteriormente.

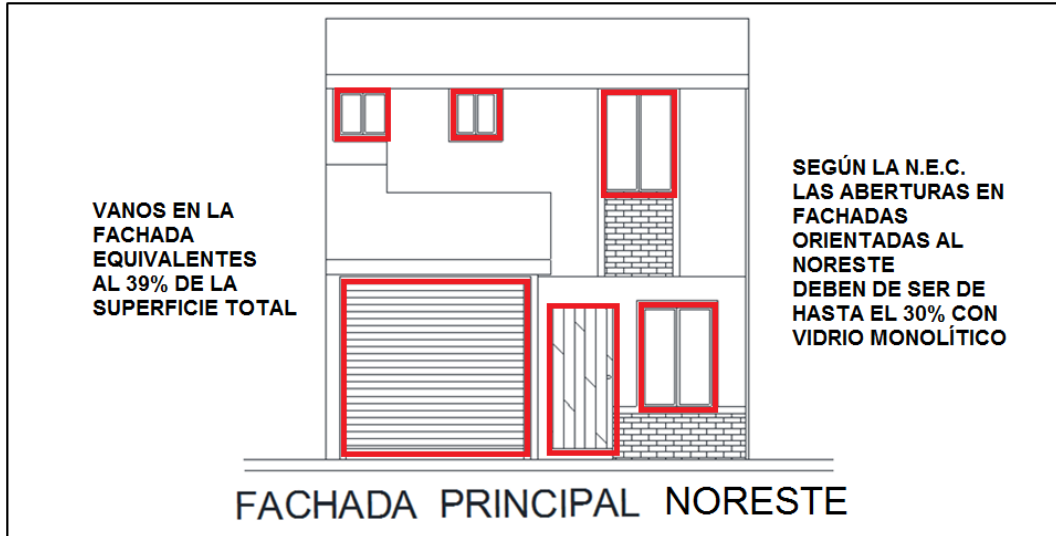
VIVIENDA SAUCES, ETAPA VIII



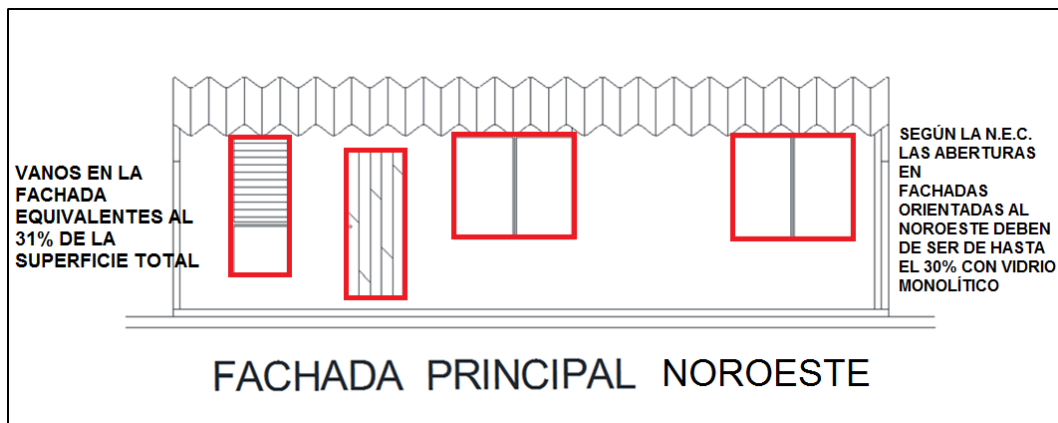
VIVIENDA GUAYACANES, IV ESTAPA, ESTE



VIVIENDA VILLA ESPAÑA, URBANIZACIÓN MUCHO LOTE



VIVIENDA CIUDADELA ALBORADA, ETAPA XI



Iluminación natural

En un ambiente de iluminación natural se obtiene un mayor grado de salud y de bienestar. En tal sentido, el diseño de las edificaciones deberá realizarse de tal modo, que la iluminación natural pueda llegar a todos los espacios interiores. De esta manera, mientras exista luz solar, se puede desarrollar cualquier tipo de actividad en cualquier parte de la vivienda, sin necesidad de iluminación artificial, aumentando la eficiencia energética de la edificación.

De las cuatro edificaciones analizadas tres son de tipo continuo, es decir sin retiros laterales y una de las vivienda es de tipo aislado, con retiros por sus cuatros costados, presentando está ultima las mejores condiciones para un buen aprovechamiento de la iluminación natural.

Entre las edificaciones continuas antes mencionadas, la ubicada en el sector de Sauces VIII, no dispone de ningún retiro, por tanto presenta dificultades de iluminación en su parte central y posterior. No obstante, esta edificación cuenta con 2 pozos de aire y luz, ubicados uno hacia cada costado de la edificación. Uno de los pozos tiene una sección de 1,00 x 1,10 m (1,10 m²) y el otro una sección de 2,75 x 1,35 m (3,71 m²). A través del primero, se iluminan el dormitorio 3 y un servicio higiénico en planta baja, y la cocina, un servicio higiénico y la escalera en la planta alta. El segundo pozo de aire y luz ilumina la cocina, la sala de estar y el dormitorio 2 de planta baja, y 2 dormitorios y un servicio higiénico en planta alta. Pese a ello, la iluminación de varios de los ambientes en la planta baja

permanece en penumbra, necesitando de manera indispensable la utilización de iluminación artificial.

Las otras dos edificaciones continuas (Villa España y Alborada), cuentan con retiros frontales y posteriores, los cuales facilitan la iluminación natural de todos sus ambientes interiores.

ANÁLISIS DEL CONSUMO ELECTRICO DE LAS EDIFICACIONES MOTIVO DEL PRESENTE ESTUDIO.

Cuadro # 16.29: Tabla de consumos eléctricos mensuales de las 4 viviendas analizadas.

	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	Prom.
Sauces VIII	868	753	753	705	753	861	555	619	653	808	691	887	742,17
Guayacanes	353	454	395	359	322	314	346	355	329	387	368	341	360,25
Mucho Lote	356	320	208	176	186	150	206	200	186	478	252	318	253,00
Alborada XI	480	421	395	383	410	394	413	376	418	507	472	325	416,17

Fuente: Elaboración propia, en función de las planillas de consumo.

El consumo de electricidad de las viviendas analizadas determina diferentes indicadores de consumo en un periodo de 12 meses. Encuestas realizadas por el INEC en junio del 2012, establecieron los Índices de Consumo Eléctrico en los Hogares de las principales ciudades del Ecuador. Dentro de este ámbito, en Guayaquil el consumo de energía eléctrica en un hogar por mes es de **182,41 kWh**. Todos los consumos promedios obtenidos superan el indicador antes mencionado.

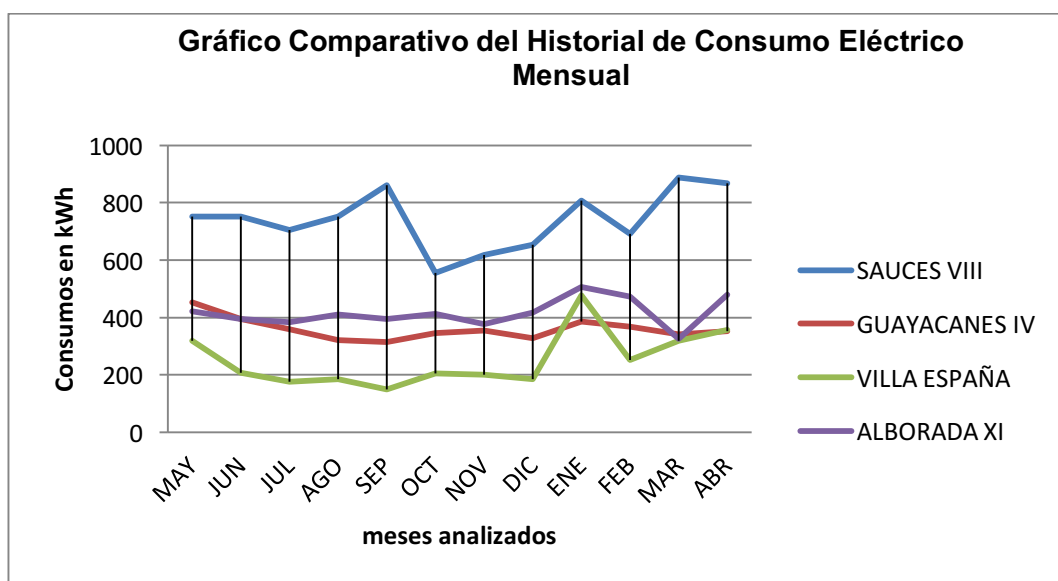
Cuadro # 16.30: Consumo eléctrico anual en kWh por cada edificación.

	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	kWh/año
Sauces VIII	868	753	753	705	753	861	555	619	653	808	691	887	8.906
Guayacanes	353	454	395	359	322	314	346	355	329	387	368	341	4.323
Mucho Lote	356	320	208	176	186	150	206	200	186	478	252	318	3.036
Alborada XI	480	421	395	383	410	394	413	376	418	507	472	325	4.994

Fuente: Elaboración propia.

En consideración a la “Distribución por Estratos del Consumo Residencial de Energía eléctrica”, Cuadro # 13.3, los últimos tres consumos mensuales promedio antes indicados, se encasillan en el “segmento social medio”, con consumos entre 201 y 500 kWh/mes, y el primero, en el “segmento social medio alto”, con consumos entre 501 y 1000 kWh/mes, a pesar de no pertenecer la esa edificación a una urbanización del citado segmento social.

Ilustración # 16.24: Gráfico comparativo del Historial de Consumo Eléctrico Mensual.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico comparativo mostrado se destacan los consumos de una de las edificaciones analizadas, la misma que a pesar de encontrarse situada en una urbanización de estrato social medio, presenta consumos eléctricos mensuales del segmento social inmediato superior. Se determina también que los mayores consumos de energía se producen en los meses de enero, abril, mayo, marzo y febrero, respectivamente.

ANÁLISIS DE ASPECTOS CLIMÁTICOS

Aspectos Meteorológicos: Mediciones de Temperatura y Humedad Relativa

La relación entre arquitectura y factores climáticos es un aspecto fundamental dentro del diseño arquitectónico, pues la edificación se beneficia del clima y procura protegerse de sus consecuencias.

Continuando estas directrices, es de marcada importancia manejar a la obra arquitectónica como un factor modificador del medio natural, el cual a su vez es alterado por las condiciones del medio ambiente en el que se implanta.

La calidad del aire en las edificaciones depende de la pureza y la renovación necesaria de acuerdo con las exigencias de cada vivienda en particular. La información higrotérmica corresponde a las mediciones de temperatura y humedad relativa medidas en cada una de las viviendas analizadas en el presente estudio.

Los datos de temperatura y humedad relativa fueron obtenidos en el periodo comprendido entre los meses de abril y octubre del 2013, desde las 7h00 hasta las 24h00.

La información higrotérmica en cada vivienda no fue obtenida de manera continua durante el periodo indicado, en atención a que con el mismo equipo se realizaron las medidas en cada una de las cuatro viviendas analizadas.

Cuadro # 17.31: Temperaturas medidas en cada una de las edificaciones analizadas.

TEMPERATURAS

Vivienda Modelo	Horas de recolección de datos																	
	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Prom.
Sauces VIII	26	27	28	30	32	33	34	35	35	34	32	31	30	29	28	28	27	30,53
Guayacanes	27	27	27	28	30	31	32	31	30	30	29	29	29	29	29	28	28	29,12
Mucho Lote II	25	26	27	28	29	30	31	32	31	31	30	29	29	28	28	28	27	28,76
Alborada XI	25	25	26	27	27	27	27	27	28	29	29	29	28	28	28	27	26	27,24

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro # 17.32: Humedad Relativa medida en cada una de las edificaciones analizadas.

HUMEDAD RELATIVA

Vivienda Modelo	Horas de recolección de datos																		
	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Prom.
Sauces VIII	65	66	64	61	56	-	52	48	49	47	48	49	52	53	54	56	56	57	54,88
Guayacanes	-	68	71	71	73	-	-	-	-	45	-	69	75	-	-	71	62	63	66,80
Mucho Lote II	62	72	-	63	58	57	-	-	-	-	55	-	-	60	-	-	-	62	61,13
Alborada XI	-	68	71	-	71	-	71	-	68	69	71	70	-	-	-	73	-	70	70,20

Fuente: Elaboración propia.

Las mediciones en las viviendas, en un primer momento, fueron realizadas en la sala, el comedor, el exterior de la casa y en un dormitorio. Sin embargo, las mediciones interiores no representaron variaciones en la temperatura, no así las mediciones internas y externas que mantenían diferencias entre 1 y 2 grados. Posteriormente las mediciones se centraron exclusivamente en el área de la sala y el comedor, en edificaciones de una planta, y en la sala (PB) y un dormitorio (PA), en edificaciones de 2 plantas.

Para obtener los parámetros ambientales antes indicados se utilizó un medidor digital de temperatura y de humedad ambiental (termo higrómetro), con pantalla LCD digital, con un rango de temperatura interior de 0 a 50 grados centígrados, resolución de pantalla de 0.1 centígrados y precisión de ± 1 centígrado. Rango de humedad entre 10% y 98% RH, precisión de $\pm 5\%$ RH. Dimensiones: 53mm x 38mm x 15mm. Peso: 20 g.

Los valores de temperatura y humedad relativa registrados en los cuadros anteriormente expuestos, obedecen a valores promedios obtenidos para cada una de las viviendas analizadas, en el periodo comprendido entre los meses de abril y octubre del 2013, tiempo que coincide con el periodo de investigación del presente estudio.

Según datos registrados en los Boletines Meteorológicos Mensuales del INAMHI, la temperatura máxima absoluta en el 2013 fue de 34.5°C, el 4 de enero del 2013 y la temperatura mínima absoluta fue de 19.2°C, el 16 de julio y el 17 de agosto del 2013. La temperatura media durante el año 2013 fue de 26.18°C.

Los valores de Humedad Relativa mostrados por el INAMHI, en el Anuario Meteorológico del año 2010, indican que en el mes de enero de ese año se registró un valor máximo de 95% (29-ENE-2010), un valor mínimo de 43% (6-ENE-2013) y un promedio de 75.55% durante todo ese año.

Diagrama Psicrométrico.

Ilustración # 17. 25: Diagrama Psicrométrico

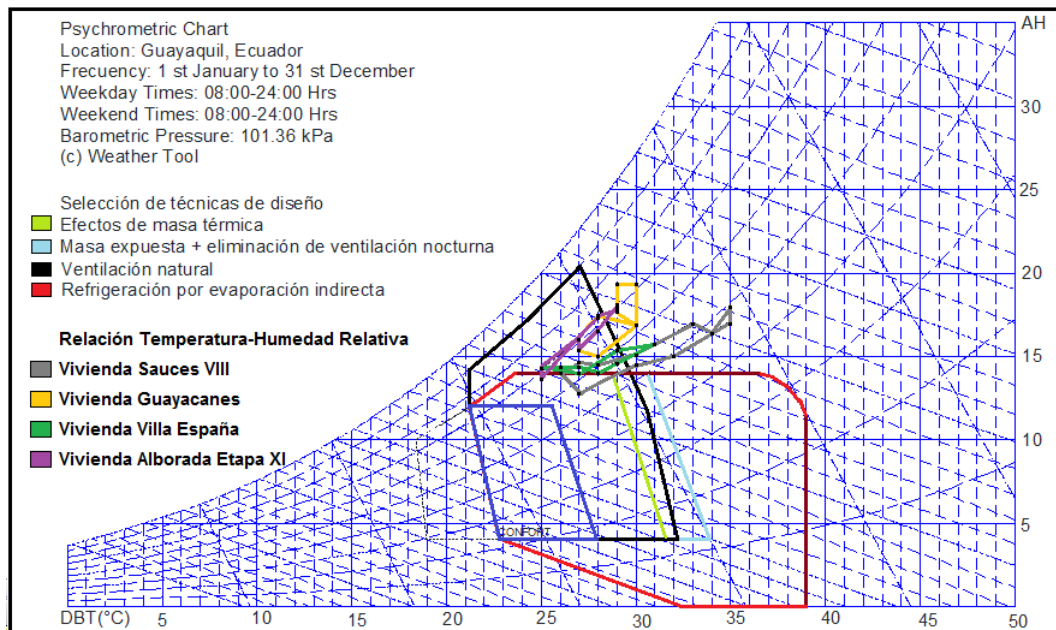
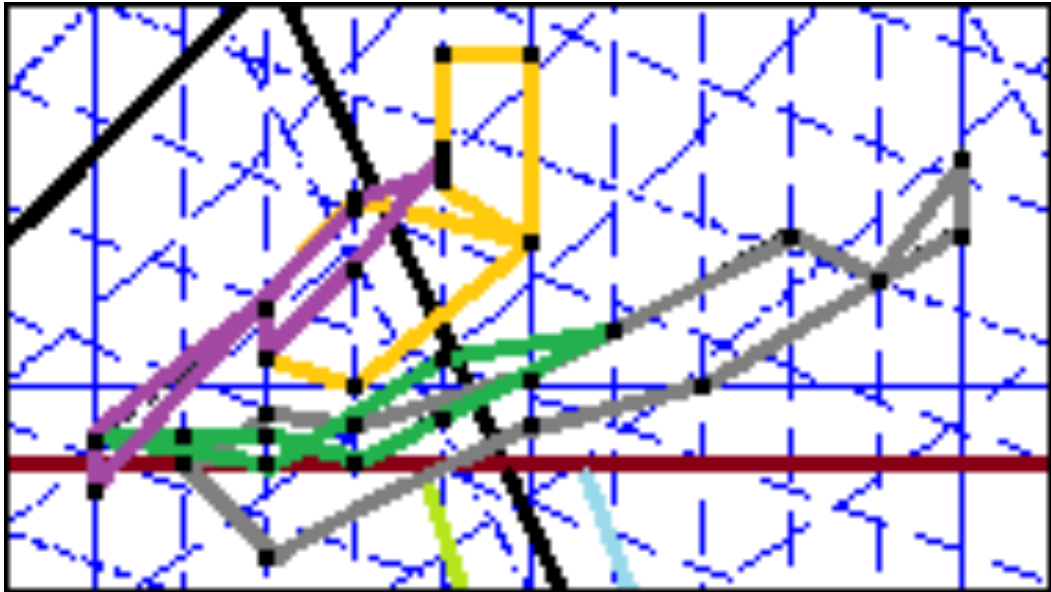


Ilustración # 17.26: Ampliación del diagrama Psicrométrico.



La Psicometría es la ciencia que estudia las propiedades de la mezcla aire-vapor, prestando atención especial a todo lo relacionado con las necesidades ambientales, humanas o tecnológicas. La representación gráfica de tales propiedades se conoce como diagrama psicrométrico. El diagrama nos permite, conociendo la temperatura y humedad relativa, conocer las propiedades restantes.

En el diagrama expuesto se grafican por coordenadas los datos de temperaturas y humedad relativa, expuestas anteriormente, independientemente por cada vivienda analizada, las primeras en el sentido de las X y las segundas en función de las curvas que constan en el gráfico (humedad relativa). Los polígonos determinados en el diagrama, establecen si las coordenadas antes indicadas se encuentran dentro de una “zona de confort”, requerirán ventilación natural, necesitarán refrigeración con equipos mecánicos o de estas dos últimas alternativas de manera combinada.

Entre los resultados observados constan que ninguna edificación se encuentra dentro de la zona de confort. Sin embargo, la vivienda de la Alborada y gran parte del polígono de la vivienda de Villa España, requieren de ventilación natural. Las viviendas de Sauces y Guayacanes, requieren alternativamente ventilación natural y refrigeración con equipos mecánicos.

CÁLCULO DE EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO

El dióxido de carbono (CO₂) es el gas de efecto invernadero antropogénico más abundante en la atmósfera. “Contribuye aproximadamente al 64% del forzamiento radiativo ocasionado por el conjunto de gases de efecto invernadero de larga duración, y es el responsable del 85% del aumento del forzamiento radiativo en los últimos diez años” (OMM, 2012, p. 2).

Para calcular las emisiones de Dióxido de Carbono asociadas, debe aplicarse un factor de emisión de CO₂ atribuible al suministro eléctrico – también conocido como *mix eléctrico (g de CO₂/kWh)* – que representa las emisiones asociadas a la generación eléctrica.

Cuadro # 18.33: Mix eléctrico en función de las emisiones de CO₂ por kilovatio hora por generación eléctrica.

Año	1990	1995	2000	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CO ₂ /kWh	187	314	215	256	291	378	423	328	256	313	389

Fuente: International Energy Agency “iea” (2012). CO₂ Emissions from Fuel Combustion “Highlights”: IEA Statistics.

Cuadro # 18.34: Emisiones de CO₂ por cada edificación analizada.

Consumo energético	g. de CO₂ / kWh	Emisiones de CO₂
8.906 kWh/año	389	3.464.434 g de CO₂/año
4.323 kWh/año	389	1.681.647 g de CO₂/año
3.036 kWh/año	389	1.181.004 g de CO₂/año
4.994 kWh/año	389	1.942.666 g de CO₂/año

Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS REALIZADOS

Orientación

De las cuatro edificaciones analizadas, la Edificación 1 orienta su fachada principal hacia el Suroeste, aprovechando el viento dominante y reinante procedente de esa orientación. Las edificaciones 3 y 4, aprovechan vientos de diferentes direcciones y evitan radiaciones solares directas del este y oeste. La Edificación 2, se orienta hacia el sol de la tarde, recibiendo directamente las radiaciones solares sobre sus ventanas principales.

Diseño arquitectónico

El área social de las edificaciones ocupa del 33 al 45% de la superficie total del área de las edificaciones analizadas y el área social fluctúa entre el 23 y el 36%, el resto de áreas está entre el 6 y el 13%. No obstante, existen áreas que no constan en todas las

edificaciones, como es el caso de la sala de estar, el estudio y un local comercial, que oscilan entre el 10 y 16%, del área total de la vivienda.

Todas las edificaciones cuentan con un corredor interior central, en mayor o menor grado, que permite la distribución a los distintos ambientes de las viviendas, facilitando la ventilación de tales ambientes.

La Edificación 1 tiene la mayor altura interior (piso-cielo raso) por encima de los 2,60 m; las Edificaciones 2 y 3 presentan alturas sobre los 2,40 m y la Edificación 4 por debajo de 2,40 m. En cuanto al color, las edificaciones 3, 4, 1 y 2, respectivamente, disponen de colores con índices de reflexión inferiores al 40%, apropiado para climas cálidos.

Forma de la edificación

El “Factor de Forma (f)” determina que las edificaciones 4 y 2 sean las que dispongan de mejor ventilación e iluminación natural, en cada uno de sus espacios interiores, al situarse este indicador sobre el valor de 1.2, apropiado para climas cálidos. Las edificaciones 3 y 1 son más compactas y por tanto es más difícil su ventilación e iluminación en las áreas interiores. En el caso de la Edificación 3, su pequeña área y volumen permiten compensar su alta compactidad, mejorando su confort térmico. Este indicador está relacionado directamente con la ventilación e iluminación de la edificación.

Ventilación y calidad del aire

Respecto a las características arquitectónicas, las Edificaciones 3, 1 y 4 cuentan con el mayor porcentaje de vanos en la fachada principal y las Edificaciones 4, 3 y 2, con el mayor porcentaje en la fachada posterior. Sin embargo, tal aspecto no conduce a pensar que cuentan con buena ventilación y renovación de aire, ya que en el caso de las edificaciones 1, 2 y 4, se encuentran áreas muy poco ventiladas, especialmente dormitorios y baños, en donde el flujo de aire no llega a estos ambientes o en su defecto no se conduce desde un área de alta presión hacia un área de baja presión, perjudicando la velocidad del viento y la ventilación cruzada.

En el caso de la edificación 1, la falta de retiros perjudica la ventilación cruzada y el flujo del aire de ambientes secos hacia ambientes húmedos y desde aquí hacia el exterior. No obstante, la presencia de los patios de aire y luz, permite la transferencia del aire caliente del interior que asciende y del aire fresco que baja e ingresa al interior de la vivienda.

La cocina y los baños (ambientes húmedos) en el caso de la edificación 1, 2 y 4, y la cocina en el caso de la edificación 3, reciben la ventilación del exterior y luego ésta se dirige hacia los ambientes secos de las viviendas, contraviniendo la norma que establece que la ventilación debe atravesar primero los ambientes secos, luego los húmedos y salir al exterior.

Ganancia y protección solar

La relación entre el área de vanos de la fachada principal y el área de pared, favorece a las Edificaciones 3, 1 y 4, respectivamente, las cuales superan el 30% que establece la Norma Ecuatoriana de la Construcción (N.E.C.), para las orientaciones Noreste, Suroeste y Noroeste. La misma norma establece un 20%, para la orientación Oeste, la cual no es alcanzada por la Edificación 2. Tal ejercicio es aplicado también a las fachadas posteriores, siendo la Edificación 4 la única que supera el 30% de la norma. La menos favorecida es la edificación 1, dado que no cuenta con retiro posterior, factor que dificulta la ventilación cruzada y la renovación de aire.

En ninguna de las edificaciones analizadas se observó la utilización de vegetación y árboles para generar sombras naturales sobre los edificios.

Es bajo el porcentaje de sombras arquitectónicas sobre las ventanas, puertas y fachadas en general, en tres de las edificaciones analizadas. Tan solo en el caso de la edificación 4, se cuenta con un retiro frontal cubierto, que impide la acción de las radiaciones solares sobre la fachada principal.

Consumo de Energía Eléctrica

El consumo eléctrico determina que la Edificación 3 sea la que dispone de menor consumo, seguida de las Edificaciones 2, 4 y 1, respectivamente. Sin embargo, en el consumo eléctrico por

persona, la Edificación 4 consume menos que la 2 y pasa a ocupar el segundo lugar en dicho indicador.

La Edificación 1 tiene un mayor número de habitantes que el resto de las edificaciones analizadas, aspecto que incidirá dentro de la evaluación general del estudio. No obstante, en el análisis individual de consumo por persona, esta edificación sigue siendo la de mayor consumo de energía. Caso contrario a lo que ocurre con la Edificación 3, que presente los consumos más bajos del estudio, pero con menor número de habitantes.

Según el Cuadro # 13.3 del presente estudio, los consumos de energía entre 201 y 500 kWh corresponden al segmento social "medio" y los situados entre 501 y 1000 kWh pertenecen al segmento "medio alto", aspecto que es coherente con los consumos de las edificaciones 2, 3 y 4 analizadas, pero no así con el de la Edificación 1, que se encasilla en el segmento social "medio alto".

Es de considerar también que, además del número de personas que habitan en la vivienda, inciden también sobre la eficiencia energética de la edificación, los hábitos de consumo y la eficiencia de los electrodomésticos.

La refrigeración y la cocción de alimentos equivalen al 50% y al 10%, respectivamente, de los usos finales de la energía. Así mismo, la refrigeración constituye el 23% de la demanda eléctrica del sector residencial.

Aspectos climáticos

En lo que respecta a los indicadores ambientales obtenidos, en la Edificación 4 se obtuvo el promedio más bajo de temperatura (27,24°C), seguido de las edificaciones 3, 2 y 1, con variaciones de temperatura que fluctúan entre 0.4 y 1.5° C. Sin embargo, esta temperatura no se sitúa dentro de los parámetros de confort térmico recomendables establecidos en la N.E.C., entre 18 y 26° C. La temperatura promedio más desfavorable se registra en la Edificación 1, con 30,53°C.

Respecto a la humedad relativa los mejores porcentajes se ubican entre el 40 y 65%, según la misma norma, siendo estos los de las Edificaciones 1, 3 y 2. En las Edificaciones 2 y 4 dicho indicador se encuentra ligeramente por encima de dichos indicadores de confort térmico, sin sobre pasar el 70% en la Edificación 4.

Emisiones de CO₂

El consumo de energía está directamente relacionado con las emisiones de CO₂. Es decir, que a mayor consumo de energía, mayor serán las emisiones dióxido de carbono a la atmósfera. En el presente análisis la Edificación 1 genera mayor consumo de energía y mayores emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

La Edificación 3 presente los consumos de energía más bajos del estudio, pero con menor número de habitantes, aspecto que es

consecuente con la cantidad de emisiones a la atmosfera de cada una de las edificaciones.

Las emisiones de CO₂ obtenidas por vivienda en el estudio son de 3.47, 1.68, 1.18 y 1.94 tCO₂ por vivienda, respectivamente, para las edificaciones 1, 2, 3, 4. De acuerdo al INEC, las emisiones de CO₂ producidas por consumo eléctrico en la provincia del Guayas, asciende a 44.114,44 tCO₂ (año 2011). El total nacional según la misma fuente, para el mismo año, es de 128.149 tCO₂.

EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LOS INDICADORES GENERALES DEL ESTUDIO

Consecuente con lo expuesto, en el siguiente cuadro se analiza y califica las características de cada una de las edificaciones analizadas, en cuanto la orientación del edificio, el diseño arquitectónico, la forma de la edificación, la ventilación y calidad del aire, la ganancia y protección solar, los consumos de energía eléctrica y a los indicadores climáticos, lo cual define la eficiencia de las viviendas desde varios ámbitos de estudio, los mismos que se citan a continuación.

Cuadro # 20.35: Calificación de los indicadores generales del estudio

Indicadores generales del estudio	1	2	3	4
	Sauces VIII	Guayacanes	Mucho Lote	Alborada XI
Orientación	Suroeste v. dominante	Oeste	Noreste v. noreste	Noroeste
	4	1	3	2
Diseño arquitectónico	Sin retiros	Distribución ambientes	Distribución ambientes	Baja altura
	2	3	4	2
Forma de la edificación	<1.2	>1.2	<1.2	>1.2
	2	4	3	4
Ventilación y calidad de aire	vent. forzada	Baja vent. cruzada	vent. cruzada	áreas sin ventilar
	1	3	4	2
G. y protección solar				
Relación vano-pared (fachada frontal)	vanos > 30%	vanos < 20%	vanos > 30%	30% de vanos
	3	1	2	4
Relación vano-pared (fachada posterior)	vanos < 30%	vanos < 20%	vanos < 30%	vanos > 30%
	1	2	3	4
Consumo eléctrico				
(total edificación)	742 kWh/mes	360 kWh/mes	253 kWh/mes	416 kWh/mes
	1	3	4	2
Consumo eléctrico x persona	93 kWh	90 kWh	63 kWh	83 kWh
	2	1	4	3
Aspectos climáticos				
Temperatura	30,5°C	29,1°C	28,8°C	27,2°C
	1	2	3	4
Humedad relativa	(40-65%)= 55%	67> (40-65%)	(40-65%)=61%	70%> (40-65%)
	4	3	4	2
Calificación final por edificación				
	21	23	34	29

Calificación: 4= Muy Bueno; 3= Bueno; 2= Regular; 1= Deficiente.

Los criterios de calificación adoptados responden a las condiciones de la edificación en cuanto al cumplimiento de lo establecido en las normas correspondientes. El estar acorde con lo señalado en las normas o el mostrar una aproximación a los indicadores de las mismas, generará una puntuación más elevada (4) con respecto a otras edificaciones, en el orden en que cumplan o se aproximen a lo normado. La característica de la edificación que se distancie más de un parámetro adecuado o no cumpla con los indicadores establecidos en las normas, recibirá la más baja calificación (1).

Entre las dos edificaciones que obtuvieron el mayor puntaje de calificación en el presente estudio, podemos establecer que en la eficiencia de la Edificación 3, incide de manera preponderante el consumo eléctrico y las Emisiones de CO₂, con un 44% de participación sobre el resto de indicadores. Mientras tanto, en la Edificación 4 la incidencia de la eficiencia se observa en los aspectos arquitectónicos (factor de forma, proporción de vanos en fachadas, mejor ventilación e iluminación de los espacios interiores) y en los aspectos climáticos (temperatura y humedad relativa), con un 27% y 24%, respectivamente, sobre el resto de indicadores.

Cuadro # 20.36: Porcentaje de incidencia de los indicadores de eficiencia energética utilizados

	Orientación	Consumo eléctrico	Aspectos arquitectónicos	Aspectos climáticos	Emisiones de CO ₂	Total
Edificación 3	17%	22%	20%	19%	22%	100%
Edificación 4	15%	19%	27%	24%	15%	100%

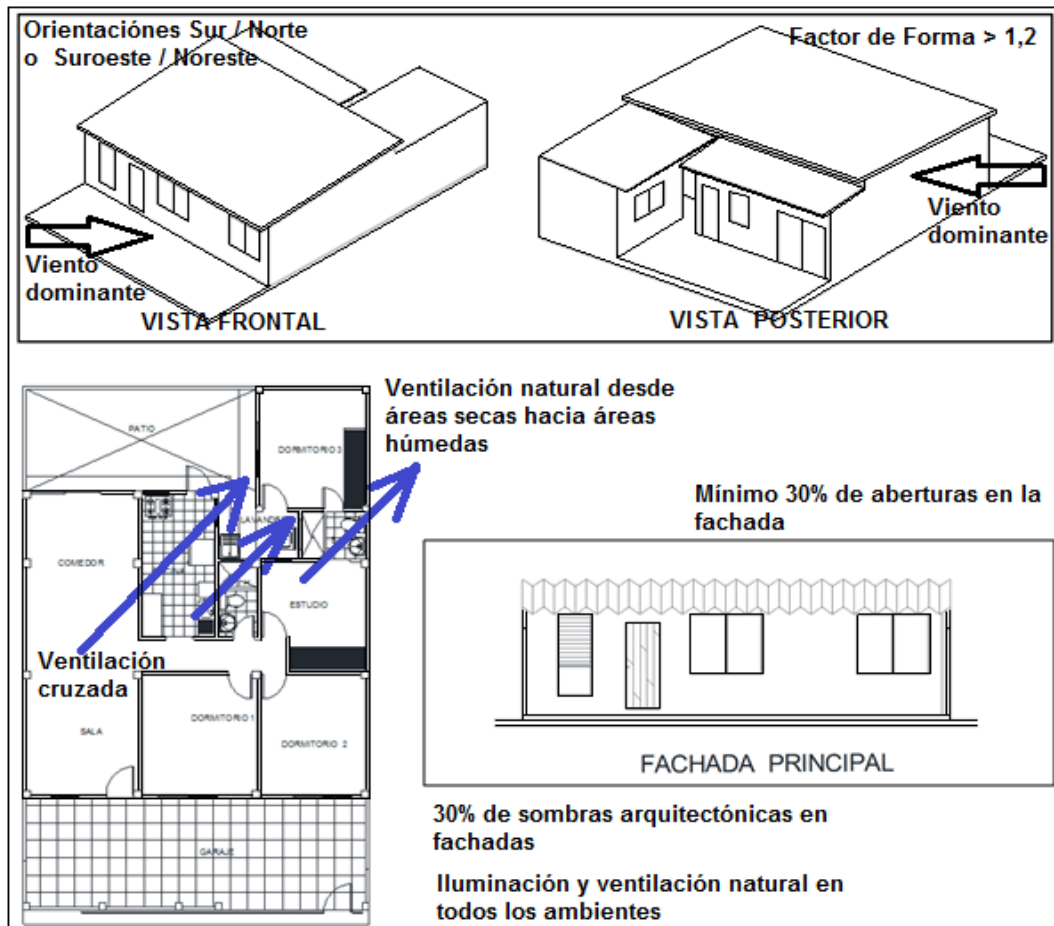
Fuente: Elaboración propia.

Se considera que con el presente análisis se comprueba que las consecuencias de una adecuada o inadecuada eficiencia energética en las edificaciones, se encuentra determinada por el consumo de energía eléctrica a generarse en cada una de las viviendas y por la cantidad de emisiones de CO₂ enviadas a la atmósfera por dicho consumo, así como también, por la orientación, diseño arquitectónico, forma, ventilación y ganancia y protección solar en las edificaciones.

Especial atención merece, que estos últimos parámetros contribuyen de una manera directa al mejoramiento del confort térmico de la vivienda, así como también, podrían contribuir a desmejorar tales condiciones ambientales, si dichos parámetros no son atendidos adecuadamente.

3. MODELO ESPACIAL QUE RESUME LAS RECOMENDACIONES PLANTEADAS.

Ilustración # 21.27: Modelo espacial que resume las recomendaciones planteadas.



Para tal efecto se seleccionó como modelo una de las edificaciones con más alta calificación en el presente estudio, a la que se le establecieron ciertos condicionamientos básicos para mejorar su eficiencia energética, entre los que constan:

- Una orientación Sur-Norte de su eje longitudinal, en donde los vientos dominantes y reinantes, atraviesan la edificación desde los ambientes secos hacia los ambientes húmedos y salen de la edificación. Tales vientos inciden en forma oblicua sobre la

fachada, desde un área de alta presión y se dirigen hacia una zona de baja presión, facilitando la ventilación cruzada.

- Se regularizó y se elevó la altura piso-cielo raso a 2,60 m, a fin de mejorar las condiciones ambientales en el interior de la vivienda.
- Las aberturas frontales y posteriores de fachada en la orientación Sur-Norte y Norte-Sur, respectivamente, abarcan el 40% en cada una de sus superficies de ubicación.
- El factor de forma de la edificación es mayor a 1.2, facilitándose la iluminación y ventilación natural del edificio.

Cuadro # 21.37: Modelo Espacial que resume las recomendaciones planteadas.

Indicador	Requerimiento	Indicador	Requerimiento
Orientación	Eje longitudinal Sur-Norte	Color Exterior	Índice de Reflexión (I.R.) menor del 40%.
Altura exterior de la edificación	Altura uniforme. Evitar cambios bruscos de altura	Color interior	Pisos 25-40% (I.R.). Áreas superiores 50-60% (I.R.)
Forma de la edificación en función del clima	Forma elevada con grandes aberturas para ventilación.	Factor de forma	Mayor a 1,2
Relación de áreas de vanos y de fachada (% aumenta con uso de vidrio reflectivo)	30 a 50% de vanos en fachada, orientados al NO-SO-NE-SE.	Protección solar	Sombras arquitectónicas: 30% en las direcciones N-S y NO-SO-NE-SE
	40 a 65% de vanos, orientación Norte o Sur.		Uso de Aleros, protección vegetal, ventilación natural.
Ventilación y calidad de aire	Ventilación cruzada	Ventilación natural	Desde ambientes secos hasta ambientes húmedos.
Iluminación natural	Todos los ambientes	Altura interior	2,6 m (en todas las áreas); 2,4 m en cocina y baños.

Fuente: Elaboración propia, con referencia a la Norma Ecuatoriana de la Construcción, Capítulo 13, Eficiencia Energética en la Construcción en Ecuador.

Cuadro # 21.38: Modelo matemático hipotético de una posible distribución de los consumos eléctricos.

Indicadores generales del estudio	1	2	3	4
	Sauces VIII	Guayacanes	Mucho Lote	Alborada XI
Orientación	6,6 kWh (1)	26,3 kWh (4)	13,2 kWh (2)	19,7 kWh (3)
Diseño arquitectónico	21,9 kWh (3)	14,6 kWh (2)	7,3 kWh (1)	21,9 kWh (3)
Forma de la edificación	28,2 kWh (3)	9,4 kWh (1)	18,8 kWh (2)	9,4 kWh (1)
Ventilación y calidad de aire	26,3 kWh (4)	13,2 kWh (2)	6,6 kWh (1)	19,7 kWh (3)
G. y protección solar	13,2 kWh (2)	26,3 kWh (4)	19,7 kWh (3)	6,6 kWh (1)
	96,2 kWh	89,8 kWh	65,6 kWh	77,3 kWh

Modelo matemático hipotético de una posible distribución de los consumos eléctricos en atención a las calificaciones realizadas en el Cuadro # 20.35, pág. 106. La suma total de kilovatios hora repartida en el cuadro coincide con la cantidad total de consumos eléctricos reales de las 4 edificaciones por persona. El mejoramiento de cada uno de los indicadores establecidos equivaldrá a la reducción del kilovatio hora de cada indicador.

INCORPORACIÓN DE LOS CONCEPTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS UNIVERSIDADES.

Las Universidades tienen una gran responsabilidad y repercusión social, en lo pertinente a la difusión de tecnologías de eficiencia energética, pues son ejemplo y motor del cambio social. Deben estar a la vanguardia de los procesos de ahorro y eficiencia energética, buscando estar al mismo nivel de la tecnología que se maneja en otros países dentro de este ámbito. Tales actuaciones, además de un objetivo de ahorro, deben buscar la promoción de la investigación, como ejemplo para la comunidad universitaria.

Por tal motivo, es necesaria una estrecha colaboración de las Universidades con el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), para definir criterios, líneas de investigación y de subvención específica aplicables a Institutos de Educación Superior.

Cabe señalar, que la relación estrecha entre la Universidad y las empresas constructoras es también fundamental para una gestión energética sostenible, al utilizar como banco de pruebas dicha relación, en el desarrollo de nuevas tecnologías y metodologías.

Dentro de este marco es importante garantizar una evolución en cuanto a la enseñanza académica en las Facultades de Arquitectura, tomando en consideración las siguientes recomendaciones, dentro del ámbito de la eficiencia energética en las edificaciones:

- a)** Fomentar la capacidad de los estudiantes para adaptarse a las nuevas tecnologías; los equipos e instrumentos están en continua evolución y hay que estar preparados para utilizarlos apropiadamente.

- b)** Incorporar a los proyectos las potencialidades de las energías renovables, esto es, utilizando a la energía eólica y solar, entre otras, como fuentes energéticas de las edificaciones.

- c)** Introducir el manejo de programas informáticos de evaluación de eficiencia energética, tanto de edificios en uso, como de construcción nueva.

- d)** Capacitar a los estudiantes para realizar auditorías energéticas de cualquier edificación, a través del uso de una metodología práctica y eficiente, mediante la elaboración de fichas de campo y la redacción de informes de resultados.

- e)** Incorporar conocimientos que permitan identificar al alumno, que normativa se debe aplicar en el diseño de una determinada edificación, para cumplir con los requisitos de eficiencia y ahorro energético.

- f)** Determinar las fases que conforman un procedimiento de certificación energética de edificaciones, desde que se diseña el proyecto hasta que se pone a disposición del usuario.

- g)** Conocer las características de las principales técnicas de aprovechamiento de la ventilación e iluminación natural en una edificación.
- h)** Recordar siempre, que el edificio debe ser eficiente energéticamente desde el proyecto, ya que adaptar o corregir posteriormente es difícil y caro. Las edificaciones deben garantizar el ser sostenibles en su funcionamiento posterior.

CONCLUSIONES

Se considera que con el presente análisis se comprueba la hipótesis del presente estudio, en cuanto a que “las consecuencias de una inadecuada eficiencia energética en las edificaciones, se encuentran determinadas por el consumo de energía eléctrica a generarse en cada una de las viviendas y por la cantidad de emisiones de CO₂ enviadas a la atmósfera por dicho consumo, así como también, por el tratamiento de la orientación, diseño arquitectónico, forma, ventilación y ganancia y protección solar de las edificaciones”.

Respecto a los objetivos generales, particulares y específicos, se ha cumplido con la determinación de consecuencias del inadecuado tratamiento de la eficiencia energética (temperaturas elevadas, humedad relativa fuera del rango de confort, elevado consumo energético, etc.), las causas que están generando los consumos eléctricos elevados (deficiente ventilación, uso de aire acondicionado, orientación deficiente, edificaciones muy compactas, etc.), medidas arquitectónicas de mitigación de las

causas antes indicadas (elementos de sombra, naturales o arquitectónicos, ventilación cruzada, altura piso-cielo raso, entre otros).

En función de la metodología, objetivos y resultados del presente estudio, se espera que el mismo constituya un aporte científico orientado a los estudiantes y profesionales de la construcción, a fin de concienciar el tema de la eficiencia energética en la ciudad de Guayaquil y motivar a la vez a otros técnicos a ampliar y complementar estos estudios, dentro del amplio universo que ofrece el tema de eficiencia energética.

El método aplicado en el presente trabajo ha operado correctamente en cuanto a la obtención de resultados esperados, de una manera detallada, secuencial y analítica, pudiendo ser reproducido en el campo profesional para la evaluación y mejoramiento de las edificaciones existentes, así como, en la construcción de vivienda nueva, en función de los conceptos de eficiencia energética, claramente establecidos en el presente estudio.

Tal cual se lleva a cabo estudios técnicos en otros países sobre esta tipo de temática, se considera que posiblemente haya faltado oportunidad de incorporar en el presente estudio, programas informáticos que ayuden a simplificar y sistematizar los análisis y evaluaciones realizadas, de manera particular, el análisis de costos de los resultados finales del ahorro energético.

Las comprobaciones y resultados obtenidos en el presente estudio, contribuyen al mejoramiento de los procesos constructivos tomando en cuenta los principales indicadores arquitectónicos que podrían incidir en el incremento del consumo eléctrico en las edificaciones, para establecer así su adecuado manejo, protegiendo de esta forma al medio ambiente y otorgando a los usuarios de las viviendas un adecuado ahorro de energía.

Tecnología es la agrupación sistemática de todos los conocimientos que permite satisfacer algunas necesidades o intereses de las personas, en una forma minuciosa y reproducible. Consiste también en la sabiduría que llevan integradas las cosas y en la manera en que la sociedad puede darles uso. La palabra tecnología es una conjunción de la disciplina manual, con el conocimiento ordenado, reorganizado y con un fin determinado.

El aporte tecnológico del presente estudio consiste en manejar adecuadamente los componentes arquitectónicos (orientación, diseño arquitectónico, forma de la edificación, ventilación y ganancia y protección solar), a través de estudios que responden a características ambientales de la ciudad, para reducir el consumo de energía eléctrica. Mientras se manejen bien tales procedimientos, se recomienda el uso de aparatos de bajo consumo instalados adecuadamente.

Cumplir con los porcentajes recomendados de vanos en fachadas, orientados hacia los vientos dominantes y reinantes, favoreciendo la ventilación natural cruzada.

Para mejores efectos ambientales se recomienda que las fachadas principales tengan orientaciones Norte y Sur ya que evitan la exposición directa solar en la mañana y en la tarde y son susceptibles de manera fácil de ser protegidas de la insolación de mediodía.

La fachada principal se orientará con la dirección predominante del viento. Es recomendable que los ejes longitudinales se encuentren en esa dirección.

La altura en ambientes tales como, salas, comedores, dormitorios, no debe ser menor de 2,60 m, desde el piso hasta el cielo raso o losa de piso.

El diseño arquitectónico de una edificación, deberá contar siempre con iluminación natural en todos los ambientes, a través de fachadas, patios, atrios y tragaluces.

Se sugiere ubicar las áreas de uso pasivo en ambientes de baja radiación solar e iluminación natural, mientras que las áreas de uso activo, pueden ubicarse en ambientes de mejor radiación solar e iluminación natural.

Las edificaciones que implementen técnicas de ventilación cruzada, se ubicarán de tal forma, que el viento predominante o reinante, incida sobre los ambientes secos. Las aberturas de admisión se encontraran en la parte baja mientras que las de extracción se situaran en la parte superior de estas edificaciones.

Las alturas de los edificios deben ser uniformes evitando cambios bruscos de altura, ya que generan vientos fuertes a nivel del suelo.

La ventilación natural debe desplazarse desde los ambientes secos (dormitorios, sala de estar, estudios) hacia los ambientes húmedos (cocinas, salas de baño). Las paredes que separan lugares secos de húmedos deben disponer de aberturas de paso.

Una norma elemental para obtener una edificación con una elevada eficiencia energética, es que disponga de una adecuada calidad de construcción. Este aspecto, que parece fundamental, a menudo es lo que más se incumple. "La calidad del acabado es más importante que la calidad de los materiales" (Montoro, 2004, p. 85).

Los mejores resultados energéticos en climas cálidos se obtienen en edificaciones con factores de forma mayores a 1.2, ya que la disminución de la demanda de energía, no es un factor absoluto exclusivo de la mayor compacidad de una edificación.

Se recomienda complementar los presentes estudios con el análisis de la eficiencia energética en las edificaciones construidas con paneles prefabricados de poliestireno expandido, en atención a las propiedades que ofrece el aislamiento térmico, el ahorro de energía, la reducción de emisiones de CO₂ y disminución de la contaminación ambiental. Merece particular atención el estudio de las ventajas y desventajas del mencionado sistema constructivo.



Bibliografía

- AEDENAT, CODA, CS de CCOO & UGT (1998). *Ante el Cambio Climático, Menos CO₂*. Recuperado en hábitat.upm.es/temas/a-eficiencia-energetica.html.
- Aranda Usón, A., Zabalza Bribián, I., Díaz de Garaio, S. & Llera Sastresa, E. (2010). *Eficiencia Energética en Instalaciones y Equipamiento de Edificios*. Zaragoza, España: Prensa Universidad de Zaragoza.
- Bermejo, R. (2005). *La Gran Transición hacia la Sostenibilidad. Principios y Estrategias de Economía Sostenible*. Madrid, España: Libros de la Catarata.
- Centro de Formación y Recursos Didácticos "CFRD" (2010). *Arquitectura y Medio Ambiente: Estrategias de Diseño (A&M; Ed)*. Concepción, Chile: Universidad de Concepción.
- Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción "CITEC" (2012). *Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos*. Chile: Universidad del Bío Bío "UBB".
- Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental "C.E.D.A." (2011). *Hacia una Matriz Energética Diversificada en el Ecuador*. Quito, Ecuador: C.E.D.A.
- Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (2011). *Norma Ecuatoriana de la Construcción (Capítulo 13): Eficiencia Energética en la Construcción en Ecuador*. Quito, Ecuador: Convenio MIDUVI-Cámara de la Construcción de Quito.

- Consejo Nacional de Electricidad "CONELEC" (2012). *Boletín Estadístico Sector Eléctrico Ecuatoriano*. Quito, Ecuador: CONELEC.
- Consejo Nacional de Electricidad "CONELEC" (2012). Plan Maestro de Electrificación 2012-2021. Quito, Ecuador: CONELEC.
- De Garrido, Luis. (2012). *Un Nuevo Paradigma en Arquitectura: Naturalezas Artificiales*. Barcelona, España. Instituto Monsa de Ediciones.
- Díaz, V.S., Barreneche, R.O. (2005). *Acondicionamiento Técnico de Edificios*. Buenos Aires, Argentina. Editorial Nobuko.
- Editores Técnicos Asociados (1983). *Enciclopedia de la Construcción: Cálculo y Ensayos, Estudio de los Proyectos*. Barcelona, España. Editores Técnicos Asociados.
- Fundación Tierra (2006). *Ahorra energía y dióxido de carbono (CO₂): Medidas para ahorrar*. Barcelona, España: Terra.org
- Gómez Fernández, Y. (2010). *Rehabilitación Energética en Edificaciones de más de 30 años mediante el Uso de Recursos Informáticos*. Barcelona, España: Escuela Superior de Edificación de Barcelona.
- González, E., Hinz, E., De Osteiza, P., Quiroz, C. (1986) *Proyecto Clima y Arquitectura: Universidad de Zulia, Venezuela, Volumen 2*. Editado en México. Ediciones G. Gili.
- González Velasco, J. (2009). *Energías Renovables*. Barcelona, España: Editorial Reverté.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (2009). *Eficiencia Energética en Edificaciones: Requisitos (NTE Voluntaria. INEN 2 506:2009-06)*. Quito, Ecuador: I.N.E.N.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (1984). *Ventilación Natural de Edificios (INEN 1 124 1984-05)*. Quito, Ecuador: I.N.E.N.

- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos "INEC" (2011). *Información Ambiental de los Hogares: Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU)*. Quito, Ecuador: INEC.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología "INAMHI" (2012). *Anuario Meteorológico 2010 (No. 50)*. Quito, Ecuador: INAMHI.
- Intelligent Energy Europe (2007). *Proyecto EnerBuilding: Eficiencia Energética en Viviendas*. Madrid, España: Comisión Nacional de Energía (CNE).
- International Energy Agency (2012). *CO₂ Emissions from Fuel Combustion Highlights*. París, Francia: IEA Publications.
- López Plazas, F. (2007). *Sobre el Uso y la Gestión como los Factores Principales que determinan el Consumo de Energía en la Edificación: Una Aportación para Reducir el Impacto Ambiental de los Edificios*. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.
- Matesanz Parellada, A. (2008). *Ciudades para un Futuro Sostenible: Eficiencia energética*. Madrid, España: Grupo de Investigación en Arquitectura, Urbanismo y Sostenibilidad.
- Mellado, E.A. (2005). *Guía para Obtener una Vivienda Sostenible*. Barcelona, España: Editorial CEAC.
- Montoro, J.M. (2004). *Guía de Buenas Prácticas de Eficiencia Energética*. Castilla, España: AGE CAM
- Organización Meteorológica Mundial (2012). *Boletín sobre los Gases de Efecto Invernadero*. Ginebra, Suiza: Secretaría de la OMM.
- Ramos Niembro, G., Heard, CH.L. & Hernández Pensado, F. (1999). *Estudios para la Elaboración de Normas de Eficiencia Energética en Edificaciones*. México: Boletín del Instituto de Investigaciones Eléctricas (iie). Recuperado de <http://www.iie.org.mx/elec99/apli.pdf>

- Real Academia Española (2001). Diccionario de la Lengua Española. Edición 22.^a. www.rae.es/recursos/diccionarios/drae
- Rey Martínez, F. & Velasco Gómez, E. (2006). *Eficiencia Energética en Edificios: Certificación y Auditorías Energéticas*. Madrid, España: Paraninfo/Thomson Editores.
- Sarmiento, Pedro. (2007). *Energía Solar en Arquitectura y Construcción*. Santiago, Chile. Master RIL Editores.

Héctor Danilo Hugo Ullauri,

Arquitecto, Máster en Planificación Territorial y Gestión ambiental por la Universitat de Barcelona, Magíster en administración de empresas por la Universidad Agraria del Ecuador; con trayectoria pública en dirección de proyectos y coordinación de Programas vinculadas al desarrollo urbano y rural. Acredita experiencia como consultor y asesor en proyectos de ordenamiento territorial y urbanismo, en el sector público y privado. Docente Investigador y Coordinador de Internacionalización y movilidad en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Guayaquil; docente en la Universidad Laica Vicente Rocafuerte y tutor de prácticas preprofesionales asociado en la Universidad Internacional de la Rioja.

Silvia Alcívar Macías Arq. M.Sc

Arquitecta por la facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Guayaquil, magíster en nuevas tecnologías aplicadas a la educación por la Universidad de Alicante y Autónoma de Barcelona. Acredita experiencia en diseño y construcción en el ámbito de la arquitectura y urbanismo. Docente y Coordinadora de la Dirección de Posgrado de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Guayaquil.

Juan Carlos Torres Espinoza Arq. M.Sc

Estudios en la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil (periodo 1980-1985)
Título de Arquitecto, con fecha 29 de septiembre de 1988. Acredita Maestría en Tecnologías de Edificación en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Guayaquil.
Experiencia Profesional: Arquitecto planificador de la "Dirección de Urbanismo y Ordenamiento Territorial", de la M.I. Municipalidad de Guayaquil, (periodo 1996-2016).
Docente, Investigador y Coordinador del área de Gestión Social del Conocimiento, de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, de la Universidad de Guayaquil, (periodo 2014-hasta la actualidad)

Carmen Ávila Arq. M.Sc

Arquitecta Magister en docencia universitaria e investigación educativa. Docente de vocación, profesora en la Universidad de Guayaquil. Ecuador, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Carrera de Diseño de Interiores en las cátedras de Diseño de Interiores V y Diseño de Muebles (Mención). Integrante del programa Formador de Formadores de la universidad y participante del proyecto de investigación sobre el Bambú ecuatoriano.

Irma Pilar Zambrano Farías Arq. M.Sc

Arquitecta, magister en Arquitectura (Tecnología) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) del D.F. México y Magister en Docencia Universitaria e Investigación Educativa. Se ha desempeñado por más de 16 años como Fiscalizadora de Obra en el Dpto. de Control de Edificaciones de la M.I. Municipalidad de Guayaquil. Actualmente se desempeña como Docente, Investigadora de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Guayaquil.

Felipe Bustamante Alarcón Arq. M.Sc

Arquitecto, Máster en Diseño Arquitectónico Avanzado por el Instituto Superior de Arquitectura Y Diseño de la Universidad Autónoma de Chihuahua, México. Se ha desempeñado como arquitecto independiente, desarrollando proyectos habitacionales y comerciales, enfatizando la materialidad, y cultura los habitantes de cada localidad. Actualmente se desempeña como Docente de la Materia de Proyectos 8, y Tutor de Titulación, de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Guayaquil.

ISBN: 978-9942-33-011-6

**compAS**