



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADOS**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN  
OPCIÓN AL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN  
GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**TÍTULO:**

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE RADIACIÓN SOLAR Y GEOTÉRMICO DE BAJA ENTALPÍA EN EL CENTRO EDUCATIVO “LATINOAMERICANO” DE LA CIUDAD DE AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA, DURANTE EL PERÍODO 2014 – 2015. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ENERGÉTICO HÍBRIDO SOLAR Y GEOTÉRMICO PARA USO DE CONSUMO ELÉCTRICO Y CALEFACCIÓN.

Autor:  
ORTIZ Bonilla, Fernando Javier  
Tutor:  
PhD. Iliana Gonzales Palau.

LATACUNGA – ECUADOR

Febrero - 2016



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO  
Latacunga – Ecuador

---

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el maestrante: Ortiz Bonilla Fernando Javier, con el título de tesis: EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE RADIACIÓN SOLAR Y GEOTÉRMICO DE BAJA ENTALPÍA EN EL CENTRO EDUCATIVO “LATINOAMERICANO” DE LA CIUDAD DE AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA, DURANTE EL PERÍODO 2014 - 2015. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ENERGÉTICO HÍBRIDO SOLAR Y GEOTÉRMICO PARA USO DE CONSUMO ELÉCTRICO Y CALEFACCIÓN, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 25 de Febrero del 2016.

Para constancia firman:

.....  
MSC. ANGEL LEÓN  
PRESIDENTE

.....  
PhD. JUAN JOSÉ LA CALLE  
MIEMBRO

.....  
PhD. JUAN MATO  
MIEMBRO

.....  
PhD. SECUNDINO MARRERO  
OPOSITOR



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
COTOPAXI  
DIRECCIÓN DE POSGRADOS  
Latacunga – Ecuador**

---

**INFORME DEL AVANCE DE LA TESIS**

Latacunga, 25 de Febrero del 2016.

Lic. Msc.

Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga  
DIRECTOR DE POSGRADOS U.T.C.

Presente

De mi consideración:

Por medio de la presente, me dirijo a su autoridad, para informar el cumplimiento de la TUTORÍA de TESIS, correspondiente al desarrollo del Capítulo de Tesis No I,II,III,IV del maestrante: Ortiz Bonilla Fernando Javier. con el Título: EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE RADIACIÓN SOLAR Y GEOTÉRMICO DE BAJA ENTALPÍA EN EL CENTRO EDUCATIVO “LATINOAMERICANO” DE LA CIUDAD DE AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA, DURANTE EL PERÍODO 2014 - 2015. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ENERGÉTICO HÍBRIDO SOLAR Y GEOTÉRMICO PARA USO DE CONSUMO ELÉCTRICO Y CALEFACCIÓN; de la Tesis en opción al grado académico de magister en GESTIÓN DE ENERGÍAS.

Particular que informo para los fines pertinentes.

Atentamente,

.....  
Ing. PhD. Iliana González Palau.

## **CERTIFICACIÓN DE VALIDACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor de la Maestría en Gestión Energética, nombrado por el Honorable Consejo Académico de Postgrado.

### **CERTIFICO:**

Que: analizado el Proyecto de Tesis, presentado como requisito previo a la aprobación y desarrollo de la investigación para optar por el grado de Magíster en Gestión de Energías.

El problema de la investigación se refiere a:

**EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE RADIACIÓN SOLAR Y GEOTÉRMICO DE BAJA ENTALPÍA EN EL CENTRO EDUCATIVO “LATINOAMERICANO” DE LA CIUDAD DE AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA, DURANTE EL PERÍODO 2014 - 2015. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ENERGÉTICO HÍBRIDO SOLAR Y GEOTÉRMICO PARA USO DE CONSUMO ELÉCTRICO Y CALEFACCIÓN.**

Presentado por el Señor Fernando Javier Ortiz Bonilla con C.I.: 050298532-8

Sugiero su aprobación y permita continuar con los trámites correspondientes.

Latacunga, 25 de Febrero de 2016

---

PhD. Iliana Gonzalez Palau

## **RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DE LA TESIS**

El proyecto de tesis de maestría denominado “EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE RADIACIÓN SOLAR Y GEOTÉRMICO DE BAJA ENTALPÍA EN EL CENTRO EDUCATIVO “LATINOAMERICANO” DE LA CIUDAD DE AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA, DURANTE EL PERÍODO 2014 - 2015. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ENERGÉTICO HÍBRIDO SOLAR Y GEOTÉRMICO PARA USO DE CONSUMO ELÉCTRICO Y CALEFACCIÓN”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en las páginas correspondientes, cuya fuente se incorpora en la bibliografía.

Consecuentemente, este trabajo es de mi autoría.

En virtud de la declaración de me responsabilizo del contenido, veracidad, alcance científico del proyecto de tesis, en mención.

Latacunga, 25 de Febrero de 2016.

.....  
Ortiz Bonilla Fernando Javier

0502985328

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco principalmente a Dios por ayudarme a cumplir una meta más en mi vida profesional, conjuntamente con mi amada esposa quien es la artífice primordial de que este proyecto llegue a su final ya que gracias a su amor y su confianza depositada en mi hemos cumplido un nuevo logro de los muchos que aún nos esperan.

De todo corazón agradezco a mis padres y mis hermanos por su amor incondicional y por su valioso aporte para que día a día todas estas metas se vayan cristalizando.

Un fraterno agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus distinguidas autoridades y maestros quienes han tenido toda la apertura para poder desarrollar la presente investigación.

También un merecido agradecimiento a mi tutora Ing. PhD. Iliana González Palau, por todo su tiempo y la disponibilidad necesaria para poder realizar las revisiones de los capítulos y el correcto desarrollo del proyecto de investigación.

Javier Ortiz

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación se lo dedico a mi amada esposa Mely quien me ha brindado toda la fortaleza, el amor y la entrega incondicional necesaria para que no desmaye en el camino, y gracias a su valioso tiempo entregado este proyecto llegue a su final.

A mi madre Elvia quien me ha enseñado a luchar por cumplir todos mis sueños y confiar en mi por sobre todas las cosas, siempre será mi inspiración mi querida Madrecita.

A mi padre Luis por toda su confianza depositada en mi a todo momento, y por todos sus consejos que los llevare siempre.

A mis hermanos José y Viví por ser mi apoyo en los momentos más difíciles, por siempre mil gracias hermanitos, a mi cuñada Adri y mis queridos sobrinos Isabelita y José Gabriel por llenar de dulzura nuestros corazones y alegrarnos siempre con su existencia.

Javier Ortiz

## ÍNDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .	ii
INFORME DEL AVANCE DE LA TESIS .....	iii
CERTIFICACIÓN DE VALIDACIÓN DEL TUTOR.....	iv
RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DE LA TESIS .....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA .....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xiv
RESUMEN.....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	xviii
<b>EL PROBLEMA</b>	
Planteamiento del problema.....	1
Formulación del problema. ....	2
Objeto De Investigación y campo de acción.....	4
Justificación y significación.....	5
Objetivos. ....	6
Objetivo General. ....	6
Objetivos Específicos.....	6
Hipótesis.....	7
Visión epistemológica.....	7
Factibilidad de la investigación.....	9
Fundamentación Legal .....	10

## **CAPÍTULO I**

<b>MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	13
1.2 MARCO TEÓRICO.....	14
1.2.1 Generalidades de la Energía Renovable.....	14
a. La energía renovable y el nuevo modelo energético.....	14
b. Conceptualización y clasificación de la energía renovable.....	16
c. Eficiencia energética y vinculación con el medio ambiente.....	18
1.2.2 La energía geotérmica de baja entalpía.....	20
a. Introducción a la energía geotérmica.....	20
b. Antecedentes y orígenes de captación.....	23
c. Aplicabilidad del recurso geotérmico.....	26
d. Metodología geotérmica de muy baja y baja entalpía.....	29
e. Sistemas de captación geotérmica de muy baja y baja entalpía.....	30
1.2.3 La energía solar fotovoltaica.....	32
a. Principios y metodologías de captación solar fotovoltaica.....	32
b. Aplicabilidad del recurso fotovoltaico.....	34
c. Celdas fotovoltaicas y paneles solares.....	35
d. Estructura y funcionamiento de captación energética.....	39
e. Clasificación de las instalaciones fotovoltaicas.....	41
f. Parámetros de dimensionamiento de captación solar fotovoltaica.....	44

## **CAPÍTULO II**

<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>47</b>
2.1 Modalidad de la investigación.....	47
2.2 Tipo de investigación.....	48
2.2.1 Diseño de la investigación.....	48
2.3 Determinación y operacionalización de variables.....	49
2.3.1 Determinación de variable dependiente.....	49

2.3.2 Determinación de variable independiente. ....	50
2.3.3 Operacionalización de las variables. ....	51
2.4. Caracterización sectorial de estudio. ....	55
2.4.1 Configuración característica zonal. ....	55
2.4.2 Factores de influencia. ....	56
2.4.3 Población y muestra. ....	59
2.4.4 Validación del proceso de medición y selección de muestras. ....	60
2.5 Parametrización de selección y análisis de la información. ....	62
2.5.1 Parámetros de medición del potencial de radiación solar fotovoltaica. ....	62
2.5.2 Parámetros de medición del potencial geotérmico de muy baja y baja entalpía. ....	64
2.6 Técnicas e instrumentos de la investigación. ....	66
2.6.1 Técnicas e instrumentos. ....	66
2.6.2 Parámetros indicados de selección de instrumentos. ....	70

### **CAPÍTULO III**

<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>71</b>
3.1 Tratamiento de datos de radiación solar fotovoltaicos. ....	71
3.1.1 Parametrización inicial. ....	71
3.1.2 Insolación por radiación directa. ....	74
3.1.3 Insolación por radiación difusa. ....	82
3.1.4 Radiación global promedio. ....	83
3.1.5 Aprovechamiento solar energético. ....	85
3.2 Tratamiento de datos geotérmicos de baja y muy baja entalpía. ....	87
3.2.1 Parametrización inicial. ....	87
3.2.2 Conductividad térmica local. ....	90
3.2.3 Calor geotérmico aprovechable de baja y muy baja entalpía. ....	95
3.2.4 Potencia de calefacción requerida. ....	97
3.3 Conclusiones parciales. ....	103

## **CAPÍTULO IV**

<b>MARCO PROPOSITIVO .....</b>	<b>106</b>
4.1 Título de la Propuesta.....	106
4.2 Objetivos. ....	106
4.3 Justificación.....	107
4.4 Configuración de la propuesta.....	107
4.5 Dimensionamiento de la instalación.....	108
4.5.1 Instalación solar fotovoltaica. ....	109
4.5.2 Instalación geotérmica de baja y muy baja entalpía.....	111
4.5.3 Ponderación de selección de tecnologías de captación. ....	115
4.6 Estudio de factibilidad.....	120
4.6.1 Gastos de compra y adquisición.....	120
4.6.2 Gastos de instalación.....	122
4.6.3 Gastos en personal de implementación. ....	122
4.6.4 Gastos de mantenimiento. ....	123
4.6.5 Inversión Total Estimada. ....	124
4.6.6 Tiempo de recuperación de la inversión. ....	125
4.7 Análisis de influencia con el entorno. ....	126
4.8 Comprobación de hipótesis. ....	127
CONCLUSIONES .....	129
RECOMENDACIONES .....	131
BIBLIOGRAFÍA.....	132
ANEXOS.....	137

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLAS</b>	<b>Pág.</b>
Tabla 1.1. Conceptualización tipos energía renovables. ....	17
Tabla 1.2. Tipología del recurso geotérmico .....	29
Tabla 1.3. Sistemas geotérmicos de captación de muy baja y baja entalpía.....	31
Tabla 1.4. Tipología del recurso fotovoltaico según potencia entregada.....	43
Tabla 1.5. Parámetros iniciales de dimensionamiento fotovoltaico.....	44
Tabla 1.6. Dimensionamiento físico e implementación.....	46
Tabla 2.1. Operacionalización de la variable dependiente.....	53
Tabla 2.2. Operacionalización de la variable independiente.....	54
Tabla 2.3 Parámetros climáticos de la ciudad de Ambato .....	56
Tabla 2.4. Causas de reducción del potencial de radiación solar fotovoltaica.....	62
Tabla 2.5. Parámetros investigativos del recurso geotérmico de baja entalpía.....	65
Tabla 2.6. Técnicas e instrumentos investigativos .....	68
Tabla 3.1. Estudio probabilístico de exactitud de la medición fotovoltaica .....	73
Tabla 3.2. Insolación por radiación directa – Octubre 2014.....	74
Tabla 3.3. Insolación por radiación directa – Noviembre 2014.....	76
Tabla 3.4. Insolación por radiación directa – Diciembre 2014.....	77
Tabla 3.5. Insolación por radiación directa – Enero 2015 .....	78
Tabla 3.6. Insolación por radiación directa – Febrero 2015 .....	79
Tabla 3.7. Insolación por radiación directa – Marzo 2015 .....	81
Tabla 3.8. Insolación por radiación difusa – Octubre – Marzo.....	83
Tabla 3.9. Radiación global promedio - Oct/14 – Mar/15 .....	84
Tabla 3.10. Demanda promedio Centro Educativo “Latinoamericano” .....	85
Tabla 3.11. Cargas en Corriente Alterna.....	86
Tabla 3.12. Corriente pico del módulo.....	86
Tabla 3.13. Estudio probabilístico de la medición geotérmica de baja entalpía ...	89
Tabla 3.14. Promedio de Conductividad Térmica Local Octubre - 2014 .....	91
Tabla 3.15. Promedio de Conductividad Térmica Local Noviembre - 2014.....	91
Tabla 3.16. Promedio de Conductividad Térmica Local Diciembre - 2014 .....	92
Tabla 3.17. Promedio de Conductividad Térmica Local Enero - 2015 .....	92

Tabla 3.18. Promedio de Conductividad Térmica Local Febrero - 2015.....	93
Tabla 3.19. Promedio de Conductividad Térmica Local Marzo - 2015.....	93
Tabla 3.20. Promedio de Conductividad Térmica Local Final .....	94
Tabla 3.21. Promedio de Conductividad Térmica Local Final .....	97
Tabla 3.22. Características muro de fachada 1. ....	99
Tabla 3.23. Características muro de fachada 1. ....	99
Tabla 3.24. Características muro de fachada 3. ....	100
Tabla 3.25. Características muro de fachada 4. ....	100
Tabla 3.26. Características cubierta con aire. ....	100
Tabla 3.27. Características suelo con terreno.....	100
Tabla 3.28. Características partición vertical 1.....	101
Tabla 3.29. Características partición vertical 2.....	101
Tabla 3.30. Características instalaciones del edificio .....	101
Tabla 3.31. Necesidades energéticas de calefacción.....	102
Tabla 4.1. Valores iniciales de emplazamiento.....	109
Tabla 4.2. Dimensionamiento sistema de módulos fotovoltaicos.....	110
Tabla 4.3. Dimensionamiento de sistema banco de baterías.....	110
Tabla 4.4. Dimensionamiento del sistema de inversor y unidad de control .....	110
Tabla 4.5. Características de transmisión de calor en fluidos tipo. ....	112
Tabla 4.6. Características de tubo tipo para instalación geotérmica .....	113
Tabla 4.7. Definición de categorías y criterios de ponderación.....	115
Tabla 4.8. Selección de módulos fotovoltaicos.....	116
Tabla 4.9. Selección de baterías sistema fotovoltaico.....	116
Tabla 4.10. Selección de inversor sistema fotovoltaico.....	117
Tabla 4.11. Selección de UC sistema fotovoltaico. ....	117
Tabla 4.12. Selección de tuberías sistema geotérmico (Polietileno).....	118
Tabla 4.13. Selección de Bomba de Calor Geotérmica. ....	118
Tabla 4.14. Elementos constitutivos del sistema energético.....	119
Tabla 4.15. Gastos de adquisición sistema híbrido (en USD).....	121
Tabla 4.16. Gastos de montaje e instalación del sistema (en USD).....	122
Tabla 4.17. Gastos de personal de implementación (en USD) .....	123
Tabla 4.18. Gastos de mantenimiento (en USD).....	124

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>GRÁFICOS</b>	<b>Pág.</b>
Gráfico 1.1. Tipos de fuentes de energía renovables y no renovables.....	15
Gráfico 1.2. Tipos de fuentes de energía renovables y no renovables.....	17
Gráfico 1.3. Proyecciones de reducción de contaminación 2020 - 2035.....	19
Gráfico 1.4. Ciclo de gestión orgánico y eficiencia energética.....	20
Gráfico 1.5. Esquematación del sistema geotérmico abierto.....	22
Gráfico 1.6. Utilización de vapor saturado y agua caliente superficial.....	22
Gráfico 1.7. Conformación de la estructura geotérmica del planeta.....	24
Gráfico 1.8. Sistemas geotérmicos de Larderello.....	25
Gráfico 1.9. Usos y aplicabilidad de la energía geotérmica.....	27
Gráfico 1.10. Sistemas de generación y calefacción geotérmica directa.....	28
Gráfico 1.11. Diagrama del flujo de energía del Sol (en Terawatios/año).....	33
Gráfico 1.12. Aplicabilidad del recurso solar energético.....	35
Gráfico 1.13. Celdas solares y paneles fotovoltaicos.....	36
Gráfico 1.14 Estructura de la célula solar.....	37
Gráfico 1.15 Constitución de un módulo fotovoltaico.....	39
Gráfico 1.16 Elementos de una instalación solar fotovoltaica.....	41
Gráfico 2.1 Elementos de una instalación solar fotovoltaica.....	55
Gráfico 2.2 Insolación directa anual Tungurahua.....	57
Gráfico 2.3 Insolación difusa anual Tungurahua.....	57
Gráfico 2.4 Insolación global promedio anual Tungurahua.....	58
Gráfico 2.5 Estado de las zonas con interés geotérmico zona centro Ecuador.....	59
Gráfico 3.1 Insolación por radiación directa – Oct/14 (Horarios 1F – 5F).....	75
Gráfico 3.2 Insolación por radiación directa – Oct/14 (Horarios 6F – 10F).....	75
Gráfico 3.3 Insolación por radiación directa – Nov/14 (Horarios 1F – 5F).....	76
Gráfico 3.4 Insolación por radiación directa – Nov/14 (Horarios 6F – 10F).....	76
Gráfico 3.5 Insolación por radiación directa – Dic/14 (Horarios 1F – 5F).....	77
Gráfico 3.6 Insolación por radiación directa – Dic/14 (Horarios 6F – 10F).....	78
Gráfico 3.7 Insolación por radiación directa – Ene/15 (Horarios 1F – 5F).....	79

Gráfico 3.8 Insolación por radiación directa – Ene/15 (Horarios 6F – 10F) .....	79
Gráfico 3.9 Insolación por radiación directa – Feb/15 (Horarios 1F – 5F).....	80
Gráfico 3.10 Insolación por radiación directa – Feb/15 (Horarios 6F – 10F).....	80
Gráfico 3.11 Insolación por radiación directa – Mar/15 (Horarios 1F – 5F).....	81
Gráfico 3.12 Insolación por radiación directa – Mar/15 (Horarios 6F – 10F).....	81
Gráfico 3.13 Variación de radiación global promedio – Oct/14 – Mar/15 .....	84
Gráfico 3.14 Variación de conductividad térmica local – Oct/14 – Mar/15 .....	94
Gráfico 3.15 Conductividad térmica vs Extracción de calor específico .....	96
Gráfico 3.16 Características de emplazamiento inicial.....	98
Gráfico 3.17 Componentes característicos de edificación. ....	98
Gráfico 3.18 Calificación energética obtenida.....	99
Gráfico 4.1 Configuración de captación vertical. ....	119
Gráfico 4.2 Esquemmatización captador vertical geotérmico. ....	120
Gráfico 4.3 Emisor térmico de pared de 9 elementos (columnas) .....	120

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADOS**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**TÍTULO:**

**“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE RADIACIÓN SOLAR Y GEOTÉRMICO DE BAJA ENTALPÍA EN EL CENTRO EDUCATIVO “LATINOAMERICANO” DE LA CIUDAD DE AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA, DURANTE EL PERÍODO 2014 - 2015. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ENERGÉTICO HÍBRIDO SOLAR Y GEOTÉRMICO PARA USO DE CONSUMO ELÉCTRICO Y CALEFACCIÓN.”**

**Autor: Ing. Fernando Javier Ortiz Bonilla.**

**Tutor: PhD. Iliana Gonzales.**

**RESUMEN**

La presente investigación se encuentra direccionada principalmente hacia el estudio inicial de evaluación del potencial de captación solar fotovoltaico y geotérmico de baja y muy baja entalpía, con la finalidad de poder establecer una proyección de implementación de los sistemas basándose en un análisis de viabilidad dentro del emplazamiento correspondido por el centro educativo “Latinoamericano” de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua. Para comprensión definitiva del fenómeno se realizó una investigación de información teórica, así como de antecedentes investigativos previos, que de forma conjunta con un marco metodológico y la utilización de instrumentación especial permitió concebir la idea clara de captación de los sistemas anteriormente mencionados. Finalmente se establece un marco propositivo con selección ponderada de tecnología específica, de acuerdo a una relación paramétrica y estudio de factibilidad con respecto a la vida útil de la tecnología para la toma de decisiones final de introducción física de los sistemas de producción energética híbrida.

**DESCRIPTORES: Captación Solar Fotovoltaica, Geotermia de Baja y muy Baja Entalpía, Producción Energética Híbrida.**

**COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY  
POST DEGREES UNIT**

**ENERGY MANAGMENT MAESTRY**

**TITLE:**

**“SOLAR AND LOW ENTHALPY GEOTHERMAL POTENTIAL POWER EVALUATION LOCATED AT “LATINOAMERICANO” EDUCATION CENTER IN AMBATO CITY, TUNGURAHUA PROVINCE, DURING THE PERIOD 2014 – 2015. DESIGN OF AN HYBRID ELECTRIC SYSTEM FROM SOLAR AND LOW ENTHALPY GEOTHERMAL POWER RESOURCES FOR ELECTRICAL AND HEATING CONSUMPTION”**

**Author: Ing. Ortiz Bonilla Fernando Javier.**

**Tuthor: PhD. Iliana Gonzales.**

**ABSTRACT**

The present research was made mainly for study initial evaluation study of the solar photovoltaic captation and low enthalpy geothermal potential power, in this case to establish implementation projections based on availability of resources inside the site where is built the “Latinoamericano” education center, located in Ambato, Tungurahua. For the entire comprehension of the phenomenon, the researcher realized a theoretical research, in addition of the research background, along with a methodological structure and the use of special instrumentation to conceive the main idea of the energetic catchment previously established. Finally, there is elaborated a proposal, selecting the technology according to a parametric relation and a feasibility study according to their useful life in order to take decisions for the physical introduction of an hybrid electric and heating system.

**DESCRIPTORS: SOLAR ENERGY, LOW AND VERY LOW ENTHALPY GEOTHERMAL POWER, HYBRID ENERGY PRODUCTION.**

## INTRODUCCIÓN

Desde una época no muy reciente, la preocupación global por la disminución de la contaminación ambiental y el mejor uso de las fuentes energéticas presentes en el planeta ha conllevado que tanto las naciones como las organizaciones mundiales propongan el desarrollo de planes de eficiencia en su consumo y utilización a partir de sistemas de sostenibilidad del recurso energético, es así que este término “sostenibilidad” no fue tan usado anteriormente como lo es en estos tiempos.

Es de común conocimiento que la sociedad presente, al mantener características productivas por excelencia, se moviliza a un ritmo exponencial acelerado que sin un control en el uso de los recursos se direccionaría hacia nuevas catástrofes ambientales, problemas ecológicos, y un crecimiento incontable del calentamiento global, por lo que la propuesta indicada para evitar este deterioro es el aprovechamiento de los recursos naturales, tanto renovables como no renovables, de manera correcta como paso importante para la reversión del proceso del cuadro expuesto.

A partir de la premisa anterior, y haciendo referencia a lo expuesto por la organización (FINDER, 2008), dentro de las acciones que pueden ser realizadas está el uso de fuentes de energía renovable. Las fuentes renovables utilizan recursos naturales considerados inagotables por su capacidad para regenerarse, como: el Sol (energía solar), el viento (energía eólica), los ríos y corrientes de agua dulce (energía hidráulica), los mares y océanos (energía mareomotriz y energía undimotriz), materias orgánicas (biomasa) y el calor de la Tierra (energía geotérmica).

La dependencia a los medios de energía fósiles ha provocado que, al ritmo actual de extracción, las reservas de carbón duraran 1500 años, las de gas natural unos 120 años y de petróleo no menos de 60 años, situación alarmante para una maquinaria global dependiente del recurso energético, cuya mentalidad a futuro es

el desarrollo de proyectos que amplíen en gran medida estos límites de tiempos, y reduzcan la dependencia a este tipo de recursos. A corto plazo, tal como lo señala (Santamarta, 2004), la prioridad es incrementar la eficiencia energética, pero ésta mantiene unos límites económicos y termodinámicos, por lo que a largo plazo sólo el desarrollo de las energías renovables permitirá resolver los grandes retos de futuro.

En el presente proyecto se expondrán temas como la viabilidad de proyecciones y el potencial nivel de captación de los recursos de radiación solar fotovoltaico y geotérmico de baja entalpía, la presentación de los formatos tecnológicos actualmente utilizados, la medición del recurso energético y el incremento de producción y ahorro en el consumo energético previo a su implementación. Además, para concluir con este estudio, se establece un marco propositivo de implementación de un sistema energéticos híbrido solar y geotérmico para uso de consumo eléctrico y calefacción, dentro de los predios del emplazamiento del Centro Educativo “Latinoamericano” de la ciudad de Ambato, previo a análisis técnico propuestos durante el período 2014 – 2015.

La estructura de cada uno de los capítulos de los que está compuesta esta investigación se detallan de la siguiente manera:

Se indica un apartado inicial para denominación del problema, donde se detallan el planteamiento y formulación del mismo, su justificación y significación, así como los objetivos tanto general y específico, la hipótesis, su visión epistemológica, la factibilidad investigativa y finalmente su fundamentación legal.

En el Capítulo I, se señalan los antecedentes investigativos realizados anterior a la estructuración del presente proyecto, conjuntamente con el marco teórico necesario, donde se expresan todos los fundamentos científicos sobre energía renovable, la energía geotérmica de baja y muy baja entalpía y la energía solar fotovoltaica.

En el Capítulo II, se expresa el marco metodológico empleado para llevar a cabo el análisis investigativo, indicando su modalidad, tipo y diseño, señalando además las variables tanto dependiente como independiente, con su respectiva operacionalización, terminando con un estudio característico zonal, factores de influencia, población y muestra, y la parametrización y validación hacia la recolección y análisis de la información geotérmica y solar fotovoltaica tomada por instrumentación.

En el Capítulo III, se presenta el análisis e interpretación de resultados obtenidos, empezando con el tratamiento de datos de radiación solar fotovoltaica, la radiación directa, radiación difusa y la respectiva global promedio del emplazamiento durante el tiempo empleado, complementando el capítulo con el tratamiento de datos geotérmicos de baja y muy baja entalpía, su parametrización inicial, la conductividad térmica local, el calor geotérmico aprovechable y la potencia de calefacción requerida.

En el Capítulo IV, se plantea un marco propositivo hacia la solución de la problemática visualizada, mediante una configuración de un sistema de generación híbrido solar fotovoltaico y geotérmico de baja y muy baja entalpía, validándola con un estudio de factibilidad económica, técnica y de análisis de influencia con el entorno, para concluir con la comprobación de la hipótesis central del investigador.

La documentación termina su exposición con una serie de conclusiones obtenidas del desarrollo de la investigación, así como con la formulación de varias recomendaciones que pueden ser posteriormente el punto de partida para próximas indagaciones sobre el tema expuesto, adhiriendo al documento final una serie de anexos complementarios para la comprensión final de su estructura.

## INTRODUCCIÓN

### EL PROBLEMA

#### **Planteamiento del problema.**

En la actualidad, dentro de un mundo cuya globalización conlleva aspectos positivos de desarrollo, también representan elementos negativos, como la necesidad de una administración eficiente de la energía a nivel global. Desde una perspectiva macro, la evolución de las actividades productivas internacionales ha permitido que, de forma paralela, se establezcan marcos globales de protección de la naturaleza, la reducción del consumo de la energía proveniente de fuentes fósiles, y fomentando la introducción de las energías renovables, como responsables de la eficiencia energética, no tan solo direccionada a proyectos de gran escala, sino de igual forma a medios de mediano y pequeño alcance.

Haciendo referencia a la definición expuesta por (Schallenberg, et al., 2008), el ahorro energético y la eficiencia energética se definen como el acto de efectuar un “gasto de energía menor del habitual”, es decir, consiste en reducir el consumo de energía mediante actuaciones concretas, pero manteniendo el mismo nivel de confort. En este caso, tal como lo detalla de igual forma (Schallenberg, et al., 2008), tanto la captación solar fotovoltaica y geotérmica de baja entalpía representan una gran oportunidad de solución, donde la generación de electricidad solar se produce durante el día, coincidiendo con las horas punta de consumo en muchos edificios, y se obtiene en el propio lugar de consumo, disminuyendo las pérdidas en concepto de transporte y distribución de energía. Desde el punto de vista geotérmico, se produce a partir de la cantidad de energía almacenada por la superficie de la Tierra, la misma que mediante procesos físicos y termodinámicos, es manejada y transportada a medios de calefacción de alta eficiencia.

En el Ecuador, si bien es cierto que durante los últimos años tanto los gobiernos nacionales, locales, como regionales han ido estructurando un marco legislativo y de apoyo a la introducción de los medios de energía renovables, no

pasan de ser solamente una normativa que no garantiza el uso de los mismos. Desde un punto de vista micro, en la ciudad de Ambato, caracterizada por la irregularidad de su superficie, está representada por ser una de las principales ciudades del centro del Ecuador, con la mayor cantidad de centros educativos, tanto particulares como fiscales, con edificaciones de gran envergadura, las mismas que trabajan en jornadas tanto en la mañana, tarde y en muchas de ellas en la noche. Estas actividades, por requerir la mayor cantidad de luminosidad para el confort del estudiante, conllevan a la utilización del recurso energético proveniente de la red eléctrica nacional de manera constante.

La manutención de estas edificaciones por el uso de electricidad proveniente de fuentes de energía convencionales ocasiona un alto consumo local de esta fuente, cuya cifra promedio mensual es aproximadamente de 18381,67 kWh en los meses de funcionamiento regular correspondiente al ciclo lectivo, con un equivalente de emisiones de  $CO^2$  anuales de 67174 kg, además del pago excesivo de las tarifas por los proveedores, con un valor económico cercano a los 1500 dólares cada mes, sin tomar en cuenta el gasto innecesario que produce el hecho que la energía en la nación ecuatoriana mantiene un subsidio en su valor por kWh. Es a partir de esta premisa que, tal como lo indica (FER, 2011), es necesaria la transición hacia un modelo económico y una estrategia energética sostenible necesita un cambio en la cultura del uso de la energía desde la actual de mayor consumo posible a otra de ahorro y cero emisiones. La racionalización en el uso de la energía exige otra educación y forma de pensar y entender el consumo energético.

### **Formulación del problema.**

En el caso de estudio, a partir de la contextualización específica del problema de nivel macro, meso y micro, el Instituto Educativo “Latinoamericano” al realizar sus actividades dentro de un ambiente frío como el que se desarrolla en la ciudad de Ambato, donde las temperaturas a primeras horas de la mañana son extremadamente frías, necesita introducir un sistema de climatización para sus instalaciones, siendo la energía geotérmica de baja entalpía una solución viable

debido a los terrenos circundantes que posee. Bajo esta perspectiva, (Llopis & Rodrigo, 2012) apuntan de forma técnica que, las grandes diferencias de temperatura entre la superficie de la Tierra y las existentes en su interior originan un flujo continuo de calor hacia la superficie, estimándose que la energía que llega cada segundo a la superficie terrestre, en forma de calor, por conducción, convección y radiación, representa sólo el 2% del volumen total del planeta, pero que si bien es un porcentaje un poco pequeño, visualizándolo desde la perspectiva del tamaño total de la Tierra es representativo. Además actualmente, gracias a una variedad de medios técnicos, es posible extraer esta energía de la corteza terrestre de forma eficiente y transformarlo en energía eléctrica, o usarlo directamente para calefacción humana o animal, y en procesos industriales y agrícolas.

Además, al mantener una estructura física de mediano tamaño, en búsqueda de reducir los gastos innecesarios por el uso de la electricidad convencional, necesita introducir una fuente energética más amigable con el ambiente, además de ser relativamente constante en el tiempo, representando una reducción de gastos económicos considerables para la institución. Es así que al ser escogidas estas tipologías de energía, tal como lo detalla (Merino, 2008), las energías renovables son inagotables. Utilizar la radiación solar para producir calor o electricidad no disminuye en ningún caso la cantidad de energía que el Sol envía a la Tierra, siendo factible su aplicación.

Una vez especificado de forma clara y concisa el desarrollo de la problemática observada, se barajan una serie de formas de solución para analizar la viabilidad de captación energética potencial de las instalaciones educativas de alta envergadura, como la representada por el Centro Educativo “Latinoamericano”. Una de las que derivan de este análisis es la implementación de medidas de captación de tipo solar fotovoltaicas y de energía geotérmica de baja entalpía, cuyos focos de presencia son muy elevados en la zona del emplazamiento, por su cercanía con zonas de alta actividad sísmica y de generación de viento de mediana y alta velocidad.

Cabe resaltar en este punto inicial de la investigación, que dependiente de la problemática inspeccionada, el no aprovechamiento de los recursos energéticos renovables no convencionales mencionados anteriormente conllevaría a la manutención de un alto costo de mantenimiento de la estructura educativa, más aún si fueran retirados los subsidios propuestos y aplicados por el gobierno nacional durante muchos años. Por tal razón, y en vísperas de la necesidad de mejorar sustancialmente el hecho de utilización y aplicación de metodologías de uso de tecnologías más amigables con el planeta, la presente investigación se realizó en las inmediaciones del Centro Educativo “Latinoamericano”, ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, en la que sus características propias de emplazamiento, y mediante la aplicación de instrumentación, se facilitó la medición de los recursos solares fotovoltaicos y geotérmicos de baja entalpía para fines de producción eléctrica y calefacción.

Queda claro entonces la necesidad objetiva de un análisis teórico técnico para el establecimiento de la utilización de energías renovables no convencionales, específicamente de origen solar fotovoltaico de y geotérmico de baja entalpía, y así determinar una solución efectiva que reduzca el alto consumo de energía eléctrica convencional, con la reducción del pago económico excesivo en las planillas consecuente del establecimiento.

### **Objeto De Investigación y campo de acción.**

**Objeto de Investigación:** Estudio del sistema de generación híbrida, radiación solar y geotérmico de baja entalpía en el centro educativo “Latinoamericano”

**Campo de acción:** Energía Solar Fotovoltaica – Geotérmica de baja entalpía

## **Justificación y significación.**

El principal interés del presente estudio de evaluación de generación energética a partir de fuente de energía renovables no convencionales, como es el caso de la captación solar fotovoltaica, y la producción a partir del origen calorífico geotérmico de baja entalpía, es poder identificar en un inicio las cualidades que se presentan en el emplazamiento seleccionado así como, a partir de una base bibliográfica, científica y técnica, poder elaborar un análisis de implementación y factibilidad de la introducción de proyectos de generación de esta tipología, como medio de ahorro y eficiencia energética.

Además, la utilidad teórica de este análisis persigue la recolección de una gran cantidad de información de tipo bibliográfica – técnica de carácter innovador disponible tanto sobre generación a partir de fuentes solar fotovoltaica y geotérmica de baja entalpía, para comprobar teorías como la expuesta por (IEC, 2012) que detallan que su introducción sirve para eliminar la dependencia con respecto a los combustibles fósiles, para combatir el calentamiento global y para elevar el nivel de vida de las poblaciones en los países en desarrollo.

La novedad científica, en paralelo a la relevancia social que representa este proyecto, se basa en que se profundizarán en nuevos avances de generación compartidos, de igual forma que se detallarán innovadores sistemas de control, estructuras de generación, elementos constructivos y se actualizarán la teoría mediante una serie de técnicas de investigación como la observación del fenómeno y su afcción a la sociedad en general, en paralelo a lo presentado por (IPCC, 2011) que aseguran que, los datos recientemente obtenidos confirman que el consumo de combustibles de origen fósil representan la mayor parte de las emisiones mundiales de GEI de origen antropogénico.

Desde la perspectiva del desarrollo, análisis e introducción de estos sistema, el estudio se apoya principalmente en el soporte científico obtenido mediante el desarrollo de un marco teórico exacto y específico en los temas pertinentes al

desarrollo, conjuntamente con el apoyo de profesionales y tutores especializados en las áreas por analizar y su implementación, prevaleciendo además la consideración por una mínima afección ambiental

## **Objetivos.**

### **Objetivo General.**

- Evaluar el potencial de radiación solar y geotérmica de baja entalpía mediante la incorporación de equipos tecnológicos de energía para realizar el análisis de implementación de un sistema de consumo eléctrico y calefacción, en el centro educativo “Latinoamericano”

### **Objetivos Específicos**

- Realizar una revisión bibliográfica específica de los medios de captación de tipo solar fotovoltaica y de tipo geotérmica de baja entalpía, sus niveles de aportación energética, la metodología de funcionamiento en hibridación, además de identificar propiamente la tecnología, la factibilidad de implementación, y el estudio económico, social y ambiental de afección.
- Analizar la viabilidad del sistema de radiación solar fotovoltaica y su aportación al conjunto híbrido final fotovoltaico – geotérmico de baja entalpía en el centro educativo “Latinoamericano” con energía limpia que contribuirá con el medio ambiente y un sistema más amigable con la naturaleza
- Analizar el potencial energético del sistema complementario de captación geotérmica y su aportación a la generación eléctrica y de calefacción al conjunto híbrido final fotovoltaico – geotérmico de baja entalpía.

- Realizar la evaluación y selección de la tecnología adecuada para el sistema de generación híbrido fotovoltaico – geotérmico, mediante una propuesta de simulación para su validación técnica e impacto.

### **Hipótesis.**

La evaluación del potencial de radiación solar y geotérmico de baja entalpía en el centro educativo “Latinoamericano” de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, permitirá la sustitución de energía convencional por energía alternativa que contribuirá con la protección del ambiente circundante de un sistema energético híbrido solar y geotérmico para uso de consumo eléctrico y calefacción.

### **Visión epistemológica.**

Desde la perspectiva continua de la productividad dentro de las instituciones y centros educativos de gran envergadura, se evidencia un alto consumo energético y gran dependencia de las fuentes de energía convencionales, cuyo origen es combinado de parte fósil (petróleo) y generación hidroeléctrica, lo que conllevaría a la consecución de una serie de problemas continuos de forma directa e indirecta, involucrados directamente con la prognosis específica de la problemática observada, donde si no se aplican las medidas de utilización de medios solares fotovoltaicos y geotérmicos de baja entalpía, la sostenibilidad de las instalaciones educativas de gran tamaño se verían afectadas totalmente.

Concretamente, a partir de la relación de causa y efecto propuesto por esta investigación a partir de las necesidades recabadas dentro del emplazamiento, es de prioridad mayoritaria la selección y utilización de tipos de energía alternativas no convencionales, siendo las de mayor presencia en la ciudad de Ambato las de origen solar fotovoltaico y geotérmico de baja entalpía, permitiendo un mayor aprovechamiento y explotación generalizada por sus características renovables,

disminuyendo así de forma gradual la dependencia únicamente de la red eléctrica nacional, con las desventajas productivas que representa.

Es importante indicar nuevamente la potencialidad que existe del recurso solar fotovoltaico y geotérmico de baja entalpia, debido en gran medida a las características orográficas del sector, la altitud que mantiene sobre el nivel del mar, la cercanía a fuentes volcánicas y la proximidad que mantiene con fallas tectónicas, cuya liberación de energía mejorarían la captación energética proveniente del suelo, que conjuntamente con el tipo de suelo y los medios solares fotovoltaicos incrementan en gran nivel la aplicabilidad de la investigación.

Especificando las ventajas de desarrollo de la presente investigación, bajo merecimiento de la visión epistemológica, se evidencia una reducción de consumo energético en gran medida, con las utilidades económicas que esto representa para las instituciones educativas y demás estructuras de gran envergadura con similares características, provocando así en el emplazamiento el inicio de un cambio de actitud en la aplicación de medidas de uso energético por fuentes renovables, y reduciendo la contaminación ambiental, tanto aguas abajo como aguas arriba.

En la actualidad, la utilización de los recursos energéticos ha venido experimentando un incremento sustancial debido a la cantidad de actividades productivas que consumen este bien energético, sin tomar en cuenta que la dependencia del bien eléctrico provenientes de fuentes fósiles y renovables convencionales provocan una huella de contaminación muy importante en el planeta, así como una disminución en la eficiencia energética global del sistema e incrementan la necesidad de nuevas plantas productoras de energía.

En conclusión, desde el punto de vista del enfoque epistemológico, el presente estudio pretende formular el punto inicial hacia la conformación de un sistema híbrido cuya metodología de captación por medio del aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica y geotérmica de baja entalpía, constituyendo un medio más eficiente y menos contaminante de producción de energía, con lo que se

podría expandir esta estructura a varios modelos de generación tanto a nivel local, provincial y con el apoyo gubernamental y de la empresa a nivel nacional.

### **Factibilidad de la investigación.**

El apoyo argumentativo de factibilidad anexo a este proyecto investigativo se realiza bajo los parámetros establecidos por los valores económicos de introducción de la tecnología, limitándose a medios físicos como el terreno aplicable, la extensión de los medios de captación, los requerimientos de compatibilidad con las edificaciones del entorno, así como el costo de herramientas de instalación, capacitación del personal de servicio, el mantenimiento por tiempo útil dispuesto por el fabricante, entre otros parámetros.

De manera conjunta a el estudio de factibilidad, se indica la relación de costo beneficio, donde se expone la recuperación de la inversión, el ahorro económico a partir de la reducción de consumo y mejora de sistema, así como el Valor Actual Neto propio del sistema, lo que además indicaría de forma directa la factibilidad del estudio de implementación, corroborando la hipótesis planteada.

Es dentro de la identificación de relación explícita donde se establece el impacto que produciría a la institución educativa la implementación de un sistema de generación híbrido solar fotovoltaico – geotérmico de baja entalpía en sus predio físicos, tanto como medio de mejoramiento del uso del recurso energético, como también de manera indirecta como elemento pedagógico para las futuras generaciones de formación educativa.

Como indicador adicional de la factibilidad del presente estudio técnico investigativo se presenta el impacto medioambiental, bajo especificación primero de la reducción de consumo y dependencia del recurso energético actual, proveniente de fuente hidroeléctrica y termoeléctrica conjunta, posterior a la medición del nivel de captación del recurso solar fotovoltaico – geotérmico de baja entalpía. Aun cuando la percepción del impacto medio ambiental no se ve

reflejada como objetivo principal de este estudio, la afección de compatibilidad con el entorno circundante, la protección con la vegetación y la calidad del suelo, así como la no interferencia con las cualidades externas de comunicaciones y otros ítems de funcionamiento dentro del establecimiento, se pronunciarán para poder dar una idea de validación importante de la metodología utilizada.

Finalmente, la factibilidad del presente proyecto se encuentra fundamentado en la posibilidad de solución hacia la problemática identificada de la utilización del bien energético solar fotovoltaico y geotérmico de baja entalpía, cuya comprensión de la tecnología y conceptos se encuentra en una etapa madura para poder hacer uso dentro de proyectos de generación eléctrica y aprovechamiento energético en medios de calefacción.

### **Fundamentación Legal**

Dentro del aspecto normativo – legal, el desarrollo del presente proyecto se ve inmerso bajo determinación de la Constitución de la República del Ecuador, la ley del régimen del sector eléctrico, el reglamento de despacho y operación del sistema Interconectado Nacional (SIN) y una serie de regulaciones y reformas realizadas bajo los estatutos del Consejo Nacional de Electricidad CONELEC.

### **CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR**

“**Artículo 15.-** El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.”

“**Artículo 413.-** El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en

riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua”.

## **LEY DEL RÉGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO**

**(10 de Octubre 1996, Capítulo IX)**

“**Artículo 63.-** El Estado fomentará el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales a través de los organismos públicos, la banca de desarrollo, las universidades y las instituciones privadas.

El CONELEC asignará con prioridad fondos del FERUM a proyectos de electrificación rural a base de recursos energéticos no convencionales tales como energía solar, eólica, geotérmica, biomasa y otras de similares características”.

## **LEY DEL RÉGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO**

**(10 de Octubre 1996, Capítulo XI)**

“**Artículo 67.-** Exonérese el pago de aranceles, demás impuestos adicionales y gravámenes que afecten a la importación de materiales y equipos no producidos en el país, para la investigación, producción, fabricación e instalación de sistemas destinados a la utilización de energía solar, eólica, geotérmica, biomasa y otras previo el informe favorable del CONELEC.

Exonérese del pago de impuesto sobre la renta, durante cinco años a partir de su instalación a las empresas que, con su inversión, instalen y operen centrales de producción de electricidad usando los recursos energéticos no convencionales señalados en el inciso anterior.”.

## REGULACIONES 008/08 Y 004/11 DE CONELEC

**Regulación 008/08 del CONELEC**, que fija los procedimientos para calificar los proyectos del FERUM, determina una reserva de 7,5% del presupuesto FERUM para las provincias fronterizas, Amazonía y Galápagos. Además, incluye que los proyectos con energías renovables podrán ser presentados por organismos de desarrollo ante el CONELEC, cuando dicho proyecto no pueda ser atendido mediante redes, ni ha sido considerado por la Empresa Distribuidora de Electricidad de la zona como un proyecto de energías no renovables.

**Regulación del CONELEC 004/11**, sobre el tratamiento para la energía producida con tecnologías basadas en recursos energéticos renovables no convencionales: eólica, biomasa, biogás, fotovoltaica, geotermia y centrales hidroeléctricas de hasta 50 MW de capacidad instalada. Cualquier interesado en desarrollar un proyecto que utilice fuentes renovables podrá solicitar el tratamiento preferente como generador no convencional, para lo cual tendrá que presentar al CONELEC los requisitos respectivos. Los precios establecidos en esta Regulación se garantizarán y estarán vigentes por un período de 15 años a partir de la fecha de suscripción del Título Habilitante, para todas las empresas que hubieren suscrito dicho contrato hasta el 31 de diciembre de 2012. El CENACE despachará de manera obligatoria y preferente toda la energía eléctrica que las centrales que usan recursos renovables no convencionales entreguen al sistema, hasta el límite del 6% de la capacidad instalada y operativa del SIN.

# CAPÍTULO I

## MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO.

### 1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

De acorde al direccionamiento de la investigación presentada, se obtuvieron una serie de proyectos predecesores cuyos antecedentes marcan un precedente importante en la conformación del presente estudio. En primera instancia se hace referencia al proyecto presentado por (Riera, 2014) denominado “Proyecto de aplicación de sistemas de energía geotérmica y solar en una vivienda unifamiliar aislada. Estudio y viabilidad económica”, donde el autor hace una proyección de la tecnología desde un punto de vista conjunto, además de implementar una metodología de simbiosis entre ambas tecnologías, en el término municipal de Ribarroja del Turia, Valencia.

Desde una perspectiva más específica, en el campo de la geotermia los autores (Egido & de Isabele, 2012), proponen un modelo de TRG y simulación dentro del proyecto “Sistema geotérmico de alta eficiencia energética en el edificio polivalente de la UAH”, donde en relación al presente estudio técnico hace una visualización efectiva de cómo los sistemas geotérmicos pueden ser implantados en actividades de generación y eficiencia energética de edificios de gran volumen. La medición expuesta es realizada mediante comparación por laboratorio y seguimiento por instrumentación específica para determinar el nivel de captación geotérmica.

Al ser un tema de desarrollo para proyecto por sistema de generación híbrido, el mejor antecedente técnico bibliográfico investigativo es dotado por los autores (Aranda & Ortego, 2011), con la publicación con título “Integración de energías renovables en edificios”, el mismo que genera una serie de hipótesis y metodologías para la correcta implementación y aplicación de tecnologías de obtención energética a partir de recursos renovables, tanto del tipo eólico, solar fotovoltaico, de biomasa, geotérmico de baja y mediana entalpía, entre otros.

A nivel local, la tesis expuesta por (Novoa, 2015), denominado “Planificación y modelación de sistemas de generación fotovoltaica como alternativa para la iluminación en edificaciones educativas”, provee un marco técnico aplicativo para la introducción de este tipo de tecnologías en los medios del emplazamiento físico de la institución donde se pretende conformar el proyecto, así como da el punto de partida para la elaboración de programas de seguimiento a la producción del bien eléctrico y la eficiencia energética a todo momento.

## **1.2 MARCO TEÓRICO**

### **1.2.1 Generalidades de la Energía Renovable.**

#### **a. La energía renovable y el nuevo modelo energético.**

La sociedad productiva actual ha presenciado en los últimos años una sustitución paulatina y progresiva del actual modelo energético basado en los combustibles fósiles por uno mucho más amigable con el medioambiente, además de ser inagotable, las energías renovables, que son la manera más limpia y respetuosa de obtención del recurso energético con el medio ambiente. El surgimiento de este nuevo modelo energético aparece a partir de la preocupación constante de la sociedad actual por el cambio de la configuración climática internacional y la disminución acelerada de los recursos fósiles, que hasta entonces proveían las fuentes energéticas suficientes.

Una de las grande ventajas que presenta este nuevo modelo energético a partir de los recursos renovables de energía, tanto convencional como no convencionales, es la erradicación de la inestabilidad de dependencia de países productores de petróleo y los conflictos que se originan entre las naciones por los requerimientos de este. De forma complementaria a lo expuesto, la (IEC, 2012) indica que, en 2006, una publicación de la Agencia Internacional de la Energía (World Energy Outlook 2006) estimó que la producción mundial de electricidad se duplicará en los próximos veinticinco años. Dentro de esta cifra, se espera que

la producción de energía renovable crezca en un 57%. Para lograr esto será indispensable que la eficiencia de la energía eléctrica mantenga bajos costos y una alta calidad de servicio.

La utilización masiva de la energía renovables estimula la disminución de la dependencia del uso del recurso energético a partir de los combustibles fósiles, la detención exponencial del calentamiento global y aumentar de forma sostenida la calidad de vida productiva de las naciones en crecimiento o etapas de desarrollo.

A lo expuesto por la (IEC, 2012), (Santamarta, 2004) indica que, bajo la denominación de energías renovables, alternativas o blandas, se engloban una serie de fuentes energéticas que a veces no son nuevas, como la leña o las centrales hidroeléctricas, ni renovables en sentido estricto (geotermia), y que no siempre se utilizan de forma blanda o descentralizada, y su impacto ambiental puede llegar a ser importante, como los embalses para usos hidroeléctricos o los monocultivos de biocombustibles. Actualmente suministran un 20% del consumo mundial (las estadísticas no suelen reflejar su peso real), siendo su potencial enorme, aunque dificultades de todo orden han retrasado su desarrollo en el pasado.

**Gráfico 1.1. Tipos de fuentes de energía renovables y no renovables**



Fuente: (EOI Escuela de Organización Industrial, 2014)

Tal como se especifica en el gráfico 1.1, a diferencia de la geotermia, las demás fuentes de energía renovable no convencional provienen directa o indirectamente de la participación del sol o de la presencia del viento en los emplazamientos, especificándose que de forma directa se la obtiene por presencia de la radiación fotovoltaica y la generación térmica por presencia del haz de luz en la tierra, mientras que de forma indirecta participa continuamente en la generación de energía eólica, hidráulica, mareas, olas y la generación de biomasa, entre otras.

(Santamarta, 2004) concluye que, sólo en los últimos cien años han sido superadas, primero por el empleo del carbón, y a partir de 1950 por el petróleo y en menor medida por el gas natural. La energía nuclear, con 441 centrales nucleares en 2003, con una potencia instalada de 360 GW, cubre una parte insignificante del consumo mundial, y a pesar de algunas previsiones optimistas, su papel será siempre marginal.

#### **b. Conceptualización y clasificación de la energía renovable.**

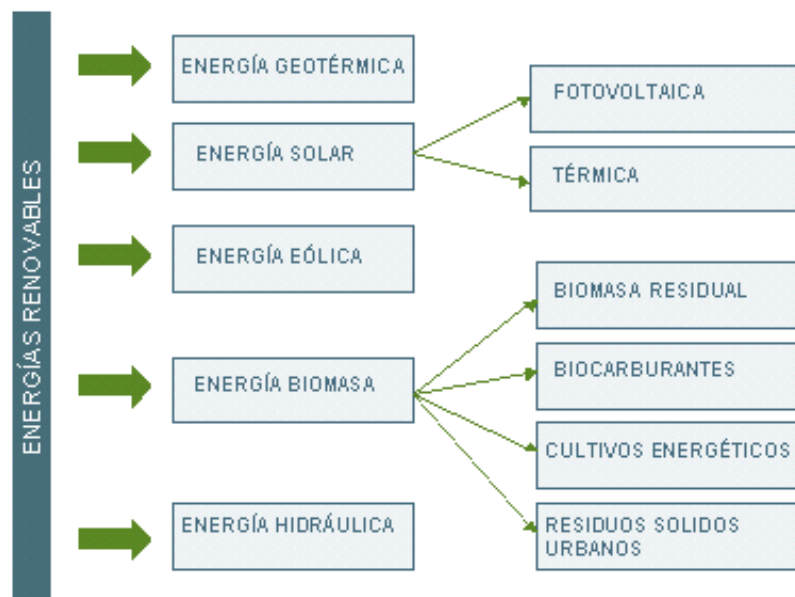
La conceptualización y definición de energía la señala como una fuente natural de aprovechamiento para la industria y la producción, la misma que parte de la aplicación de medios tecnológicos y recursos diversos asociados con la transformación de medios mecánicos en otros propios del uso dinámico de las actividades. Adicionalmente, la energía se entiende como el medio de nombramiento y capacidad de transformación de un medio de potencia en otro de similares características.

Para su clasificación, según (Sánchez, 2010), las fuentes de energía se clasifican en renovables y no renovables. Las energías no renovables son el petróleo, el gas natural y el carbón. Se las llama no renovables porque cuando se extrae estos combustibles de la tierra, no se los vuelve a reponer y su disponibilidad es cada vez menor. Se forman por la descomposición producida

durante millones de años de material orgánico en el interior de la tierra. La energía nuclear es también una fuente no renovable de energía.

La energía renovable como tal se origina de una serie de fuentes naturales, cuya clasificación y comprensión es muy amplia, y favorecen a la reducción de medios de producción de gases contaminantes destructivos para el ambiente, de esta forma la clasificación propia de la energía renovable se especifica en el gráfico No. 1.2 y su conceptualización en la Tabla No. 1.1

**Gráfico 1.2. Tipos de fuentes de energía renovables y no renovables**



Fuente: (Organización Foro Nuclear, 2014)

**Tabla 1.1. Conceptualización tipos energía renovables.**

TIPO DE ENERGÍA	CARACTERÍSTICAS
<b>Energía Geotérmica</b>	Se entiende por geotermia al calor almacenado en el interior de la tierra, por tanto la energía geotérmica es la que se deriva de este calor que es producido por la desintegración espontánea, natural y continua de los isótopos radioactivos que existen, en muy pequeña cantidad, en todas las rocas naturales.
<b>Energía Solar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Energía Fotovoltaica.</b> Se encarga de transformar</li> </ul>

directamente la radiación en electricidad gracias al efecto fotovoltaico.

- **Energía térmica.** Utiliza la capacidad directa de calentamiento del Sol.

**Energía Eólica** Es aquella energía que transforma la energía cinética del viento a través de máquinas eólicas.

**Energía Biomasa** La formación de biomasa es el modelo básico de captación y acumulación de energía solar por las especies vegetales verdes, seleccionado por la naturaleza a lo largo de un proceso evolutivo de más de 3000 millones de años, y que ha mantenido la vida en la Tierra hasta nuestros días.

**Energía Hidráulica** Es aquella energía que aprovecha la energía potencial que aparece en algunos puntos del ciclo evaporación – condensación del agua.

Fuente: (Picó, 2002)

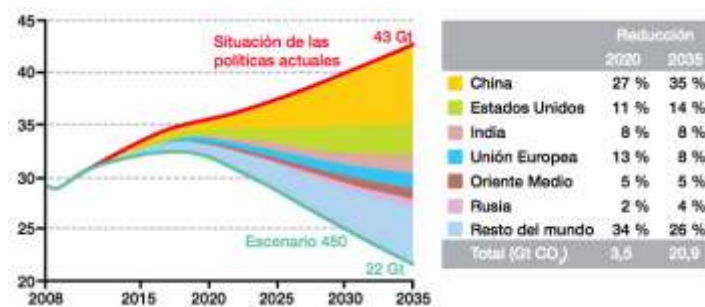
### **c. Eficiencia energética y vinculación con el medio ambiente.**

Se evidencia de forma clara que la eficiencia energética juega un papel muy importante dentro de la agenda productiva local, regional y nacional, sin embargo la comprensión de la eficiencia energética y cómo se vincula esta directamente con el medio ambiente aún no se encuentran sólidas conceptualmente.

Es así que, tal como lo apunta (Marchais, 2011), la eficiencia energética se consigue no solamente con la instalación de dispositivos de ahorro de energía, sino con una transformación de los medios de obtención de los mismos, donde además para conseguir un cambio permanente en la gestión de la energía con mediciones, supervisión y control de medios de captación, incluyendo las medidas de producción a partir de fuentes renovables.

Dentro de los planes de aplicación de la eficiencia energética se encuentra un factor muy importante de desarrollo, que se ve determinado por el impulso continuo en la necesidad que las medidas de eficiencia energética logren cumplimentar los ambiciosos objetivos para la reducción de las emisiones de carbono establecidos dentro del Protocolo de Kioto, firmado por una gran mayoría de naciones a nivel mundial, tal como se proyecta en el gráfico No. 1.3.

**Gráfico 1.3. Proyecciones de reducción de contaminación 2020 - 2035**



Fuente: (Marchais, 2011)

Si bien es cierto que, las proyecciones establecidas a nivel global para la reducción de la contaminación y protección del medio ambiente son representativamente alentadoras, la eficiencia energética comprende mucho más allá de tales propuestas. (Guzmán, 2010) especifica que:

**“El impacto que puede tener un uso más eficiente de la energía depende de las características de los sistemas de abastecimiento, transporte, transformación y uso de los recursos energéticos puestos en juego en una región o un país determinado, sean éstos locales o importados. Para identificar resultados también es importante contemplar la eficiencia energética de los equipos utilizados, las prácticas en el uso de los mismos, los comportamientos en el desarrollo de distintas actividades y las características climáticas.”**  
(p. 8)

Es decir que, a partir de la observación sobre el marco macro de energía y su uso eficiente en todos los campos, podría indicarse que el impacto real de este concepto en concreto se encuentra íntimamente relacionado con la matriz energética que mantenga cada nación, la matriz técnica sectorial de insumo y

producción local regional, las tecnologías de aplicación, la distribución espacial de la población, la formación académica e investigativa en los campos energéticos, la organización y apoyo gubernamental, entre otros aspectos; es decir que el grado de mejora e impacto sobre los recursos energéticos son variables, y dependen de una serie de factores individuales para cada emplazamiento.

De forma concreta, el ahorro y la eficiencia energética conforman el marco indicado para la propensión significativa de mejoras en el medio ambiente, especialmente en aspectos que involucran el calentamiento global. (Linares, 2009) adhiere que, si bien el ahorro energético no es crítico para la resolución de todos los problemas ambientales, sí es cierto que su contribución a algunos de ellos, como el cambio climático, es la más significativa. Para comprobar la importancia de esta relación, no hay más que observar el ciclo de gestión orgánico, demostrado en el gráfico No. 1.4., concluyente de los beneficios de la eficiencia energética y la protección medio ambiental.

**Gráfico 1.4. Ciclo de gestión orgánico y eficiencia energética**



Fuente: (Marchais, 2011)

## 1.2.2 La energía geotérmica de baja entalpía.

### a. Introducción a la energía geotérmica.

Cuando el agua subterránea, acorde al portal informativo (PlanetSeed, 2012), entra en contacto con rocas muy calientes debajo de la superficie terrestre, el agua

caliente puede subir a la superficie en forma de estructuras hidrotermales. El agua caliente puede surgir de la Tierra tal como el vapor y el agua caliente de un géiser. Puede escaparse a través de una pequeña grieta en la Tierra, como un chorro de vapor o fumarola. O bien, puede burbujear ligeramente en aguas termales.

Las aguas termales han sido usadas para cocinar y para bañarse durante miles de años. Esta tipología energética, denominada geotérmica, se define como aquella energía que proviene de la corteza terrestre, siendo esta superficial o a cierta profundidad, dependiendo el nivel de entalpía que se busca obtener. La mayor utilización y aplicabilidad que se direcciona hacia la geotermia es la producción de energía para medios locales, la utilización del vapor para la calefacción de hogares, la transformación de medios térmicos en útiles mecánicos, entre otros.

Esta tipología de energía suministra una serie de ventajas competitivas como fuente de energía renovable, siendo expuesta a continuación (PlanetSeed, 2012):

- La energía geotérmica proporciona una fuente confiable y totalmente renovable de electricidad y calor.
- Siempre está disponible, a diferencia de la energía solar o la eólica.
- Es renovable: la lluvia y el regreso del agua fría reemplazan el agua caliente y el vapor que expulsa la tierra.

No obstante, la energía geotérmica no soluciona por completo el problema de la emisión de CO<sub>2</sub>. Como se verifica en el Gráfico No. 1.5, las bombas que extraen el agua de la tierra utilizan electricidad. Sin embargo, el sistema de energía geotérmica reduce considerablemente la dependencia del uso de los combustibles fósiles.

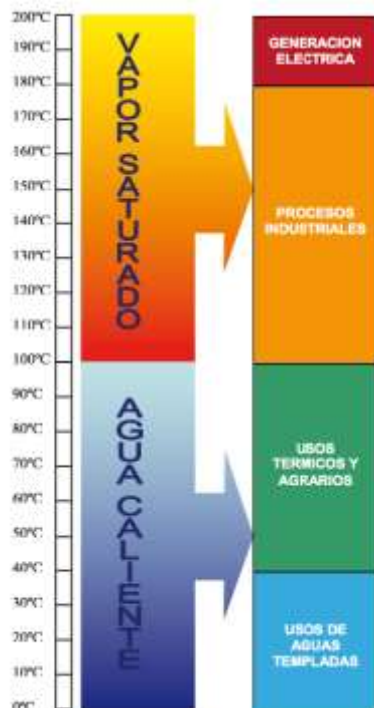
**Gráfico 1.5. Esquematzación del sistema geotérmico abierto**



Fuente: [www.terragua.es](http://www.terragua.es) (2013)

La utilización de la energía geotérmica, independiente de la entalpía que se produzca en el emplazamiento, no solamente tiene una mentalidad de generación eléctrica, sino que por otro lado puede ser utilizada en medios de producción y procesos industriales, usos térmicos y agrarios y usos de aguas templadas, tal como se señala en el gráfico 1.6.

**Gráfico 1.6. Utilización de vapor saturado y agua caliente superficial**



- Evaporación de soluciones altamente concentradas.
- Proceso de pulpa de papel tipo Kraft.
- Refrigeración por absorción.
- Secado de madera.
- Elaboración de productos.
- Secado de productos agrícolas.
- Destilación de agua pesada.
- Operaciones de descongelamiento.
  
- Generación de ciclos binarios.
- Usos en agricultura y ganadería.
- Calefacción domiciliaria.
- Balneología.
- Procesos de fermentación
  
- Piscicultura.

Fuente: (Secretaría de Energía, 2012)

## **b. Antecedentes y orígenes de captación.**

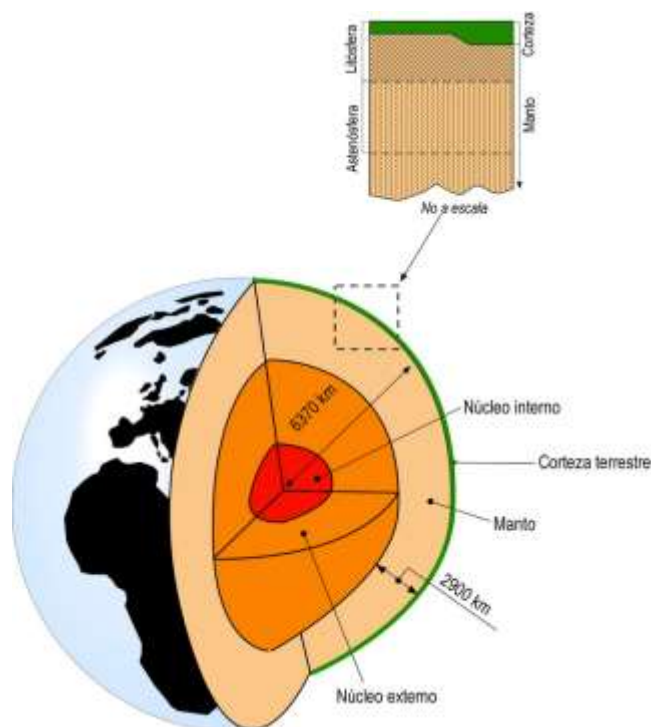
Según como lo establece (Dickson & Fanelli, 2013), la presencia de volcanes, fuentes termales y otros fenómenos termales debieron haber inducido a nuestros ancestros a suponer que partes del interior de la Tierra estaban calientes; sin embargo, no fue hasta un período entre los siglos XVI y XVII, cuando las primeras minas fueron excavadas a algunos cientos de metros de profundidad, que el hombre dedujo, por simple sensaciones físicas, que la temperatura de la Tierra se incrementaba con la profundidad.

Las primeras mediciones mediante termómetros fueron probablemente realizadas en 1740, en una mina cerca de Belfort, en Francia (Bullard, 1965). Hacia 1870, se utilizaron modernos métodos científicos para estudiar el régimen termal de la Tierra, pero no fue hasta el siglo XX, y el descubrimiento del calor radiogénico, que podemos comprender plenamente tal fenómeno como un balance térmico y la historia térmica de la Tierra. Todos los modelos termales modernos de la Tierra deben, en efecto, tomar en cuenta el calor continuamente generado por el decaimiento de los isótopos radioactivos de larga vida del Uranio (U238, U235), Torio (Th 232) y potasio (K40), presentes en la Tierra (Lubimova, 1968).

Además del calor radiogénico, en proporciones inciertas, están otras posibles fuentes de calor como ser la energía primordial de la acreción planetaria. Recién en los años 1980s, se dispuso de teorías realistas de estos modelos, cuando se demostró que no había equilibrio entre el calor radiogénico generado en el interior de la Tierra y el calor disipado al espacio desde la Tierra, y que nuestro planeta esta lentamente enfriándose. Para dar una idea del fenómeno involucrado y su magnitud, se cita un balance térmico de (Stacey & Loper, 1988), en el cual el flujo calórico total de la Tierra se estimó en  $42.10^{12}$  W (conducción, convección y radiación). De este total,  $8 \times 10^{12}$  W provienen de la corteza, la cual representa sólo el 2% del volumen total de la Tierra, pero que es rica en isótopos radioactivos;  $32.3 \times 10^{12}$  W provienen del manto, el cual representa el 82% del volumen total de

la Tierra y  $1,7 \times 10^{12}$  W provienen del núcleo, el cual corresponden al 16% del volumen total y no contiene isótopos radioactivos.

**Gráfico 1.7. Conformación de la estructura geotérmica del planeta**



Fuente: (Dickson & Fanelli, 2013)

Considerando que el calor radiogénico del manto se estima en  $22 \cdot 10^{12}$  W, la tasa de enfriamiento de esta parte de la Tierra es  $10,3 \cdot 10^{12}$  W. Estimaciones más recientes, basadas en un mayor número de datos, indican que el flujo calórico total de la Tierra es alrededor del 6% mayor que el estimado por (Stacey & Loper, 1988). Aun así, el proceso de enfriamiento es aún muy lento. La temperatura del manto ha disminuido en no más de 300 a 350°C en tres mil millones de años, quedando a unos 4.000°C en su base. Se ha estimado que el contenido total de calor de la Tierra, calculado a partir de una temperatura ambiente media estimada en 15°C, es del orden de  $12,6 \cdot 10^{24}$  MJ y que el contenido de calor de la corteza es de unos  $5,4 \cdot 10^{21}$  MJ (Armstead, 1983).

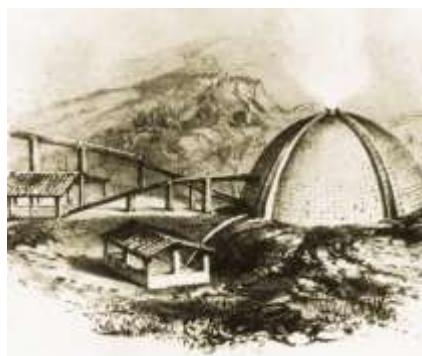
La energía térmica de la Tierra es por lo tanto inmensa, pero solo una fracción de ella podría ser utilizada por la humanidad. Hasta ahora la utilización de esta

energía ha estado limitada a áreas en las cuales las condiciones geológicas permiten un transporte (agua en la fase líquida o vapor), para “transferir” el calor desde zonas calientes profundas hasta o cerca de la superficie, dando así origen a los recursos geotérmicos; sin embargo, en el futuro cercano técnicas innovadoras podrían brindar nuevas perspectivas a este sector.

En muchos casos, las aplicaciones prácticas preceden a la investigación científica y a los desarrollos tecnológicos, la energía geotérmica es un buen ejemplo de esto. A comienzos del siglo XIX los fluidos geotermales fueron explotados por su contenido energético. En ese período se instaló en Italia una industria química (en la zona actualmente conocida como Larderello), para extraer el ácido bórico de las aguas calientes boratadas que emergían naturalmente o bien, de pozos perforados con ese objeto.

En 1827 Francisco Larderel, fundador de esta industria, desarrolló un sistema para utilizar el calor de los fluidos en el proceso de evaporación, en vez de quemar la madera de los bosques en rápido agotamiento.

### **Gráfico 1.8. Sistemas geotérmicos de Larderello**



Fuente: (Dickson & Fanelli, 2013)

La explotación del vapor natural por su energía mecánica empezó ese mismo tiempo. El vapor geotérmico se utilizó para elevar líquidos en primitivos elevadores por presión de gas y más tarde en bombas recíprocas y centrífugas y en poleas, todo lo cual fue utilizado en las perforaciones o en la industria local de

ácido bórico. Entre 1850 y 1875 la planta de Larderello mantuvo en Europa el monopolio de la producción de ácido bórico.

Entre 1910 y 1940 el vapor de baja presión fue utilizado para calefaccionar invernaderos, edificios industriales y residenciales, en esta parte de Toscana. Otros países también empezaron a desarrollar sus recursos geotérmicos a escala industrial. En 1892 entró en operaciones el primer sistema distrital de calefacción geotermal, en Boise, Idaho (USA). En 1928 Islandia, otro país pionero en la utilización de la energía geotérmica, también inicio la explotación de sus fluidos geotermales (principalmente agua caliente) para calefacción doméstica.

En 1904 se llevó a cabo el primer intento de generar electricidad a partir de vapor geotérmico; nuevamente, esto tuvo lugar en Larderello. El éxito de estas experiencias fue una clara demostración del valor industrial de la energía geotérmica y marcó el comienzo de una forma de explotación que se ha desarrollado significativamente desde entonces. La generación de electricidad en Larderello fue un suceso comercial. En 1942 la capacidad geo termoeléctrica instalada alcanzaba los 127.650 kW, pronto, varios países siguieron el ejemplo de Italia; en 1919 los primeros pozos geotermales de Japón fueron perforados en Beppu, seguidos en 1921 por pozos perforados The Geyser, California, USA, y en el Tatio, Chile. En 1958 entra en operación una pequeña planta geo termoeléctrica en Nueva Zelanda, en 1959 otra en México, en 1960 en USA, seguidos por otros países en los años siguientes.

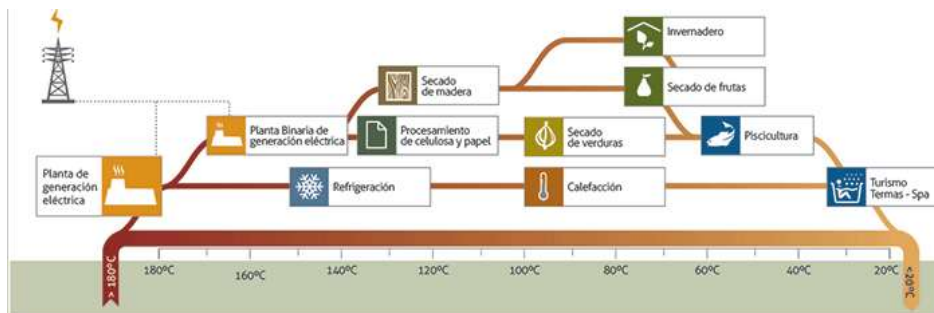
### **c. Aplicabilidad del recurso geotérmico.**

La utilización de la energía geotérmica en países en vía de desarrollo muestra una interesante tendencia a través de los años. Tal como lo enuncian (Dickson & Fanelli, 2013), en los 5 años comprendidos entre 1975 y 1979 la capacidad geo termoeléctrica instalada en tales países aumentó de 75 a 462 MW); a fines del siguiente período de 5 años (1984) se habían alcanzado los 1.495 MW , mostrando una tasa de incremento durante estos 2 períodos de 500% y 223%

respectivamente (Dickson y Fanelli, 1988). En los siguientes diez y seis años, de 1984 al 2000, hubo un incremento de casi 150%.

La geo termoelectricidad juega un rol bastante significativo en el balance energético de algunas áreas; por ejemplo, en 2001 la energía eléctrica producida mediante recursos geotérmicos representó el 27% de la electricidad total generada en Filipinas, el 12,4% en Kenya, el 11,4% en Costa Rica y el 4,3% en el Salvador. (Dickson y Fanelli, 2013).

**Gráfico 1.9. Usos y aplicabilidad de la energía geotérmica.**



Fuente: (Dickson & Fanelli, 2013)

El uso no eléctrico más común en el mundo (en términos de capacidad instalada) corresponden a bombas de calor (34,80%), seguido de baños (26,20%), calefacción (21,62%), invernaderos (8,22%), acuicultura (3,93%) y procesos industriales (3,13%) (Lund y Freeston, 2001).

La calefacción geotérmica directa utiliza el agua termal o el agua subterránea caliente para calefaccionar hogares y oficinas, y para empresas, como por ejemplo, las que derriten nieve para la producción de invernaderos o la piscicultura. Los depósitos de agua caliente con temperaturas que abarcan entre 10 y 149 °C (50 y 300 °F) son los más adecuados para este uso. En 2005, 72 países informaron el empleo de la energía geotérmica para usos directos, con un suministro mayor a los 16,000 megavatios de energía. Entre los países que usan la calefacción geotérmica directa se encuentran: Francia, Alemania, Islandia, Estados Unidos y China. (PlanetSeed, 2012).

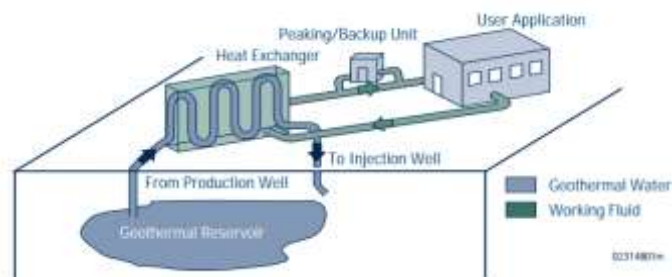
Desde hace mucho tiempo, la gente ha utilizado las aguas termales para cocinar y bañarse, y como sitios de reunión. (PlanetSeed, 2012) textualmente propaga que:

**“Los primeros indígenas de América del Norte dejaron rastros de sus visitas a las aguas termales. Los japoneses han tomado sol en aguas termales durante siglos. Los antiguos romanos construyeron baños comunitarios abastecidos por aguas termales naturales. Se cree que las aguas termales favorecen la salud de las personas. De hecho, las termas modernas se desarrollaron de acuerdo con la creencia de los beneficios curativos de los antiguos baños.” (p.25)**

Existen dos tipos de sistemas que utilizan agua calefaccionada de forma geotérmica para calefaccionar edificios. El primer sistema desarrollado bombea agua caliente desde un depósito geotérmico y la conduce por tuberías directamente hacia los edificios que la utilizan como calefacción. La mayor parte de esa agua vuelve a la tierra después de enfriarse, para regresar al depósito.

Los sistemas más nuevos bombean el agua caliente hacia un intercambiador de calor que contiene un líquido que absorbe el calor del agua. Este líquido térmico, que puede ser agua, se encuentra en una cañería separada que rodea los edificios del distrito. El sistema que utiliza el intercambiador de calor mantiene el agua caliente y el líquido térmico por separado. El motivo de esta separación: el agua subterránea caliente posiblemente contenga sales y minerales que pueden obstruir el sistema de calefacción centralizada. La mayor parte del agua caliente bombeada desde la tierra vuelve a ella y evita que el depósito se vacíe.

**Gráfico 1.10. Sistemas de generación y calefacción geotérmica directa**



Fuente: EERE (2013)

#### **d. Metodología geotérmica de muy baja y baja entalpía.**

Para la comprensión del significado de la entalpía, es necesario especificar la tipología y aplicaciones de la geotermia a partir de los niveles caloríficos a los cuales se obtienen. (De Andrés, 2014) especifica que el concepto de recurso geotérmico es tan amplio que engloba desde el calor que se puede encontrar en los horizontes más superficiales del suelo, para los que el calor que proviene del interior de la Tierra tiene una importancia insignificante, pues es el propio suelo el que actúa como una masa térmica que absorbe energía solar, hasta el calor almacenado en rocas situadas a las profundidades que se podrían alcanzar con técnicas de perforación de pozos petrolíferos.

De acuerdo al nivel de temperatura, (De Andrés, 2014) realiza una clasificación del recurso geotérmico tal como se ejemplifica en la Tabla 1.2.

**Tabla 1.2. Tipología del recurso geotérmico**

<b>TIPO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<b>Recursos de muy baja entalpía (menos de 30°C)</b>	Puede ser utilizada para la calefacción o refrigeración y producción de agua caliente sanitaria en edificios de todo tipo mediante el empleo de bombas de calor.
<b>Recursos de baja entalpía (entre 30 y 90 °C)</b>	Su temperatura la hace inviable para procesos de generación de electricidad, su principal aplicación es en usos directos para climatización o determinados procesos agrícolas e industriales.
<b>Recursos de media entalpía (entre 90 y 150 °C)</b>	Su utilización esta enfocada a la generación de electricidad, si hay que utilizar un fluido de intercambio que es el que sirve de alimentación a las centrales.
<b>Recursos de alta entalpía (más de 150 °C)</b>	La alta temperatura del yacimiento permite su utilización de manera directa para la producción de electricidad.

Fuente: (De Andrés, 2014)

Tal como se verifica en la tabla 1.2, la energía geotérmica de muy baja y baja entalpía direcciona sus capacidad de producción hacia aplicaciones en las que su capacidad depende de la capacidad que tiene el subsuelo de acumular calor, y mantener este gradiente térmico de forma sensible y constante, en un rango espacial entre los 10 y 20 m de profundidad, no ocurriendo esto en sectores donde a menor profundidad la temperatura se ve afectada por efectos externos como la temperatura ambiente, influencia de flujos térmicos de disminución de temperatura entre otros.

(De Andrés, 2014) explica que, bajo prospección de su investigación sobre energía geotérmica de muy baja y baja entalpía, por debajo de 20 m de profundidad, la temperatura aumenta a razón de aproximadamente 3 °C cada 100 m. como consecuencia del gradiente geotérmico. En la mayor parte de las regiones del planeta, las rocas se encuentran a una temperatura de 25 – 30 °C a 500 m de profundidad, como es obvio, la temperatura del subsuelo no es igual para todas las regiones del planeta, produciéndose importantes variaciones en función de la localización geográfica.

En edificaciones de gran envergadura, sobre todo en temporadas de constante calor, los medios constructivos necesitan de un medio de extracción de calor, por lo que el subsuelo del mismo obtiene un comportamiento de sumidero, mientras que como ejemplifica (De Andrés, 2014), al contrario ocurre durante el invierno, donde se revierte la situación, la edificación necesita aporte de calor, donde el subsuelo bajo estas características se comporta como un manantial de calor aportándolo a través de intercambiadores de calor.

#### **e. Sistemas de captación geotérmica de muy baja y baja entalpía.**

Como se indicó anteriormente, el objetivo fundamental de las tipologías de captadores geotérmicos de muy baja y baja entalpía es proporcionar el intercambio de calor a las bombas geotérmicas, para la climatización de las

edificaciones con afluencia pública continua, como por ejemplo centros educativos.

Es así que, para especificar una clasificación de los sistemas de captación geotérmica a sus respectivas temperaturas potenciales de funcionamiento, se los puede agrupar en dos grandes conjuntos, denominados sistemas abiertos y sistemas cerrados, diferenciándose unos de otros porque en los sistemas cerrados se hace el re circulamiento del fluido que los recorre, mientras que en los abiertos el calor se obtiene de fluidos de otro tipo de fuentes.

En congruencia con las premisas expuestas anteriormente, (De Andrés, 2014) especifica dentro de la tabla No. 1.3 las características de todos los sistemas geotérmicos dentro de la tipología de muy baja y baja entalpía.

**Tabla 1.3. Sistemas geotérmicos de captación de muy baja y baja entalpía**

SISTEMA	CARACTERÍSTICAS
<b>Sistema Cerrado de Captación Horizontal</b>	Este sistema de captación consiste en un sistema de tubos intercambiadores dispuestos horizontalmente y enterrados a una profundidad de entre 1 y 2 metros. Uno de los ejemplos más característicos y extendidos que aprovechan este tipo de instalaciones, es el de servir de soporte para la climatización de viviendas unifamiliares.
<b>Sistema cerrado de captación vertical.</b>	En ocasiones el uso de captadores horizontales no es posible debido a la posibilidad de la existencia de alguna de las limitaciones mencionadas anteriormente, por este motivo se recurre a otro tipo de captaciones que no requiera una superficie excesivamente grande.

Una de las alternativas es la realización de sondeos aprovechando la escasa o nula superficie que ocupan, los tubos captadores pueden ser introducidos en cada uno de ellos, convirtiéndose en sistemas de captación vertical o,

más comúnmente denominados, sondas geotérmicas.

**Sistema cerrado de cimentación termo activa** Estos sistemas están formados por pilotes, pantallas subterráneas, muros de contención y losados fabricados de hormigón armado que además de tener una función de sostenimiento de la estructura, se emplean como intercambiadores de calor al llevar insertados los tubos de poliuretano que permiten el flujo de calor.

**Sistema abierto de captación de aguas subterráneas** Los casos anteriores ilustran como se puede aprovechar la energía geotérmica por medio de sistemas de intercambio de calor. En el caso de la captación a través de aguas subterráneas no existe intercambio de calor en profundidad, ya que el fluido utilizado en el circuito es la propia agua del acuífero.

Fuente: (De Andrés, 2014)

### **1.2.3 La energía solar fotovoltaica.**

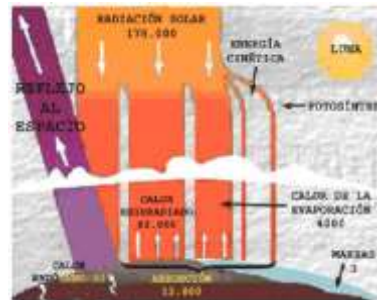
#### **a. Principios y metodologías de captación solar fotovoltaica.**

El recurso energético solar, proveniente a la presencia constante de la radiación térmica y fotovoltaica del sol con su respectiva mantención en la interfaz superficial de nuestro planeta, se lo considera el origen de la vida, el marcapasos natural de los procesos biológicos propios de la naturaleza y marcan el desarrollo de las estaciones durante todo el año.

A partir de la premisa anteriormente expuesta, (AgEnergía, 2012) anota que, la energía solar es la fuente de energía más abundante de la Tierra: renovable, disponible, gratuita y en cantidad muy superior a las necesidades energéticas de la población mundial. Sin embargo, su aprovechamiento presenta problemas técnicos y económicos que hacen difícil utilizarla en la práctica. Hoy en día utilizamos solo una pequeña parte de la enorme cantidad de energía que nos llega

del sol, por lo que el camino a recorrer es todavía largo para poder aprovechar la energía solar a gran escala.

**Gráfico 1.11. Diagrama del flujo de energía del Sol (en Terawatios/año)**



Fuente: (AgEnergía, 2012)

Las perspectivas son que la energía del sol tenga un papel significativo, lo que producirá un cambio de tendencia que es indispensable para la ecología del planeta. Etimológicamente, según lo expone (AgEnergía, 2012), La palabra fotovoltaico procede de *photo = luz* y *voltaico = electricidad* y significa electricidad producida a través de la luz. El efecto fotovoltaico se basa sobre la capacidad de algunos semiconductores, como el silicio, de generar directamente energía eléctrica cuando se exponen a la radiación solar.

La transformación del recurso energético solar fotovoltaico en electricidad tiene lugar dentro de la aplicación de un medio físico de conversión, denominado célula fotovoltaica, cuya estructura física realiza este intercambio de cualidades de la radiación solar en energía eléctrica. (AgEnergía, 2012) detalla este proceso de conversión textualmente de la siguiente forma:

**“La luz está formada por partículas, los fotones, que trasportan energía. Cuando un fotón con suficiente energía golpea la célula, es absorbido por los materiales semiconductores y libera un *electrón*. El electrón, una vez libre, deja detrás de sí una carga positiva llamada *hueco*. Por lo tanto, cuanto mayor será la cantidad de fotones que golpean la célula, tanto más numerosas serán las parejas electrón-hueco producidas por efecto fotovoltaico y por lo tanto más elevada la cantidad de corriente producida.” (p. 7)**

## **b. Aplicabilidad del recurso fotovoltaico.**

El recurso solar, tanto térmico como fotovoltaico, adquiere por su continuidad diaria presente en el globo terráqueo, como el origen energético que tendrá una prevalencia mayoritaria en las próximas generaciones, y si bien es cierto la maduración de la comprensión de la tecnología y el repunte en el desarrollo de las tecnologías han favorecido a la disminución de precios en los proyectos, aún se considera de un costo elevado para su propagación extendida en la población. Los usos de la energía solar en características domiciliarias son variadas, desde la obtención de agua caliente y procesos de calefacción, hasta producción eléctrica de pequeño y gran alcance. En la actualidad, la gran meta aplicativa de la energía solar se direcciona hacia propósitos de proveer energía eléctrica a través de instrumentos de aprovechamiento fotovoltaico del haz de luz, denominados celdas o paneles solares.

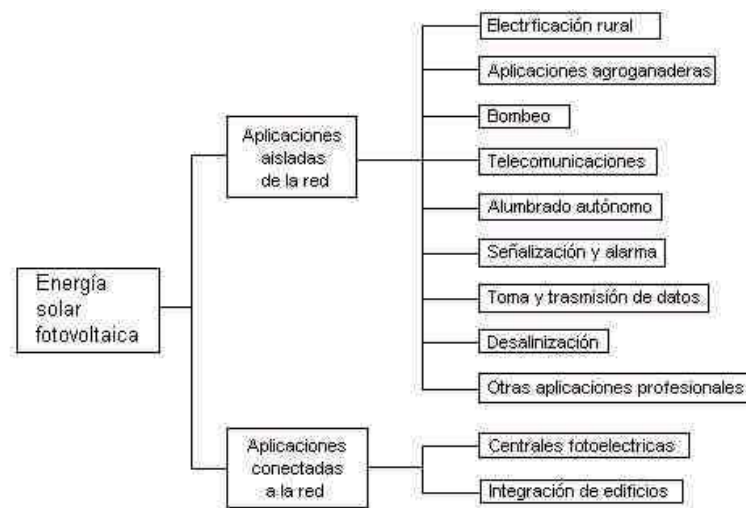
Haciendo referencia a lo expuesto por (solar, 2012), estos son artefactos que se encuentran especialmente preparados para lograr captar toda la energía posible del sol (ya sea lumínica o térmica) y que la misma pueda ser usada para otros fines, esto quiere decir que se le puedan dar otras aplicaciones de la energía solar. Existen principalmente dos tipos de paneles solares los denominados fotovoltaicos y los de agua caliente. Los primeros utilizan la energía lumínica del sol, y mediante un complejo procedimiento químico la transforman en energía eléctrica que puede ser utilizada para todo tipo de fines, desde proveer de electricidad a un hogar, como también a una industria, o hacer funcionar distintos aparatos eléctricos, como son los nuevos autos a energía solar.

Desde otro punto de percepción, los paneles solares que contienen agua caliente en su interior valorizan una de las metodologías mayormente usadas, dentro de las formas de obtención de energía térmica, es decir que en este proceso el calor lo provee el sol, el mismo que eleva la temperatura del agua, y esta agua caliente sirve para una infinidad de propósitos, como la climatización de piscinas,

climatización local domiciliaria, y medios de obtención energético térmicos de primera etapa.

Por otro lado, los paneles solares de agua caliente representan una de las aplicaciones de la energía solar más utilizadas, los mismos con la energía térmica, es decir el calor que provee el sol, elevan la temperatura del agua, y el agua caliente obtenida puede ser utilizada para todo tipo de fines, aunque generalmente se utiliza para climatizar piscinas, o proveer de agua caliente a un hogar. Otras aplicaciones de la energía solar se especifican dentro del gráfico 1.12.

**Gráfico 1.12. Aplicabilidad del recurso solar energético.**



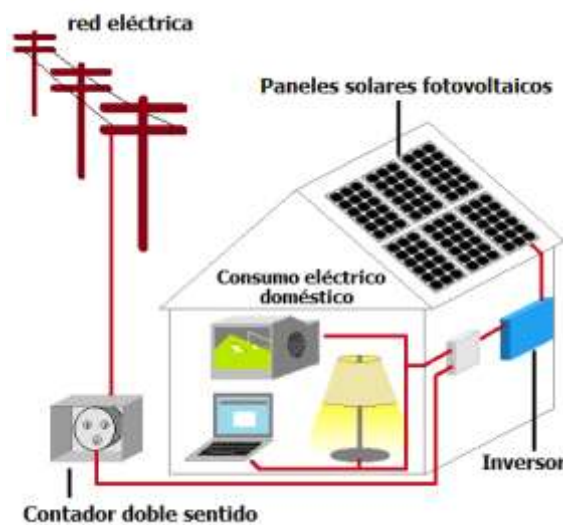
Fuente: (AgEnergía, 2012)

### c. Celdas fotovoltaicas y paneles solares.

Las celdas fotovoltaicas son elementos que producen electricidad al incidir la luz sobre su superficie. Tal como lo detalla (Espluga, 2004), la fuente de luz utilizada generalmente es el sol, considerando su costo marginal nulo. Estas celdas también son conocidas como baterías solares, fopilas o generadores helio voltaicos. Dado que cada elemento puede generar una cantidad reducida de electricidad, en sus orígenes se destinaron a alimentar consumos pequeños con requerimientos particulares, como los de la exploración espacial.

Con el continuo desarrollo tecnológico que experimentan los medios de captación fotovoltaicos, se los agrupa en la actualidad en celdas de tipología serie – paralelo, con esquemas que aumentan la potencia generada a todo momento, manteniendo su fiabilidad a un mayor nivel sin la necesidad de planes de mantenimiento continuo programado. Una característica principal de las celdas solares es que mantienen un nivel de insensibilidad a las variaciones meteorológicas que se puedan presentar, así como a la influencia de medios externos atmosféricos, que por otro lado lo único que pueden ocasionar sin control del sistema es impedir la llegada de luz al panel.

**Gráfico 1.13. Celdas solares y paneles fotovoltaicos.**



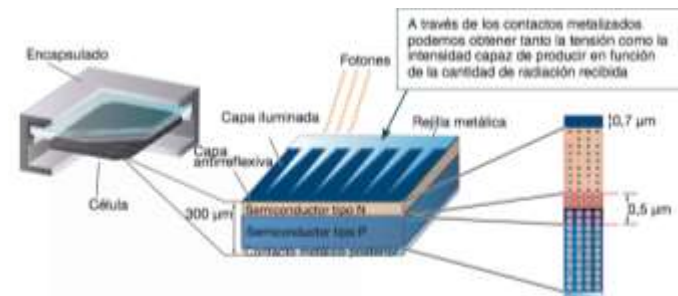
Fuente: (AgEnergía, 2012)

Físicamente, tal como se señaló en el gráfico No. 1.13, (Espluga, 2004) explica que las celdas fotovoltaicas modernas están formadas generalmente por una juntura semiconductor P-N de silicio de gran superficie y reducido espesor (típico: 0,3 mm), similar a la utilizada en los diodos de estado sólido; pero cuando la unión P-N se emplea como generador fotovoltaico, el sentido del flujo de los electrones es opuesto al que se observa cuando se lo usa como rectificador.

Una célula solar se comporta como un diodo: la parte expuesta a la radiación solar es la N, y la parte situada en la zona de oscuridad, la P. (Díaz, 2010) añade

además que los terminales de conexión de la célula se hallan sobre cada una de estas partes del diodo: la cara correspondiente a la zona P se encuentra metalizada por completo (no tiene que recibir luz), mientras que en la zona N el metalizado tiene forma de peine, a fin de que la radiación solar llegue al semiconductor, tal como se describe en el gráfico No. 1.14.

**Gráfico 1.14 Estructura de la célula solar.**



Fuente: (Díaz, 2010)

Esta célula solar, según fundamenta (Díaz, 2010), trabaja bajo una serie de parámetros eléctrico fundamentales, los mismos que se disgregan a continuación:

- **Corriente de iluminación. ( $I_L$ ):** es la corriente generada cuando incide la radiación solar sobre la celular.
- **Corriente de oscuridad:** es debida a la recombinación de los pares electrón – hueco que se produce en el interior del semiconductor.
- **Tensión de circuito abierto ( $V_{OC}$ ):** la máxima tensión que se obtiene en los extremos de la célula solar, que se da cuando no está conectada a ninguna carga. Es una característica del material con el que está construida la célula.
- **Corriente de corto circuito ( $I_{SC}$ ):** máximo valor de corriente que puede circular por la célula solar. Se da cuando sus terminales están cortocircuitados.

De la comprensión de estos parámetros fundamentales de la célula solar, se destaca que cuando dicha célula se encuentra expuesta a una carga, tanto el valor de tensión como de intensidad de corriente varían. Dentro de este campo de variación existirán dos valores, uno inicial donde la potencia entregada es máxima  $V_m$  (tensión máxima) e  $I_m$  (intensidad máxima), cuya tasación siempre será menor que  $V_{OC}$  e  $I_{SC}$ . A partir de estos valores máximos se puede deducir la potencia máxima entregada por la célula solar como:

$$P_m = V_m \cdot I_m \quad \text{Ec. 1.1}$$

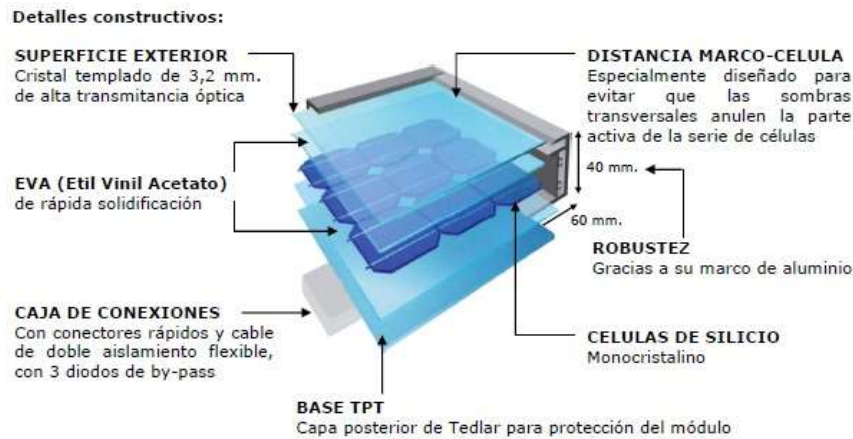
Otro de los parámetros indispensables dentro de la caracterización de las células solares es el factor de forma, que tal como lo define (Díaz, 2010), es el cociente entre la máxima potencia que puede entregar la célula a la carga y el producto de la tensión de circuito abierto y la corriente de corto circuito. El valor del factor de forma queda enunciado en la Ec. 1.2 y sus valores típicos dentro de la industria tecnológica de captación fotovoltaica es de 0,7 o 0,8.

$$FF = \frac{V_m \cdot I_m}{V_{OC} \cdot I_{SC}} \quad \text{Ec. 1.2}$$

Un panel solar, denominado de forma correcta como módulo fotovoltaico, está estructurado por un grupo de células, las mismas que se encuentran dispuestas bajo una configuración en serie o paralelo eléctricamente, encapsuladas para protección de efectos de degradación externos, y ubicadas sobre un soporte o marco de sujeción.

(Díaz, 2010) apunta además que proporciona en su salida una tensión continua, y se diseña para valores concretos de tensión, que definirán la tensión a la que va a trabajar el sistema fotovoltaico. En la figura 1.14 se apunta las partes de un módulo fotovoltaico bajo una visualización del esquema típico de su construcción.

**Gráfico 1.15 Constitución de un módulo fotovoltaico.**



Fuente: (Díaz, 2010)

#### **d. Estructura y funcionamiento de captación energética.**

Un panel solar es un módulo que aprovecha la energía de la radiación solar. Normalmente se refiere a los dispositivos para producir agua caliente (usualmente doméstica) y a los paneles fotovoltaicos utilizados para generar electricidad. Los paneles solares están formados por una gran cantidad de celdas fotovoltaicas conectadas en serie-paralelo para aumentar la tensión y la corriente que pueden entregar, encapsuladas con polímeros resistentes a la radiación ultravioleta y montadas tras una superficie de vidrio especial que brinda protección contra la polución ambiental y contra los cambios bruscos del clima (heladas, lluvias, granizo, etcétera).

Generalmente, la cara posterior de los módulos está construida con un material de reconocida resistencia a las condiciones climáticas más adversas, como por ejemplo aluminio anodizado, y se sella con silicona para trabajar adecuadamente a la intemperie. Los paneles de energía solar son, en la actualidad, más viables económicamente que los módulos fotovoltaicos. Los paneles solares son los componentes básicos de la mayoría de los equipos de producción de energía solar. El interés por la utilización de paneles solares surge rápidamente

cuando se sabe que un generador fotovoltaico de 329 km. podría cubrir la totalidad de las necesidades de electricidad del mundo.

Tal como (Díaz, 2010) propone, el funcionamiento de los sistemas de captación fotovoltaicos se distingue bajo dos metodologías:

- **Métodos indirectos:** el sol se aprovecha para calentamiento de un fluido y convertirlo en vapor, con el fin de producir electricidad a través del movimiento de un alternador, donde dicha producción se obtiene por medio de un ciclo termodinámico convencional, como se haría en una central térmica de combustible fósil.
- **Métodos directos:** en ellos la luz del sol es convertida directamente a electricidad mediante el uso de células solares, donde se distinguen sistemas conectados a la red y sistemas aislados.

Al ser el presente proyecto estrictamente de participación de medios de captación fotovoltaica, su estructura se ajusta a un esquema en el que constan los módulos fotovoltaicos anteriormente expuestos, un regulador de carga que sirve de nexo de unión entre los paneles solares y los elementos de consumo de la instalación, además de proteger a los acumuladores ante sobrecarga proporcionando finalmente a su salida la tensión continua para la instalación.

Adicionalmente el sistema consta de un sistema de baterías que se presente en esquematizaciones de instalaciones autónomas, la misma que en conjunto proporciona energía a la instalación durante los períodos sin luz solar o sin suficiente luminosidad, acumulando energía para la instalación y su utilización en el periodo de tiempo que no existe presencia del haz de luz solar. Al ser necesario un medio de corriente alterna, el sistema concluye con la inclusión de un inversor de 12 Vcc a 120 Vca, con un valor correcto y una frecuencia típica de la zona donde se implementará el sistema fotovoltaico, igual al del sistema eléctrico

nacional. Todos los elementos de una instalación fotovoltaica se declaran dentro del gráfico No. 1.16.

**Gráfico 1.16 Elementos de una instalación solar fotovoltaica.**



Fuente: (Díaz, 2010)

#### **e. Clasificación de las instalaciones fotovoltaicas.**

Como se indicó anteriormente, las instalaciones solares fotovoltaicas para mayor comprensión sobre el fenómeno del que parte su metodología de captación, se puede clasificar en función de la aplicación a la que será dirigido el sistema como tal, distinguiéndose aplicaciones autónomas y aplicaciones conectadas a la red.

Dentro de las aplicaciones autónomas, haciendo referencia a lo apuntado por (Díaz, 2010), este tipo de aplicaciones producen electricidad sin ningún tipo de conexión con la red eléctrica general, por lo que su producción está estrictamente direccionada al lugar donde se encuentran ubicados. Dentro de estas aplicaciones se observan dos bloques.

- **Aplicaciones espaciales:** sirven, según (Díaz, 2010), para proporcionar energía eléctrica a elementos colocados por el ser humano en el espacio, tales como satélites de comunicaciones, la Estación Espacial Internacional,

entre otros. La investigación en esta área propició el desarrollo de los equipos fotovoltaicos tal y como los conocemos en la actualidad.

- **Aplicaciones terrestres:** entre las que cabe destacar las telecomunicaciones, la electrificación de zonas rurales y aisladas, la señalización y el alumbrado público.

De manera complementaria se encuentran las aplicaciones conectadas a la red, en las que acorde a lo explicado por (Díaz, 2010), en ellas el productor no utiliza la energía directamente, sino que mediante regulación y sistema de compra, es vendida al organismo encargado de la gestión de la energía en el país. (Díaz, 2010) agrega que, tiene la ventaja de que la producción de electricidad se realiza precisamente en el período de tiempo en el que la curva de demanda se electricidad aumenta, distinguiéndose en este campo:

- **Centrales fotovoltaicas y huertas solares:** que son recintos en los que se concentra un número determinado de instalaciones fotovoltaicas de diferentes propietarios con el fin de vender la electricidad producida a la compañía eléctrica con la cual se haya establecido el contrato.
- **Edificios fotovoltaicos:** representa uno de los principales medios aplicativos en la actualidad para medios urbanos, donde se propone una utilización de los módulos fotovoltaicos dentro de las fachadas de los edificios y estructuras arquitectónicas de gran envergadura.

La potencia de las instalaciones fotovoltaicas se da en Wp (vatios pico), que corresponde a la potencia que dan los módulos a 25° de temperatura y bajo condiciones de insolación de 1000W/m<sup>2</sup> (insolación aproximada de un día soleado de verano al mediodía). La potencia en Wp del módulo corresponde, aproximadamente, a la potencia máxima que puede generar. Existen tres rangos de potencia representativos de los distintos tipos de instalaciones de generación FV,

además de una cuarta tipología, correspondiente a las centrales detalladas de acuerdo a la potencia entregada, como se verifica en la tabla No. 1.4:

**Tabla 1.4. Tipología del recurso fotovoltaico según potencia entregada**

Tipología	Características
<b>Instalaciones pequeñas de 3 kWp como planta tipo (con rango hasta 5 kW).</b>	<p>Son aplicaciones rurales aisladas por ser una solución limpia y muchas veces económica, o aplicaciones conectadas a red sobre tejados, azoteas de casas, hechas por particulares en zonas de su propiedad o influencia; la motivación es generalmente medioambiental.</p> <p>Con la generación de 3kWp se cubriría el consumo propio de una casa tipo medio en al que vivan 2-3 personas, excluyendo el consumo de calefacción y aire acondicionado.</p>
<b>Instalaciones medianas de 30kWp como planta tipo (con rango entre 5 y 100kWp).</b>	<p>Son generadores en electrificaciones rurales centralizadas, o conectadas a red en edificios, normalmente integrados en la arquitectura de los mismos, instalaciones diseñadas por arquitectos innovadores y realizadas por comunidades de vecinos, empresas constructoras o corporaciones públicas y privadas que desean incorporar energía fotovoltaica en sus edificios o construcciones emblemáticas como valor añadido.</p> <p>Una instalación de 30kWp en un edificio supondría cubrir las necesidades eléctricas de diez viviendas medias.</p>
<b>Instalaciones grandes de 300kWp como planta tipo (con rango entre 100kW y 1 MWp).</b>	<p>Son generalmente instalaciones conectadas a red, de superficies extensas, promovidas generalmente por empresas que, además de contribuir a una generación limpia, desean un refuerzo de la imagen de la empresa o entidad promotora. Una planta de 300kWp cubre el consumo de un edificio de tipo medio.</p>

**Centrales fotovoltaicas de 3 MWp como planta tipo (con rango entre 1 y 50 MWp).** Son centrales de generación, promovidas generalmente por empresas o consorcios de empresas, siendo generalmente una de ellas la empresa local de distribución; estas empresas desean conseguir cierto rendimiento económico y una componente de generación verde. Una planta de 3MWp cubre el consumo de una población o urbanización de aproximadamente 500 vecinos.

Fuente: (Dickson & Fanelli, 2013)

#### **f. Parámetros de dimensionamiento de captación solar fotovoltaica.**

Para la selección y dimensionamiento de los componentes específicos de una instalación fotovoltaica, como el número de paneles solares para utilización, el número de baterías del banco de reserva energética, así como las características del inversor, independiente de los medios de información técnica proveniente directamente del fabricante, se requiere una serie de cálculos determinados por:

- Determinación de cargas por corriente continua.
- Determinación por cargas en corriente alterna.
- Determinación de corriente pico módulo.

El cálculo de estos valores propios de cada medición dentro del emplazamiento, según normativas específicas por el CONELEC, se detallan a través de las siguiente ecuaciones dentro de la tabla No. 1.5.

**Tabla 1.5. Parámetros iniciales de dimensionamiento fotovoltaico**

<b>Parámetro</b>	<b>Característica</b>	
<b>Energía consumida por unidad en Corriente Continua</b>	$E_{CC} = \Sigma(\text{dispositivos}) \cdot (P) \cdot (Uso)$	<b>Ec. 1.3</b>
	donde, dispositivos = número de unidades de consumo,	

	P = Potencia en Watts de la unidad,	
	Uso = número de horas/día de uso de la unidad.	
<b>Energía consumida por unidad en Corriente Alterna</b>	$E_{CA} = \Sigma(\text{dispositivos}) \cdot (P) \cdot (Uso)$	<b>Ec. 1.4</b>
	donde,	
	dispositivos = número de unidades de consumo,	
	P = Potencia en Watts de la unidad,	
	Uso = número de horas/día de uso de la unidad.	
<b>Factor del inversor</b>	$FF_{inv} = 1, 2$	<b>Ec. 1.5</b>
<b>Carga diaria CA equivalente en CC</b>	$E_{CA-CC} = E_{CA} \cdot FF_{inv}$	<b>Ec. 1.6</b>
<b>Carga Máxima Pico</b>	$C_{maxCA} = \Sigma(\text{dispositivos}) \cdot (P)$	<b>Ec. 1.7</b>
	donde,	
	dispositivos = número de unidades de consumo,	
	P = Potencia en Watts de la unidad,	
<b>Carga diaria CC</b>	$C_{CC-dia} = E_{CC}$	<b>Ec. 1.8</b>
<b>Carga CC total diaria</b>	$C_{CC-Total} = E_{CC} + E_{CA-CC}$	<b>Ec. 1.9</b>
<b>Carga diaria corriente CC</b>	$I_{CC-total} = \frac{C_{CC-Total}}{V}$	<b>Ec. 1.10</b>
<b>Factor de seguridad (pérdidas del sistema)</b>	$Fac_{seguridad} = 1, 2$	<b>Ec. 1.11</b>
<b>Carga corriente corregida</b>	$I_{real} = I_{CC-total} \cdot Fac_{seguridad}$	<b>Ec. 1.12</b>
<b>Corriente pico del Sistema</b>	$I_{pico} = \frac{I_{real}}{\text{Radiación directa}}$	<b>Ec. 1.13</b>

Fuente: CONELEC (2008).

Una vez identificada la parte eléctrica del sistema, de forma relacionada se realiza un proceso de dimensionamiento físico de las implementaciones de captación fotovoltaicas, donde se especifican el número de módulos fotovoltaicos, el número de baterías y el convertidor de energía, tal como se detalla en la tabla No. 1.6

Tabla 1.6. Dimensionamiento físico e implementación.

DIMENSIONAMIENTO MÓDULO FOTOVOLTAICO		
Parámetro	Característica	
Arreglo de módulos fotovoltaicos	$Fact_{módulos} = \frac{I_{pico}}{I_{módulo}}$	Ec. 1.14
	$I_{módulo}$ viene en información del fabricante.	
Relación CC sistema – módulo	$Fact_{Vcc} = \frac{V_{sistema}}{V_{módulo}}$	Ec. 1.15
	$V_{módulo}$ viene en información del fabricante.	
Número total de módulos	$Módulos = Fact_{módulos} \cdot Fact_{Vcc}$	Ec. 1.16
DIMENSIONAMIENTO BANCO DE BATERÍAS		
Parámetro	Característica	
Capacidad Nominal Banco Baterías	$Capac_{nom} = I_{real} \cdot \#días_{reserva}$	Ec. 1.17
	$\#días_{reserva}$ viene dado por fabricante	
Capacidad corregida	$Capac_{real} = \frac{Capac_{nom}}{Profundidad\ descarga}$	Ec. 1.18
	$Profundidad\ descarga$ por información del fabricante.	
Arreglo de baterías en paralelo	$Fact_{bat-parl} = \frac{Capac_{real}}{Capac_{batería}}$	Ec. 1.19
	$Capac_{batería}$ viene en información del fabricante.	
Número de baterías en serie	$Bat_{serie} = \frac{V_{sistema}}{V_{nominal-batería}}$	Ec. 1.20
	$V_{nominal-batería}$ viene en información del fabricante.	
Número total de baterías	$Bat_{total} = Fact_{bat-parl} \cdot Bat_{serie}$	Ec. 1.21

Fuente: CONELEC (2008).

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **2.1 Modalidad de la investigación.**

La modalidad de la presente investigación permite el descubrimiento directo de los conocimientos y fenómenos a estudiar, con lo que su comprensión sería segura y confiable, lo que conllevaría a una menor participación de la incertidumbre y mayor precisión en la determinación de conclusiones finales obtenidas. El desarrollo científico parte de una metodología inductiva deductiva, la misma que propone una comprensión efectiva de la hipótesis a través de la participación de la inducción de conocimientos, la deducción de fenómenos mediante mediciones y experimentación, para una comprobación y validación final de los resultados, siendo nexo de la parte teórica con la parte instrumental de medición.

Adicionalmente, es de uso extenso dentro del marco procedimental y metodológico el análisis empírico – experimental, ya que al ser un estudio teórico técnico, su comprensión radica de la experimentación directa del fenómeno, además del entendimiento de forma empírica de varias cualidades que por sus características no pueden ser analizadas de otra forma posible.

La metodología científica, desde un punto de vista complementario hacia el cumplimiento de los objetivos planteados inicialmente, propone la comprensión de la problemática inicial, así como la afección directa e indirecta que se produce dentro de la investigación. En el presente estudio, mediante esta modalidad, conjuntamente con la participación de la observación directa, se estructura un marco de seguimiento continuo de la naturaleza cambiante de las variables dependientes de la investigación, visualizando sus parámetros físicos, cualitativos, y de exposición, que sin la participación de la observación científica sería imposible de manejarlos.

De manera concluyente a lo expuesto, cabe recalcar lo primordial que resulta la observación directa ya que conforma la base del conocimiento específico, y conjuntamente con la metodología empírica experimental, dan una mayor extensión y validez a la recolección y presentación de la información.

## **2.2 Tipo de investigación.**

De manera específica para la estructuración del presente análisis teórico técnico del potencial de captación solar fotovoltaico y geotérmico de baja entalpía se aplican los siguientes tipos de investigación:

- **Investigación Bibliográfica.** La investigación bibliográfica establece una forma correcta de obtención de información científica de fuentes como libros, publicaciones científicas, artículos de expertos, con que posteriormente se procede a una clasificación, análisis, síntesis y presentación de aquella información más relevantes y de importancia directa con el desarrollo del proyecto.
- **Análisis Exploratorio.** El análisis exploratorio es necesaria para, complementariamente a la investigación bibliográfica, poder comprender los fenómenos analizados, identificando de forma directa y por medición o experimentación como se producen las características estudiadas en un marco teórico predecesor al mismo.

### **2.2.1 Diseño de la investigación.**

El estudio de evaluación de potencial de radiación solar y geotérmico de baja entalpía en el centro educativo “Latinoamericano” se establecerá bajo parámetros de un diseño de investigación de tipo Cualitativo y Cuantitativo, ya que por un lado se medirá el nivel de captación energética, así como la cantidad de bien energético recibido por unidad de tiempo durante el período comprendido entre 2014 y 2015. Aquí se verifica de forma individual cada uno de las fuentes de

generación de tipo renovable no convencional, para una vez establecido su funcionamiento unitario poder diseñar un sistema de trabajo con participación híbrida para uso de consumo eléctrico y de calefacción.

### **2.3 Determinación y operacionalización de variables.**

Establecidas como parte principal de la metodología específica de la investigación, las variables de estudio son identificadas como aquellas conformaciones de análisis o factores que forman parte estructural de la problemática observada. A partir de la premisa anterior, y conjuntamente con la necesidad de identificación clasificación y fundamentación conceptual dentro del desarrollo teórico, se utilizan una serie de preguntas directrices que ayudarán a la formulación correcta de estas variables, descritas a continuación:

- ¿Qué características de conformación participan directamente en la eficiencia energética de un sistema energético híbrido?
- ¿Mediante qué tipo de metodologías se puede incrementar la producción independiente de energía mediante fuentes de captación de energía renovables?
- ¿Qué tipo de tecnología de captación energética se puede aplicar para obtener este fin?
- ¿Qué conocimientos técnicos y teóricos es necesario obtener anterior a la composición de un marco propositivo para la implementación de un sistema energético híbrido para uso de consumo eléctrico y calefacción?

#### **2.3.1 Determinación de variable dependiente.**

Tal como lo señala su nombre, la variable dependiente señala una cualidad de la realidad que se ve afectada por las características que son propuestas por las

variables independientes de la investigación. La variable dependiente del presente estudio sería **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ENERGÉTICO HÍBRIDO SOLAR Y GEOTÉRMICO”**

Para la operacionalización de la variable dependiente **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ENERGÉTICO HÍBRIDO SOLAR Y GEOTÉRMICO”** es necesario guiarse por las siguientes preguntas directrices

- ¿Cómo evaluar la viabilidad potencial de captación energética de los sistemas híbridos de generación a partir de energías renovables compatibles?
- ¿Qué tipo de medios energéticos externos serían de potencial afección a la producción del bien energético dentro del emplazamiento analizado?

Esta variables hace referencia, según diagnóstico inicial, a la búsqueda de conformación de un sistema de generación del bien energético a partir de fuentes de tipo renovables no convencionales, con la finalidad de disminuir la utilización de la energía actualmente disponible cuyo origen se basa en fuentes de tipo fósiles y renovables convencionales de alto impacto en la sociedad circundante y el medioambiente.

Para medición efectiva de esta variable se procede mediante el seguimiento del potencial de captación que se produce en los medios del Instituto Educativo “Latinoamericano”, tanto en sus parámetros solar y geotérmico, así como la conjunción de ambos sistemas para trabajo directo de ambas tecnologías.

### **2.3.2 Determinación de variable independiente.**

En un estudio técnico investigativo como el propuesto, la variable independiente es aquel componente que es medido mediante experimentación o instrumentación con la finalidad de presenciar la incidencia que se presenta

directamente sobre la variable dependiente anteriormente expuesta. En este caso, la variable independiente sería **“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE RADIACIÓN SOLAR Y GEOTÉRMICO DE BAJA ENTALPÍA”**.

La variable independiente **“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE RADIACIÓN SOLAR Y GEOTÉRMICO DE BAJA ENTALPÍA”** responde a las siguientes preguntas directrices:

- ¿Qué propiedades y características de captación y generación energética proponen las fuentes renovables no convencionales solar fotovoltaica y geotérmica de baja entalpía?
- ¿De qué manera el potencial de captación de energía solar fotovoltaica y geotérmica de baja entalpía propondría un medio de producción para el uso de consumo eléctrico y de calefacción?

El estudio de esta variable corresponde más a una recolección bibliográfica de la información del fenómeno a investigar, mediante una extensa visualización del estado del arte reciente, con divulgación de ideas conceptuales y resultados obtenidos a lo largo del tiempo previo al expuesto.

### **2.3.3 Operacionalización de las variables.**

Una vez identificadas las variables de la investigación, se presenta la necesidad implícita de que estas variables puedan ser medibles, cuantificables, clasificables, por lo que es indispensable en este punto realizar una correcta operacionalización de variables. Este proceso, indicado dentro de la investigación científica, expone a las variables de la investigación a sus respectivas técnicas y metodologías de medición y recolección de la información, originalmente con participación de las preguntas directrices y la hipótesis de la investigación planteada.

Tomando en cuentas las cualidades expresas, las preguntas directrices a las que responde cada una de las variables, su operacionalización queda detallada de acuerdo a lo expuesto en la tabla No. 2.1 y tabla No. 2.2.

**Tabla 2.1. Operacionalización de la variable dependiente**

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
<b>Dependiente Sistema energético híbrido solar – geotérmico</b>	(Orellana, 2011) define que, los sistemas híbridos de energía son aquellos sistemas que utilizan diferentes fuentes de generación renovable con el objeto de suministrar energía eléctrica, calefacción o de cualquier otro tipo a una carga o conjunto de cargas de manera aislada y confiable.	Tratamiento de datos de radiación solar fotovoltaica	Radiación directa, difusa y global promedio. (kWh/m <sup>2</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación.</li> <li>• Medición.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medidor fotovoltaico.</li> <li>• Data Logger solar fotovoltaico.</li> </ul>
		Tratamiento de datos geotérmicos de baja y muy baja entalpía	Conductividad térmica ((W/m).(°C))	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sonda de medición geotérmica.</li> </ul>
		Temperatura superficie (°C)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación.</li> <li>• Medición.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termómetro geotérmico</li> </ul>	
		Calor geotérmico local (W/m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sonda de medición geotérmica</li> </ul>	
		Demanda energética promedio.	Potencia eléctrica requerida (Wh/día)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planillas eléctricas.</li> <li>• Voltímetro.</li> <li>• Amperímetro.</li> </ul>
			Potencia de calefacción requerida (Wh/día)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación.</li> <li>• Medición</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termómetro.</li> <li>• Software Ce3x de eficiencia energética</li> </ul>

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Tabla 2.2. Operacionalización de la variable independiente**

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
<b><u>Independiente</u></b> <b>Potencial de radiación solar y geotérmico de baja entalpía</b>	(ATECOS, 2013) define a la potencialidad como la denominación numérica de aprovechamiento energético directo o indirecto de un recurso energético.	Generalidades de la Energía Renovables	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo energético</li> <li>• Clasificación</li> <li>• Eficiencia Energética</li> </ul>	Investigación Bibliográfica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión bibliográfica.</li> <li>• Investigación por medios gráficos y virtuales.</li> <li>• Internet.</li> <li>• Publicaciones y antecedentes científicos.</li> </ul>
		Energía geotérmica de baja entalpía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orígenes de captación.</li> <li>• Aplicabilidad</li> <li>• Metodología</li> <li>• Sistemas de captación.</li> </ul>		
		Energía solar fotovoltaica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Principios y metodologías.</li> <li>• Celdas y paneles solares.</li> <li>• Parámetros de dimensionamiento</li> </ul>		

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

## 2.4. Caracterización sectorial de estudio.

### 2.4.1 Configuración característica zonal.

Dentro de la caracterización sectorial de estudio, específicamente la configuración característica zonal correspondiente al emplazamiento donde se encuentra el Centro Educativo “Latinoamericano”, al ser indicada para el aspecto solar fotovoltaico y geotérmico de baja y muy baja entalpía, se precisa apuntar las cualidades de captación de estos dos recursos renovables de forma generalizada para toda la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, de manera especial durante el plazo comprendido entre el año 2014 y 2015.

La ciudad de Ambato se encuentra ubicada geográficamente en la Cordillera Occidental, en las coordenadas  $1^{\circ}14'30''\text{S}$   $78^{\circ}37'11''\text{O}$ , a una altura de 2500,067 m.s.n.m. (Gráfico 2.1). Adicionalmente cabe recalcar que, Ambato está enclavada en una hondonada formada por seis mesetas: Píllaro, Quisapincha, Tisaleo, Huambaló; y Cotaló, razón por la cual se provee un clima relativamente agradable, aunque presenta temperatura mínimas absolutas muy bajas que requieren del uso de calefacción en las edificaciones de utilización matutina, como instituciones educativas, centros de atención públicos, hospitales, entre otros.

**Gráfico 2.1 Elementos de una instalación solar fotovoltaica.**



Fuente: (Díaz, 2010)

Otro de los factores propios de la zona local a estudiarse es el clima, el mismo que por sus características geográficas es de tipología templado, debido a su permanencia dentro de un estrecho valle andino, con temperatura máximas que varían entre los 25°C y los 31°C, y mínimas entre 1°C y 0°C, disgregándose a continuación en la Tabla No. 2.3.

**Tabla 2.3 Parámetros climáticos de la ciudad de Ambato**

Parámetros climáticos promedio de Ambato													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura máxima absoluta (°C)	29	26	32	25	30.4	29	31	25.3	29	25.2	29	29	32
Temperatura máxima media (°C)	18.9	18.9	18.8	19.1	19.2	19.4	19.7	20.2	20.3	19.8	19.3	19.1	19.4
Temperatura media (°C)	14.4	14.5	14.5	14.7	14.6	14.5	14.4	14.8	14.8	14.7	14.4	14.4	14.6
Temperatura mínima media (°C)	9.9	10.1	10.2	10.2	10	9.6	9.1	9.3	9.3	9.5	9.6	9.7	9.7
Temperatura mínima absoluta (°C)	1	0	0	0	0.7	0	0.6	0.6	1.1	1	0	1.1	0
Lluvias (mm)	59.0	60.8	82.7	58.2	52.4	16.4	10.5	15.4	49.8	60.8	60.2	47.2	573.4
Días de lluvias (≥ 1 mm)	1.9	2.2	2.7	1.9	1.7	0.5	0.3	0.5	1.7	2.0	2.0	1.5	18.9
Días de nevadas (≥ 1 cm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

Fuente: Meowweather.com [acceso 21 de octubre 2015]

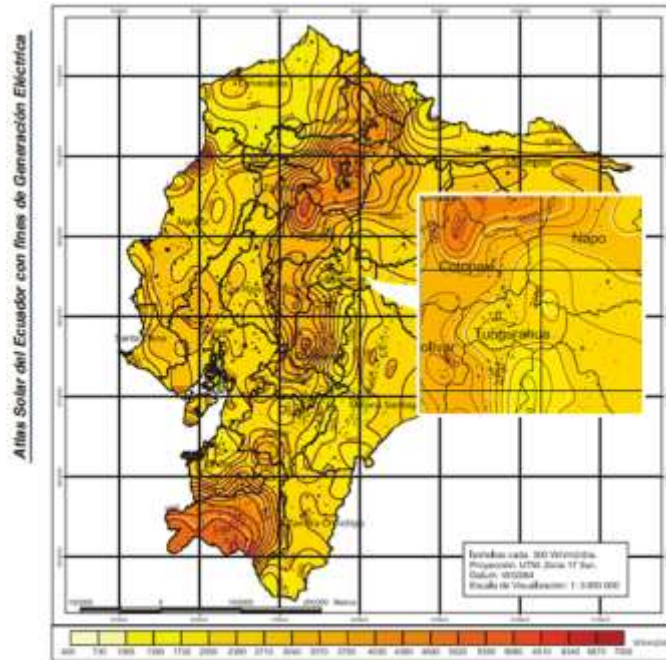
#### 2.4.2 Factores de influencia.

Independiente de las características específicas del sector comprendido al emplazamiento, como la ubicación, la altura, la humedad relativa, la cantidad de precipitaciones presentes, entre otros parámetros, al ser un proyecto propio de análisis de captación del recurso energético renovables, tanto solar fotovoltaico como geotérmico de baja y muy baja entalpía, se requiere la interpretación de los factores de influencia directos sobre los útiles de aprovechamiento de las fuentes anteriormente enunciadas.

Bajo la premisa establecida, inicialmente se estudia las características de radiación solar fotovoltaica, tanto directa, difusa y global promedio, declaradas dentro de los Gráficos No. 2.2, No. 2.3 y No. 2.4, que según la base de datos compilada dentro del atlas solar fotovoltaico con fines de generación eléctrica guía realizada por el (CONELEC, 2008), nos da un promedio anual aproximado

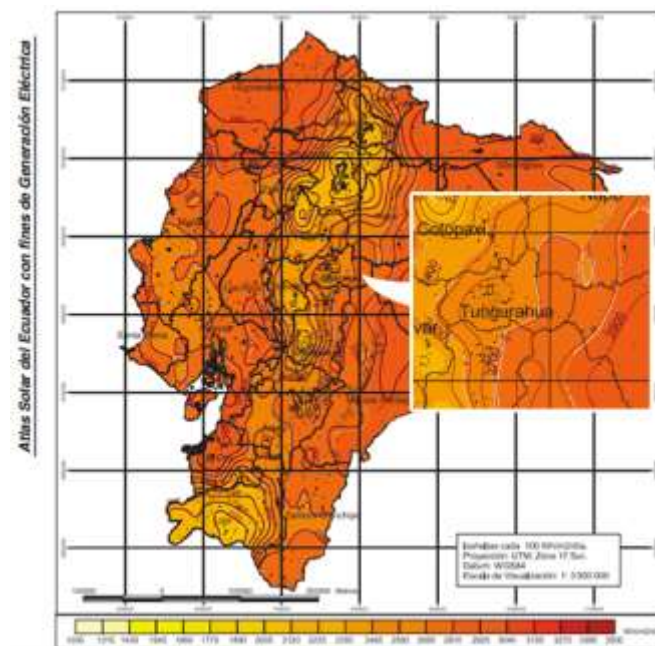
de 2735 Wh/m<sup>2</sup>/día para la radiación directa, 2180 Wh/m<sup>2</sup>/día para la radiación solar difusa y 4280 Wh/m<sup>2</sup>/día para la radiación global promedio anual.

**Gráfico 2.2 Insolación directa anual Tungurahua.**



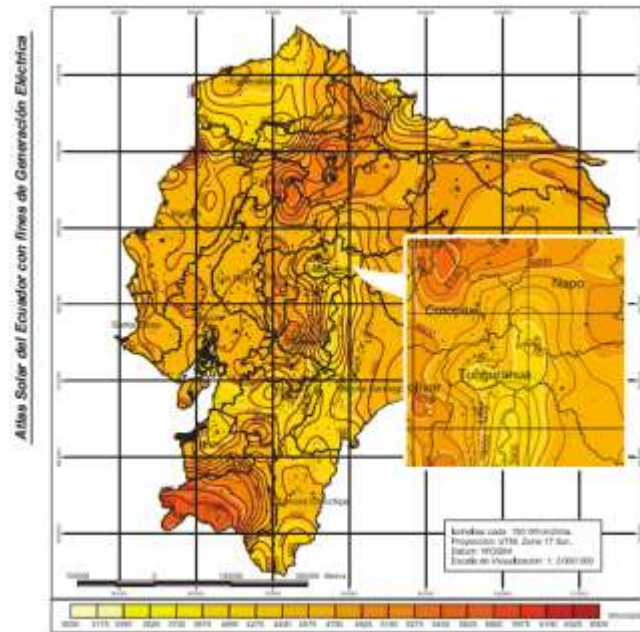
Fuente: (CONELEC, 2008)

**Gráfico 2.3 Insolación difusa anual Tungurahua**



Fuente: (CONELEC, 2008)

## Gráfico 2.4 Insolación global promedio anual Tungurahua



Fuente: (CONELEC, 2008)

De forma paralela al análisis inicial de características solar fotovoltaicas, al ser el presente estudio analítico de pre factibilidad hacia la implementación de un medio de generación eléctrica y de calefacción utilizando además de la fuente solar el recurso geotérmico, es fundamental realizar una revisión inicial del estado de comprensión y desarrollo del aspectos geotérmico en la zona, y en el país.

Dentro de este aspecto, cabe decir que la investigación geotérmica nacional se ha venido desarrollando de manera muy lenta, e inicialmente se ha direccionado los recurso económicos y de investigación hacia proyectos de alta y mediana entalpía, ya que estos propondrían un medio de generación energético eléctrico además de la producción térmica para calefacción. Tal como se detalla en el gráfico No. 2.5, las zonas características para el estudio, análisis e investigación se centra en la zona céntrica (Sierra del Ecuador), por cuanto en este sector al estar aproximado a la cadena montañosa y presencia volcánica de alto nivel, la geotermia de alta y mediana entalpía es de muy grande proyección, sin discriminar aquí proyectos de pequeño y mediano alcance que involucren baja y muy baja entalpía para la captación energética.



emplazamiento definido, de igual forma tal población es considerada la muestra para el análisis de captación de parámetros solar fotovoltaico y geotérmicos de baja y muy baja entalpía, por lo que en conclusión se mantiene un universo de estudio representado por las inmediaciones físicas del Centro Educativo “Latinoamericano” de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua.

De manera simplificada, con detalle más preciso expuesto en el apartado de validación del proceso de medición y selección de muestras, durante el período comprendido entre el mes de Octubre del año 2014 y Marzo del año 2015 se realizaron una serie de mediciones apuntadas de la siguiente manera:

- **Mediciones solar fotovoltaicas:** 10 mediciones diarias 5 días a la semana (semana laborable), en un horario comprendido entre las 08:00 y 17:00.
- **Mediciones del parámetro geotérmico:** 15 mediciones diarias 5 días a la semana (semana laborable), en un horario comprendido entre las 06:00 y las 20:00.

#### **2.4.4 Validación del proceso de medición y selección de muestras.**

Tal como se analiza anteriormente, el proceso de medición se divide en 2 grupos, la concepción del recurso solar fotovoltaico y el medio geotérmico de baja y muy baja entalpía, con 10 mediciones diarias de 5 días a la semana entre las 08:00 – 17:00 para el primer grupo, y 15 mediciones diarias 5 días a la semana en un horario comprendido entre las 06:00 – 20:00, en el período de tiempo comprendido entre Octubre del 2014 y Marzo del año 2015.

Es importante mencionar que para toma de mediciones, y la validación científica del proceso de medición y selección de muestras, se toma en cuenta parámetros de toma de datos establecidos por CELEC, INER y el MEER, donde según el plan de líneas de investigación para el desarrollo de la geotermia, y el atlas solar fotovoltaico para el desarrollo y obtención de energía eléctrica, toman

en cuenta características como el tipo de suelo, la humedad, las características sectoriales, la influencia de agentes externos, entre otros medios.

Para la validación de la medición solar fotovoltaica y geotérmica de baja entalpía, principalmente se toma como elemento guía de corrección y disminución del aspectos participante de la incertidumbre, la metodología expuesta por (Aguilar, Auer, Brunet, Peterson, & Wierringa, 2003), quienes en “Guidelines on Climate Metadata and Homogenization”, WCDMD, toman en cuenta los siguientes aspectos:

- Medioambiente sectorial.
- Vegetación y uso de tierras de captación.
- Exposición y calibración de instrumentos.
- Tipología de métodos de medición.
- Elementos meteorológicos de participación directa e indirecta.
- Prácticas propias del observador.
- Ajustes de homogenización y criterios propios de formación técnica del investigador.

Desde el punto de vista complementario de la investigación, también se sigue la metodología expuesta por (Egido & Camino, 2008), quienes en el documento de “Guía de Normas y Protocolos Técnicos para la Electrificación Rural con Energías Renovables” proponen un marco correcto normado para dar por válida la caracterización del bien renovable en un emplazamiento de las características nombradas, acotando también:

- Las propiedades de la energías solar fotovoltaica.
- Descripción del sistema fotovoltaico.
- Sistemas domésticos individuales.
- Normas técnicas internacionales para los sistemas FV autónomos.
- Norma técnica universal para sistemas fotovoltaicos domésticos.
- Procedimientos de medida de componentes y sistema.

- Procedimientos de medida en la recepción de sistemas.
- Operación, mantenimiento y evaluación.

Finalmente, de manera conjunta entre lo determinado por (Aguilar, Auer, Brunet, Peterson, & Wierringa, 2003) y (Egido & Camino, 2008), se mantiene la aplicación de mecanismos de desarrollo limpio dispuesto por el protocolo de Kioto a proyectos de energía renovable.

## 2.5 Parametrización de selección y análisis de la información.

### 2.5.1 Parámetros de medición del potencial de radiación solar fotovoltaica.

(Alonso, et al., 2002) indica que la eficiencia en la medidas del potencial de radiación solar fotovoltaica, se establece posteriormente en base a la energía producida por el sistema, la misma que será el objetivo final de cualquier diseño o instalación es así que, tal como lo deducen de forma textual “En general, y para una tecnología fotovoltaica convencional se puede estimar la producción anual de un sistema como el producto de la radiación total efectiva sobre el plano de los paneles por la potencia pico instalada y por un tercer factor, llamado *Performance Ratio* (PR), que suele valer entre 0.7 y 0.8.” (Alonso, et al., 2002) (p.55).

Este porcentaje de PR o “pérdidas” respecto a si el módulo fotovoltaico funcionara en condiciones estándar de medida (STC, 1000  $W/m^2$ , célula solar a 25°C, etc), se debe a una serie de efectos que participan directamente en la medición del potencial de radiación solar fotovoltaico, enunciados en la tabla No. 2.4.

**Tabla 2.4. Causas de reducción del potencial de radiación solar fotovoltaica.**

CAUSA	CARACTERÍSTICAS
<b>Tolerancia de potencia de los módulos.</b>	Los módulos no tienen todos la misma potencia máxima (STC): Suelen adquirirse con +0%, -5% de error respecto a la potencia nominal.

<b>Efecto de la temperatura de operación de la células.</b>	Las células pierden un 0.5% de potencia por cada grado que aumenta su temperatura. En operación la temperatura suele ser superior a los 25oC de la condiciones STC.
<b>Pérdidas por desadaptación (mismatch)</b>	Son las pérdidas producidas como consecuencia de no tener todos los módulos la misma intensidad o corriente. Los fabricantes pueden dar los módulos ya clasificados. Los diodos de paso ( <i>bypass</i> ) que llevan incorporados los módulos o que puedan añadirse exteriormente tienen como fin proteger los módulos que den menos corriente por suciedad o sombras de objetos.
<b>Suciedad de los módulos y elementos de medición.</b>	Provocarán una pérdida de potencia, prácticamente proporcional a la caída de corriente ya que se reduce la irradiación. En enclaves con lluvias periódicas se suele alcanzar una situación estable con un 3% de pérdidas promedio.
<b>Deriva espectral</b>	La corriente de las células y por ende su eficiencia varía con el espectro de la luz incidente. Para las células de una sola unión, este efecto en la práctica es muy poco importante. Pero las células multi unión son seriamente afectadas por el espectro de la luz diurna.
<b>Efecto de la sombra sobre los módulos.</b>	En muchas aplicaciones, las sombras son inevitables y provocan un funcionamiento pobre o incluso nulo de alguna rama del conjunto. Las sombras parciales provocan una severa desadaptación de corrientes ( <i>mismatch</i> ).
<b>Incidencia oblicua del sol.</b>	Dado que la incidencia de la radiación solar no es perpendicular a la superficie de los módulos salvo en los casos de seguimiento solar en dos ejes, se producen pérdidas por el incremento de la reflexión de Fresnel con el ángulo de incidencia solar.
<b>Pérdidas por explotación</b>	Durante la explotación de la instalación pueden producirse fallos de funcionamiento de los equipos, que pueden afectar

de forma considerable a la instalación si éstos no se reparan con diligencia.

**Degradación de los equipos de medición y captación.** Los elementos que componen un sistema fotovoltaico tienen una vida útil garantizada por el fabricante. El ritmo de degradación es extraordinariamente bajo para los módulos de silicio, de modo que la vida útil es satisfactoria para más de 30 años.

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

Fuente: (Alonso, et al., 2002)

### **2.5.2 Parámetros de medición del potencial geotérmico de muy baja y baja entalpía.**

En los recursos geotérmicos de baja y muy baja entalpía, ocurren dos situaciones diferentes las cuales limitan el potencial geotérmico obtenido por las zonas de emplazamiento. (Llopis & Rodrigo, 2012) establece que estos parámetros de influencia son:

- Inicialmente no contienen vapor de agua, proporcionando solamente calor, lo que produce que sea direccionado solamente para usuarios muy localizados.
- La obtención del recurso geotérmico se limita a medios de calefacción urbana en ciudades con el recursos en el propio suelo y subsuelo, basándose además en procesos de recopilación, tratamiento e interpretación de datos ya disponibles y sondeos por exploraciones en el ámbito investigativo.

Es por esta razón que, adicional a lo expuesto por (Llopis & Rodrigo, 2012), (Sánchez Guzmán, 1984) de forma esquemática, propone los parámetros específicos de medición del potencial geotérmico de muy baja y baja entalpía en 3 fases, tal como se verifica en la Tabla No. 2.5.

**Tabla 2.5. Parámetros investigativos del recurso geotérmico de baja entalpía**

FASE	FINALIDAD	ETAPAS	OBJETIVOS	TECNICAS EMPLEADAS
<b>Documentación, Estudios geológicos e hidrogeológicos</b>	Selección y	Documentación	Antecedentes	Investigación científica.
	Evaluación de		Planificación etapas anteriores	
	objetivos de explotación	Evaluación de información y selección de áreas.	Definir los almacenes explotables y Seleccionar puntos favorables	Evaluación informativa.
<b>Estudio de almacenes</b>	Confirmar las	Perforación de	Definir el modelo geotérmico	
	hipótesis geológicas y	sondeos profundos.	Confirmar el modelo previsto	Sondeos profundos, diagramas y pruebas.
	definir condiciones de extracción de recurso.	Evaluación del yacimiento.	Seleccionar almacenes	Evaluación de almacenes
<b>Viabilidad Técnico – Económica</b>		Estudio térmico	Estimar el potencial térmico explotable.	
	Definir las condiciones de		Elegir los usuarios	Estudio de mercado, análisis energético de utilización, aplicación de software Ce3x.
	utilización y estudiar la viabilidad económica de la explotación.	Balance energético, económico y financiero.	Definir el aporte geotérmico y seleccionar el sistema.	Análisis energético, cálculo de inversiones y costes, aplicación de software Ce3x.
		Montaje jurídico y administrativo.	Definir los parámetros económicos del sistema.	Estudios jurídicos. Estudios de mercado.
			Definir el modelo de empresa explotadora y modo de operación.	

Fuente: (Sánchez Guzmán, 1984)

## 2.6 Técnicas e instrumentos de la investigación.

### 2.6.1 Técnicas e instrumentos.

De manera específica para la estructuración del presente análisis teórico técnico del potencial de captación solar fotovoltaico y geotérmico de baja entalpía se aplican las siguientes técnicas e instrumentos de investigación:

- **Investigación Bibliográfica.** La investigación bibliográfica establece una forma correcta de obtención de información científica de fuentes como libros, publicaciones científicas, artículos de expertos, con que posteriormente se procede a una clasificación, análisis, síntesis y presentación de aquella información más relevantes y de importancia directa con el desarrollo del proyecto.
  
- **Investigación de Campo.** La investigación de campo es necesaria para, complementariamente a la investigación bibliográfica, poder comprender los fenómenos analizados, identificando de forma directa y por medición o experimentación como se producen las características estudiadas en un marco teórico predecesor al mismo.
  
- **Investigación por medición e instrumentación.** Esta técnica investigativa corresponde a todo el proceso de obtención, análisis, clasificación, disgregación, y validación de la información requerida para la comprensión total del fenómeno, en este caso del recurso solar fotovoltaico y geotérmico de baja y muy baja entalpía. Aquí se especifica la instrumentación indicada para cada procesos, siendo preciso el uso del medidor fotovoltaico, data logger solar fotovoltaico, sonda de medición geotérmica, termómetro geotérmico, sonda de medición geotérmica, y el multímetro de medición eléctrica.

Es preciso hacer una relación específica entre las técnicas e instrumentos de la investigación, para poder dejar de forma objetiva claro la participación de cada uno de los elementos en el sistema de medición, para mantener la organización adecuada y disminuir la incertidumbre de la medida por errores logísticos, quedando expuesta esta relación en la Tabla No. 2.6.

**Tabla 2.6. Técnicas e instrumentos investigativos**

<b>TÉCNICA</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>APLICACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN</b>
<b>Observación y medición.</b>	<b>Medidor fotovoltaico</b>	Instrumento de medición que recepta el recurso fotovoltaico y lo expresa en unidades de radiación directa y difusa.	Sirvió de medio de medición del parámetro fotovoltaico, con lo que se midió el número de veces establecidos por la validación de la muestra.
	<b>Data Logger solar fotovoltaico</b>	Dispositivo electrónico de seguimiento y almacenamiento continuo de información recibida por medidores fotovoltaicos.	Almacena la información medida mediante el medidor fotovoltaico, con lo que se evita la intervención de la incertidumbre.
	<b>Sonda de medición geotérmica</b>	Dispositivo metálico de captación y medición del recurso geotérmico superficial.	Dispositivo que se ingresa en el medio terrestre cercano al emplazamiento para obtener la cantidad de recurso geotérmico de muy baja o baja entalpía.
	<b>Termómetro geotérmico</b>	Dispositivo especial de medición de temperatura específico para medios terrestres superficiales.	Especialmente utilizado para tener un punto de referencia superficial de la diferencia de temperatura obtenida a cierta distancia con respecto al punto inicial de medida.
	<b>Software de validación de eficiencia energética</b>	El software Ce3x es un programa informático desarrollado para conocer la demanda energética de un emplazamiento.	El programa informático está indicado para poder identificar los requerimientos energéticos de un sistema según sus características constructivas.

	<b>Planillas eléctricas</b>	Medios informativos de consumo eléctrico dispuestos por empresas de cobranza.	Permiten conocer el consumo eléctrico en el centro educativo “Latinoamericano”, además la demanda de energía del emplazamiento mensual.
	<b>Voltímetro</b>	Medidor electrónico del recurso de voltaje eléctrico de un medio.	Mide la cantidad de voltaje requerido por los puntos de consumo dentro de la edificación.
	<b>Amperímetro</b>	Medidor electrónico del recurso de intensidad de voltaje eléctrico de un medio.	Obtiene la intensidad de voltaje que se requiere para el funcionamiento de los dispositivos.
	<b>Revisión bibliográfica</b>	Recolección de información proveniente de medios físicos como libros, revistas y demás fuentes investigativas.	Provee el marco teórico técnico inicial de fundamentación hacia la consecución de los objetivos propios de estudio.
<b>Investigación bibliográfica</b>	<b>Investigación medios gráficos y virtuales</b>	Recolección de información proveniente de medios virtuales no físicos como páginas especializadas web, repositorios, artículos científicos, etc.	Los medios virtuales, así como los medios bibliográficos dan una mayor facilidad de expansión del conocimiento hacia conclusiones obtenidas a nivel global.
	<b>Publicaciones y antecedentes científicos.</b>	Información bibliográfica y virtual previa realizada por investigadores sobre el fenómeno que se pretende analizar.	Los antecedentes investigativos nos brindan el punto de partida perfecto hacia la obtención de resultados, aprobando hipótesis anteriores o en contraposición con las mismas.

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

### **2.6.2 Parámetros indicados de selección de instrumentos.**

Si bien es cierto que la instrumentación es parte primordial, y causa del análisis metodológico expuesto en el presente apartado de la investigación, por cuanto de su correcta selección y utilización depende mucho el aproximamiento a la realidad específica del fenómeno, se requiere el seguimiento de un conjunto de parámetros con la finalidad de reducir la participación de los medios externos de afección y la incertidumbre en los procesos de medida. Inicialmente se conoce que, al ser un pre estudio de factibilidad hacia la implementación de medios de captación híbridos a partir de fuentes solares fotovoltaicas y geotérmicas de muy baja y baja entalpía, es en estos campos donde se debe centrar la parametrización requerida.

En el tratamiento del recurso solar fotovoltaico, al ser una tecnología con un amplio conocimiento y madurez de desarrollo, solamente se requiere indicar que el recurso se ve afectado por indicaciones naturales, como la interrupción por obstáculos, la nubosidad recurrente en el sector, además del ángulo de inclinación del haz de luz fotovoltaico, lo que reduciría en gran medida la captación a lo largo del tiempo de medición. En el caso de la energía geotérmica, al constatarse que es una tecnología aún inmadura y con falta de conocimiento en el medio local y regional, se siguen especificaciones externas como la durabilidad de los equipos, la resistencia al terreno, la variabilidad de las condiciones climáticas así como la rigidez, la calidad de roca de la estructura terrenal del emplazamiento y un estudio empírico a través del uso de tablas realizadas en antecedentes investigativos, conjuntamente con la validación de información por software informático especial Ce3x.

## **CAPÍTULO III**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **3.1 Tratamiento de datos de radiación solar fotovoltaicos.**

Una vez conformado y especificado correctamente el marco metodológico de la investigación, se procede a la recolección de la información necesario para conocer efectivamente la naturaleza del desarrollo de radiación solar fotovoltaico en primera instancia, a través del uso correcto de la instrumentación indicada para este proceso durante el período de tiempo seleccionado, tomando en cuenta desde un inicio una validación aproximada del mismo mediante estudio probabilístico de exactitud de la medición, condicionando en todo momento la posibilidad de influencia de medios externos que afecten dicha medición, la trazabilidad de los medios de medición, así como los factores de distorsión de medidas provocados indirectamente por el factor humano presente en las mediciones.

##### **3.1.1 Parametrización inicial.**

La parametrización inicial para la obtención, selección, clasificación y análisis de información solar fotovoltaica, tanto directa, difusa como global promedio, del emplazamiento correspondiente al Centro Educativo “Latinoamericano” de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, durante el período 2014 – 2015 quedó establecido bajo las siguientes líneas de estructuración:

- La ubicación del grupo de medida seleccionado fue sobre una estación estándar de medida dentro del espacio con mayor recepción de insolación de radiación solar directa, siendo este lugar el tejado de tipo azotea de la edificación central del centro educativo.
- Para selección de este lugar se toma en cuenta un estudio de relación de beneficios, entre la posición que ofrezca la mejor radiación solar fotovoltaica, con respecto a la inspección de zonas más accesibles y menos

críticas para anclajes de los paneles en un futuro, con proyección a una instalación futura.

- Para el grupo de mediciones solar fotovoltaicas se realizaron una media de 10 mediciones diarias, 5 días a la semana, durante el tiempo comprendido entre los meses de Octubre del año 2014 y Marzo del año 2015, teniendo como tiempo referencial de medida la amplitud temporal de radiación solar sobre la superficie terrestre aproximada entre los horarios de 08:00 y 17:00, subdivididos en los siguientes horarios: 08:00 (Medición 1F), 09:00 (Medición 2F), 10:00 (Medición 3F), 11:00 (Medición 4F), 12:00 (Medición 5F), 13:00 (Medición 6F), 14:00 (Medición 7F), 15:00 (Medición 8F), 16:00 (Medición 9F) y 17:00 (Medición 10F).
- La validación de la medición se basa en lineamientos desarrollados por la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC E.P., el departamento investigativo del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, el apartado de desarrollo y mediciones del Instituto Nacional de Energía Renovables ENER, además de apoyarse bajo criterios de ingeniería propuestos por expertos relacionados con el tema, la conducción investigativa propuesta por el tutor del proyecto, así como bajo prospecciones de medición propias del investigador dentro de medios de medición bajo experiencia, basado en aspectos de influencia como el tipo de naturaleza del viento local, distancias a medios de obstrucción cercanos, la contaminación visual y acústica, entre otros.
- La metodología de medición sigue además preceptos establecidos bajo los lineamientos de estandarización y homogenización de la información obtenida para parametrización del recurso solar fotovoltaico propuestos expuestos en el documento “Guidelines for PV Power Measurement in Industry”, desarrollado por el Instituto de Energía, del Centro Conjunto de Investigación de la Comisión Europea (2010), EUR 24359 EN, publicado por JRC Scientific and Technical Reports.

- Finalmente se toman en cuenta factores externos que puedan interferir en la validez de dicha información, a partir del estudio de afección por incertidumbre, factor humano y participación de fenómenos indirectos propios del emplazamiento donde se realiza dicha medición, lo que podría ocasionar una ligera variación estadística en la medición final horaria del parámetro solar fotovoltaico.

Como se identifica en el último parámetro indicado, es necesario para poder validar la información recolectada, clasificarla de acuerdo a un procedimiento de estratificación de la misma, subdividiéndola en medición válida, medición afectada y medición no válida bajo ningún criterio, detalladas en la Tabla No. 3.1.

**Tabla 3.1. Estudio probabilístico de exactitud de la medición fotovoltaica**

	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>
<b>Total</b>	230	200	230	220	200	220
<b>mediciones</b>						
<b>Mediciones</b>	184	163	204	192	178	191
<b>Válidas</b>	(80,0%)	(81,5%)	(88,7%)	(87,28%)	(89,0%)	(86,82%)
<b>Medidas</b>	24	29	16	14	19	17
<b>influenciadas</b>	(10,43%)	(14,5%)	(6,96%)	(6,36%)	(9,5%)	(7,73%)
<b>Mediciones</b>	22	8	10	14	3	12
<b>no válidas</b>	(9,57%)	(4%)	(4,35%)	(6,36%)	(1,5%)	(5,45%)
<b>Total</b>	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

Como se detalla en la tabla No. 3.1, el porcentaje de medidas válidas de forma proporcional al total de mediciones realizadas por cada mes para la recolección de información para el parámetro fotovoltaico es muy elevado. Inicialmente obtenemos el menor porcentaje de medidas válidas, como era de esperarse, por cuanto se inicia con el proceso de comprensión del fenómeno, manteniéndose una superioridad en los meses posteriores, destacando el 89% de mediciones válidas para el mes de Febrero. En este punto cabe resaltar la diferencia existente entre las

medidas influenciadas por agentes externos, y aquellas medidas estimadas como no válidas, ya que se evidencia un mayor porcentaje de las inicialmente propuestas, ya que el investigador no puede controlar aspectos de propia naturaleza del fenómeno, mientras que los no válidos se obtienen por problemática propia del instrumento de medición, problemas de registro y lectura por parte del investigador, o directamente por incertidumbre por la trazabilidad del medio de lectura.

### 3.1.2 Insolación por radiación directa.

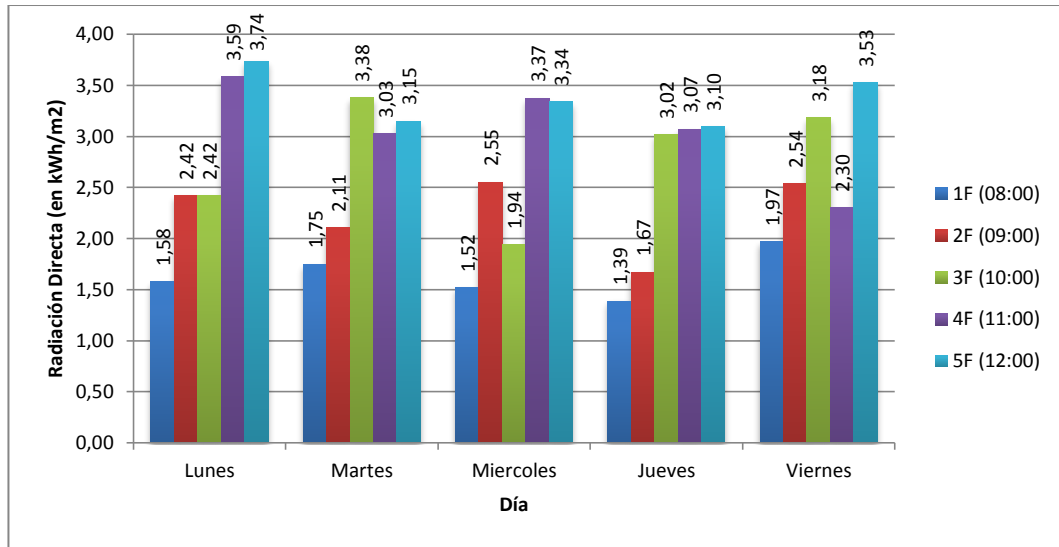
Iniciando el proceso de caracterización del recurso solar fotovoltaico, siendo éste la mitad correspondiente al proyecto total, se empieza mediante la medición por radiación directa, de cuyos datos posteriormente se obtendrán los valores de radiación global promedio que permitirán la determinación de las características compositivas dentro del marco propositivo para su parte complementaria. A partir de la premisa anteriormente propuesta, en la tabla No. 3.2 y consecuentes se pormenoriza las medidas de insolación por radiación directa obtenidas para el emplazamiento del Centro Educativo “Latinoamericano”, cuya presentación se la realiza a partir de la medición diaria promedio obtenida de la serie de valores diarios individuales obtenidos en el emplazamiento adjuntos en el Anexo No. 1.

**Tabla 3.2. Insolación por radiación directa – Octubre 2014.**

<b>OCTUBRE - 2014 (en kWh/m<sup>2</sup>)</b>					
<b>HORARIO</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>
<b>1F (08:00)</b>	1,58	1,75	1,52	1,39	1,97
<b>2F (09:00)</b>	2,42	2,11	2,55	1,67	2,54
<b>3F (10:00)</b>	2,42	3,38	1,94	3,02	3,18
<b>4F (11:00)</b>	3,59	3,03	3,37	3,07	2,30
<b>5F (12:00)</b>	3,74	3,15	3,34	3,10	3,53
<b>6F (13:00)</b>	3,14	2,82	3,52	3,16	3,50
<b>7F (14:00)</b>	3,98	3,07	2,91	2,61	2,92
<b>8F (15:00)</b>	3,06	3,54	3,50	2,67	1,93
<b>9F (16:00)</b>	2,42	2,40	1,98	2,02	1,65
<b>10 F (17:00)</b>	1,04	1,32	1,35	1,01	1,11

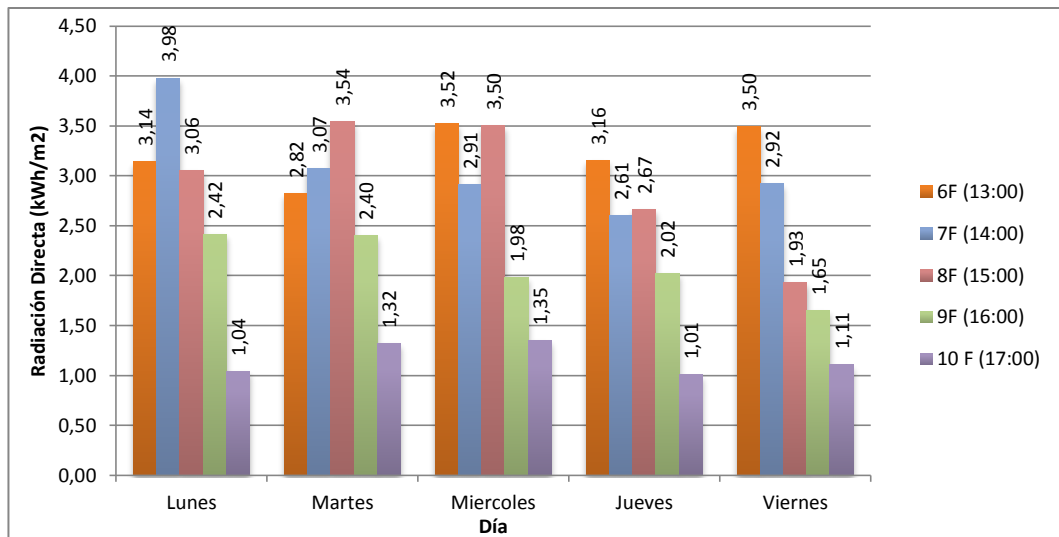
Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Gráfico 3.1 Insolación por radiación directa – Oct/14 (Horarios 1F – 5F)**



Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Gráfico 3.2 Insolación por radiación directa – Oct/14 (Horarios 6F – 10F)**



Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

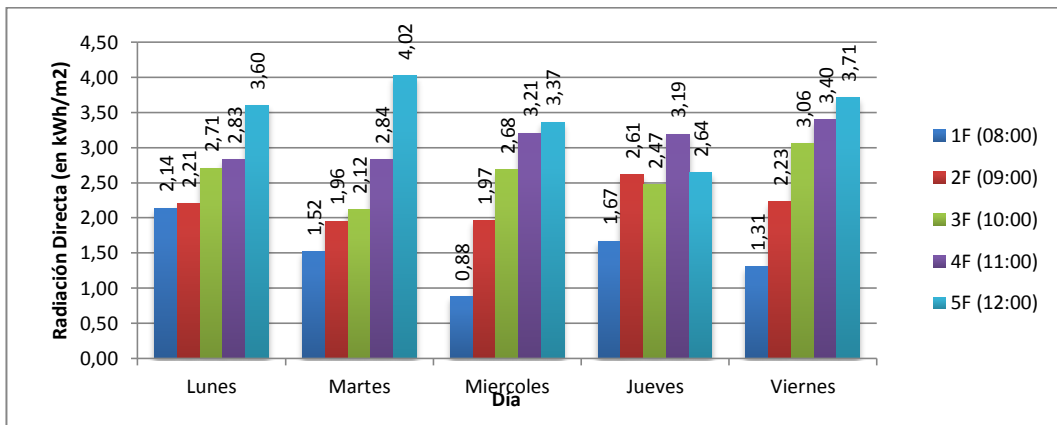
Como se observa en los gráficos No. 3.1 y No. 3.2, para el mes de Octubre del año 2014, de un total de 230 mediciones se obtuvo una mayor incidencia de la radiación directa para los horarios 11:00 (4F), 12:00 (5F), 13:00 (6F) y 14:00 (7F), con un máximo promedio de radiación directa de  $3,98 \text{ kWh/m}^2$  y un mínimo promedio de  $1,01 \text{ kWh/m}^2$ , siendo este mes el tercer mes de mayor radiación directa alcanzada y el penúltimo en relación al mínimo promedio diario.

**Tabla 3.3. Insolación por radiación directa – Noviembre 2014.**

NOVIEMBRE - 2014 (en kWh/m2)					
HORARIO	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1F (08:00)	2,14	1,52	0,88	1,67	1,31
2F (09:00)	2,21	1,96	1,97	2,61	2,23
3F (10:00)	2,71	2,12	2,68	2,47	3,06
4F (11:00)	2,83	2,84	3,21	3,19	3,40
5F (12:00)	3,60	4,02	3,37	2,64	3,71
6F (13:00)	3,68	3,55	3,54	3,06	3,33
7F (14:00)	2,84	3,18	4,10	2,91	3,35
8F (15:00)	2,91	3,06	3,12	3,52	2,77
9F (16:00)	2,26	2,02	2,15	1,82	1,12
10 F (17:00)	1,26	1,18	2,04	0,97	1,44

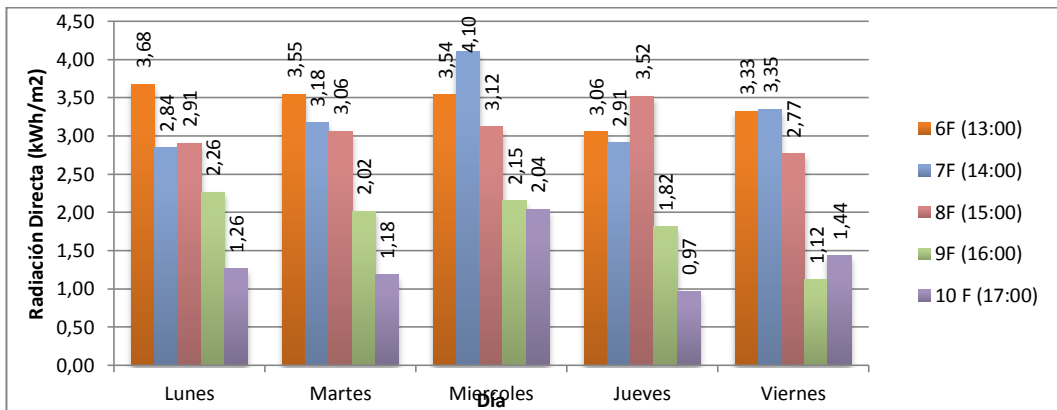
Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Gráfico 3.3 Insolación por radiación directa – Nov/14 (Horarios 1F – 5F)**



Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Gráfico 3.4 Insolación por radiación directa – Nov/14 (Horarios 6F – 10F)**



Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

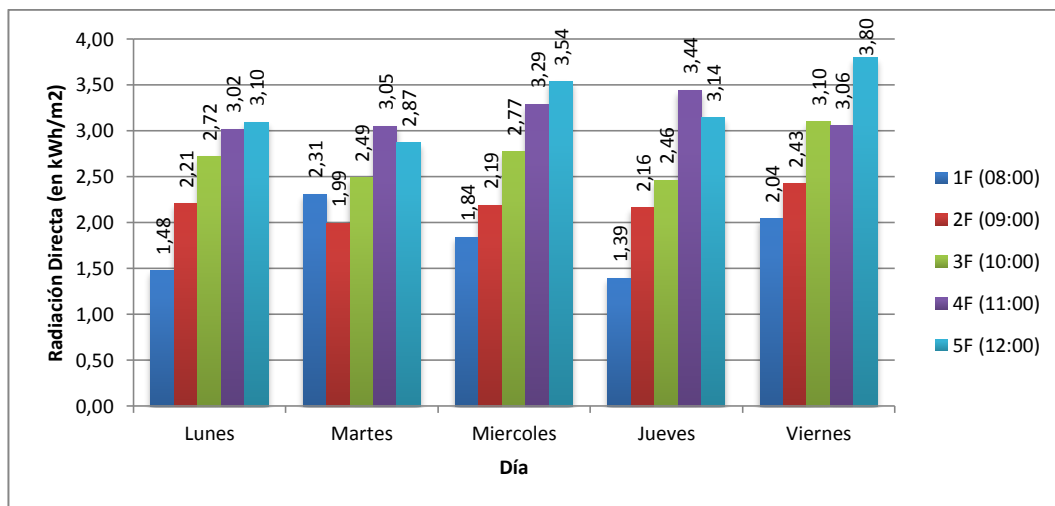
**Tabla 3.4. Insolación por radiación directa – Diciembre 2014.**

DICIEMBRE - 2014 (en kWh/m <sup>2</sup> )					
HORARIO	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1F (08:00)	1,48	2,31	1,84	1,39	2,04
2F (09:00)	2,21	1,99	2,19	2,16	2,43
3F (10:00)	2,72	2,49	2,77	2,46	3,10
4F (11:00)	3,02	3,05	3,29	3,44	3,06
5F (12:00)	3,10	2,87	3,54	3,14	3,80
6F (13:00)	3,38	3,84	3,13	3,66	3,60
7F (14:00)	3,37	3,54	3,28	3,01	2,59
8F (15:00)	2,77	3,03	3,30	2,81	3,01
9F (16:00)	2,24	2,25	3,10	2,91	2,51
10 F (17:00)	1,25	1,72	1,85	1,35	1,29

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

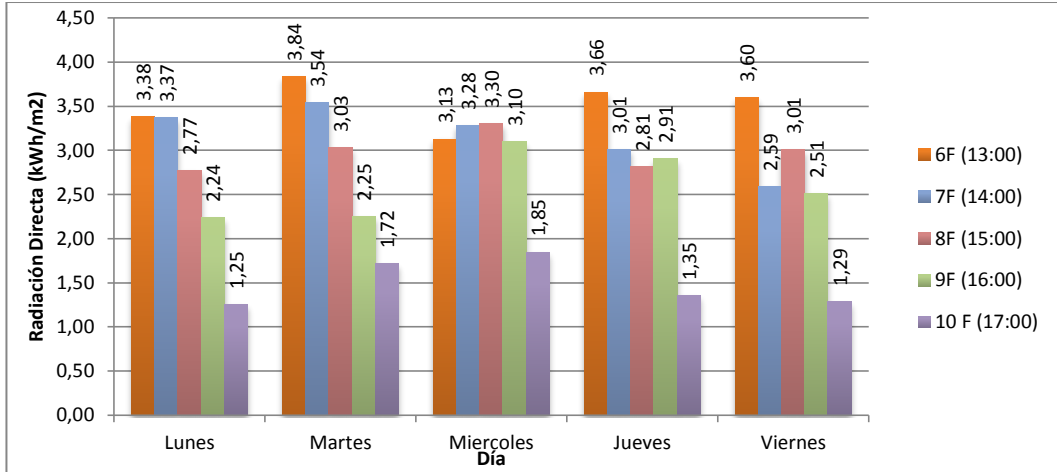
De la medida de insolación por radiación directa para Diciembre del año 2014 se deduce como horarios de mayor incidencia del haz fotovoltaico sobre el sistema de captación, dependiente de la dirección de ubicación, los horarios 13:00 (6F), 14:00 (7F) y 15:00 (8F), que a diferencia de los indicados anteriormente para los meses de Octubre y Noviembre, por la ubicación variable del planeta con respecto al sol, se extendió esta radiación a horas posteriores a las 12:00 (5F), obteniendo para este mes la cuarta mejor radiación máxima promedio con 3,84 kWh/m<sup>2</sup>, y la segunda mejor radiación mínima promedio con 1,25 kWh/m<sup>2</sup>.

**Gráfico 3.5 Insolación por radiación directa – Dic/14 (Horarios 1F – 5F)**



Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Gráfico 3.6 Insolación por radiación directa – Dic/14 (Horarios 6F – 10F)**



Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

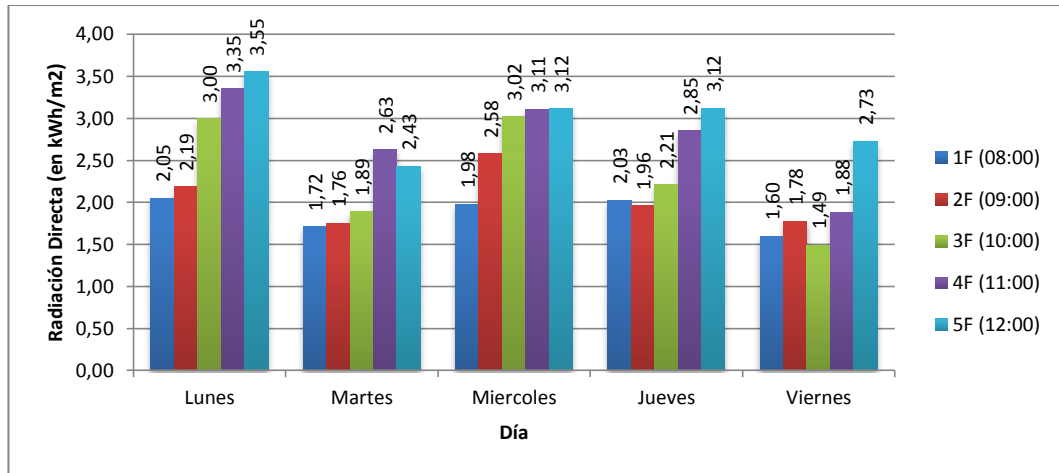
**Tabla 3.5. Insolación por radiación directa – Enero 2015**

ENERO - 2015 (en kWh/m²)					
HORARIO	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1F (08:00)	2,05	1,72	1,98	2,03	1,60
2F (09:00)	2,19	1,76	2,58	1,96	1,78
3F (10:00)	3,00	1,89	3,02	2,21	1,49
4F (11:00)	3,35	2,63	3,11	2,85	1,88
5F (12:00)	3,55	2,43	3,12	3,12	2,73
6F (13:00)	4,02	2,22	2,63	3,48	2,50
7F (14:00)	3,69	2,62	2,43	3,05	2,58
8F (15:00)	3,08	2,76	2,24	3,15	2,32
9F (16:00)	2,92	2,50	1,88	2,69	1,99
10 F (17:00)	2,45	1,43	1,05	1,20	1,37

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

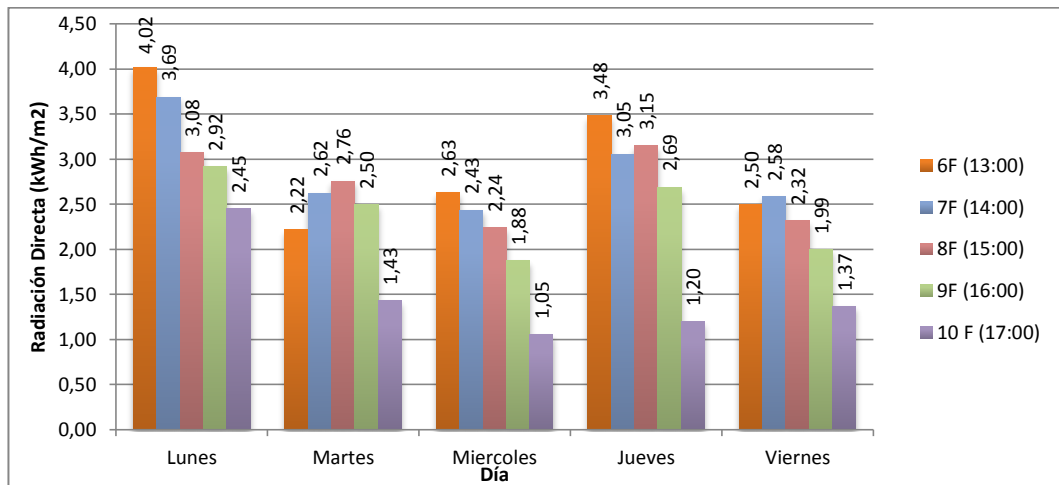
El mes de Enero del 2015, inicio del segundo trimestre comprendido del presente estudio de caracterización del parámetro solar fotovoltaico, nos deja como resultado la segunda mayor radiación solar promedio máxima con 4,02 kWh/m<sup>2</sup>, después de los 4,10 kWh/m<sup>2</sup> en Diciembre, con los horarios de mayor incidencia establecidos para 12:00 (5F), 13:00 (6F) y 14:00 (7F), lo que establece un crecimiento de captación de radiación directa relativamente sostenido, con respecto a las máximas promedio de captación, identificadas de mejor manera en el estudio de radiación global promedio.

**Gráfico 3.7 Insolación por radiación directa – Ene/15 (Horarios 1F – 5F)**



Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Gráfico 3.8 Insolación por radiación directa – Ene/15 (Horarios 6F – 10F)**



Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

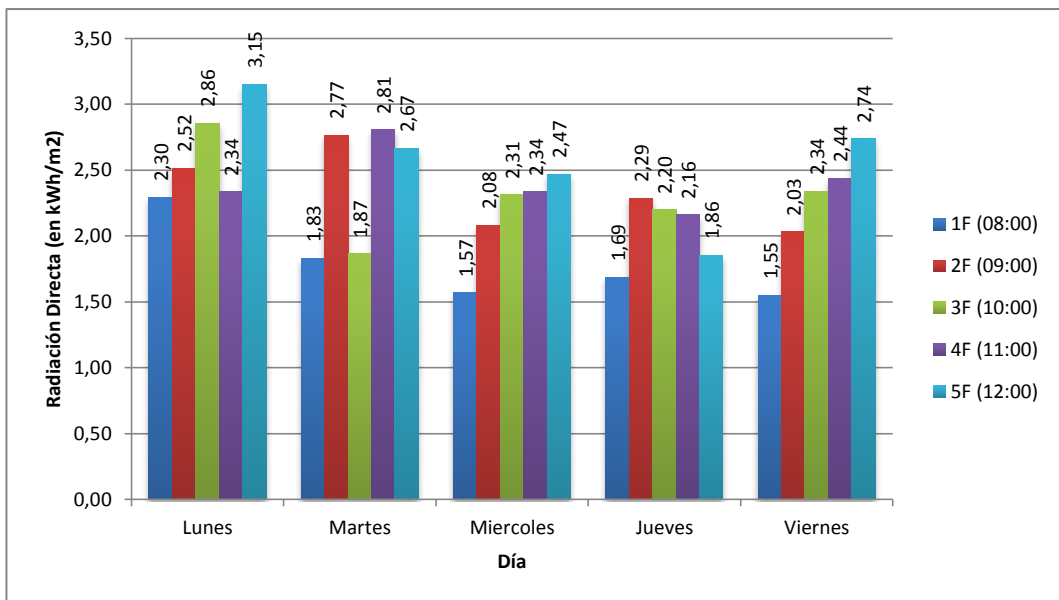
**Tabla 3.6. Insolación por radiación directa – Febrero 2015**

FEBRERO - 2015 (en kWh/m2)					
HORARIO	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1F (08:00)	2,30	1,83	1,57	1,69	1,55
2F (09:00)	2,52	2,77	2,08	2,29	2,03
3F (10:00)	2,86	1,87	2,31	2,20	2,34
4F (11:00)	2,34	2,81	2,34	2,16	2,44
5F (12:00)	3,15	2,67	2,47	1,86	2,74
6F (13:00)	3,19	1,75	2,58	2,30	3,35
7F (14:00)	2,33	2,21	3,13	2,37	3,38

<b>8F (15:00)</b>	2,62	2,14	2,64	2,88	2,98
<b>9F (16:00)</b>	2,26	1,96	2,33	2,64	3,26
<b>10 F (17:00)</b>	1,90	1,74	2,04	1,91	1,86

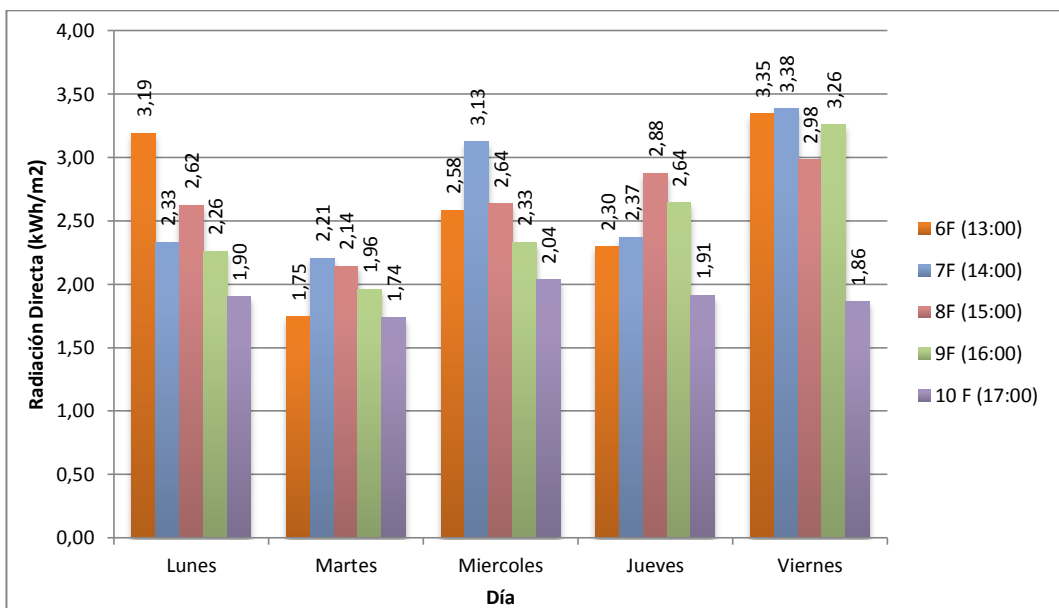
Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Gráfico 3.9 Insolación por radiación directa – Feb/15 (Horarios 1F – 5F)**



Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Gráfico 3.10 Insolación por radiación directa – Feb/15 (Horarios 6F – 10F)**



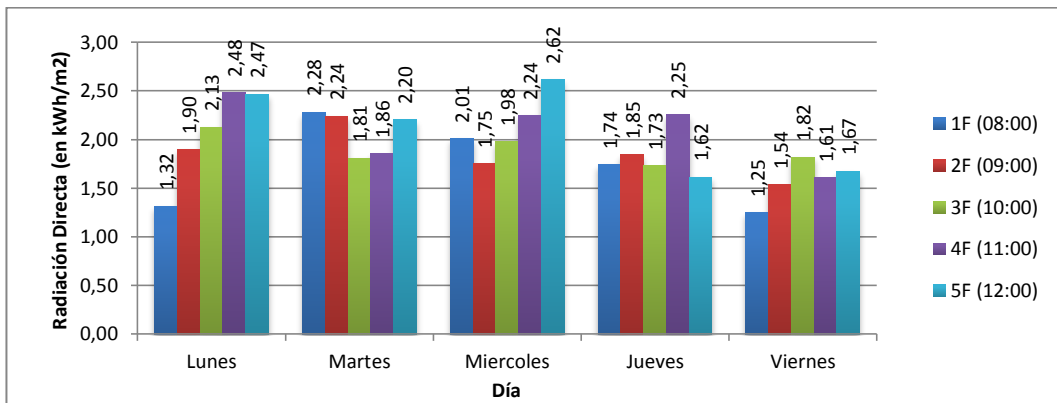
Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Tabla 3.7. Insolación por radiación directa – Marzo 2015**

MARZO - 2015 (en kWh/m2)					
HORARIO	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1F (08:00)	1,32	2,28	2,01	1,74	1,25
2F (09:00)	1,90	2,24	1,75	1,85	1,54
3F (10:00)	2,13	1,81	1,98	1,73	1,82
4F (11:00)	2,48	1,86	2,24	2,25	1,61
5F (12:00)	2,47	2,20	2,62	1,62	1,67
6F (13:00)	2,38	1,62	3,47	2,16	1,80
7F (14:00)	2,93	2,39	2,90	2,45	1,86
8F (15:00)	3,03	2,37	2,30	1,89	1,99
9F (16:00)	1,92	1,64	2,23	2,03	2,80
10 F (17:00)	1,36	1,07	1,70	1,73	1,76

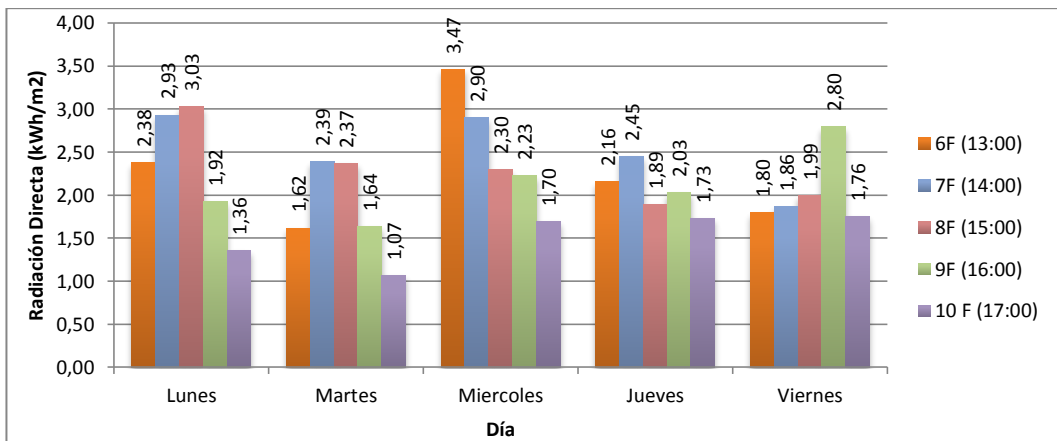
Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Gráfico 3.11 Insolación por radiación directa – Mar/15 (Horarios 1F – 5F)**



Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Gráfico 3.12 Insolación por radiación directa – Mar/15 (Horarios 6F – 10F)**



Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

De los meses de Febrero y Marzo del 2015, cuya caracterización completa el semestre inicial requerido para una mediana aproximación requerida para la comprensión del fenómeno fotovoltaico en el emplazamiento escogido, nos da como resultado una mayor incidencia del haz fotovoltaico en los horarios 12:00 (5F) y 13:00 (6F) para el primer mes analizado de ambos, y los horarios 11:00 (4F), 14:00 (7F) y 15:00 (8F) para el último estudiado. Cabe concluir el estudio mensual de captación solar fotovoltaico indicando los máximos promedios obtenidos para estos dos meses, siendo de 3,38 kWh/m<sup>2</sup> y 3,47 kWh/m<sup>2</sup> respectivamente, además de los mínimos promedios de captación, 1,55 kWh/m<sup>2</sup> y 1,07 kWh/m<sup>2</sup> respectivamente.

### **3.1.3 Insolación por radiación difusa.**

La medida de la insolación por radiación difusa da soporte complementario a la comprensión final de la radiación solar fotovoltaica completa, aunque su determinación no influye directamente en el nivel de radiación global promedio final que nos permite establecer los valores indicados para determinación del número de paneles solares a seleccionar y el cuadro de baterías de acumulación de energía. La obtención de la radiación difusa, siendo complementario este dato, se obtiene a partir de una serie de histogramas publicados dentro del atlas solar fotovoltaico y bases de datos solares fotovoltaicas propias del Consejo Nacional de Electricidad CONELEC (2008).

En relación a la determinación de radiación difusa, se hace referencia a (EOI Escuela de Organización Industrial, 2014) quienes indican que:

*“La radiación difusa es aquella recibida de la atmósfera como consecuencia de la dispersión de parte de la radiación del sol en la misma. Esta energía puede suponer aproximadamente un 15% de la radiación global en los días soleados, pero en los días nublados, en los cuales la radiación directa es muy baja, la radiación difusa supone un porcentaje mucho mayor. Por otra parte, las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que "ven" toda la semiesfera celeste, mientras que las superficies verticales reciben menos porque solo "ven" la mitad de la semiesfera celeste.” (p.5)*

De esta manera, y a partir de los histogramas de radiación difusa expuestos en el Anexo No. 2, en la Tabla No. 3.8 se indica la radiación difusa mensual para el mes comprendido en el emplazamiento.

**Tabla 3.8. Insolación por radiación difusa – Octubre – Marzo**

**Insolación por radiación difusa Octubre – Marzo**  
(en kWh/m<sup>2</sup>/día)

	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>
<b>Radiación difusa</b>	2,7	2,5	2,4	2,0	2,6	2,8

Fuente: (CONELEC, 2008)

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

Como se detalla en la Tabla No. 3.8, la radiación difusa va describiendo una regularidad basada en un tipo de curva, donde desde el mes de Octubre hasta Enero se presencia una disminución sostenida de dicha radiación con una diferencia en valores de 0,7 kWh/m<sup>2</sup>/día, mientras que a partir del mes de Enero hasta Marzo se evidencia un incremento de igual forma sostenido desde 2,0 kWh/m<sup>2</sup>/día en Enero hasta 2,8 kWh/m<sup>2</sup>/día.

### **3.1.4 Radiación global promedio.**

La radiación global promedio, para fines de caracterización final del sistema de captación de energía solar fotovoltaica, hace referencia a la variación promedio obtenida de forma mensual a través de la insolación por radiación directa únicamente, ya que para un emplazamiento de las características que comprende el Centro Educativo “Latinoamericano”, no corresponde incluirla por cuanto su afección no se considera de alta participación de acuerdo a los medios de medida descritos anteriormente. De esta forma, el valor promedio mensual del sistema, conjuntamente con la variación lineal de radiación durante el trimestre se presenta en la Tabla No. 3.9 y el gráfico No. 3.13, siguiendo como se indica en la parametrización las indicaciones de disminución de la participación de agentes externo y la reducción de la incertidumbre en la medición.

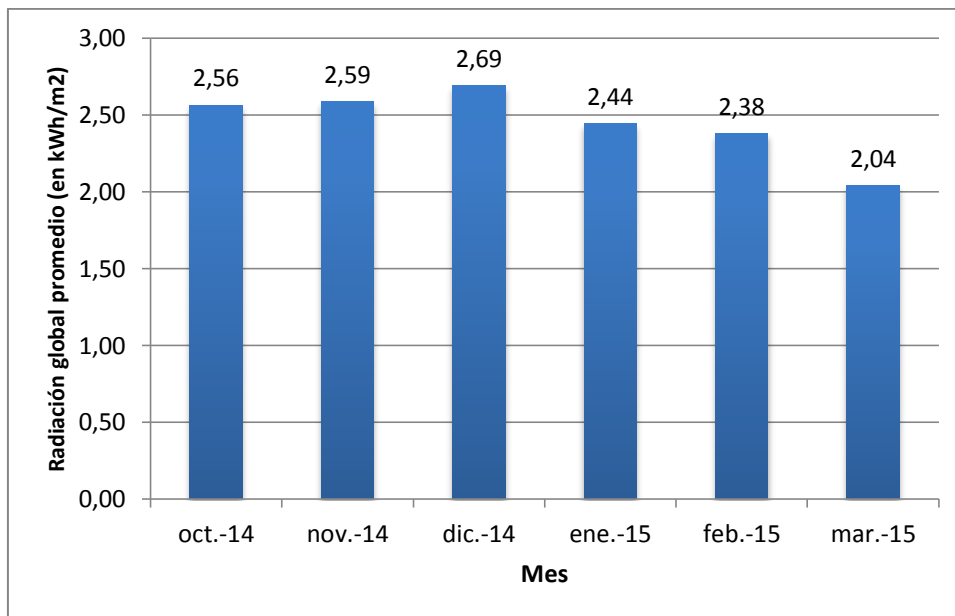
**Tabla 3.9. Radiación global promedio - Oct/14 – Mar/15**  
**Insolación por radiación global promedio Octubre 2014 – Marzo 2015**  
**(en kWh/m<sup>2</sup>)**

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
<b>Radiación global promedio</b>	2,56	2,59	2,69	2,44	2,38	2,04

Fuente: (CONELEC, 2008)

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Gráfico 3.13 Variación de radiación global promedio – Oct/14 – Mar/15**



Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

De esta forma se concluye que la radiación global promedio para el emplazamiento establecido dentro del Centro Educativo “Latinoamericano”, se mantiene en un rango entre los 2 kWh/m<sup>2</sup> como mínimo valor y 2,7 kWh/m<sup>2</sup> como valor máximo aproximado de radiación global promedio mensual, existiendo una variación normalizada de aumento y disminución sostenido que indica la regularidad del aspecto solar fotovoltaico en las instalaciones, y nos provee la seguridad de la estabilidad del recurso energético en la instalación posterior al estudio de factibilidad del mismo.

### 3.1.5 Aprovechamiento solar energético.

El grado de aprovechamiento energético del sistema, se realiza en base a las necesidades energéticas requeridas, ya que de ninguna manera se justificaría el sobredimensionado del diseño, ya que conllevaría al aumento directo del presupuesto necesario para adquisición, instalación y mantenimiento del mismo. De esta forma, tal como se indica en la premisa anterior, inicialmente para indicar el aprovechamiento solar energético obtenible se identifica el consumo de energía requerido por el instituto, a través del análisis de demanda promedio de acuerdo al número de unidades, potencia, horas de uso al día y la energía al día requerida, tal como se señala en la Tabla No. 3.10.

**Tabla 3.10. Demanda promedio Centro Educativo “Latinoamericano”**

<b>DEMANDA ENERGÉTICA PROMEDIO CENTRO EDUCATIVO "LATINOAMERICANO"</b>				
<b>Dispositivos</b>	<b>Unidades</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Horas/día</b>	<b>Wh/día</b>
<b>Focos</b>	29	20	3	1740
<b>Ordenadores</b>	15	150	4	9000
<b>Dispositivos video</b>	4	421	6	10104
<b>Circuito de audio</b>	1	50	0,5	25
<b>Puntos de consumo</b>	31	20	4	2480
<b>Circuito de alarma</b>	1	30	6	180
<b>Portero eléctrico</b>	1	5	1	5
<b>Impresoras</b>	5	150	5	3750
<b>Teléfonos</b>	3	16	0,5	24
<b>Luminarias grandes</b>	2	40	1	80
<b>Total Consumo</b>				27388
<b>Total Cubierto</b>				7044

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

Como se especifica dentro de la tabla No. 3.10, se realiza una sumatoria de la energía total requerida por la institución, establecida en 27388 Wh/día, además de representarse una sumatoria de aproximadamente el 25,72% del sistema completo, que es lo que se pretende cubrir con el sistema solar fotovoltaico, con un consumo de 7044 Wh/día.

Tomando en cuenta los valores de consumo energético, tanto totales como propuestos para la cobertura mediante el sistema solar fotovoltaico, y haciendo referencia a lo establecido por (CONELEC, 2008), se realiza el establecimiento del conjunto de cargas en corriente alterna, y la corriente pico del módulo, tal como se explica en las tablas No. 3.11 y No. 3.12 respectivamente.

**Tabla 3.11. Cargas en Corriente Alterna**

	<b>Característica (unidad)</b>	<b>Valor</b>
<b>CARGAS EN CORRIENTE ALTERNA</b>	<b>Factor Inversor</b>	1,2
	<b>Carga CC diaria equivalente (Wh/día)</b>	6364,8
	<b>Carga Máxima Pico (vatios)</b>	793
	<b>Carga Máxima Pico CA (vatios)</b>	793

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Tabla 3.12. Corriente pico del módulo**

	<b>Característica (unidad)</b>	<b>Valor</b>
<b>CORRIENTE PICO DEL MÓDULO</b>	<b>Carga Diaria CC (Wh/día)</b>	1740
	<b>Cargas CC de CA (Wh/día)</b>	6364,8
	<b>Carga CC total diaria (Wh/día)</b>	8104,8
	<b>Tensión CC del sistema (V)</b>	12
	<b>Carga diaria corriente CC (Ah)</b>	675,4
	<b>Factor seguridad</b>	1,15
	<b>Carga corriente corregida (Ah)</b>	776,71
	<b>Radiación solar (kWh/m<sup>2</sup>/día)</b>	2,45
	<b>Corriente pico del sistema (A)</b>	317,02

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

Se concluye en base a lo especificado en las tablas No. 3.11 y No. 3.12 que la carga máxima pico en Vatios que tendrá el sistema cubierto por el diseño solar fotovoltaico es de 793 Vatios, siendo este valor representado en el caso que todos los consumidores estuvieran activos al mismo momento. También es importante indicar que la carga total diaria que se requiere cubrir es en verdad 8104,8 Wh/día, la misma que se supliría a partir de una radiación solar promedio total de 2,45 kWh/día, con una corriente pico del sistema de 317,02 A.

## **3.2 Tratamiento de datos geotérmicos de baja y muy baja entalpía.**

### **3.2.1 Parametrización inicial.**

La parametrización inicial para la obtención, selección, clasificación de la información geotérmica de baja y muy baja entalpía, del emplazamiento correspondiente al Centro Educativo “Latinoamericano” de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, durante el período 2014 – 2015, queda establecido bajo los siguiente lineamientos:

- La ubicación del grupo de medida seleccionado es bajo inmediaciones terrestre ubicadas en el patio trasero de la institución, único lugar disponible para la adecuación posterior, si fuera factible, del sistema de captación de la energía geotérmica de baja y muy baja entalpía.
- Al no poseer otra alternativa de selección dentro del emplazamiento, no se dependería de un estudio de relación de beneficios, ya que el patio principal está construido bajo características de concreto, mientras que el patio posterior mantiene las cualidades de un patio de césped, fácilmente adaptable para las necesidades del diseño.
- Para el grupo de mediciones geotérmica de baja y muy baja entalpía, se realizaron una media de 15 mediciones diarias, 5 días a la semana, durante el período comprendido entre los meses de Octubre del año 2014 y Marzo del año 2015, teniendo como tiempo referencial de medida la amplitud temporal de manutención del recurso geotérmico de baja y muy baja entalpía en la superficie terrestre, que se desarrolla aproximadamente entre las 06:00 y las 20:00, subdivididos en los siguientes horarios: 06:00 (1G), 07:00 (2G), 08:00 (3G), 09:00 (4G), 10:00 (5G), 11:00 (6G), 12:00 (7G), 13:00 (8G), 14:00 (9G), 15:00 (10G), 16:00 (11G), 17:00 (12G), 18:00 (13G), 19:00 (14G) y 20:00 (15G).

- La validación de la medición se basa en lineamientos desarrollados por el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energía Renovables INER, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable MEER, la Organización Latinoamericana de Energía OLADE y la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC E.P., además de apoyarse bajo criterios de ingeniería propuestos por expertos relacionados con el tema geotérmico de baja y muy baja entalpía, la conducción propositiva y metodológica del tutor del proyecto, así como las decisiones y medidas propias del criterio científico del investigador, manejados bajo la experiencia en el campo de desarrollo, conjugándolo con la información provista de requerimientos de calefacción obtenidos del software Ce3x, aún cuando el tipo de captación no es de alto conocimiento en el medio físico general.
- La metodología de medición sigue además lineamientos establecidos bajo preceptos de estandarización y homogenización de la información obtenida para la parametrización del recurso geotérmico de baja y muy baja entalpía expuestos en el documento “Overseas Private Investment Corporation – Environmental Guidance. Renewable Energy – Geothermal Projects”, procesos técnicos desarrollados por Knight Piesold and Co – Final January 2012, en conjunto con algunos fundamentos propuestos en “Health and Safety Guidelines for Shallow Geothermal Well”, Rotorua Well Drilling Company, July 1996.
- De igual manera que con la parametrización inicial del fenómeno fotovoltaico, en el proceso de recolección de la información geotérmica de baja y muy baja entalpía, se toman en cuenta factores externos que puedan interferir con la validez de dicha información, a partir del estudio de afección por incertidumbre, factor humano y participación de medios indirectos propios del emplazamiento donde se realiza dicha medición, lo que podría ocasionar una ligera variación estadística en la medición final horaria del parámetro geotérmico de baja y muy baja entalpía.

Como se detalla en el último parámetro indicado, es necesario mantener un proceso de validación de la información recabada, mediante la cual se clasifica la información mantenida como válida, disgregándola de aquella caracterizada como influenciada o por mediciones no válidas en su totalidad, detalladas en la Tabla No. 3.13.

**Tabla 3.13. Estudio probabilístico de la medición geotérmica de baja entalpía**

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
<b>Total</b>	345	300	345	330	300	330
<b>mediciones</b>						
<b>Mediciones</b>	264	232	221	282	259	291
<b>Válidas</b>	(76,52%)	(77,33%)	(64,06%)	(85,45%)	(86,3%)	(88,19%)
<b>Medidas</b>	23	42	35	26	28	21
<b>influenciadas</b>	(6,67%)	(14,00%)	(10,14%)	(7,88%)	(9,33%)	(6,36%)
<b>Mediciones</b>	58	26	89	22	13	18
<b>no válidas</b>	(16,81%)	(8,67%)	(25,8%)	(6,67%)	(4,33%)	(5,46%)
<b>Total</b>	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

A diferencia del estudio probabilístico de exactitud de la medición de fenómeno solar fotovoltaico, en la Tabla 3,13, el estudio probabilístico correspondiente a la medición de baja y muy baja entalpía demuestra una menor regularidad en la obtención de las mediciones válidas, así como una alta variación de porcentajes entre las medidas influenciadas y las mediciones no válidas, esto se debe a que la formación técnica en diseño y caracterización de planes geotérmico no es madura en el país, además de que las herramientas de medición del parámetro específico no mantienen una buena trazabilidad ya que no se mantiene una constante evolución ni re calibración de los elementos de medida, siendo requerida dicha calibración a partir de las mediciones obtenidas en el mes de Diciembre, con un porcentaje cercano al 50% de aceptación (64,06%), en gran aporte acusando a la menor participación de estos proyectos dentro de los planes de transformación energética del país.

### 3.2.2 Conductividad térmica local.

Como es de conocimiento previo, mediante el análisis completo de mediciones y caracterización del recurso geotérmico de baja y muy baja entalpía propuesto dentro del marco teórico propio de este proyecto investigativo, el funcionamiento geotérmico se lo realizará de acuerdo a los parámetros de intercambio de la energía mantenida en el suelo, y emitida mediante procesos de transmisión de calor, propiamente las propiedades de conductividad térmica local, tanto del material propio del emplazamiento, como de la sonda de medición y el material del que está constituido.

La medida de la conductividad del terreno  $\lambda_{local}$  (W/m.°K) determina la cantidad de energía que pasa por unidad de tiempo y por una superficie de  $1m^2$  a una distancia de un metro para crear un aumento de temperatura de 1°K. Ahora, si bien es cierto la medida de la conductividad térmica para pequeñas instalaciones bastaría con un parámetro medio denominado bajo tabulaciones típicas de características del terreno, en instalaciones y análisis de implementación como el propuesto en el presente trabajo investigativo, es necesario la medición o sondeo característica hasta la profundidad estimada inicialmente, tomando en cuenta las características finales del sistema, especificando exactamente si este es de tipología vertical u horizontal.

Una vez comprendido el parámetro de conductividad térmica local, a continuación se proceden a realizar las mediciones de especificación de la conductividad térmica local, expuestas en su totalidad en el Anexo No. 3, y especificadas dentro de las tablas y gráficos siguientes. Inicialmente se analiza la información obtenida para el mes de Octubre, del cual se desprenden 345 medidas, de las cuales fueron consideradas 264 como válidas (76,52%), 23 como afectadas (6,67%) y 58 como no válidas (16,81%), apuntada en la Tabla No. 3.14, y las mediciones correspondientes a los siguientes meses, Noviembre – 2014 (Tabla No. 3.15), Diciembre – 2014 (Tabla No. 3.16), Enero – 2015 (Tabla No. 3.17), Febrero – 2015 (Tabla No. 3.18) y Marzo – 2015 (Tabla No. 3.19).

**Tabla 3.14. Promedio de Conductividad Térmica Local Octubre - 2014**

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL - Medición diaria promedio						
OCTUBRE - 2014 (en W/mK)						
HORARIO	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Promedio hora
1G (06:00)	1,61	1,20	1,52	1,52	1,63	1,50
2G (07:00)	1,05	1,38	1,56	1,48	1,45	1,38
3G (08:00)	1,66	1,43	1,78	1,48	1,35	1,54
4G (09:00)	1,03	1,61	1,51	1,54	1,51	1,44
5G (10:00)	1,40	1,54	1,36	1,68	1,55	1,51
6G (11:00)	1,42	1,56	1,33	1,41	1,34	1,41
7G (12:00)	1,47	1,42	1,53	1,33	1,53	1,46
8G (13:00)	1,51	1,67	1,50	1,35	1,40	1,48
9G (14:00)	1,61	1,51	1,50	1,54	1,46	1,52
10 G (15:00)	1,64	1,39	1,57	1,45	1,42	1,49
11 G (16:00)	1,56	1,45	1,54	1,43	1,40	1,47
12 G (17:00)	1,40	1,68	1,34	1,35	1,55	1,46
13 G (18:00)	1,46	1,58	1,53	1,45	1,58	1,52
14 G (19:00)	1,46	1,69	1,47	1,33	1,39	1,47
15 G (20:00)	1,30	1,33	1,42	1,49	1,53	1,41

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Tabla 3.15. Promedio de Conductividad Térmica Local Noviembre - 2014**

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL - Medición diaria promedio						
NOVIEMBRE - 2014 (en W/m.K)						
HORARIO	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Promedio hora
1G (06:00)	1,53	1,39	1,55	1,68	1,32	1,50
2G (07:00)	1,59	2,11	1,51	1,43	1,66	1,66
3G (08:00)	1,65	1,43	1,62	1,70	1,49	1,58
4G (09:00)	1,53	1,52	1,81	1,57	1,52	1,59
5G (10:00)	1,51	1,55	1,59	1,56	1,51	1,54
6G (11:00)	1,35	1,32	1,61	1,55	1,55	1,48
7G (12:00)	1,41	1,35	1,55	1,54	1,52	1,47
8G (13:00)	1,41	1,40	1,47	1,60	1,82	1,54
9G (14:00)	1,34	1,58	1,47	1,60	1,73	1,54
10 G (15:00)	1,70	1,55	1,42	1,52	1,67	1,57
11 G (16:00)	1,41	1,45	1,61	1,65	1,55	1,53
12 G (17:00)	1,40	1,52	1,72	1,48	1,53	1,53
13 G (18:00)	1,46	1,40	1,51	1,54	1,65	1,51
14 G (19:00)	1,44	1,49	1,59	1,41	1,40	1,47
15 G (20:00)	1,35	1,51	1,43	1,60	1,28	1,43

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Tabla 3.16. Promedio de Conductividad Térmica Local Diciembre - 2014**

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL - Medición diaria promedio						
DICIEMBRE - 2014 (en W/m.K)						
HORARIO	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Promedio hora
1G (06:00)	1,31	1,45	1,33	0,96	1,45	1,30
2G (07:00)	1,53	1,30	1,40	1,42	1,84	1,50
3G (08:00)	1,65	1,25	1,54	1,10	1,46	1,40
4G (09:00)	1,73	1,54	1,47	1,10	1,74	1,52
5G (10:00)	1,65	1,53	1,42	1,60	1,78	1,60
6G (11:00)	1,52	1,14	1,61	1,84	1,70	1,56
7G (12:00)	1,67	1,33	1,50	1,63	1,37	1,50
8G (13:00)	1,66	1,46	1,59	1,40	1,67	1,56
9G (14:00)	1,85	1,54	1,63	1,79	1,44	1,65
10 G (15:00)	1,45	1,42	1,39	1,49	1,39	1,43
11 G (16:00)	1,60	1,58	1,64	1,61	1,49	1,58
12 G (17:00)	1,44	1,49	1,44	1,71	1,41	1,49
13 G (18:00)	1,27	1,53	1,75	1,84	1,71	1,62
14 G (19:00)	1,68	1,34	1,42	1,37	1,39	1,44
15 G (20:00)	1,35	1,60	1,34	1,22	1,32	1,37

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Tabla 3.17. Promedio de Conductividad Térmica Local Enero - 2015**

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL - Medición diaria promedio						
ENERO - 2015 (en W/m.K)						
HORARIO	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Promedio hora
1G (06:00)	1,44	1,43	1,30	1,43	1,38	1,39
2G (07:00)	1,62	1,52	1,59	1,65	1,43	1,56
3G (08:00)	1,73	1,61	1,43	1,74	1,58	1,62
4G (09:00)	1,64	1,56	1,64	1,52	1,58	1,59
5G (10:00)	1,61	1,62	1,63	1,62	1,84	1,66
6G (11:00)	1,52	1,69	1,54	1,71	1,58	1,61
7G (12:00)	1,69	1,46	1,55	1,52	1,45	1,53
8G (13:00)	1,51	1,77	1,61	1,57	1,43	1,58
9G (14:00)	1,65	1,45	1,52	1,32	1,54	1,49
10 G (15:00)	1,41	1,44	1,13	1,57	1,59	1,43
11 G (16:00)	1,79	1,74	1,45	1,67	1,57	1,64
12 G (17:00)	1,50	1,52	1,45	1,84	1,55	1,57
13 G (18:00)	1,50	1,49	1,69	1,34	1,81	1,57
14 G (19:00)	1,60	1,46	1,44	1,48	1,54	1,50
15 G (20:00)	1,50	1,58	1,54	1,39	1,40	1,48

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Tabla 3.18. Promedio de Conductividad Térmica Local Febrero - 2015**

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL - Medición diaria promedio						
FEBRERO - 2015 (en W/m.K)						
HORARIO	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Promedio hora
1G (06:00)	1,36	1,25	1,42	1,52	1,26	1,36
2G (07:00)	1,85	1,58	1,68	1,62	1,57	1,66
3G (08:00)	2,62	1,57	1,60	1,80	1,80	1,88
4G (09:00)	1,71	1,45	1,51	1,58	1,60	1,57
5G (10:00)	1,77	1,65	1,53	1,57	1,40	1,58
6G (11:00)	1,82	1,65	1,51	1,38	1,54	1,58
7G (12:00)	1,35	1,44	1,62	1,52	1,65	1,51
8G (13:00)	1,65	1,68	1,55	1,40	1,28	1,51
9G (14:00)	1,65	1,56	1,67	1,37	1,54	1,56
10 G (15:00)	1,50	1,59	1,43	1,79	1,61	1,58
11 G (16:00)	1,67	1,68	1,70	1,47	1,51	1,61
12 G (17:00)	1,49	1,63	1,66	1,39	1,60	1,55
13 G (18:00)	1,72	1,35	1,63	1,38	1,30	1,48
14 G (19:00)	1,39	1,62	1,54	1,84	1,65	1,60
15 G (20:00)	1,39	1,27	1,40	1,25	1,28	1,32

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Tabla 3.19. Promedio de Conductividad Térmica Local Marzo - 2015**

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL - Medición diaria promedio						
MARZO - 2015 (en W/m.K)						
HORARIO	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Promedio hora
1G (06:00)	1,38	1,32	1,25	1,31	1,26	1,30
2G (07:00)	1,40	1,68	1,62	1,51	1,63	1,57
3G (08:00)	1,53	1,64	1,52	1,73	1,74	1,63
4G (09:00)	1,66	1,76	1,89	1,54	1,40	1,65
5G (10:00)	1,81	1,43	1,49	1,47	1,37	1,51
6G (11:00)	1,47	1,54	1,42	1,74	1,67	1,57
7G (12:00)	1,71	1,70	1,42	1,44	1,87	1,63
8G (13:00)	1,48	1,57	1,74	1,48	1,19	1,49
9G (14:00)	1,45	1,54	1,33	1,59	1,45	1,47
10 G (15:00)	1,59	1,27	1,29	1,28	1,30	1,35
11 G (16:00)	1,66	1,75	1,53	1,56	1,48	1,60
12 G (17:00)	1,69	1,58	1,46	1,31	1,56	1,52
13 G (18:00)	1,41	1,86	1,49	1,71	1,00	1,49
14 G (19:00)	1,63	1,55	1,52	1,20	1,34	1,45
15 G (20:00)	1,60	1,73	1,44	1,60	1,58	1,59

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

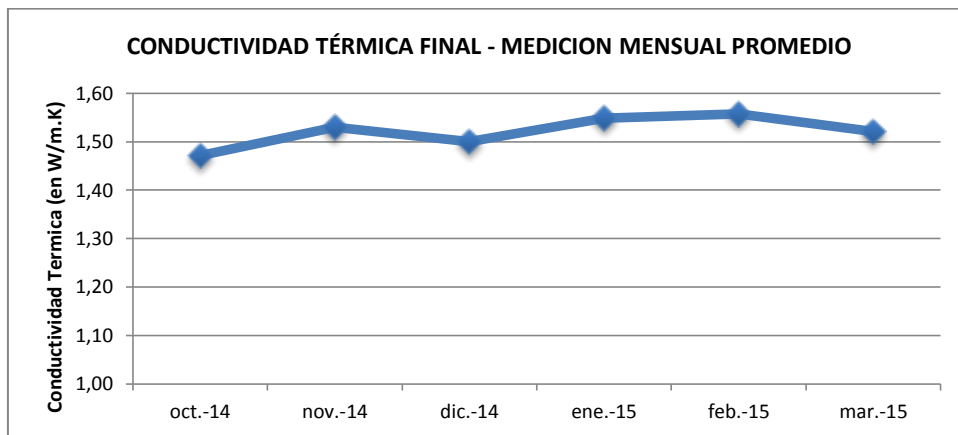
De todos los promedios que se obtienen de la determinación de la conductividad térmica final del terreno, disgregándola de afecciones producidas por intervención de medios externos como la presencia cercana de medios de disminución o aumento de energía calorífica, cantidad de terreno, variación de la temperatura y la humedad, así como la propia constitución del emplazamiento en cuanto a los materiales de los que está dispuesto el suelo, siendo estos materiales principalmente: Barro negro, Arcilla, Limos, Arena y arcilla saturada, se obtiene las siguientes mediciones finales mensuales de conductividad térmica final, expuesta en la tabla No. 3.20., además de representarse la pendiente de variación de conductividad térmica local en el gráfico No. 3.14.

**Tabla 3.20. Promedio de Conductividad Térmica Local Final**

<b>CONDUCTIVIDAD TÉRMICA FINAL - MEDICION MENSUAL PROMEDIO</b>						
<b>OCT/14 - MAR/15 (en W/m.K)</b>						
	<b>oct-14</b>	<b>nov-14</b>	<b>dic-14</b>	<b>ene-15</b>	<b>feb-15</b>	<b>mar-15</b>
<b>Conductividad Térmica</b>	1,47	1,53	1,50	1,55	1,56	1,52

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Gráfico 3.14 Variación de conductividad térmica local – Oct/14 – Mar/15**



Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

Se aprecia una mínima variación de conductividad térmica final, la misma que comparada con la establecida para la arcilla saturada (1,7 W/m.K), no tiene mayor diferencia, por lo que se denota que la mayor participación corpórea del material del emplazamiento en el proceso geotérmico proviene de la interactividad que

mantendría la Arcilla Saturada con la Sonda de Medición, y posterior dispositivo de obtención y transmisión de energía y calor.

### **3.2.3 Calor geotérmico aprovechable de baja y muy baja entalpía.**

Anterior a la denominación del calor geotérmico aprovechable de baja y muy baja entalpía, se requiere agregar información técnica de comprensión hacia el cambio de la temperatura del suelo con la profundidad. Tal como lo indica (Ibáñez, 2008), el suelo no es un verdadero sólido, sino que consta de partículas individuales y agregados, en conjunto con aire, agua y dependiendo del lugar del emplazamiento hielo.

Como se evidenció en el análisis de conductividad térmica del material, ésta no es constante para todos los momentos, sino que presenta una variación dependiente del tipo de material presente, la cantidad de saturación del agua, así como de la humedad entre muchos otros factores. Esta conductividad del suelo sigue la secuencia mineral – agua – aire, dependiendo de varios factores como:

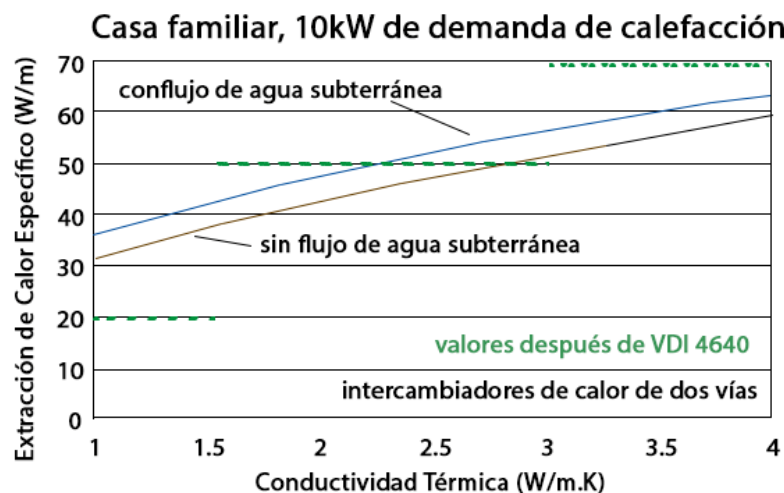
- La conductividad de las partículas del material del suelo.
- El tamaño de las partículas del suelo.
- La compactación de la mezcla, es decir la porosidad y el grado de contacto entre las partículas.
- La humedad del suelo.

Es importante, para medios de comprensión del calor geotérmico aprovechable de baja y muy baja entalpía que, si la superficie del suelo se calienta su temperatura aumenta y se transfiere calor hacia abajo por conducción. Como cada capa recibe calor, su temperatura aumenta, pero el punto hasta el cual aumenta depende de la capacidad de calor de la unidad de volumen del suelo, lo que a su vez depende del calor específico del material.

(Ibáñez, 2008) agrega que el agua tiene el calor específico más alto de las sustancias comunes, por lo que el aumento de temperatura será menor que para igual volumen de cualquier otro material. Esto significa que el calor específico de un volumen de suelo aumenta con el contenido de agua. También varía con la densidad del suelo. El calor específico grande del agua es responsable de las temperaturas moderadas que se encuentran en regiones cercanas a grandes masas de agua. Por ejemplo, al descender la temperatura de la masa de aire en el invierno, se transfiere calor del agua al aire, el cual a su vez transporta calor hacia la tierra si los vientos son favorables.

Concluida la retrospectiva técnica sobre la evolución y diferencia del gradiente geotérmico del subsuelo, y la implicación de este parámetro dentro del calor aprovechable de baja y muy baja entalpía, al ser un proyecto investigativo de mediano alcance, con un presupuesto no elevado para la implementación de medios de medición más precisos para conocimiento de este parámetro, se puede deducir el mismo a partir del uso de tablas y valores empíricos de referencia, como es el caso del indicado por (Sanner, 2012), quien especifica que una forma popular y económica, además de ser científicamente aceptada es a través de la extracción de calor específico, expresado en W/m para la demanda de 10kW de calefacción de una casa familiar, tal como se indica en el gráfico No. 3.15.

**Gráfico 3.15 Conductividad térmica vs Extracción de calor específico**



Fuente: (Sanner, 2012)

Tomando en cuenta el gráfico de relación entre la conductividad térmica y la extracción de calor específico expuesta dentro del gráfico No. 3.15, y vinculándola con los valores de conductividad térmica obtenidos en la Tabla No. 3.20, se puede deducir la cantidad de calor específico que se puede extraer a dichos valores, tal como se indica en la Tabla No. 3.21.

**Tabla 3.21. Promedio de Conductividad Térmica Local Final**

<b>CONDUCTIVIDAD TÉRMICA FINAL Y CALOR ESPECÍFICO EXTRAÍBLE- MEDICION MENSUAL PROMEDIO</b>						
<b>OCT/14 - MAR/15</b>						
	<b>oct-14</b>	<b>nov-14</b>	<b>dic-14</b>	<b>ene-15</b>	<b>feb-15</b>	<b>mar-15</b>
<b>Conductividad Térmica (en W/m.K)</b>	1,47	1,53	1,50	1,55	1,56	1,52
<b>Calor Específico Extraíble (en W/m)</b>	37,4	38	37,5	38,3	38,4	37,7

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

### **3.2.4 Potencia de calefacción requerida.**

Para el cálculo de potencia de calefacción requerida, al no tener en Ecuador una normativa específica para este fin, por cuanto la calefacción de edificios como el establecido por el Centro Educativo “Latinoamericano” no ha sido de interés público, menos de implementación de sistemas climatizados para mejorar las características de estancia de los estudiantes a primeras horas del día, se requiere utilizar un medio de Eficiencia Energética empleado bajo otras dependencias, por lo que por facilidad de comunicación se ha utilizado el test de validación para la calificación energética de edificios empleados en España.

Mediante la utilización del software libre Ce3x de certificación de eficiencia energética, y a través de los planos de superficie efectiva de la Escuela (ocupación de superficie por la edificación, sin incluir patios ni jardines), se observa un área total de 185,7933 m<sup>2</sup>, cuyo informe nos da los siguientes valores explicados en

los gráficos No. 3.16 (características de emplazamiento inicial), gráfico No. 3.17 (componentes característicos de edificación), y gráfico No. 3.18 (calificación energética obtenida), que para facilidad de resolución se desarrolló para un área ejemplo de  $89,11m^2$ , correspondiente a una de las plantas de 3 salones de clase de la edificación.

**Gráfico 3.16 Características de emplazamiento inicial.**

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

Fuente: Programa Ce3x de validación en eficiencia energética

**Gráfico 3.17 Componentes característicos de edificación.**

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

Fuente: Programa Ce3x de validación en eficiencia energética

**Gráfico 3.18 Calificación energética obtenida**



Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

Fuente: Programa Ce3x de validación en eficiencia energética

Las características constructivas del piso base se demuestran en las tablas No. 3.22, No. 3.23, No. 3.24, No. 3.25, No. 3.26, No. 3.27, No. 3.28, No. 3.29, con una instalación de calefacción a gas natural como se verifica en la tabla No. 3.30

**Tabla 3.22. Características muro de fachada 1.**

**MURO DE FACHADA 1**

<b>Superficie:</b>	23,4 m <sup>2</sup> .
<b>Longitud:</b>	9,36 m.
<b>Altura:</b>	2,5 m.
<b>Orientación:</b>	NO
<b>Propiedades térmicas:</b>	Estimadas
<b>Tipo de fachada:</b>	Una hoja
<b>Composición del muro:</b>	Bloques de hormigón
<b>Aislamiento térmico:</b>	No

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Tabla 3.23. Características muro de fachada 1.**

**MURO DE FACHADA 2**

<b>Superficie:</b>	23,4 m <sup>2</sup> .
<b>Longitud:</b>	9,36 m.
<b>Altura:</b>	2,5 m.
<b>Orientación:</b>	SE
<b>Propiedades térmicas:</b>	Estimadas
<b>Tipo de fachada:</b>	Una hoja
<b>Composición del muro:</b>	Bloques de hormigón
<b>Aislamiento térmico:</b>	No

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Tabla 3.24. Características muro de fachada 3.**

**MURO DE FACHADA 2**

<b>Superficie:</b>	23,8 $m^2$ .
<b>Longitud:</b>	9,53 m.
<b>Altura:</b>	2,5 m.
<b>Orientación:</b>	SO
<b>Propiedades térmicas:</b>	Estimadas
<b>Tipo de fachada:</b>	Una hoja
<b>Composición del muro:</b>	Bloques de hormigón
<b>Aislamiento térmico:</b>	No

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Tabla 3.25. Características muro de fachada 4.**

**MURO DE FACHADA 2**

<b>Superficie:</b>	23,8 $m^2$ .
<b>Longitud:</b>	9,52 m.
<b>Altura:</b>	2,5 m.
<b>Orientación:</b>	NE
<b>Propiedades térmicas:</b>	Estimadas
<b>Tipo de fachada:</b>	Una hoja
<b>Composición del muro:</b>	Bloques de hormigón
<b>Aislamiento térmico:</b>	No

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Tabla 3.26. Características cubierta con aire.**

**CUBIERTA CON AIRE**

<b>Superficie:</b>	89,11 $m^2$ .
<b>Longitud:</b>	9,52 m.
<b>Altura:</b>	9,36 m.
<b>Orientación:</b>	SE
<b>Propiedades térmicas:</b>	Estimadas
<b>Tipo de cubierta:</b>	Plana
<b>Tipo de forjado:</b>	Losa
<b>Aislamiento térmico:</b>	No

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Tabla 3.27. Características suelo con terreno**

**SUELO CON TERRENO**

<b>Superficie:</b>	89,11 $m^2$ .
<b>Longitud:</b>	9,52 m.
<b>Altura:</b>	9,36 m.
<b>Profundidad:</b>	Menor o igual que 0,5m
<b>Propiedades térmicas:</b>	Por defecto

**Transmitancia térmica**  $1.0 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Tabla 3.28. Características partición vertical 1.**

**PARTICIÓN VERTICAL 1**

**Superficie:**  $7,8 \text{ m}^2$ .  
**Longitud:** 3,12 m.  
**Altura:** 2,5 m.  
**Orientación:** SE  
**Zona:** Edificio objeto  
**Propied. Térmicas:** Por defecto

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Tabla 3.29. Características partición vertical 2.**

**PARTICIÓN VERTICAL 2**

**Superficie:**  $7,8 \text{ m}^2$ .  
**Longitud:** 3,12 m.  
**Altura:** 2,5 m.  
**Orientación:** SE  
**Zona:** Edificio objeto  
**Propied. Térmicas:** Por defecto

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Tabla 3.30. Características instalaciones del edificio**

**EQUIPO DE ACS**

**Demanda Cubierta:**  
**Superficie:**  $89,11 \text{ m}^2$ .  
**Porcentaje:** 100%  
**Tipo de generador:** Caldera estándar.  
**Tipo de combustible:** Gas natural  
**Rendimiento estacional** Estimado según inst.  
**Potencia nominal:** 24 W.  
**Rendimiento de combs:** 85 %

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

A partir de los resultados obtenidos mediante el programa Ce3x, las inmediaciones del Centro Educativo “Latinoamericano” tiene una demanda de calefacción para una planta tipo de 3 salones de clase de  $266,6 \text{ kWh}/\text{m}^2$ , con una calificación G, pero cabe recalcar que estas predicciones se realizan para

ambientes donde las temperaturas de invierno se mantienen en un rango entre 1°C y 5 °C, las mismas que para Ecuador no se aplicarían.

Extrayendo de la premisa anterior sobre temperaturas, para las inmediaciones del Centro Educativo solamente se requeriría un 50% de la calefacción estimada por el programa Ce3x, por lo que el plano base tendría una demanda de calefacción real de 133,3 kWh/m<sup>2</sup>, de lo cual al multiplicar por la superficie eficiente de la institución que es 185,7933m<sup>2</sup>, se obtienen las siguientes condiciones de requerimiento de calefacción (Tabla No. 3.22)

**Tabla 3.31. Necesidades energéticas de calefacción**

Valores	Calefacción
kWh/m <sup>2</sup> año	133,3
Superficie (m <sup>2</sup> )	185,7933
kWh/año	24766,24

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

Para la obtención de la potencia de calefacción requerida finalmente para la institución, y así en el marco propositivo definir la bomba calorífica necesaria, es necesario concretar cuantas horas al año se necesitará de la calefacción, tomando en cuenta que en Ecuador, directamente en la zona de Ambato, se la requiere en horas específicas del día, sobre todo en el tramo comprendido entre las 06:00 am y las 09:00 am como máximo, durante los meses en que las actividades de la escuela están realizándose, siendo los meses comprendidos entre Septiembre y Junio, no contándose los meses de Julio y Agosto por cuanto existen vacaciones. Para este número de horas, se tomará en cuenta el peor de los casos que sería su utilización todos los días de clase, las 3 horas diarias, dando un valor estimado de potencia final de:

$$Potencia_{final} = 24766,24[kWh/año]/600[horas] = 41,27kW$$

Para concluir, la potencia final obtenida es la requerida para la calefacción de una sola planta de la edificación, por lo que para las dos plantas requeridas del establecimiento, ya que la tercera planta mantiene una calefacción de tipo natural por calentamiento del ambiente a través de la insolación directa sobre el techo, se debería multiplicar el valor de potencia final por dos, quedando el valor final de la siguiente manera:

$$Potencia_{requerida} = 41,27[kW/planta] \times 2[planta] = 82,55kW$$

### **3.3 Conclusiones parciales.**

A partir de las mediciones realizadas para comprensión de los fenómenos, tanto solar fotovoltaico como geotérmico de baja y muy baja entalpía, de manera conjunta con los lineamientos establecidos de forma técnica a través del marco teórico, y de forma procedimental mediante el marco metodológico, se determinan las siguientes conclusiones parciales:

- Mediante aplicación de la parametrización inicial del estudio y medición del recurso energético solar fotovoltaico, se establece la ubicación adecuada del instrumento de medida, bajo lineamientos científicos y de aprobación de instituciones públicas energéticas, así como se observa una exactitud dentro del proceso de validación de la medición, con una media porcentual de un 85.55% entre los meses comprendidos desde Octubre – 2014 a Marzo – 2015.
- La mayor radiación solar directa se obtuvo en el mes de Diciembre, con  $4,10 \text{ kWh/m}^2$  de captación, seguida de la producción obtenida para el mes de Enero con  $4,02 \text{ kWh/m}^2$ , existiendo una mínima variabilidad de la captación entre los meses anteriores y posteriores, garantizando la regularidad del recurso energético enunciado.

- La insolación por radiación difusa, efectiva entre el mes de Octubre – 2014 y Marzo – 2015, obtenida a partir de bases de datos e histogramas de radiación difusa realizados por instituciones de energía renovable y eficiencia energética del Gobierno Ecuatoriano, nos proveen como mayor valor el mes de Marzo ( $2,8 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$ ), donde gracias a las temperaturas ambiente se mantiene una mayor remanencia de la energía indicada por la proyección del haz de luz fotovoltaico.
- La radiación global promedio, obtenida a partir de las mediciones propias realizadas anteriormente, dibuja una línea de variación no tan pronunciada, con valores máximos de radiación global de  $2,69 \text{ kWh/m}^2$  para el mes de Diciembre - 2014, un valor mínimo de  $2,04 \text{ kWh/m}^2$  para el mes de Marzo – 2015 y un valor promedio del ciclo de  $2,45 \text{ kWh/m}^2$ .
- Se estableció una demanda energética del emplazamiento de 27388 Wh/día, con una cobertura predispuesta para el sistema de captación solar fotovoltaico real de 8104,8 Wh/día según análisis de carga en corriente alterna y corriente pico del módulo, que corresponde al 29,59% de los requisitos energéticos de la institución educativa.
- Mediante la aplicación de la parametrización inicial del estudio y medición del recurso geotérmico de baja y muy baja entalpía, se establece un posición adecuada de la herramienta de medición de la conductividad térmica del terreno, bajo lineamientos generalizados expuestos por el INER, el MEER, la OLADE y CELEC E.P., pero a diferencia de la medición fotovoltaica, en el fenómeno geotérmico se experimentó mayor variación en cuanto a la validación de la información, siendo el valor mayor obtenido de 291/330 mediciones para el mes de Marzo – 2015, y el menos de 221/345 mediciones realizadas para el mes de Diciembre – 2014, con un porcentaje de aproximación del 88,19% y 64,06% respectivamente.

- La medida de la conductividad del terreno  $\lambda_{local}$  (W/m.°K) que determina la cantidad de energía que pasa por unidad de tiempo y por una superficie de  $1m^2$  a una distancia de un metro para crear un aumento de temperatura de 1°K, se obtuvo un valor promedio de 1,52 W/m.°K, siendo sus mayores valores de 1,56 W/m.°K en Febrero – 2015, y el menor obtenido de 1,47 W/m.°K.
- A partir de la medida de la conductividad térmica del terreno, específica para el tipo de material que se encuentra en el suelo correspondiente al emplazamiento del Centro Educativo “Latinoamericano”, se obtiene una medida media de calor específico extraíble de 227,3 W/m.
- A través del programa informático Ce3x, que si bien es cierto está adecuado para normativas de eficiencia energética aplicadas dentro del territorio español, nos permite hacer una estimación aproximada a los requerimientos de la edificación sobre la cual se mantienen las actividades educativas. De esta forma, se deduce que si bien el programa nos indica una demanda de calefacción de 266,6 kWh/m<sup>2</sup>, al mantener Ambato unas temperaturas no tan extremas como las presentes en ambientes europeos, solamente se necesita un 50% de dicha demanda, por lo que la demanda final quedaría en 133,3 kWh/m<sup>2</sup> para el piso base que se realiza el cálculo.
- Las medidas de potencia final para la primera planta, tomando en cuenta una superficie de 185,7933 m<sup>2</sup>, y una utilización de calefacción de 3 horas diarias durante todo el año lectivo (comprendido entre Septiembre y Junio del año siguiente), es de 41,27 kW, pero al tener que cubrir solamente dos plantas, ya que la tercera planta mantiene una calefacción natural por conducción calorífica de contacto del techo con el ambiente, la potencia final requerida para toda la institución es de 82,55 kW.

## **CAPÍTULO IV**

### **MARCO PROPOSITIVO**

#### **4.1 Título de la Propuesta.**

Diseño de un Sistema Energético Híbrido Solar Fotovoltaico y Geotérmico de baja y muy baja entalpía para implementación en el Centro Educativo “Latinoamericano” de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, para uso de consumo eléctrico y calefacción.

#### **4.2 Objetivos.**

- Diseñar un sistema energético híbrido, que incluya la captación eficiente de recursos energéticos renovables de características solar fotovoltaicas y geotérmica de baja y muy baja entalpía, a partir de la caracterización local previa del fenómeno dentro del emplazamiento del Centro Educativo “Latinoamericano”, de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua.
- Proveer un estudio ponderado de selección de la tecnología más conveniente para suplir las necesidades energéticas de la institución educativa, tomando en cuenta aspectos de mucha importancia, como la facilidad de instalación, el mantenimiento, los gastos de adquisición, la compatibilidad con el entorno, entre otros.
- Comprobar la hipótesis primordial originaria del presente estudio investigativo, a partir de la introspección de la naturaleza del avance tecnológico y la normativa de exigencia hacia la eficiencia energética propia del lugar donde se pretende hacer la posterior implementación si fuera factible.

### **4.3 Justificación.**

El presente marco propositivo se justifica inicialmente bajo el apoyo de la Constitución de la República del Ecuador, en cuyos artículos proponen el seguimiento y soporte efectivo, legal y económico, hacia la utilización de medios de energía renovables que beneficien directamente a la Nación. En segunda instancia se erige el presente proyecto bajo la transformación de la matriz productiva, así como las metodologías de uso eficiente de la energía propuestos por el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energía Renovables INER, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable MEER y el Consejo Nacional de Electricidad CONELEC.

La mayor justificación se basa en la necesidad individual de la institución de proveer un sistema energético eficiente, con uso de energías renovables e introducción de medios de calefacción obtenidos directamente por medios naturales no contaminantes y cuya cuantía es amplia en el territorio ecuatoriano. El Centro Educativo “Latinoamericano” de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, avala la institución del presente estudio investigativo, así como el análisis de implementación producto del marco propositivo en miras de una próxima instalación efectiva del sistema.

### **4.4 Configuración de la propuesta**

La configuración de la propuesta producto del estudio de los parámetros solar fotovoltaicos y geotérmicos de baja y muy baja entalpía, dentro del emplazamiento propio del Centro Educativo “Latinoamericano”, expone un sistema híbrido de captación por medios de paneles solares de alto rendimiento y una bomba de calor específica para medios geotérmico de comunicación tierra – medio líquido de transmisión de calor, a partir del siguiente conjunto de sucesos:

- Estudio inicial de diagnóstico y caracterización de los recursos solar fotovoltaicos y geotérmicos de baja y muy baja entalpía, para la

parametrización efectiva del emplazamiento, y así poder seleccionar y diseñar los sistemas justos para la demanda requerida por la institución educativa.

- Establecimiento de las carga eléctricas y de requerimientos de calefacción del sistema, de forma paralela con la determinación de la corriente pico del módulo eléctrico, la carga real de energía en corriente alterna y corriente continua, la conductividad térmica efectiva del territorio, y el análisis previo de energía calorífica extraíble por medio de sustentación de estudios similares, debido al alto coste de mediciones del bien geotérmico.
- Identificar, por medio de un estudio ponderado, la mejor solución para la implementación en cuanto al aspecto tecnológico y de desarrollo se refiere, por cuanto no sería factible la instalación de medios productivos no compatibles con el entorno, demasiado caros, de mantenimiento elevado y cuyo retorno de la inversión sea mayor a la vida útil propia de los elementos participativos.
- Realizar un análisis de compatibilidad con el medio circundante, tanto para medición del impacto de contaminación auditiva, visual y ambiental, mediante la intervención de medios de reducción de los mismos, y cumplimiento de normativas internacionales en vez de las nacionales aún no dispuestas para este fin.

#### **4.5 Dimensionamiento de la instalación.**

Inicial al dimensionamiento total de la instalación, subdividido en un sistema de captación solar fotovoltaico para proveer energía eléctrica a la edificación, y otro subsistema geotérmico de baja y muy baja entalpía para suplir las necesidades de calefacción en las primeras horas de la mañana por las bajas temperaturas que experimentan los estudiantes, se requiere enunciar los valores iniciales del emplazamiento, expuestos en la Tabla No. 4.1.

**Tabla 4.1. Valores iniciales de emplazamiento**

<b>Tipología</b>	<b>Características</b>	<b>Valores</b>
<b>GENERALES</b>	Altura	2500 m.s.n.m.
	Densidad del aire	0,9643 kg/m <sup>3</sup>
	Temperatura promedio anual máxima	19,4 °C
	Cantidad de precipitación anual	573,4 mm.
	Radiación difusa promedio	2,5 kWh/m <sup>2</sup> /día
<b>SOLAR FOTOVOLTAICAS</b>	Radiación Global promedio	2,45 kWh/m <sup>2</sup>
	Demanda cubierta – Sistema solar fotovoltaico	7044 Wh/día
	Carga total diaria	8104,8 Wh/día
	Corriente pico del sistema	317,02 A
	Composición del suelo	Barro negro, arcilla saturada, timos, arena.
<b>GEO TéRMICO DE BAJA ENTALPÍA</b>	Conductividad térmica local promedio	1,522 W/m.K
	Calor específico promedio extraíble	37,88 W/m
	Potencia de calefacción final requerida	82,55 kW.

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

#### **4.5.1 Instalación solar fotovoltaica.**

Para el correcto dimensionamiento de la instalación solar fotovoltaica, se requiere tomar en cuenta las características iniciales del emplazamiento en su tipología de influencia sobre su factor de captación propio, para posteriormente poder indicar las propiedades técnicas de dimensionamiento de los siguientes términos estructurales:

- Dimensionamiento del sistema de módulos fotovoltaicos.
- Dimensionamiento del banco de baterías.
- Dimensionamiento del inversor de energía.
- Capacidad de control de la unidad específica de conducción.

Mediante la utilización de una serie de fórmulas establecidas en el marco teórico del presente estudio investigativo (Tabla No. 1.6), y la utilización de los valores iniciales del emplazamiento (Tabla No. 4.1) se obtiene los siguientes valores de dimensionamientos de los componentes del sistema solar fotovoltaico.

**Tabla 4.2. Dimensionamiento sistema de módulos fotovoltaicos.**

<b>DIMENSIONADO DEL MODULO FOTOVOLTAICO</b>	<b>Corriente pico del sistema (A)</b>	317,02
	<b>Corriente pico (A)*</b>	8,18
	<b>Arreglo de módulos</b>	39
	<b>Tensión CC nominal (V)</b>	12
	<b>Tensión CC nominal módulo (V)*</b>	45,3
	<b>Tensión relacionada</b>	0,26
	<b>Numero módulos (unidades)</b>	10

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Tabla 4.3. Dimensionamiento de sistema banco de baterías.**

<b>DIMENSIONADO DEL BANCO DE BATERÍAS</b>	<b>Carga CC total diaria (Ah)</b>	776,71
	<b>Días de reserva</b>	4
	<b>Capacidad nominal banco (Ah)</b>	3106,84
	<b>Profundidad descarga</b>	0,5
	<b>Capacidad corregida (Ah)</b>	1553,42
	<b>Capacidad nominal batería (Ah)*</b>	345
	<b>Arreglo batería paralelo</b>	5
	<b>Tensión CC nominal sistema (V)</b>	12
	<b>Tensión CC nominal batería (V)*</b>	12
	<b>Número de batería en serie</b>	1
	<b>Numero total batería</b>	5

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Tabla 4.4. Dimensionamiento del sistema de inversor y unidad de control**

<b>DIMENSIONADO DEL INVERSOR</b>	<b>Carga máxima continua (Vatios)</b>	793
	<b>Carga máxima pico CA (Vatios)</b>	793
	<b>Cap. Máx. continua CA inv. (Vatios)*</b>	900
	<b>Cap. Máx. Pico CA Inv. (Vatios)<sup>1</sup></b>	900
<b>CAPACIDAD UNIDAD DE CONTROL</b>	<b>Corriente pico del sistema (Ah)</b>	317,02

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

<sup>1</sup> \* Información provista en el manual técnico de fabricantes de sistemas fotovoltaicos.

De este análisis se desprende que, para poder cubrir las necesidades eléctricas propuestas, se van a necesitar 10 módulos de captación solar fotovoltaicos de preferencia de naturaleza poli cristalina, además de 5 baterías especiales para composición del sistema de almacenamiento por banco de baterías, un inversor de 900 Vatios de capacidad máxima pico CA Inversor, y una unidad de control que maneje una corriente pico del sistema de 317,02 Ah.

#### **4.5.2 Instalación geotérmica de baja y muy baja entalpía.**

En relación al dimensionamiento de la instalación geotérmica de baja y muy baja entalpía, tal como se realizó en la caracterización del sistema solar fotovoltaico, es necesario realizarlo de acuerdo a varios de los sistemas componentes del sistema, enunciados a continuación:

- Selección del fluido de transmisión de calor.
- Configuración y elección de las tuberías de sondeo.
- Dimensionamiento de la bomba de calor geotérmica.
- Dimensionamiento del intercambiador.

Iniciando el estudio técnico de determinación hacia la selección del fluido de transmisión de calor, este señalamiento se tomará dependiendo de la diferencia de características que disponga cada uno de ellos dentro de los siguientes parámetros, según lo afirma (Ramírez de Arellano, 2015), expuestas en la tabla No. 4.5:

- Características de transferencia de calor (Conductividad térmica y viscosidad).
- Punto de congelación.
- Requerimientos de presión y caídas de presión por rozamiento.
- Corrosividad, toxicidad e inflamabilidad.
- Costo de implementación.

**Tabla 4.5. Características de transmisión de calor en fluidos tipo.**

<b>Característica</b>	<b>Agua</b>	<b>Etilenglicol</b>	<b>Propilenglicol</b>	<b>Metanol</b>
<b>Densidad a 20°C (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1	0,9259	0,8630	0,6585
<b>Punto de congelación °C (30% volumen)</b>	0	-13	-12	-26
<b>Punto de Ebullición °C</b>	100	197	187	64
<b>Calor Específico a 15°C (kJ/Kg.K)</b>	4,187	2,185	2,50371	2,47021
<b>Viscosidad a 0°C (Pa.s) *10<sup>-3</sup></b>	1,79	57,4	243	0,87
<b>Viscosidad a 20°C (Pa.s) *10<sup>-3</sup></b>	1,01	20,9	60,5	0,6
<b>Viscosidad a 40°C (Pa.s) *10<sup>-3</sup></b>	0,655	9,5	18,0	0,45
<b>Conductividad térmica a 20 °C (kW/m.K) *10<sup>-3</sup></b>	0,6	0,26	0,2	0,21

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

Fuente: (Ramírez de Arellano, 2015)

A partir de la información expuesta en la tabla No. 4.5, la mejor opción de fluido a utilizar dentro del sistema es el propilenglicol, que mantiene una viscosidad a 40°C de 18,0 (Pa.s) \*10<sup>-3</sup> y un punto de congelación de -12°C. La configuración adecuada de establecimiento de los sondeos, debidos al limitado espacio físico que se dispone en el patio trasero donde se pretendería implementar el sistema de captación geotérmica de baja y muy baja entalpía sería de ubicación por sondeo vertical en paralelo, sobre todo a que esta configuración representa una menor cantidad de gastos adicionales innecesarios, tomando en cuenta la finalidad de calefacción.

En cuanto al material del tubo, de igual manera por cuestiones económicas se debe seleccionar una configuración en paralelo, de captación vertical, ya que el establecimiento educativo no mantiene una disponibilidad de terreno horizontal de importantes dimensiones para poder realizar bajo esta estructuración. Para la selección de tubos existen dos materiales de preferencia: los tubos de polietileno y de polibutileno, siendo escogido por sus características para el sistema el primero

Con unas dimensiones estándar para tubos de polietileno tipo para este tipo de instalaciones, se obtienen las siguientes características del material elegido:

**Tabla 4.6. Características de tubo tipo para instalación geotérmica**

<b>Característica</b>	<b>Valor específico</b>
<b>Presión</b>	4,5 bar
<b>Diámetro interior</b>	37 mm
<b>Diámetro exterior</b>	40 mm

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

Fuente: Asociación Española de Normalización y Certificación.

Tomando en cuenta las dimensiones anteriores, y con la consecución de que se debería mantener una turbulencia eficiente del fluido a todo momento, se utiliza la fórmula de establecimiento de la misma establecida bajo la fórmula de Reynolds:

$$Re = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \theta \cdot D} > 2300$$

donde,

Re = Valor del número de Reynolds, mayor a 2300 para ser turbulento.

D = diámetro interior del tubo a utilizar [m].

$\theta$  = Viscosidad cinemática del fluido [ $\frac{m^2}{s}$ ] =  $3,9 \times 10^{-5}$

Despejando Q que es el caudal de la bomba que se necesita, se obtiene:

$$Q = \frac{Re \cdot \pi \cdot \theta \cdot D}{4} = \frac{(2300) \cdot (3,1416) \cdot (3,9 \times 10^{-5}) \cdot (0,037)}{4}$$

$$Q = 2,6 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s} = 9,38 \frac{m^3}{h}$$

Debido al valor elevado de caudal, para poder suplir con eficiencia este requisito, es necesario añadir al diseño un diferencial de presión externo a la bomba de calor geotérmica.

Para el dimensionamiento de la bomba geotérmica, se debe cumplir que pueda suplir la potencia final requerida por las instalaciones, la misma que fue determinada para 82,55 kW de potencia calorífica, con el caudal nominal indicado anteriormente de  $9,38 \frac{m^3}{h}$ , cuya selección se explica de manera más detenida en el apartado 4.5.3 de ponderación de selección de tecnologías de captación.

De forma concluyente para determinación del intercambiador de calor, manteniendo los valores de potencia expresa de la bomba, siendo este una cantidad tipo de 96,3 kW para bombas geotérmicas industriales, y con un COP de 4,6 para esta tipología de bombas con 2 compresores internos para bajas temperaturas se obtiene la siguiente potencia:

$$Potencia = \frac{Potencia_{calorifica} * (COP - 1)}{COP}$$

$$Potencia = \frac{96,3 * (4,6 - 1)}{4,6}$$

$$Potencia = 75,36 kW$$

Una vez con la potencia real de la bomba de calor, se establece la longitud del sonde propio de captación geotérmica, para lo cual se utiliza la relación de potencia con respecto a la extracción de calor específica, como se explica a continuación:

$$Longitud_{sondeo} = \frac{Potencia}{Calor\ específico}$$

$$Longitud_{sondeo} = \frac{75360 [W]}{37,88 [\frac{W}{m}]} = 1989,4 m$$

Si bien el valor de sonde es elevado para poder suplir de la energía geotérmica necesaria, cabe señalar que este se aplica solamente para un único sondeo, pero al mismo tiempo bajo premisa de que la energía geotérmica de baja y muy baja entalpía se satura a partir de los 30 metros, se procederían a realizar conjuntos de

sondeos en paralelo con una distancia aproximada de 75 metros, por lo que se obtendría los siguientes número de sondeos:

$$\text{Sondeos} = \frac{1989,4m}{75m} = 27 \text{ sondeos}$$

#### 4.5.3 Ponderación de selección de tecnologías de captación.

Para la selección de tecnologías de captación, así como implementación auxiliar complementaria de los sistemas de captación principales, tanto del medio solar fotovoltaico y geotérmico de baja y muy baja entalpía, se sigue un planteamiento por puntaje de acuerdo a varios parámetros de influencia directa con la metodología escogida y otros valores propios de cada implemento, tal como se indica en la tabla No. 4.7.

**Tabla 4.7. Definición de categorías y criterios de ponderación.**

<b>Categoría</b>	<b>Criterio</b>	<b>Definición</b>
<b>USABILIDAD</b>	<b>Facilidad de uso</b>	Medida de compatibilidad con el usuario.
	<b>Funcionalidad</b>	Amplio rango de usos y funciones.
	<b>Complejidad de control</b>	Medida de dificultad en funcionamiento.
	<b>Rendimiento</b>	Propiedad de relación de beneficios por trabajo realizado.
<b>INSTALACIÓN</b>	<b>Facilidad de montaje</b>	Medida de procesos para montaje.
	<b>Peso</b>	Peso neto del implemento.
	<b>Facilidad de mantenimiento</b>	Medida de plan de mantenimiento y accesibilidad final.
<b>COSTO</b>	<b>Costo económico</b>	Cuantía económica final
	<b>Vida útil</b>	Determinación del ciclo de vida útil.
	<b>Garantía de funcionamiento</b>	Plan de garantía del implemento, subsecuente al mantenimiento adecuado.

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

De acuerdo a esta definición de categorías y criterios de ponderación para la selección de tecnologías, y manteniendo una puntuación estándar (10 puntos) por cada una de las características indicadas, se obtienen los siguientes cuadros de selección de tecnologías propias del diseño final de la propuesta planteada:

**Tabla 4.8. Selección de módulos fotovoltaicos.**

Módulo fotovoltaicos			Facilidad de uso	Funcionalidad	Complejidad de control	Rendimiento	Facilidad de montaje	Peso	Facilidad de mantenimiento	Costo económico	Vida Útil	Garantía de funcionamiento	TOTAL
<b>Panel Solar Atersa</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>92</b>		
<b>305W A-305P</b>													
Panel Solar Victron	9	8	9	8	8	10	9	10	8	9	88		
280W													
Panel Solar SCL-250p	9	8	8	7	9	7	8	9	8	8	81		
Ecofener													

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Tabla 4.9. Selección de baterías sistema fotovoltaico.**

Baterías Sistema Fotovoltaico			Facilidad de uso	Funcionalidad	Complejidad de control	Rendimiento	Facilidad de montaje	Peso	Facilidad de mantenimiento	Costo económico	Vida Útil	Garantía de funcionamiento	TOTAL
Batería de 6 celdas	9	9	9	8	9	10	9	8	9	8	88		
TAB3 265-345 ah													
<b>Batería de 6 celdas</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>95</b>		
<b>TOPZS C100</b>													
Batería Solar AGM	10	8	9	8	9	10	10	8	9	8	89		
Trojan 360 ah													

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Tabla 4.10. Selección de inversor sistema fotovoltaico.**

<b>Inversor sistema fotovoltaico</b>			<b>Facilidad de uso</b>	<b>Funcionalidad</b>	<b>Complejidad de control</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Facilidad de montaje</b>	<b>Peso</b>	<b>Facilidad de mantenimiento</b>	<b>Costo económico</b>	<b>Vida Útil</b>	<b>Garantía de funcionamiento</b>	<b>TOTAL</b>
Inversor solar	12V	Victron Phoenix	9	8	9	7	8	7	9	8	9	8	82
<b>Inversor Solar</b>	<b>12V</b>	<b>Schneider Xantrex</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>91</b>
Inversor 12V	TBS	PS600-12	8	9	7	8	9	8	9	7	8	9	82

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Tabla 4.11. Selección de UC sistema fotovoltaico.**

<b>Unidades de Control Sistema Fotovoltaico</b>		<b>Facilidad de uso</b>	<b>Funcionalidad</b>	<b>Complejidad de control</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Facilidad de montaje</b>	<b>Peso</b>	<b>Facilidad de mantenimiento</b>	<b>Costo económico</b>	<b>Vida Útil</b>	<b>Garantía de funcionamiento</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Regulador carga</b>	<b>35A</b>	<b>Schneider Xantrex</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>94</b>
Regulador		Victron Blue Solar 30A	9	8	9	9	10	9	10	9	9	92
Regulador de carga		Morningstar SS10L	8	9	9	9	9	8	9	9	9	88

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Tabla 4.12. Selección de tuberías sistema geotérmico (Polietileno).**

Tuberías sistema geotérmico		Facilidad de uso	Funcionalidad	Complejidad de control	Rendimiento	Facilidad de montaje	Peso	Facilidad de mantenimiento	Costo económico	Vida Útil	Garantía de funcionamiento	TOTAL
CARSYSTEM	Tubo PE 100 D42	8	7	8	6	7	8	7	9	7	8	75
Rekalde	Tubo PE 100 D40	9	9	8	7	9	8	9	7	8	9	83
<b>MASA Flexipol</b>	<b>Tubo PE80 D40</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>91</b>

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

**Tabla 4.13. Selección de Bomba de Calor Geotérmica.**

Módulo fotovoltaicos		Facilidad de uso	Funcionalidad	Complejidad de control	Rendimiento	Facilidad de montaje	Peso	Facilidad de mantenimiento	Costo económico	Vida Útil	Garantía de funcionamiento	TOTAL
Dimplex	SI100TE B0/W50	9	10	9	9	10	9	8	9	9	10	92
<b>Dimplex</b>	<b>SI100TE B0/W35</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>95</b>
Dimplex	SIH90TU B0/W45	9	9	8	9	10	10	9	10	8	9	91

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

Del estudio ponderado de selección de la tecnología quedan dispuestos los siguientes elementos de los que se constituirían los esquemas propuestos de captación solar fotovoltaica y geotérmica de baja y muy baja entalpía, tomando en cuenta todos los aspectos técnicos, de naturaleza propia del emplazamiento y de entrega energética, según lo indica la tabla No. 14.

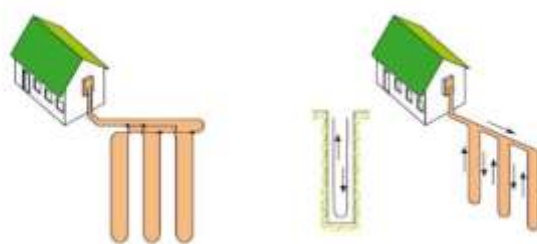
**Tabla 4.14. Elementos constitutivos del sistema energético**

<b>ELEMENTO CONSTITUTIVO</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>
<b>Módulo Solar Fotovoltaico</b>	Panel Solar Atersa 305W A-305P
<b>Batería sistema fotovoltaico</b>	Batería de 6 celdas TOPZS C100
<b>Inversor de energía</b>	Inversor Solar 12V Schneider Xantrex
<b>Unidad de control fotovoltaico</b>	Regulador carga 35A Schneider Xantrex
<b>Tuberías sistema geotérmico</b>	MASA Flexipol Tubo PE80 D40
<b>Bomba de Calor</b>	Dimplex SI100TE B0/W35
<b>Líquido Refrigerante</b>	Propilenglicol a 80%
<b>Configuración de colectores</b>	Sistema de sondas geotérmicas de configuración paralela vertical con simple tubo.

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

La configuración de colectores de calor geotérmico viene definido por un conjunto de tuberías que se entierran en el emplazamiento a la distancia anteriormente expuesta, tomando en cuenta la naturaleza del terreno y el grado de humedad de la misma. El conjunto de sondeo por lo general tiene un diámetro de perforación de entre 100 – 160 mm, en cuyo centro se encuentran dispuestos tuberías en forma de “U”, las mismas que harían las veces de intercambiador de calor, recolectando el mismo de fuente exterior por geotermia de baja y muy baja entalpía, según se demuestra en los gráficos No. 4.1 y No. 4.2 respectivamente.

**Gráfico 4.1 Configuración de captación vertical.**



Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

#### **Gráfico 4.2 Esquematzación captador vertical geotérmico.**



Fuente: HakaGerodur.

Se indica además finalmente que, para la instalación que provea el poder de calefacción, después de estudio característico de distribución de la misma a partir de la bomba de calor hacia los emisores térmicos, estos pueden tener una configuración máxima del tipo de 9 columnas o 9 elementos de emisión, con aspecto físico expuesto en el gráfico No. 4.3.

#### **Gráfico 4.3 Emisor térmico de pared de 9 elementos (columnas)**



Fuente: REE.

### **4.6 Estudio de factibilidad.**

#### **4.6.1 Gastos de compra y adquisición.**

Los gastos de compra y adquisición conjuntos del sistema de captación solar fotovoltaico y geotérmico de baja y muy baja entalpía para el Centro Educativo “Latinoamericano” de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, cuya

factibilidad técnica se detalló anteriormente, se presentan dentro de la tabla No. 4.15.

**Tabla 4.15. Gastos de adquisición sistema híbrido (en USD)**

No.	Elemento	Cantidad	Valor neto	Logística	Valor Final
1	Panel Solar Atersa 305W A-305P	10	2155,80	107,79	2263,59
2	Batería de 6 celdas TOPZS C100	5	943,50	47,175	990,68
3	Inversor Solar 12V Schneider Xantrex	1	294,28	14,71	308,99
4	Regulador carga 35A Schneider Xantrex	1	152,68	7,63	160,31
5	Dimplex SI100TE B0/W35	1	29584,54	1479,22	31063,76
6	Sistemas de conexión fotovoltaicos	1 grupo	400,00	20,00	420,00
7	Sistemas de conexión geotérmicos	1 grupo	8000,00	400,00	8400,00
8	Equipos auxiliares fotovoltaico	1 grupo	450,00	22,50	472,50
9	Equipos auxiliares geotérmico	1 grupo	2250,00	112,50	2362,50
<b>TOTAL FOTOVOLTAICO</b>					4616,07
<b>TOTAL FOTO.-SIN BATERIAS</b>					3625,39
<b>TOTAL GEOTÉRMICO</b>					41826,26
<b>TOTAL SISTEMA HÍBRIDO</b>					46442,33

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

Cabe apuntar en este punto que se realiza una distinción de costes económicos entre los representativos por la adquisición de medios solares fotovoltaicos y aquellos que involucran la compra del sistema geotérmico de baja y muy baja entalpía, por cuanto como se explica en los apartados iniciales, el primero existe un gran desarrollo tecnológicos con el consiguiente abaratamiento de los dispositivos, mientras que el geotérmico aún se encuentra en procesos de investigación dentro de la aplicación a sistemas de mediano y pequeño alcance como el expreso en la consiguiente propuesta. Del plan de adquisición del sistema solar fotovoltaico además se contempla dos posibilidades, una con banco de baterías, y una segunda sin banco de baterías para utilización directa cuando exista presencia de energía solar, cambiando automáticamente la fuente de origen al sistema eléctrico tradicional cuando no exista esta producción.

#### 4.6.2 Gastos de instalación.

Los gastos correspondientes al montaje e instalación de los sistemas diseñados, tanto para el sistema solar fotovoltaico como para el geotérmico de baja y muy baja entalpía, se encuentran disgregados dentro de valores correspondientes al estudio técnico de desarrollo inicial, la instrumentación de medida y caracterización del emplazamiento, la obra civil requerida, así como la cimentación, sistemas de ubicación y la inclusión de un presupuesto de imprevistos que para este tipo de proyectos corresponden al 10% del total predispuesto, tal como se indica en la Tabla No. 4.16.

**Tabla 4.16. Gastos de montaje e instalación del sistema (en USD)**

No.	Elemento	Tipo	Valor Final
1	Estudio técnico de desarrollo	Humano	900,00
2	Instrumentación solar fotovoltaica	Material	150,00
3	Instrumentación geotérmica	Material	10450,00
4	Obra civil sist. Fotovoltaico	Material	220,00
5	Obra civil sist. Geotérmico	Material	6800,00
6	Cimentación sist. Fotovoltaico	Material	100,00
7	Cimentación sist. Geotérmico	Material	4300,00
8	Sistemas de ubicación fotovoltaico	Material	100,00
9	Sistemas de ubicación geotérmico	Material	1100,00
10	Presupuesto imprevisto fotovolt.	10%	102,00
11	Presupuesto imprevisto geoterm.	10%	2310,00
		<b>TOTAL FOTOVOLTAICO</b>	1122,00
		<b>TOTAL GEOTÉRMICO</b>	25410,00
		<b>TOTAL SISTEMA HÍBRIDO</b>	26532,00

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

#### 4.6.3 Gastos en personal de implementación.

Para la denominación de gastos en personal de implementación se mantiene una serie de suposiciones sobre la participación directa de cada uno de los actores del grupo de trabajadores del que se integraría el equipo de instalación:

- En el momento de la instalación participan todos los trabajadores del proyecto, tanto el/los técnicos supervisores de instalación, el/los auxiliares técnicos de instalación y mantenimiento, los directores de proyecto, el personal de implementación, entre otros.
- Posteriormente, es indispensable tomar en cuenta un cuadro de revisiones periódicas del sistema fotovoltaico y geotérmico de baja y muy baja entalpía, en medida que de estas revisiones depende la validez del compromiso de garantía entre proveedor de tecnología y usuario de la misma, siendo planificado esta revisión solamente con participación del auxiliar técnico de mantenimiento, y en casos extremos formaría parte de las mismas el técnico supervisor de mantenimiento.

Basándose en estas suposiciones, los gastos de personal se detallan de forma precisa en la tabla No. 4.17.:

**Tabla 4.17. Gastos de personal de implementación (en USD)**

No.	Integrante	Instalación	Rev año 1	Rev. Año 2-7	Rev. Año 8-15	Rev. Año 16 - 25	Total
1	Técnico supervisor de instalación	450,00	-----	-----	-----	-----	450,00
2	Auxiliar técnico de mantenimiento	250,00	500,00	400,00	400,00	800,00	2350,00
3	Director de obra	350,00	-----	-----	-----	-----	350,00
4	Personal de implementación	600,00	-----	-----	-----	-----	600,00
<b>TOTAL</b>							3750,00

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

#### 4.6.4 Gastos de mantenimiento.

Antes de finalizar la denominación de gastos por implementación del sistema de captación solar fotovoltaico y geotérmico de baja y muy baja entalpía para el Centro Educativo “Latinoamericano”, de la ciudad de Ambato, provincia de

Tungurahua, es de alta prioridad realizar un análisis de gastos por mantenimiento de los complejos energéticos con la finalidad de garantizar la vida útil dispuesta para ellos bajo los parámetros de diseño técnico y constructivo.

La conformación de un presupuesto de mantenimiento supondría el aseguramiento económico en vista hacia una metodología preventiva y correctiva de las distintas falencias que puede ocurrir ya sea por desgastes normales de los implementos, la exposición continua a los medios climáticos externos, los valores de radiación , humedad, precipitaciones, vientos, polvo, frío, así como la devaluación tecnológica persistente por uso continuo del complejo. De esta manera los gastos comprendidos para mantenimiento del sistema se visualizan en la tabla No. 4.18.:

**Tabla 4.18. Gastos de mantenimiento (en USD)**

No.	Integrante	Rev año	Rev. Año	Rev. Año	Rev. Año	Total
		1	2-7	8-15	16 - 25	
1	Sistema solar fotovoltaico	200,00	200,00	200,00	250,00	800,00
2	Sistema geotérmico de baja entalpía	600,00	500,00	500,00	450,00	2050,00
3	Instrumentos adicionales y conexiones	250,00	200,00	200,00	150,00	800,00
					<b>TOTAL</b>	3650,00

Elaborado por: Fernando Javier Ortiz Bonilla.

#### 4.6.5 Inversión Total Estimada.

La inversión total estimada del proyecto corresponde a la sumatoria de valores correspondidos tanto para gastos de compra y adquisición, gastos de instalación, gastos en personal de implementación y gastos de mantenimiento. De esta forma la inversión total estimada para el conjunto híbrido se representa a continuación:

$$Inversión_{Total} = Gastos_{compra} + Gastos_{inst.} + Gastos_{personal} + Gastos_{mant.}$$

Reemplazando la ecuación con los respectivos valores obtenidos en las tablas de gastos, obtenemos un total de:

$$\begin{aligned} Inversión_{Total} &= 46442,33 + 26532,00 + 3750,00 + 3650,00 \\ Inversión_{Total} &= 80374,33 \text{ USD} \end{aligned}$$

Si bien es cierto la inversión total corresponde a todo el sistema híbrido, se requiere hacer una distinción de inversiones por diferenciación del conjunto energético, quedando una inversión propia del sistema solar fotovoltaico y otra separada la propia del sistema de captación geotérmica de baja y muy baja entalpía.

$$\begin{aligned} Inversión_{T-Fot} &= 4616,07 + 1122,00 + 1875,00 + 1200,00 \\ Inversión_{T-Fot} &= 8813,07 \text{ USD} \\ Inversión_{T-Fot-sinBat} &= 3625,39 + 1122,00 + 1875,00 + 1200,00 \\ Inversión_{T-Fot-sinBat} &= 7822,39 \text{ USD} \\ Inversión_{T-Geotérmica} &= 41826,26 + 25410,00 + 1875,00 + 2450,00 \\ Inversión_{T-Geotérmica} &= 71561,26 \text{ USD} \end{aligned}$$

La disposición de vida útil, tanto para el sistema solar fotovoltaico como para el de captación de energía geotérmica de baja y muy baja entalpía es de 25 años en el primer caso y de 15 años en el segundo, por lo que después de este tiempo se requeriría realizar un nuevo estudio técnico de actualización de la tecnología o de desecho y cambio por tecnologías más eficientes de acuerdo al avance de desarrollo en la captación.

#### **4.6.6 Tiempo de recuperación de la inversión.**

El tiempo de recuperación de la inversión tiene una clara relación el tiempo de vida útil del sistema, así como en medida del ahorro que se produce por la implementación del sistema de captación dentro de cada una de sus áreas específicas.

De forma individual el sistema solar fotovoltaico proporcionaría 243,14 kWh/mes, cubriendo una cuota del 29,59% del sistema eléctrico general de la institución, cuyo valor de producción a un costo de 0,15USD/kWh de energía sin subsidios por el Gobierno Nacional Ecuatoriano tendría el siguiente valor económico:

$$Valor_{prod.-fot.} = (243,14 \frac{kWh}{mes})(12meses)(25años)(0,15 \frac{USD}{kWh})$$

$$Valor_{prod.-fot.} = 10536,3 USD$$

Paralelamente al análisis de producción solar fotovoltaico, suponiendo existiere una implementación actual de un sistema de calefacción por medios eléctricos, con una potencia final de calefacción de 82,55kWh, equivaldría al siguiente valor de producción estimado.

$$Valor_{prod.-geo.} = (247,65 \frac{kWh}{día})(20 \frac{días}{mes})(10meses)(15años)(0,1321 \frac{USD}{kWh})$$

$$Valor_{prod.-geo.} = 98143,70 USD$$

Deduciendo los valores de producción obtenidos de los valores de inversión en los sistemas se obtienen ganancias en los dos casos con una diferencia de 1723,23 USD para la instalación solar fotovoltaica con baterías, diferencia de 2713,91USD en el sistema por intercambio automático de fuente de energía sin presencia de banco de baterías fotovoltaico, y de 26582,44 USD en el supuesto caso de implementarse un sistema de calefacción mediante uso de energía geotérmica de baja y muy baja entalpía, con tiempos de recuperación de la inversión estimados de 20,91 años y 10,94 años respectivamente.

#### **4.7 Análisis de influencia con el entorno.**

Dentro del análisis de influencia directa e indirecta con el entorno, predispuesta hacia la afección dentro de los aspectos de contaminación visual, sonora y medioambiental, se mantendrían las siguientes premisas:

- El impacto visual es mínimo, ya que la estructura solar fotovoltaica compartiría las características del techo donde se instalaría el sistema, además que el sistema de captación geotérmico de baja entalpía se instalaría bajo la superficie del patio trasero, por lo que no tendría ningún tipo de interferencia para la realización de las actividades educativas y recreativas diarias en la institución.
- La contaminación sonora es nula, siendo el único medio de emisión acústico el accionamiento mecánico de la bomba de calor, por lo que se recomienda su instalación bajo preferencia de otros sistemas como el eólico, cuya contaminación visual y sonora si es proporcionalmente efectiva.
- El impacto sobre la flora y fauna es nulo, resaltando la participación de afección indirecta por el sistema de captación geotérmica de baja entalpía solamente en los momentos de instalación inicial, disminuyendo su incidencia posterior a la instauración final de la estructura. El mayor impacto producido se obtiene del proceso de transferencia de calor en el medio de sondas geotérmicas y la comunicación de la bomba de calor con el aire circundante, provocando una contaminación de CO<sub>2</sub> considerable de acuerdo al software de eficiencia energética, con un promedial de contaminación de 102 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, y 18950,91 kg CO<sub>2</sub> emitidos por toda la edificación.

#### **4.8 Comprobación de hipótesis.**

La hipótesis planteada inicialmente dentro del presente estudio investigativo queda comprobada bajo aceptación del estudio de factibilidad realizado, cuyos resultados fueron positivos para ambos casos analizados, y que es facultado bajo las siguientes afirmaciones:

- Tanto el sistema fotovoltaico como geotérmico de baja y muy baja entalpía, de acuerdo a la caracterización del emplazamiento seleccionado, pueden ser implementados por cuanto los valores propios de la naturaleza local proveen las condiciones indicadas para su captación eficiente.
- Dentro del análisis de factibilidad solar fotovoltaico, si bien es cierto la diferencia de ahorro económico no es muy elevada, ni se cubre al 100% la demanda eléctrica de la edificación, con una cobertura del 29,59% del sistema y una recuperación de la inversión a 20,91 años, se puede validar la instalación del sistema de paneles solares policristalinos.
- Hacía la validación y factibilidad del sistema geotérmico de baja y muy baja entalpía, si bien es cierto es un estudio no convencional para esta región del planeta, su aprovechamiento es evidente, con una diferencia económica de ahorro importante si en la edificación existieren sistemas de calefacción, como es el caso de los países desarrollados, con una recuperación de la inversión a 10,94 años. Este beneficio de factibilidad no es comprobable ya que la instalación de este sistema de calefacción dentro de la edificación no es considerada como indispensable y si se llegara a llevar a cabo se lo tomaría como una medida de beneficio corporal propio del usuario.
- Si bien es cierto la contaminación sonora y visual son prácticamente nulas, la contaminación medioambiental es elevada por medios de calefacción y la configuración poco estanco de la edificación, por lo que se recomendaría un estudio de preparación de la edificación hacia la manutención energética interna y medidas de sostenibilidad de la calefacción local, generada y externa por radiación solar.

## CONCLUSIONES

- Mediante revisión bibliográfica específica de los medios de captación de tipo solar fotovoltaica y de tipo geotérmica de baja y muy baja entalpía, se logró comprender en su totalidad procesos importantes verificados en el marco metodológico, como los niveles de aportación energética, metodologías de hibridación, facilitando en gran medida la selección de tecnologías, factibilidad de implementación, y el estudio de factibilidad final propuesto.
- Se verificó la viabilidad del sistema de radiación solar fotovoltaica, mediante establecimiento de factibilidad de introducción, tanto en la situación con sistema de baterías adjunto, como en el caso de implementación de un interruptor automático de selección de fuente energética.
- En referencia al sistema de captación complementario de tipo geotérmico de baja y muy baja entalpía, y su aportación de calefacción al sistema híbrido, se especifica una factibilidad muy elevada, por diferentes aspectos de valor agregado como el tipo de suelo, la cercanía a medios volcánicos y de alta manutención de calor, así como el posicionamiento específico del esquema dentro de la institución.
- La propuesta de simulación y validación técnica y de impacto, realizada mediante software Ce3x, provee un valor agregado muy importante, por cuanto este programa informático es específico para la determinación de situaciones de eficiencia energética, que si bien es cierto fue direccionado especialmente para el territorio español, puede ser utilizado bajo diferentes configuraciones propias del emplazamiento ecuatoriano.
- Mediante análisis de captación solar fotovoltaico, mediante medición y estimación de demanda energética del emplazamiento, se estableció un requerimiento de 27388 Wh/día total de la edificación educativa, de la cual mediante la utilización de paneles se suple un total de 8104,8Wh/día que corresponde al 29,59% del total de energía eléctrica, de lo que se desprende el uso de 10 paneles solares policristalinos, 5 baterías especiales

para almacenamiento solar fotovoltaico, y un conjunto complementario de elementos constitutivos, o un sistema opcional sin presencia de banco de baterías, mediante interruptor de selección automática de fuente de energía.

- Gracias a la validación por software de eficiencia energética Ce3x, se deduce una demanda de calefacción de  $266,6 \text{ kWh/m}^2$ , pero para una caracterización con presencia de variaciones considerables de tipo climatológicas, como son en países Europeos y lejanos a la línea equinoccial. Para el Ecuador se dispone una demanda del 50% por lo que se establece una demanda de  $133,3 \text{ kWh/m}^2$  para el piso base donde se realiza el cálculo.
- Las medidas de potencia final para la primera planta, tomando en cuenta una superficie de  $185,7933 \text{ m}^2$ , y una utilización de calefacción de 3 horas diarias durante todo el año lectivo (comprendido entre Septiembre y Junio del año siguiente), es de  $41,27 \text{ kW}$ , pero al tener que cubrir solamente dos plantas, ya que la tercera planta mantiene una calefacción natural por conducción calorífica de contacto del techo con el ambiente, la potencia final requerida para toda la institución es de  $82,55 \text{ kW}$ .
- El estudio de factibilidad económica hacia la implementación de un sistema híbrido de captación solar fotovoltaico y geotérmico de baja y muy baja entalpía para su uso en calefacción es positivo con valores económico de ahorro considerables, y una recuperación de la inversión de 20,91 años y 10,94 años respectivamente.
- El análisis de afección con el medio circundante provee una casi nula interferencia dentro del aspecto visual, sonoro y medioambiental, siendo en este último donde se presenta un contaminación de  $102 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$ .

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda para el personal una excelente pre orientación técnica y una cualificación constante en los medios tecnológicos de captación solar fotovoltaicos y geotérmico de baja y muy baja entalpía, con la finalidad de garantizar la mayor exactitud en el estudio técnico de factibilidad e implementación.
- El mantenimiento de los sistemas garantiza el compromiso mantenido con el proveedor para la vida útil provista para los sistemas, por lo que se debe llevar a cabo el registro detallado de las actividades preventivas y correctivas, con la finalidad de conseguir el seguimiento continuo del funcionamiento del diseño híbrido.
- Como se indicó en el marco propositivo, la vida útil del sistema solar fotovoltaico es de 25 años y del geotérmico de baja y muy baja entalpía es de 15 años, por lo que posterior a estas fechas se recomienda realizar un estudio exhaustivo de actualización de la herramienta de captación, o en su defecto realizar la propuesta técnica de suplantación de las actividades mediante reemplazo de la tecnología por medios más eficientes desarrollados.
- El análisis de disminución de la influencia externa y la incertidumbre debe llevarse a cabo en todos los procesos, tanto de caracterización propio del emplazamiento, como de instalación e implementación posteriores, ya que estos garantizarían la disminución de errores y promoverían medidas de seguridad hacia el funcionamiento correcto de las esquematizaciones.
- Se recomienda en el caso de los sondeos geotérmicos un estudio profundo de turbulencia en el intercambiador de calor, así como un estudio de pérdidas térmica por aproximación de las sondas verticales dentro del espacio de tierra, así como de manera complementaria sería beneficioso realizar un estudio específico del tipo de tierra donde se va a realizar a posterior implementación del sistema de captación por baja y muy baja entalpía.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, E., Auer, I., Brunet, M., Peterson, T., & Wierringa, J. (2003). *Guidelines on climate Metadata and Homogenization*. Vienna, Austria: NOAA/WMO.
- AgEnergía. (2012). *Energía Solar Fotovoltaica*. Valencia, España: ITER.
- Alonso, J., Fernández, A., Jiménez, C., Lecuona, A., Mellardo, F., Plaza, J., y otros. (2002). *Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid, España: Inforama.
- Aranda, A., & Ortego, A. (2011). *Integración de energías renovables en edificios*. Zaragoza, España: Prensas universitarias.
- Armstead, H. (1983). *Geothermal Energy*. Londres, Inglaterra: E & F.N.
- ATECOS. (2013). *Sistemas Pasivos: Captación Solar*. Madrid, España: Millarium.
- CONELEC. (2008). *Atlas Solar del Ecuador con fines de generación eléctrica*. Quito, Ecuador: Corporación para la investigación energética.
- Egido, C., & de Isabele, J. (2012). *Sistema geotérmico de alta eficiencia energética en el edificio polivalente de la UAH*. Alcalá, España: UAH.
- Egido, M., & Camino, M. (2008). *Guía de normas y protocolos técnicos para la electrificación rural con energías renovables*. Madrid, España: Instituto de Energía Solar.
- EOI Escuela de Organización Industrial. (2014). *Fuentes de energía renovables*. Madrid, España: EOI.

- Espluga, N. (2004). *Celdas Fotovoltaicas*. Maracaibo, Venezuela: Universidad del Zulia.
- De Andrés, P. (2014). *Aplicación de energía geotérmica de baja entalpía para la climatización de un edificio de oficinas en Alcorcón (Madrid)*. Madrid, España: ETSIME.
- Díaz, T. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid, España: Mcgraw - Hill.
- Dickson, M., & Fanelli, M. (2013). *Qué es la energía geotérmica*. Pisa, Italia: CNR.
- FER. (2011). *El camino hacia un modelo energético sostenible*. Madrid, España: Fundación energías renovables.
- FINDER. (2008). *El mundo sustentable de las energías renovables*. Buenos Aires, Argentina: FinderNet.
- Guzmán, O. (2010). *Eficiencia Energética. Un panorama regional*. Buenos Aires, Argentina: Nueva Sociedad.
- Ibáñez, J. J. (21 de Enero de 2008). *Blogs de Madrid para la Investigación y Desarrollo I+d*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2015, de [www.madrimasd.org](http://www.madrimasd.org):  
<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/01/21/82825>
- IEC. (2012). *Energías Renovables*. Ginebra, Suiza: IEC.
- IPCC. (2011). *Fuentes de energía renovables y Mitigación del cambio climático*. Potsdam, Alemania: PIK Potsdam.

- Linares, P. (2009). *Eficiencia energética y medio ambiente*. Madrid, España: UPComillas.
- Llopis, & Rodrigo. (2012). *Guía de la energía geotérmica*. Madrid, España: UPM.
- Lloret, A., Asimbaya, D., & Ibarra, D. (2015). *Plan y líneas de investigación para el desarrollo de la geotermia en el Ecuador*. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables INER.
- Novoa, A. (2015). *Planificación y modelación de sistemas de generación fotovoltaicas como alternativa para la iluminación en edificaciones educativas*. Quito, Ecuador: UPS.
- Marchais, J. J. (2011). *Ahorro energético permanente gracias a la eficiencia energética activa*. Rueil Malmaison, Francia: Schneider Electric S.A.
- Merino, L. (2008). *Energías renovables para todos*. Madrid, España: Sacal.
- Picó, S. (2002). *Desarrollo e implantación de energía renovables*. Barcelona, España: UPC.
- PlanetSeed. (2012). *Energía geotérmica*. Houston, Estados Unidos: PS.
- Orellana, R. (2011). *Sistemas híbridos con recurso renovables para una mayor eficiencia energética*. La Paz, Bolivia: Energy Press.
- Organización Foro Nuclear. (12 de Julio de 2014). [www.foronuclear.org](http://www.foronuclear.org). Recuperado el 1 de Octubre de 2015, de Foro de industria nuclear española: [www.foronuclear.org](http://www.foronuclear.org)

- Ramírez de Arellano, A. P. (2015). *Proyecto de instalación geotérmica de muy baja entalpía destinada a refrigeración de vivienda unifamiliar*. Valencia, España: ETSICCP.
- Riera, J. (2014). *Proyecto de aplicación de sistemas de energía geotérmica y solar en viviendas unifamiliares aisladas. Estudio y viabilidad*. Madrid, España: Independiente.
- Sánchez Guzmán, J. (1984). *Energía Geotérmica*. Madrid, España: Geoener.
- Sánchez, S. (2010). *Energías renovables. Conceptos y Aplicaciones*. Quito, Ecuador: Fundación Natura.
- Sanner, B. (21 de Julio de 2012). *Bundersverband Geothermie*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2015, de [www.geothermie.de](http://www.geothermie.de): <http://www.geothermie.de/wissenswelt/archiv/englisch/description-of-ground-source-types-for-the-heat-pump.html>
- Santamarta, J. (2004). *Las energías renovables son el futuro*. Madrid, España: Nodo50.
- Schallenberg, J., Pienavieja, G., Hernández, C., Unamunzaga, P., García, R., Díaz, M., y otros. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. Islas Canarias, España: ITC.
- Secretaría de Energía. (2012). *Libro de energía geotérmica*. Buenos Aires, Argentina: MINPLAN.
- solar, L. e. (19 de Abril de 2012). *Energía transformación e importancia blogspot*. Recuperado el 21 de Julio de 2015, de Energía transformación e importancia: <http://energia-transformacioneimportanciahdtd.blogspot.com.es/>

Stacey, F., & Loper, D. (1988). *Thermal history of the Earth: a corollary concerning non-linear mantle rheology*. Phys.Earth Planet Inter.

## **ANEXOS**

**ANEXO No. 1**  
**MEDIDAS GENERALES DE CAPTACIÓN**  
**SOLAR FOTOVOLTAICO**  
**OCTUBRE 2014 – MARZO 2015.**

**LEYENDA DE VALIDEZ, INFLUENCIA EXTERNA Y NO VALIDEZ DE LA INFORMACIÓN**

LEYENDA DE VALIDEZ	
	VALIDA
	INFLUENCIADA
	NO VALIDA

**INSOLACIÓN POR RADIACIÓN DIRECTA – OCTUBRE 2014**

INSOLACIÓN POR RADIACIÓN DIRECTA - Medición diaria individual																							
OCTUBRE - 2014 (en kWh/m2)																							
HORARIO	Miércoles 1	Jueves 2	Viernes 3	Lunes 6	Martes 7	Miércoles 8	Jueves 9	Viernes 10	Lunes 13	Martes 14	Miércoles 15	Jueves 16	Viernes 17	Lunes 20	Martes 21	Miércoles 22	Jueves 23	Viernes 24	Lunes 27	Martes 28	Miércoles 29	Jueves 30	Viernes 31
1F (08:00)	1,85	1,21	2,56	1,70	2,45	1,76	0,76	1,56	0,67	1,32	0,56	3,20	2,80	2,50	0,43	2,67	0,34	0,56	1,45	2,80	0,76	1,43	2,36
2F (09:00)	1,98	2,45	3,54	2,34	3,45	2,31	1,35	3,25	2,45	1,67	3,24	4,35	2,45	3,21	1,21	2,43	2,10	2,34	1,67	2,10	1,45	1,56	2,10
3F (10:00)	2,35	3,21	4,32	2,10	3,20	2,56	1,45	2,67	2,13	3,24	3,56	4,21	2,67	2,48	1,56	3,21	3,20	1,76	2,68	3,56	1,32	3,21	2,56
4F (11:00)	2,34	2,31	4,21	3,25	4,10	3,87	1,76	2,98	4,21	3,21	4,20	3,28	3,26	3,67	2,67	3,25	2,67	1,34	3,21	3,20	3,21	4,23	3,21
5F (12:00)	3,29	2,20	4,35	3,78	2,35	3,45	2,97	3,21	3,21	3,65	4,25	3,29	3,65	4,35	3,45	4,25	2,46	1,65	3,65	4,23	3,28	3,67	2,89
6F (13:00)	3,50	2,89	3,26	4,35	2,80	3,78	2,98	4,20	1,34	2,45	3,27	3,75	3,89	4,32	2,45	4,19	3,60	3,29	2,56	3,19	2,87	2,56	3,23
7F (14:00)	2,98	3,50	3,21	4,21	3,67	3,48	2,65	4,21	2,22	2,98	3,29	2,56	2,61	4,68	2,32	2,50	3,27	2,89	3,75	2,56	2,87	2,45	2,98
8F (15:00)	2,40	3,20	1,56	2,34	2,45	4,10	2,94	2,35	2,87	3,20	2,76	2,34	1,87	3,24	4,32	2,90	2,65	1,56	4,10	4,20	1,43	1,87	2,28
9F (16:00)	1,70	1,70	1,45	3,20	2,98	2,60	1,80	2,67	1,76	1,32	1,54	1,65	1,54	2,10	2,10	3,20	1,76	0,72	2,60	3,21	0,87	3,21	1,87
10F (17:00)	2,10	0,70	1,20	1,78	1,65	0,98	0,45	2,12	1,23	1,21	1,46	1,78	1,21	0,65	0,54	1,78	1,54	0,35	1,25	1,89	0,43	0,56	0,65

**LEYENDA DE VALIDEZ, INFLUENCIA EXTERNA Y NO VALIDEZ DE LA INFORMACIÓN**

LEYENDA DE VALIDEZ	
	VALIDA
	INFLUENCIADA
	NO VALIDA

**INSOLACIÓN POR RADIACIÓN DIRECTA – NOVIEMBRE 2014**

INSOLACIÓN POR RADIACIÓN DIRECTA - Medición diaria individual																				
NOVIEMBRE - 2014 (en kWh/m2)																				
HORARIO	Lunes 3	Martes 4	Miércoles 5	Jueves 6	Viernes 7	Lunes 10	Martes 11	Miércoles 12	Jueves 13	Viernes 14	Lunes 17	Martes 18	Miércoles 19	Jueves 20	Viernes 21	Lunes 24	Martes 25	Miércoles 26	Jueves 27	Viernes 28
1F (08:00)	1,32	0,45	1,35	2,13	0,76	2,10	1,56	0,41	2,45	0,67	3,56	2,78	6,90	1,67	2,50	1,54	0,21	1,45	1,21	0,21
2F (09:00)	2,35	2,65	2,35	3,24	2,24	2,67	1,43	1,56	3,56	1,98	2,45	1,87	2,17	1,54	1,50	1,36	1,87	1,78	2,11	3,21
3F (10:00)	2,46	2,18	3,20	3,76	0,98	2,45	1,35	1,79	2,31	2,56	5,40	2,28	3,57	1,34	2,60	2,97	2,67	2,17	2,19	3,56
4F (11:00)	3,21	3,89	3,45	3,25	3,29	2,67	1,78	2,89	3,78	2,34	2,56	1,98	3,45	2,87	7,50	2,88	0,76	3,28	2,87	3,50
5F (12:00)	2,56	4,78	3,21	3,21	1,45	4,29	2,56	3,67	1,45	3,21	3,19	3,99	3,29	1,78	4,21	4,35	3,29	3,29	3,26	2,78
6F (13:00)	2,98	3,21	3,78	2,76	2,87	3,15	2,98	3,67	2,97	3,56	4,20	3,56	3,66	3,21	3,20	3,25	4,44	3,18	3,29	3,67
7F (14:00)	1,45	2,65	3,56	2,65	3,56	3,87	3,67	4,32	2,56	3,65	1,56	3,21	2,50	3,25	2,76	3,21	6,89	3,88	3,19	3,42
8F (15:00)	2,35	2,87	2,34	2,56	2,87	3,21	3,54	4,78	2,31	2,56	0,87	2,56	3,21	2,89	2,19	3,46	3,27	2,15	4,15	3,45
9F (16:00)	2,78	1,54	2,10	1,87	1,24	2,56	2,10	1,65	0,56	1,54	1,45	2,31	1,65	2,16	1,69	4,21	2,11	3,21	2,67	1,76
10 F (17:00)	0,65	0,65	2,21	1,76	1,12	2,40	2,56	0,67	0,68	0,89	0,65	0,87	1,87	2,10	1,76	1,34	0,65	0,89	0,47	1,98

LEYENDA DE VALIDEZ, INFLUENCIA EXTERNA Y NO VALIDEZ DE LA INFORMACIÓN

LEYENDA DE VALIDEZ	
	VALIDA
	INFLUENCIADA
	NO VALIDA

INSOLACIÓN POR RADIACIÓN DIRECTA – DICIEMBRE 2014

INSOLACIÓN POR RADIACIÓN DIRECTA - Medición diaria individual																							
DICIEMBRE - 2014 (en kWh/m2)																							
HORARIO	Lunes 1	Martes 2	Miércoles 3	Jueves 4	Viernes 5	Lunes 8	Martes 9	Miércoles 10	Jueves 11	Viernes 12	Lunes 15	Martes 16	Miércoles 17	Jueves 18	Viernes 19	Lunes 22	Martes 23	Miércoles 24	Jueves 25	Viernes 26	Lunes 29	Martes 30	Miércoles 31
1F (08:00)	1,21	2,60	1,65	1,89	1,23	1,21	1,32	1,78	1,34	2,45	2,14	2,76	3,21	1,56	3,21	1,35	1,67	1,25	0,78	1,27	4,37	3,21	1,32
2F (09:00)	1,78	2,45	2,45	2,56	2,45	1,45	1,21	2,45	1,89	2,35	2,45	2,54	2,65	2,43	2,56	1,27	1,21	1,21	1,65	2,35	3,65	2,56	1,67
3F (10:00)	2,35	2,87	2,89	2,34	3,21	3,29	2,96	2,78	2,45	2,78	2,78	2,67	3,76	2,70	3,21	1,87	1,56	1,89	2,35	3,21	3,29	2,56	2,54
4F (11:00)	2,32	1,89	3,29	2,56	2,87	2,88	2,85	2,56	3,87	2,43	3,67	3,19	2,45	2,90	3,26	1,59	2,87	3,29	3,56	3,67	3,21	3,29	3,29
5F (12:00)	2,78	3,28	2,88	3,18	3,21	2,95	2,45	4,58	3,29	3,28	3,23	3,01	2,76	2,43	2,56	2,54	2,32	3,18	3,67	4,32	3,98	3,26	4,28
6F (13:00)	1,76	3,68	2,67	4,28	4,18	4,28	3,86	4,28	3,87	4,29	4,28	4,76	2,54	2,54	2,32	2,73	3,21	2,86	3,95	2,56	3,87	3,67	3,29
7F (14:00)	3,56	2,86	2,46	3,56	2,45	3,45	4,32	3,98	2,32	1,63	3,75	3,87	2,98	2,48	1,45	3,28	3,78	2,95	3,67	3,87	3,28	2,89	3,21
8F (15:00)	2,45	3,56	3,21	2,31	5,67	2,45	1,78	4,35	2,87	2,56	3,45	3,65	3,21	3,21	1,34	2,64	2,45	2,76	2,86	2,45	2,87	2,45	2,97
9F (16:00)	2,98	2,45	2,67	2,66	1,87	1,24	2,34	2,32	2,56	3,70	2,76	2,43	4,32	3,85	1,25	1,34	1,87	2,45	2,56	3,21	2,87	2,35	3,21
10 F (17:00)	1,20	1,67	1,23	1,40	0,87	0,76	0,79	1,67	0,87	1,45	2,65	2,98	3,24	2,36	0,52	1,21	0,55	1,21	0,78	2,32	0,45	1,43	1,89

**LEYENDA DE VALIDEZ, INFLUENCIA EXTERNA Y NO VALIDEZ DE LA INFORMACIÓN**

LEYENDA DE VALIDEZ	
	VALIDA
	INFLUENCIADA
	NO VALIDA

**INSOLACIÓN POR RADIACIÓN DIRECTA – ENERO 2015**

INSOLACIÓN POR RADIACIÓN DIRECTA - Medición diaria individual																						
ENERO - 2015 (en kWh/m2)																						
HORARIO	Jueves 1	Viernes 2	Lunes 5	Martes 6	Miércoles 7	Jueves 8	Viernes 9	Lunes 12	Martes 13	Miércoles 14	Jueves 15	Viernes 16	Lunes 19	Martes 20	Miércoles 21	Jueves 22	Viernes 23	Lunes 26	Martes 27	Miércoles 28	Jueves 29	Viernes 30
1F (08:00)	1,25	0,87	1,76	0,76	1,87	1,76	1,87	2,13	1,87	2,13	1,87	1,67	2,54	2,56	1,46	2,45	1,45	1,78	1,67	2,45	1,65	2,14
2F (09:00)	1,45	1,35	2,35	1,35	2,45	2,31	2,35	2,65	1,67	3,21	1,65	1,54	2,66	2,46	1,45	2,97	1,65	1,56	1,54	3,21	1,46	1,86
3F (10:00)	1,87	1,85	2,31	1,76	2,32	2,56	2,76	3,25	2,45	4,23	1,70	1,46	3,21	1,45	4,20	2,45	1,46	3,21	2,45	2,50	2,47	1,56
4F (11:00)	2,45	1,34	3,56	1,84	4,32	2,78	2,96	3,56	3,25	2,10	3,27	1,82	3,24	3,21	3,56	2,56	1,97	3,25	2,84	2,46	3,21	1,32
5F (12:00)	2,94	3,45	4,32	1,50	3,25	3,45	3,21	4,23	2,56	2,56	2,65	1,76	2,45	2,45	3,67	2,43	3,25	3,21	3,21	3,21	3,67	1,98
6F (13:00)	3,27	3,21	4,36	1,32	3,21	3,78	3,27	4,26	2,43	2,54	3,21	1,72	2,87	2,67	2,65	2,95	2,56	4,57	2,45	2,14	4,20	2,14
7F (14:00)	2,56	2,76	4,76	1,65	2,76	3,48	2,45	3,65	3,21	1,87	2,87	1,85	3,28	3,21	3,54	3,15	3,21	2,65	1,45	1,56	3,21	2,65
8F (15:00)	4,32	1,76	3,21	3,26	2,94	4,10	3,29	3,21	2,56	3,28	2,44	1,65	2,67	2,45	2,10	3,18	2,56	3,21	3,21	1,67	2,87	1,56
9F (16:00)	2,14	1,12	2,87	2,56	1,67	3,21	3,21	2,67	3,21	2,65	3,21	1,43	3,21	1,65	1,76	2,45	2,76	2,65	2,56	1,43	2,43	1,44
10 F (17:00)	1,97	0,65	2,97	1,23	0,54	1,56	2,45	2,45	2,31	1,43	2,45	1,32	2,95	0,54	1,46	2,43	1,65	1,43	1,65	0,78	2,20	0,76

**LEYENDA DE VALIDEZ, INFLUENCIA EXTERNA Y NO VALIDEZ DE LA INFORMACIÓN**

LEYENDA DE VALIDEZ	
	VALIDA
	INFLUENCIADA
	NO VALIDA

**INSOLACIÓN POR RADIACIÓN DIRECTA – FEBRERO 2015**

INSOLACIÓN POR RADIACIÓN DIRECTA - Medición diaria individual																				
FEBRERO - 2015 (en kWh/m2)																				
HORARIO	Lunes 2	Martes 3	Miércoles 4	Jueves 5	Viernes 6	Lunes 9	Martes 10	Miércoles 11	Jueves 12	Viernes 13	Lunes 16	Martes 17	Miércoles 18	Jueves 19	Viernes 20	Lunes 23	Martes 24	Miércoles 25	Jueves 26	Viernes 27
1F (08:00)	1,25	1,56	1,45	1,89	1,56	2,54	1,45	1,43	1,42	1,54	2,54	2,75	1,84	1,75	1,75	2,85	1,56	1,56	2,63	1,56
2F (09:00)	1,45	1,78	1,67	2,56	2,48	2,46	1,82	2,75	3,21	2,36	2,94	3,21	1,65	1,64	1,45	3,21	3,27	1,83	1,74	1,84
3F (10:00)	1,78	1,56	1,93	2,47	2,15	2,84	1,58	2,64	2,76	2,43	2,65	2,46	1,93	1,93	1,84	3,95	3,21	2,75	1,64	2,94
4F (11:00)	1,25	1,34	1,46	2,43	1,65	3,21	1,32	3,21	2,54	2,14	2,13	4,32	1,74	1,74	2,75	2,75	2,76	2,94	1,93	3,21
5F (12:00)	2,56	1,78	1,39	2,19	2,54	4,26	1,94	2,74	2,15	3,21	2,19	4,29	1,43	1,56	1,36	3,59	2,65	4,32	2,76	3,84
6F (13:00)	2,95	1,34	1,46	2,53	3,62	3,28	1,56	2,43	1,54	2,84	2,65	2,54	2,15	1,83	3,21	3,65	1,54	4,29	3,29	3,21
7F (14:00)	1,45	3,56	2,59	3,26	3,94	4,28	1,32	2,87	1,93	2,93	3,21	2,51	2,94	1,53	3,28	3,96	1,74	4,10	2,76	3,29
8F (15:00)	2,68	3,24	2,54	2,95	2,54	3,21	2,84	3,21	1,53	2,31	1,85	1,94	2,16	2,47	4,23	2,75	1,65	3,28	3,21	2,85
9F (16:00)	1,45	1,46	1,46	2,86	2,84	2,54	2,46	2,65	1,82	3,21	1,84	1,54	2,65	2,94	3,29	3,21	2,39	2,56	2,95	3,27
10 F (17:00)	1,21	1,67	1,21	1,67	1,65	2,31	1,65	2,96	1,21	2,19	1,52	2,19	1,65	1,88	1,28	2,19	1,43	2,32	2,89	1,75

**LEYENDA DE VALIDEZ, INFLUENCIA EXTERNA Y NO VALIDEZ DE LA INFORMACIÓN**

LEYENDA DE VALIDEZ	
	VALIDA
	INFLUENCIADA
	NO VALIDA

**INSOLACIÓN POR RADIACIÓN DIRECTA – MARZO 2015**

INSOLACIÓN POR RADIACIÓN DIRECTA - Medición diaria individual																						
MARZO - 2015 (en kWh/m2)																						
HORARIO	Lunes 2	Martes 3	Miércoles 4	Jueves 5	Viernes 6	Lunes 9	Martes 10	Miércoles 11	Jueves 12	Viernes 13	Lunes 16	Martes 17	Miércoles 18	Jueves 19	Viernes 20	Lunes 23	Martes 24	Miércoles 25	Jueves 26	Viernes 27	Lunes 30	Martes 31
1F (08:00)	0,86	2,56	1,75	2,56	0,75	1,27	1,94	2,85	1,56	1,43	1,56	2,85	1,68	0,65	1,56	1,59	1,43	1,75	2,19	2,85	1,54	1,78
2F (09:00)	1,67	2,94	1,45	2,94	0,34	1,94	1,55	2,37	1,43	1,56	1,89	2,93	1,65	0,43	1,94	2,38	1,58	1,54	2,58	2,31	1,38	1,54
3F (10:00)	1,52	3,28	1,94	2,65	0,76	1,76	1,56	3,28	1,95	1,49	2,38	2,65	1,38	0,56	1,85	2,85	1,54	1,32	1,76	2,85	1,39	1,48
4F (11:00)	1,94	1,67	1,64	2,34	0,94	2,47	1,40	3,29	2,48	1,63	3,29	2,19	1,49	0,32	1,37	2,76	2,54	1,95	1,94	2,48	1,94	1,48
5F (12:00)	1,56	1,65	1,94	2,56	1,75	3,21	1,94	4,26	2,58	1,28	3,26	3,18	2,40	0,65	1,56	2,54	2,76	1,65	1,58	2,18	1,76	1,48
6F (13:00)	2,37	1,93	1,38	2,83	1,46	2,38	1,60	4,28	2,76	1,94	3,18	3,16	2,65	1,45	1,94	2,59	1,56	1,95	1,59	1,85	1,58	1,38
7F (14:00)	2,85	2,76	1,94	2,75	1,65	2,35	1,43	3,77	2,96	2,38	3,40	3,29	3,21	1,78	1,47	3,21	2,54	2,68	2,31	1,95	2,18	1,94
8F (15:00)	3,29	2,54	2,18	1,27	1,84	3,95	2,80	3,58	3,21	2,39	4,20	2,67	2,15	1,46	2,38	2,43	1,85	1,28	2,95	1,36	1,28	1,47
9F (16:00)	1,65	1,32	1,23	1,94	2,43	2,38	1,94	2,19	2,67	3,29	2,19	1,76	2,19	1,95	2,48	2,12	1,54	3,29	1,56	2,98	1,54	1,47
10 F (17:00)	1,34	0,84	0,76	1,32	1,65	1,46	1,43	1,75	2,84	2,19	1,67	0,65	1,65	0,98	1,67	1,45	0,86	2,68	1,04	1,43	0,88	1,57

## ESTUDIO DE INCERTIDUMBRE MEDICIÓN FOTOVOLTAICA

ESTUDIO PROBABILÍSTICO DE EXACTITUD DE LA MEDICIÓN FOTOVOLTAICA						
	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO
TOTAL MEDICIONES	230	200	230	220	200	220
MEDICIONES VÁLIDAS	184	163	204	192	178	191
PORCENTAJE VÁLIDO	80,00%	81,50%	88,70%	87,27%	89,00%	86,82%
MEDICIONES INFLUENCIADAS	24	29	16	14	19	17
PORCENTAJE INFLUENCIADO	10,43%	14,50%	6,96%	6,36%	9,50%	7,73%
MEDICIONES NO VÁLIDAS	22	8	10	14	3	12
PORCENTAJE NO VÁLIDO	9,57%	4,00%	4,35%	6,36%	1,50%	5,45%
TOTAL	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

### INSOLACIÓN DIARIA PROMEDIO – OCTUBRE 2014

INSOLACIÓN POR RADIACIÓN DIRECTA - Medición diaria promedio OCTUBRE - 2014 (en kWh/m2)						
HORARIO	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Promedio horario
1F (08:00)	1,58	1,75	1,52	1,39	1,97	1,64
2F (09:00)	2,42	2,11	2,55	1,67	2,54	2,26
3F (10:00)	2,42	3,38	1,94	3,02	3,18	2,79
4F (11:00)	3,59	3,03	3,37	3,07	2,30	3,07
5F (12:00)	3,74	3,15	3,34	3,10	3,53	3,37
6F (13:00)	3,14	2,82	3,52	3,16	3,50	3,23
7F (14:00)	3,98	3,07	2,91	2,61	2,92	3,10
8F (15:00)	3,06	3,54	3,50	2,67	1,93	2,94
9F (16:00)	2,42	2,40	1,98	2,02	1,65	2,09
10 F (17:00)	1,04	1,32	1,35	1,01	1,11	1,17
					<b>Promedio Total</b>	2,56

### INSOLACIÓN DIARIA PROMEDIO – NOVIEMBRE 2014

INSOLACIÓN POR RADIACIÓN DIRECTA - Medición diaria promedio NOVIEMBRE - 2014 (en kWh/m2)						
HORARIO	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Promedio horario
1F (08:00)	2,14	1,52	0,88	1,67	1,31	1,50
2F (09:00)	2,21	1,96	1,97	2,61	2,23	2,19
3F (10:00)	2,71	2,12	2,68	2,47	3,06	2,61
4F (11:00)	2,83	2,84	3,21	3,19	3,40	3,09
5F (12:00)	3,60	4,02	3,37	2,64	3,71	3,47
6F (13:00)	3,68	3,55	3,54	3,06	3,33	3,43
7F (14:00)	2,84	3,18	4,10	2,91	3,35	3,28
8F (15:00)	2,91	3,06	3,12	3,52	2,77	3,07
9F (16:00)	2,26	2,02	2,15	1,82	1,12	1,87
10 F (17:00)	1,26	1,18	2,04	0,97	1,44	1,38
					<b>Promedio Total</b>	2,59

## INSOLACIÓN DIARIA PROMEDIO – DICIEMBRE 2014

INSOLACIÓN POR RADIACIÓN DIRECTA - Medición diaria promedio						
DICIEMBRE - 2014 (en kWh/m2)						
HORARIO	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Promedio horario
1F (08:00)	1,48	2,31	1,84	1,39	2,04	1,81
2F (09:00)	2,21	1,99	2,19	2,16	2,43	2,20
3F (10:00)	2,72	2,49	2,77	2,46	3,10	2,71
4F (11:00)	3,02	3,05	3,29	3,44	3,06	3,17
5F (12:00)	3,10	2,87	3,54	3,14	3,80	3,29
6F (13:00)	3,38	3,84	3,13	3,66	3,60	3,52
7F (14:00)	3,37	3,54	3,28	3,01	2,59	3,16
8F (15:00)	2,77	3,03	3,30	2,81	3,01	2,98
9F (16:00)	2,24	2,25	3,10	2,91	2,51	2,60
10 F (17:00)	1,25	1,72	1,85	1,35	1,29	1,49
<b>Promedio Total</b>						2,69

## INSOLACIÓN DIARIA PROMEDIO – ENERO 2015

INSOLACIÓN POR RADIACIÓN DIRECTA - Medición diaria promedio						
ENERO - 2015 (en kWh/m2)						
HORARIO	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Promedio horario
1F (08:00)	2,05	1,72	1,98	2,03	1,60	1,87
2F (09:00)	2,19	1,76	2,58	1,96	1,78	2,05
3F (10:00)	3,00	1,89	3,02	2,21	1,49	2,32
4F (11:00)	3,35	2,63	3,11	2,85	1,88	2,77
5F (12:00)	3,55	2,43	3,12	3,12	2,73	2,99
6F (13:00)	4,02	2,22	2,63	3,48	2,50	2,97
7F (14:00)	3,69	2,62	2,43	3,05	2,58	2,88
8F (15:00)	3,08	2,76	2,24	3,15	2,32	2,71
9F (16:00)	2,92	2,50	1,88	2,69	1,99	2,39
10 F (17:00)	2,45	1,43	1,05	1,20	1,37	1,50
<b>Promedio Total</b>						2,44

## INSOLACIÓN DIARIA PROMEDIO – FEBRERO 2015

INSOLACIÓN POR RADIACIÓN DIRECTA - Medición diaria promedio FEBRERO - 2015 (en kWh/m2)						
HORARIO	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Promedio horario
1F (08:00)	2,30	1,83	1,57	1,69	1,55	1,79
2F (09:00)	2,52	2,77	2,08	2,29	2,03	2,34
3F (10:00)	2,86	1,87	2,31	2,20	2,34	2,32
4F (11:00)	2,34	2,81	2,34	2,16	2,44	2,42
5F (12:00)	3,15	2,67	2,47	1,86	2,74	2,58
6F (13:00)	3,19	1,75	2,58	2,30	3,35	2,63
7F (14:00)	2,33	2,21	3,13	2,37	3,38	2,68
8F (15:00)	2,62	2,14	2,64	2,88	2,98	2,65
9F (16:00)	2,26	1,96	2,33	2,64	3,26	2,49
10 F (17:00)	1,90	1,74	2,04	1,91	1,86	1,89
<b>Promedio Total</b>						2,38

## INSOLACIÓN DIARIA PROMEDIO – MARZO 2015

INSOLACIÓN POR RADIACIÓN DIRECTA - Medición diaria promedio MARZO - 2015 (en kWh/m2)						
HORARIO	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Promedio horario
1F (08:00)	1,32	2,28	2,01	1,74	1,25	1,72
2F (09:00)	1,90	2,24	1,75	1,85	1,54	1,85
3F (10:00)	2,13	1,81	1,98	1,73	1,82	1,89
4F (11:00)	2,48	1,86	2,24	2,25	1,61	2,09
5F (12:00)	2,47	2,20	2,62	1,62	1,67	2,11
6F (13:00)	2,38	1,62	3,47	2,16	1,80	2,28
7F (14:00)	2,93	2,39	2,90	2,45	1,86	2,51
8F (15:00)	3,03	2,37	2,30	1,89	1,99	2,32
9F (16:00)	1,92	1,64	2,23	2,03	2,80	2,12
10 F (17:00)	1,36	1,07	1,70	1,73	1,76	1,52
<b>Promedio Total</b>						2,04

### INSOLACIÓN GLOBAL PROMEDIO

INSOLACIÓN GLOBAL PROMEDIO						
OCTUBRE 2014 - MARZO 2015						
	oct-14	nov-14	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15
<b>RADIACIÓN GLOBAL PROMEDIO</b>	2,56	2,59	2,69	2,44	2,38	2,04

### DEMANDA PROMEDIO DEL EMPLAZAMIENTO

DEMANDA ENERGÉTICA PROMEDIO CENTRO EDUCATIVO "LATINOAMERICANO"				
Dispositivos	Unidades	Potencia (W)	Horas/día	Wh/día
Focos	29	20	3	1740
Ordenadores	15	150	4	9000
Dispositivos video	4	421	6	10104
Circuito de audio	1	50	0,5	25
Puntos de consumo	31	20	4	2480
Circuito de alarma	1	30	6	180
Portero electrico	1	5	1	5
Impresoras	5	150	5	3750
Teléfonos	3	16	0,5	24
Luminarias grandes	2	40	1	80
<b>Total Consumo</b>				27388
<b>Total Cubierto</b>				7044

<b>Consumo CC (v)</b>	1740
<b>Consumo CA (v)</b>	5304

### DIMENSIONADO SISTEMA FOTOVOLTAICO

<b>CARGAS EN CORRIENTE ALTERNA</b>	Factor Inversor	1,2
	Carga CC diaria equivalente (Wh/día)	6364,8
	Carga Máxima Pico (vatios)	793
	Carga Máxima Pico CA (vatios)	793

<b>CORRIENTE PICO DEL MÓDULO</b>	Carga Diaria CC (Wh/día)	1740
	Cargas CC de CA (Wh/día)	6364,8
	Carga CC total diaria (Wh/día)	8104,8
	Tensión CC del sistema (V)	12
	Carga diaria corriente CC (Ah)	675,4
	Factor seguridad	1,15
	Carga corriente corregida (Ah)	776,71
	Radiación solar (kWh/m2/día)	2,45
	Corriente pico del sistema (A)	317,02

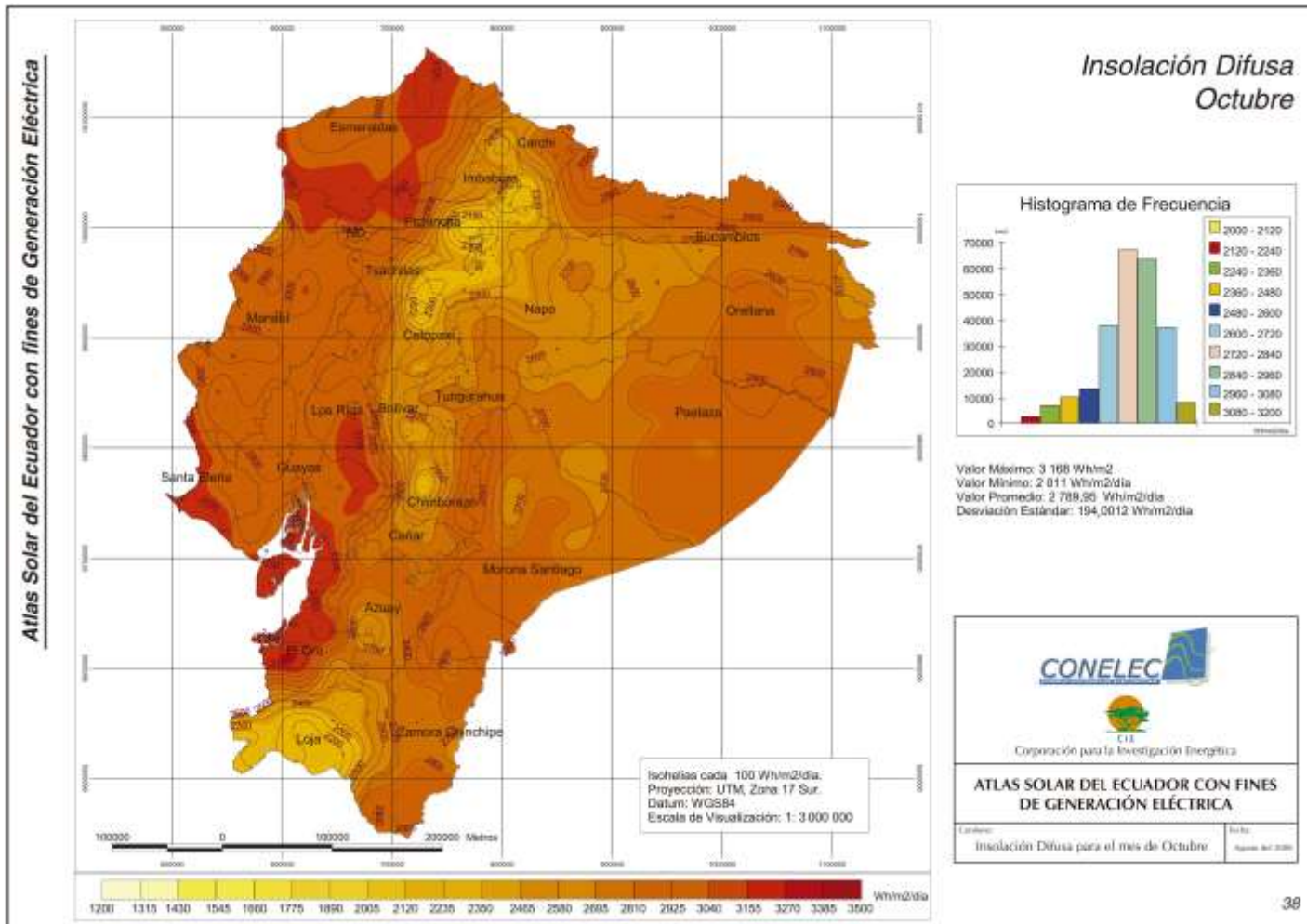
<b>DIMENSIONADO DEL MODULO FOTOVOLTAICO</b>	Corriente pico del sistema (A)	317,02	
	Corriente pico (A)	8,18	fabricante
	Arreglo de módulos	39	
	Tensión CC nominal (V)	12	
	Tensión CC nominal módulo (V)	45,3	fabricante
	Tensión relacionada	0,26	
	Numero módulos	10	

<b>DIMENSIONADO DEL BANCO DE BATERÍAS</b>	Carga CC total diaria (Ah)	776,71	
	Días de reserva	4	
	Capacidad nominal banco (Ah)	3106,84	
	Profundidad descarga	0,5	
	Capacidad corregida (Ah)	1553,42	
	Capacidad nominal batería (Ah)	345	fabricante
	Arreglo batería paralelo	5	
	Tensión CC nominal sistema (V)	12	
	Tensión CC nominal batería (V)	12	fabricante
	Número de batería en serie	1	
	Numero total batería	5	

<b>DIMENSIONADO DEL INVERSOR</b>	Carga máxima continua (Vatios)	793	
	Carga máxima pico CA (Vatios)	793	
	Cap. Máx. continua CA inv. (Vatios)	900	fabricante
	Cap. Máx. Pico CA Inv. (Vatios)	900	fabricante
<b>CAPACIDAD UNIDAD DE CONTROL</b>	Corriente pico del sistema (Ah)	317,02	

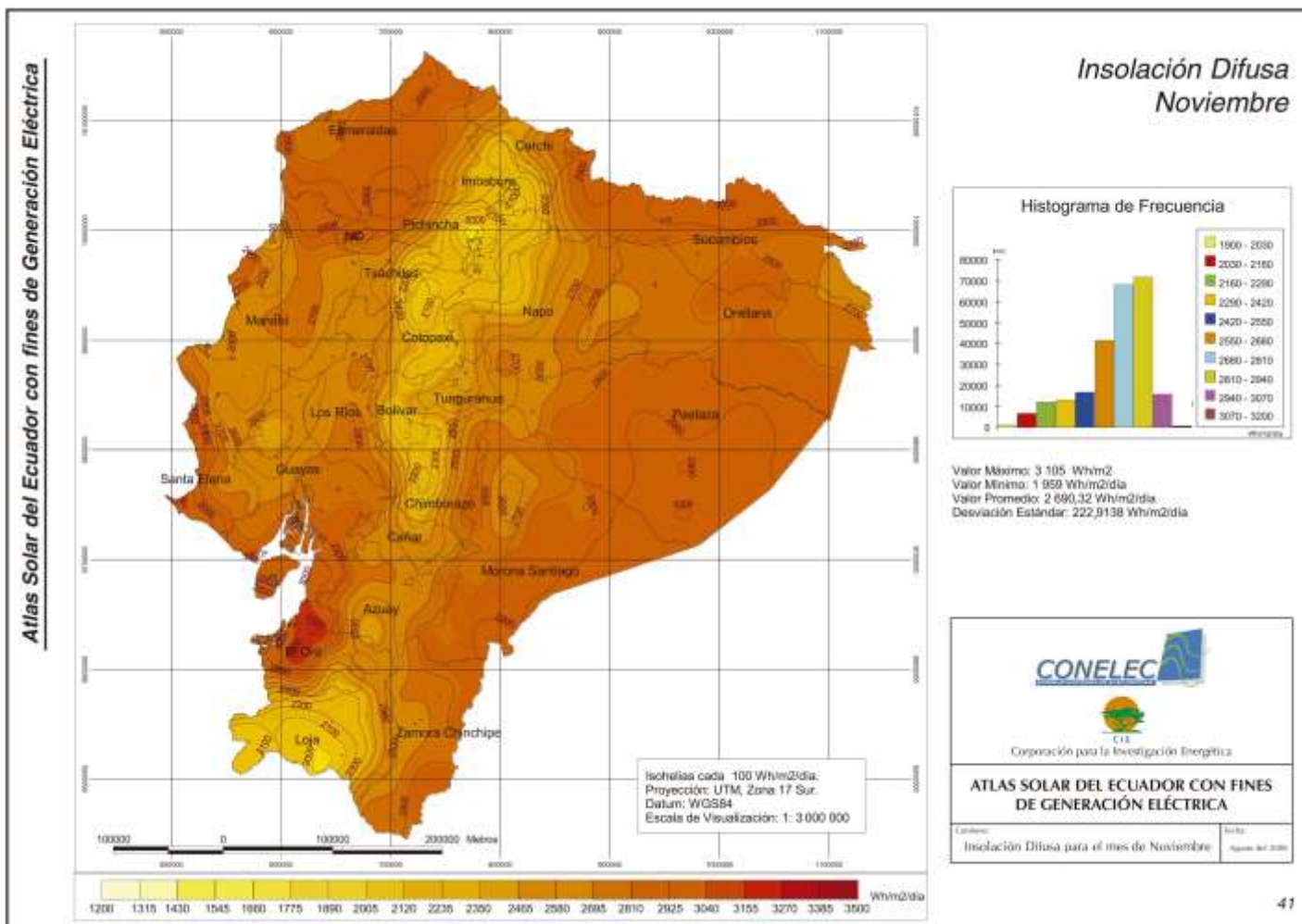
**ANEXO No. 2**  
**HISTOGRAMAS DE RADIACIÓN DIFUSA**

# INSOLACIÓN DIFUSA OCTUBRE



Fuente: CONELEC (2008)

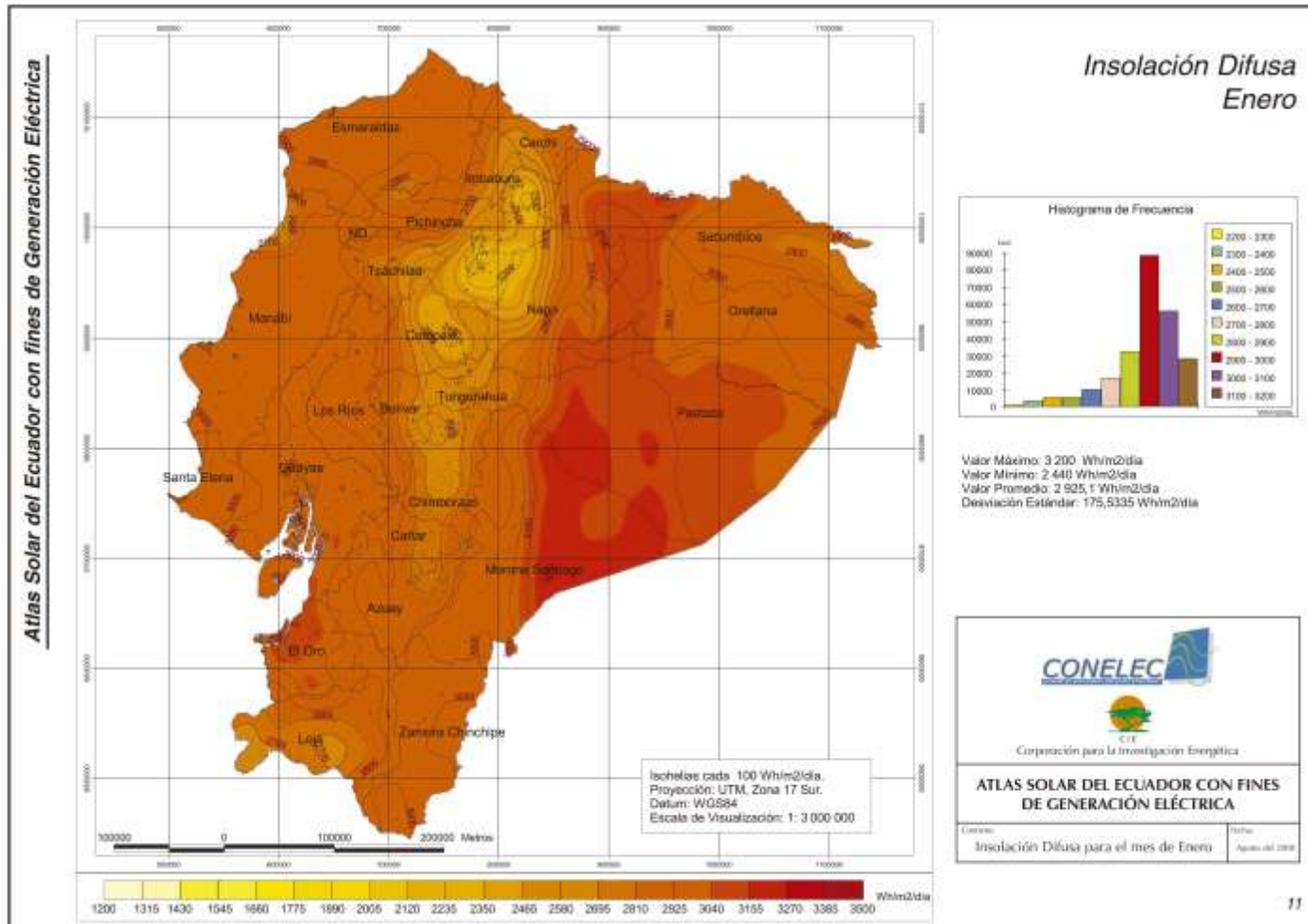
# INSOLACIÓN DIFUSA NOVIEMBRE



Fuente: CONELEC (2008)



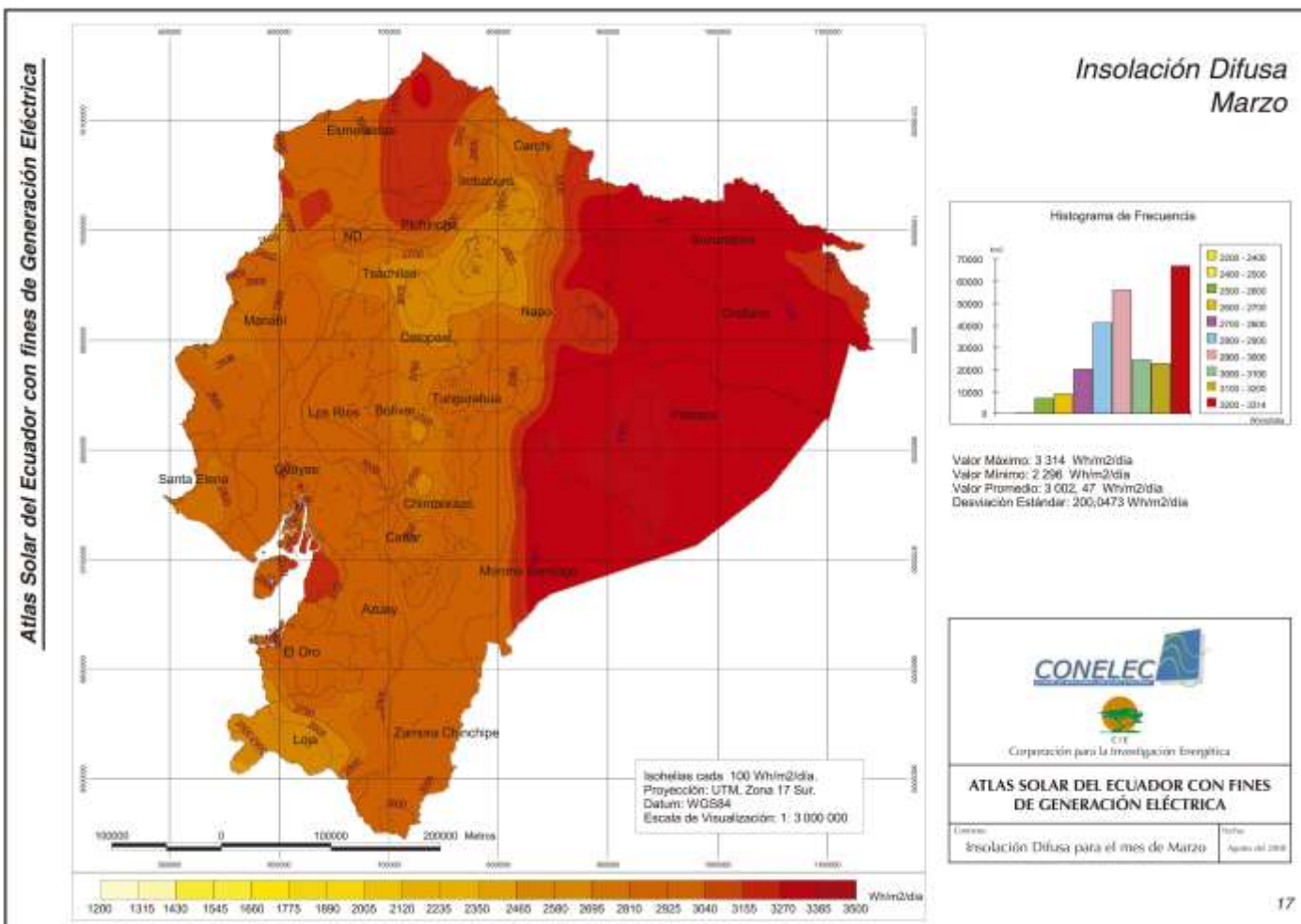
# INSOLACIÓN DIFUSA ENERO



Fuente: CONELEC (2008)



# INSOLACIÓN DIFUSA MARZO



Fuente: CONELEC (2008)

**ANEXO No. 3**  
**REGISTROS CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL**

LEYENDA DE VALIDEZ, INFLUENCIA EXTERNA Y NO VALIDEZ DE LA INFORMACIÓN

LEYENDA DE VALIDEZ		
VALIDA	INFLUENCIADA	NO VALIDA

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL – OCTUBRE 2014

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL - Medición diaria individual

OCTUBRE - 2014 (en W/m.K)

HORARIO	Miercoles 1	Jueves 2	Viernes 3	Lunes 6	Martes 7	Miercoles 8	Jueves 9	Viernes 10	Lunes 13	Martes 14	Miercoles 15	Jueves 16	Viernes 17	Lunes 20	Martes 21	Miercoles 22	Jueves 23	Viernes 24	Lunes 27	Martes 28	Miercoles 29	Jueves 30	Viernes 31
1G (06:00)	1,74	1,29	1,45	1,95	1,94	1,35	1,85	1,56	1,35	1,54	1,43	1,32	0,89	1,53	1,53	1,53	1,56	1,87	1,54	0,87	1,56	1,56	1,65
2G (07:00)	1,24	1,45	1,65	1,85	1,47	1,87	1,43	1,23	1,32	1,32	1,38	1,56	1,34	0,57	1,36	1,42	1,38	1,66	1,27	0,54	1,48	1,73	1,37
3G (08:00)	1,98	1,84	1,37	1,57	1,46	1,67	1,32	1,47	1,84	1,38	1,35	1,42	1,09	0,58	1,47	1,52	1,38	1,46	1,56	1,46	1,84	1,37	1,37
4G (09:00)	1,34	1,93	1,48	1,57	1,48	1,98	1,65	1,75	1,35	1,85	1,34	1,21	1,42	0,18	1,37	1,52	1,37	1,65	1,47	1,56	1,37	1,38	1,37
5G (10:00)	1,56	1,24	1,48	1,56	1,29	1,43	1,46	1,35	1,30	1,47	1,20	1,94	1,05	1,35	1,49	1,35	1,87	1,83	1,37	1,85	1,47	1,23	1,47
6G (11:00)	1,34	1,57	1,29	1,47	1,85	1,29	1,35	1,49	1,32	1,45	1,32	1,45	1,37	1,46	1,48	1,57	1,47	1,74	1,47	1,47	1,37	1,25	1,37
7G (12:00)	1,56	1,38	1,37	1,47	1,47	1,32	1,23	1,47	1,24	1,32	1,42	1,30	1,35	1,35	1,47	1,47	1,47	1,83	1,80	1,47	1,90	1,28	1,46
8G (13:00)	1,21	1,43	1,37	1,46	1,46	1,78	1,22	1,38	1,48	1,48	1,38	1,46	1,38	1,34	1,49	1,47	1,24	0,19	1,74	1,84	1,74	1,27	1,48
9G (14:00)	1,43	1,78	1,49	1,98	1,37	1,45	1,49	1,49	1,38	1,27	1,85	1,43	1,42	1,32	1,48	1,28	1,48	1,47	1,74	1,75	1,43	1,38	1,37
10 G (15:00)	1,67	1,45	1,35	1,49	1,43	1,32	1,48	1,47	1,37	1,35	1,34	1,32	1,38	1,95	1,39	1,94	1,48	1,57	1,47	1,65	1,34	1,39	1,36
11 G (16:00)	1,21	1,34	1,41	1,47	1,31	1,98	1,35	1,35	1,35	1,25	1,45	1,34	1,35	1,85	1,49	1,74	1,36	1,48	1,70	1,75	1,24	1,75	1,34
12 G (17:00)	1,20	1,23	1,94	1,47	1,56	1,56	1,35	1,46	1,32	1,38	1,21	1,10	1,48	1,57	1,94	1,37	1,38	1,84	1,75	1,73	1,28	1,73	1,42
13 G (18:00)	1,35	1,85	1,47	1,39	1,32	1,44	1,35	1,94	1,34	1,48	1,87	1,12	1,34	1,46	1,50	1,47	1,38	1,55	1,65	1,84	1,37	1,31	1,35
14 G (19:00)	1,95	1,34	1,37	1,48	1,89	1,49	1,28	1,47	1,24	1,38	1,35	1,00	1,32	1,59	1,74	1,30	1,36	1,84	1,32	1,73	1,24	1,38	1,13
15 G (20:00)	1,23	1,78	1,84	1,35	1,31	1,60	1,40	1,34	1,12	1,35	1,38	1,24	1,50	1,58	1,42	1,47	1,94	1,64	1,21	0,18	1,31	1,38	1,31

LEYENDA DE VALIDEZ, INFLUENCIA EXTERNA Y NO VALIDEZ DE LA INFORMACIÓN

LEYENDA DE VALIDEZ		
VALIDA	INFLUENCIADA	NO VALIDA

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL – NOVIEMBRE 2014

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL - Medición diaria individual																				
NOVIEMBRE - 2014 (en W/m.K)																				
HORARIO	Lunes 3	Martes 4	Miercoles 5	Jueves 6	Viernes 7	Lunes 10	Martes 11	Miercoles 12	Jueves 13	Viernes 14	Lunes 17	Martes 18	Miercoles 19	Jueves 20	Viernes 21	Lunes 24	Martes 25	Miercoles 26	Jueves 27	Viernes 28
1G (06:00)	1,25	0,85	1,45	1,84	1,32	1,43	1,45	1,45	1,45	1,43	1,74	1,84	1,75	1,87	1,45	1,42	1,43	1,32	1,34	1,21
2G (07:00)	1,27	2,47	1,34	1,37	1,75	1,41	1,84	1,75	1,35	1,48	1,83	1,34	1,48	1,74	1,74	1,84	1,75	1,30	1,24	1,46
3G (08:00)	1,74	1,35	1,74	1,83	1,46	1,46	1,54	1,84	1,32	1,28	1,85	1,38	1,37	1,83	1,47	1,37	1,37	1,50	1,83	1,75
4G (09:00)	1,48	1,40	1,48	1,47	1,84	1,83	1,34	1,83	1,46	1,48	1,36	1,83	1,47	1,83	1,38	1,39	1,26	2,13	1,42	1,34
5G (10:00)	1,38	1,94	1,73	1,47	1,74	1,76	1,23	1,89	1,39	1,24	1,34	1,73	1,83	1,83	1,35	1,38	1,29	1,45	1,37	1,54
6G (11:00)	1,35	1,73	1,35	1,38	1,36	1,35	1,21	1,35	1,39	1,93	1,32	1,38	1,87	1,87	1,35	1,37	1,37	1,38	1,39	1,38
7G (12:00)	1,84	1,37	1,47	1,37	1,37	1,35	1,25	1,83	1,33	1,83	1,11	1,33	1,74	1,65	1,35	1,35	1,38	1,35	1,92	1,94
8G (13:00)	1,74	1,37	1,37	1,38	1,84	1,35	1,50	1,10	1,28	1,83	1,38	1,38	1,47	1,73	1,84	1,47	1,36	1,94	1,47	1,76
9G (14:00)	1,35	1,75	1,21	1,94	1,74	1,37	1,52	1,84	1,38	1,99	1,38	1,48	1,74	1,31	1,75	1,24	1,46	1,47	1,54	1,45
10 G (15:00)	1,47	1,94	1,30	1,47	1,74	1,18	1,28	1,13	1,84	1,83	1,92	1,53	1,83	1,24	1,75	1,38	1,85	1,47	1,48	1,53
11 G (16:00)	1,48	1,47	1,50	1,87	1,54	1,34	1,33	1,24	1,75	1,74	1,83	1,55	1,84	1,83	1,36	1,39	1,45	1,85	1,38	1,54
12 G (17:00)	1,48	1,37	1,23	1,48	1,30	1,35	1,83	1,35	1,54	1,74	1,38	1,35	1,98	1,54	1,73	1,37	1,40	1,94	1,38	1,75
13 G (18:00)	1,39	1,93	1,29	1,47	1,80	1,84	1,34	1,40	1,78	1,82	1,24	1,48	1,84	1,38	1,87	1,76	1,39	1,84	1,24	1,42
14 G (19:00)	1,36	1,73	1,87	1,37	1,54	1,74	1,38	1,35	1,42	1,35	1,26	1,48	1,84	1,35	1,32	1,32	1,37	1,73	1,48	1,45
15 G (20:00)	1,20	1,75	1,32	1,84	1,33	1,32	1,84	1,34	1,32	1,23	1,29	1,32	1,73	1,85	1,45	1,53	1,45	1,31	1,39	1,21

LEYENDA DE VALIDEZ, INFLUENCIA EXTERNA Y NO VALIDEZ DE LA INFORMACIÓN

LEYENDA DE VALIDEZ		
VALIDA	INFLUENCIADA	NO VALIDA

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL – DICIEMBRE 2014

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL - Medición diaria individual																							
DICIEMBRE - 2014 (en W/m.K)																							
HORARIO	Lunes 1	Martes 2	Miercoles 3	Jueves 4	Viernes 5	Lunes 8	Martes 9	Miercoles 10	Jueves 11	Viernes 12	Lunes 15	Martes 16	Miercoles 17	Jueves 18	Viernes 19	Lunes 22	Martes 23	Miercoles 24	Jueves 25	Viernes 26	Lunes 29	Martes 30	Miercoles 31
1G (06:00)	1,24	1,55	1,21	1,21	1,32	1,21	1,43	1,31	1,21	1,47	1,56	1,45	1,56	1,45	1,45	1,32	0,56	1,21	0,47	1,65	1,45	1,46	1,43
2G (07:00)	1,53	1,32	1,40	1,46	1,33	1,34	1,21	1,48	1,47	1,23	1,38	1,37	1,34	1,33	1,84	1,87	0,67	1,38	0,56	1,84	1,57	1,32	1,32
3G (08:00)	1,38	1,45	1,49	1,47	1,44	1,74	1,37	1,14	1,84	1,22	1,37	1,24	1,64	1,37	1,34	1,84	0,93	1,34	0,45	1,83	1,84	1,56	1,83
4G (09:00)	1,50	1,24	1,75	1,83	1,73	1,73	1,73	1,28	1,24	1,29	1,82	1,74	1,35	1,74	1,74	1,83	1,45	1,23	0,31	1,93	1,77	1,28	1,43
5G (10:00)	1,48	1,28	1,45	1,37	1,50	1,32	1,32	1,38	1,84	1,92	1,72	1,75	1,21	1,73	1,35	1,55	1,47	1,84	1,45	1,93	1,84	1,74	1,24
6G (11:00)	1,48	1,24	1,47	1,84	1,87	1,38	1,30	1,32	1,34	1,84	1,23	1,46	1,82	1,32	1,73	1,65	0,94	1,64	1,36	1,35	1,65	1,24	1,83
7G (12:00)	1,90	1,56	1,80	1,48	1,34	1,82	1,32	1,29	1,47	1,37	1,28	1,33	1,74	1,83	1,83	2,48	1,46	1,48	1,74	1,37	1,84	1,46	1,35
8G (13:00)	1,84	1,48	1,35	1,39	1,73	1,37	1,85	1,24	1,47	1,84	1,92	1,57	1,47	1,33	1,24	1,38	1,56	1,83	1,84	1,87	1,94	1,24	1,84
9G (14:00)	1,85	1,94	1,31	1,74	1,44	1,93	1,47	1,38	1,44	1,54	1,84	1,84	1,87	1,31	1,35	1,48	1,84	1,87	1,84	1,38	1,83	1,21	1,93
10 G (15:00)	1,74	1,47	1,41	1,82	1,93	1,44	1,84	1,38	1,33	1,83	1,45	1,36	1,47	0,83	1,22	1,47	1,35	1,34	1,32	1,55	1,44	1,49	1,33
11 G (16:00)	1,45	1,37	1,58	1,84	1,23	1,53	1,88	1,92	1,32	1,36	1,34	1,24	1,44	1,38	1,35	1,83	1,63	1,85	1,34	1,74	1,84	1,42	1,35
12 G (17:00)	1,35	1,39	1,04	1,32	1,23	1,74	1,38	1,84	1,30	1,74	1,21	1,74	1,83	1,93	1,25	1,35	1,36	1,45	1,48	1,80	1,75	1,82	1,32
13 G (18:00)	1,37	1,45	1,88	1,83	1,21	1,21	1,94	1,73	1,94	1,93	1,83	1,36	1,84	1,93	1,84	1,33	1,28	1,44	1,84	1,87	1,35	1,37	1,84
14 G (19:00)	1,98	1,27	1,42	1,34	1,45	1,49	1,40	1,29	1,74	1,23	1,37	1,38	1,73	1,03	1,48	1,89	1,29	1,78	1,32	1,83	1,46	1,35	1,56
15 G (20:00)	1,30	1,56	1,48	1,74	1,31	1,22	1,42	1,23	1,35	1,21	1,84	1,98	1,83	1,05	1,84	1,48	1,30	1,32	1,39	1,45	1,64	1,45	1,42

**LEYENDA DE VALIDEZ, INFLUENCIA EXTERNA Y NO VALIDEZ DE LA INFORMACIÓN**

LEYENDA DE VALIDEZ		
VALIDA	INFLUENCIADA	NO VALIDA

**CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL – ENERO 2015**

**CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL - Medición diaria individual**

**ENERO - 2015 (en W/m.K)**

HORARIO	Jueves 1	Viernes 2	Lunes 5	Martes 6	Miercoles 7	Jueves 8	Viernes 9	Lunes 12	Martes 13	Miercoles 14	Jueves 15	Viernes 16	Lunes 19	Martes 20	Miercoles 21	Jueves 22	Viernes 23	Lunes 26	Martes 27	Miercoles 28	Jueves 29	Viernes 30
1G (06:00)	1,45	1,34	1,32	1,43	1,42	1,43	1,55	1,67	1,32	1,34	1,32	1,21	1,45	1,43	1,21	1,37	1,45	1,33	1,54	1,21	1,45	1,35
2G (07:00)	1,75	1,84	1,47	1,45	1,74	1,74	1,46	1,83	1,21	1,74	1,83	1,24	1,84	1,56	1,84	1,28	1,28	1,54	1,84	1,03	1,84	1,74
3G (08:00)	1,45	1,75	1,84	1,63	1,93	1,82	1,83	1,84	1,48	1,30	1,84	1,38	1,75	1,74	1,74	1,84	1,38	1,47	1,32	1,05	1,83	1,35
4G (09:00)	1,43	1,84	1,45	1,84	1,84	1,37	1,74	1,34	1,35	1,35	1,34	1,39	1,94	1,65	1,24	1,73	1,34	1,83	1,38	1,84	1,75	1,82
5G (10:00)	1,75	1,65	1,73	1,74	1,74	1,83	1,35	1,53	1,74	1,52	1,47	1,83	1,34	1,84	1,64	1,24	1,21	1,84	1,28	1,05	1,83	1,84
6G (11:00)	1,83	1,47	1,46	1,83	1,34	1,33	1,45	1,35	1,83	1,24	1,74	1,84	1,12	1,82	1,83	1,73	1,21	1,75	1,26	1,74	1,95	1,92
7G (12:00)	1,37	1,37	1,84	1,84	1,53	1,74	1,87	1,84	1,25	1,47	1,37	1,38	1,45	1,74	1,34	1,64	1,28	1,63	1,38	1,84	1,46	1,34
8G (13:00)	1,84	1,38	1,74	1,82	1,83	1,35	1,35	1,35	1,74	0,14	1,46	1,25	1,74	1,72	1,32	1,34	1,84	1,28	1,74	1,90	1,84	1,35
9G (14:00)	1,37	1,33	1,74	1,35	1,84	1,83	1,45	1,74	1,83	1,35	1,38	1,84	1,83	1,13	1,87	1,33	1,24	1,28	1,47	1,03	1,24	1,74
10 G (15:00)	1,32	1,84	1,64	1,74	1,03	1,74	1,73	1,35	1,35	1,42	1,32	1,36	1,25	1,28	1,32	1,74	1,21	1,27	1,37	1,05	1,75	1,83
11 G (16:00)	1,56	1,64	1,73	1,93	1,47	1,92	1,38	1,84	1,74	1,38	1,38	1,74	1,74	1,84	1,49	1,83	1,83	1,84	1,44	0,67	1,35	1,28
12 G (17:00)	1,94	1,44	1,43	1,04	1,32	1,74	1,83	1,74	1,83	1,35	1,94	1,38	1,83	1,74	1,74	1,84	1,74	1,25	1,48	1,38	1,75	1,35
13 G (18:00)	1,54	1,75	1,38	1,45	1,84	1,24	1,72	1,38	1,35	1,83	1,35	1,93	1,74	1,43	1,73	1,24	1,74	1,28	1,74	1,40	1,34	1,84
14 G (19:00)	1,47	1,45	1,38	1,03	1,32	1,35	1,82	1,35	1,52	1,75	1,44	1,24	1,24	1,83	1,21	1,27	1,82	1,84	1,37	1,46	1,85	1,35
15 G (20:00)	1,34	1,73	1,93	1,84	1,35	1,45	1,35	1,53	1,35	1,45	1,53	1,20	1,35	1,83	1,32	1,38	1,32	1,21	1,30	1,84	1,24	1,45

LEYENDA DE VALIDEZ, INFLUENCIA EXTERNA Y NO VALIDEZ DE LA INFORMACIÓN

LEYENDA DE VALIDEZ		
VALIDA	INFLUENCIADA	NO VALIDA

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL – FEBRERO 2015

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL - Medición diaria individual																				
FEBRERO - 2015 (en W/m.K)																				
HORARIO	Lunes 2	Martes 3	Miércoles 4	Jueves 5	Viernes 6	Lunes 9	Martes 10	Miércoles 11	Jueves 12	Viernes 13	Lunes 16	Martes 17	Miércoles 18	Jueves 19	Viernes 20	Lunes 23	Martes 24	Miércoles 25	Jueves 26	Viernes 27
1G (06:00)	1,24	1,21	1,34	1,56	1,34	1,32	1,14	1,43	1,42	1,03	1,54	1,32	1,32	1,65	1,45	1,32	1,34	1,57	1,43	1,21
2G (07:00)	1,65	1,34	1,65	1,74	1,74	1,44	1,65	1,56	1,32	1,35	1,76	1,84	1,84	1,84	1,84	1,94	1,74	1,93	1,58	1,34
3G (08:00)	1,74	1,65	1,83	1,74	1,82	1,56	1,04	1,47	1,84	1,84	1,94	1,75	1,65	1,32	1,74	1,34	1,84	1,45	1,83	1,83
4G (09:00)	1,84	1,74	1,24	1,83	1,28	1,84	1,04	1,32	1,75	1,83	1,43	1,46	1,74	1,38	1,93	1,74	1,84	1,75	1,37	1,27
5G (10:00)	1,83	1,36	1,46	1,83	1,29	1,56	1,84	1,84	1,35	1,03	1,84	1,94	1,35	1,84	1,35	1,84	1,37	1,46	1,24	1,93
6G (11:00)	1,70	1,64	1,54	1,74	1,84	1,84	1,94	1,46	1,21	1,78	1,87	1,78	1,65	1,35	1,85	1,93	1,24	1,38	1,24	1,24
7G (12:00)	1,83	1,66	1,63	1,33	1,28	1,03	1,03	1,37	1,84	1,83	1,32	1,84	1,74	1,34	1,84	1,20	1,22	1,74	1,37	1,83
8G (13:00)	1,65	1,87	1,73	1,22	1,34	1,84	1,85	1,98	1,74	1,07	1,75	1,24	1,35	1,23	1,34	1,34	1,74	1,32	1,93	1,38
9G (14:00)	1,73	1,95	1,34	1,02	1,74	1,39	1,47	1,74	1,83	1,05	1,84	1,46	1,87	1,84	1,74	1,84	1,36	1,94	1,24	1,83
10 G (15:00)	1,33	1,46	1,56	1,49	1,36	1,94	1,93	1,76	1,84	1,84	1,24	1,35	1,35	1,98	1,49	1,24	1,83	1,38	1,84	1,73
11 G (16:00)	1,54	1,47	1,83	1,02	1,24	1,83	1,74	1,37	1,74	1,05	1,45	1,84	1,75	1,30	1,92	1,84	1,37	1,83	1,82	1,83
12 G (17:00)	1,56	1,74	1,73	1,35	1,28	1,87	1,36	1,34	1,47	1,85	1,35	1,32	1,73	1,35	1,23	1,24	1,83	1,83	1,35	1,92
13 G (18:00)	1,74	1,24	1,23	1,46	1,94	1,38	1,47	1,74	1,38	1,35	1,94	1,35	1,93	1,35	1,30	1,83	1,35	1,24	1,32	1,24
14 G (19:00)	1,55	1,23	1,32	1,84	1,40	1,32	1,70	1,74	1,93	1,84	1,35	1,94	1,84	1,84	1,93	1,32	1,21	1,24	1,84	1,42
15 G (20:00)	1,75	1,45	1,22	1,20	1,35	1,21	1,32	1,21	1,34	1,32	1,21	1,23	1,24	1,24	1,21	1,24	1,04	1,93	1,23	1,24

LEYENDA DE VALIDEZ, INFLUENCIA EXTERNA Y NO VALIDEZ DE LA INFORMACIÓN

LEYENDA DE VALIDEZ		
VALIDA	INFLUENCIADA	NO VALIDA

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL – MARZO 2015

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL - Medición diaria individual

MARZO - 2015 (en W/m.K)

HORARIO	Lunes 2	Martes 3	Miercoles 4	Jueves 5	Viernes 6	Lunes 9	Martes 10	Miercoles 11	Jueves 12	Viernes 13	Lunes 16	Martes 17	Miercoles 18	Jueves 19	Viernes 20	Lunes 23	Martes 24	Miercoles 25	Jueves 26	Viernes 27	Lunes 30	Martes 31
1G (06:00)	1,56	1,24	1,23	1,32	1,23	1,21	1,32	1,21	1,23	1,32	1,22	1,20	1,32	1,45	1,04	1,35	1,43	1,32	1,24	1,43	1,54	1,50
2G (07:00)	1,84	1,54	1,34	1,45	1,84	0,18	1,65	1,35	1,35	1,46	1,45	1,94	1,94	1,74	1,38	1,84	1,94	1,57	1,38	1,84	1,74	1,35
3G (08:00)	1,75	1,74	1,48	1,87	1,83	1,46	1,73	1,73	1,74	1,84	1,38	1,46	1,03	1,94	1,93	1,33	1,84	1,84	1,35	1,38	1,74	1,74
4G (09:00)	1,45	1,93	1,83	1,84	1,23	1,73	1,83	1,92	1,83	1,74	1,29	1,83	1,35	1,24	1,28	1,87	1,46	1,92	1,83	1,24	1,94	1,75
5G (10:00)	1,32	1,38	1,45	1,32	1,38	1,93	1,24	1,74	1,36	1,46	1,83	1,73	1,40	1,37	1,27	1,73	1,87	1,37	1,83	1,28	1,76	0,94
6G (11:00)	1,45	1,35	1,54	1,32	1,92	1,25	1,74	1,35	1,82	1,33	1,47	1,24	1,38	1,94	1,94	1,23	1,83	1,85	1,87	1,73	1,94	1,50
7G (12:00)	1,56	1,75	1,30	1,84	1,87	1,93	1,83	1,23	1,23	1,93	1,48	1,74	1,33	1,23	1,28	1,84	1,47	1,73	1,24	1,81	1,73	1,84
8G (13:00)	1,94	1,45	1,84	1,45	1,35	1,45	1,84	1,83	1,74	1,87	1,29	1,37	1,45	1,35	1,35	1,28	1,38	1,83	1,38	0,18	1,44	1,83
9G (14:00)	1,56	1,74	1,04	1,83	1,75	1,32	1,83	1,74	1,46	1,37	1,48	1,38	1,24	1,24	1,35	1,45	1,38	1,28	1,83	1,34	1,73	1,21
10 G (15:00)	1,84	1,74	1,49	1,28	1,39	1,84	1,24	1,24	1,24	1,37	1,04	1,21	1,24	1,37	1,21	1,84	1,29	1,40	1,28	1,38	1,40	1,35
11 G (16:00)	1,32	1,82	1,57	1,83	1,82	1,92	1,70	1,83	1,83	1,92	1,84	1,92	1,35	1,28	1,15	1,28	1,94	1,38	1,28	1,03	1,94	1,36
12 G (17:00)	1,94	1,35	1,44	1,24	1,34	1,35	1,35	1,73	1,34	1,87	1,93	1,38	1,31	1,38	1,47	1,38	1,84	1,35	1,28	0,98	1,83	1,78
13 G (18:00)	1,46	1,74	1,47	1,83	1,28	1,84	1,93	1,23	1,84	1,92	1,28	1,93	1,42	1,24	1,25	1,24	1,35	1,83	1,92	0,48	1,24	1,82
14 G (19:00)	1,32	1,83	1,32	1,21	1,29	1,24	1,83	1,39	1,03	1,34	1,93	1,83	1,94	1,35	1,84	1,83	1,32	1,84	1,24	1,38	1,84	1,24
15 G (20:00)	1,44	1,24	1,21	1,50	1,32	1,98	1,93	1,82	1,83	1,35	1,84	1,34	1,47	1,25	1,82	1,40	1,93	1,24	1,82	1,84	1,35	1,36

**CONDUCTIVIDAD TÉRMICA PROMEDIO DIARIA – OCTUBRE 2014**

<b>CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL - Medición diaria promedio</b>						
<b>OCTUBRE - 2014 (en W/mK)</b>						
<b>HORARIO</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miercoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Promedio hora</b>
<b>1G (06:00)</b>	1,61	1,20	1,52	1,52	1,63	1,50
<b>2G (07:00)</b>	1,05	1,38	1,56	1,48	1,45	1,38
<b>3G (08:00)</b>	1,66	1,43	1,78	1,48	1,35	1,54
<b>4G (09:00)</b>	1,03	1,61	1,51	1,54	1,51	1,44
<b>5G (10:00)</b>	1,40	1,54	1,36	1,68	1,55	1,51
<b>6G (11:00)</b>	1,42	1,56	1,33	1,41	1,34	1,41
<b>7G (12:00)</b>	1,47	1,42	1,53	1,33	1,53	1,46
<b>8G (13:00)</b>	1,51	1,67	1,50	1,35	1,40	1,48
<b>9G (14:00)</b>	1,61	1,51	1,50	1,54	1,46	1,52
<b>10 G (15:00)</b>	1,64	1,39	1,57	1,45	1,42	1,49
<b>11 G (16:00)</b>	1,56	1,45	1,54	1,43	1,40	1,47
<b>12 G (17:00)</b>	1,40	1,68	1,34	1,35	1,55	1,46
<b>13 G (18:00)</b>	1,46	1,58	1,53	1,45	1,58	1,52
<b>14 G (19:00)</b>	1,46	1,69	1,47	1,33	1,39	1,47
<b>15 G (20:00)</b>	1,30	1,33	1,42	1,49	1,53	1,41

**CONDUCTIVIDAD TÉRMICA PROMEDIO DIARIA – NOVIEMBRE 2014**

<b>CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL - Medición diaria promedio</b>						
<b>NOVIEMBRE - 2014 (en W/m.K)</b>						
<b>HORARIO</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miercoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Promedio hora</b>
<b>1G (06:00)</b>	1,53	1,39	1,55	1,68	1,32	1,50
<b>2G (07:00)</b>	1,59	2,11	1,51	1,43	1,66	1,66
<b>3G (08:00)</b>	1,65	1,43	1,62	1,70	1,49	1,58
<b>4G (09:00)</b>	1,53	1,52	1,81	1,57	1,52	1,59
<b>5G (10:00)</b>	1,51	1,55	1,59	1,56	1,51	1,54
<b>6G (11:00)</b>	1,35	1,32	1,61	1,55	1,55	1,48
<b>7G (12:00)</b>	1,41	1,35	1,55	1,54	1,52	1,47
<b>8G (13:00)</b>	1,41	1,40	1,47	1,60	1,82	1,54
<b>9G (14:00)</b>	1,34	1,58	1,47	1,60	1,73	1,54
<b>10 G (15:00)</b>	1,70	1,55	1,42	1,52	1,67	1,57
<b>11 G (16:00)</b>	1,41	1,45	1,61	1,65	1,55	1,53
<b>12 G (17:00)</b>	1,40	1,52	1,72	1,48	1,53	1,53
<b>13 G (18:00)</b>	1,46	1,40	1,51	1,54	1,65	1,51
<b>14 G (19:00)</b>	1,44	1,49	1,59	1,41	1,40	1,47
<b>15 G (20:00)</b>	1,35	1,51	1,43	1,60	1,28	1,43

**CONDUCTIVIDAD TÉRMICA PROMEDIO DIARIA – DICIEMBRE 2014**

<b>CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL - Medición diaria promedio</b>						
<b>DICIEMBRE - 2014 (en W/m.K)</b>						
<b>HORARIO</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miercoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Promedio hora</b>
<b>1G (06:00)</b>	1,31	1,45	1,33	0,96	1,45	1,30
<b>2G (07:00)</b>	1,53	1,30	1,40	1,42	1,84	1,50
<b>3G (08:00)</b>	1,65	1,25	1,54	1,10	1,46	1,40
<b>4G (09:00)</b>	1,73	1,54	1,47	1,10	1,74	1,52
<b>5G (10:00)</b>	1,65	1,53	1,42	1,60	1,78	1,60
<b>6G (11:00)</b>	1,52	1,14	1,61	1,84	1,70	1,56
<b>7G (12:00)</b>	1,67	1,33	1,50	1,63	1,37	1,50
<b>8G (13:00)</b>	1,66	1,46	1,59	1,40	1,67	1,56
<b>9G (14:00)</b>	1,85	1,54	1,63	1,79	1,44	1,65
<b>10 G (15:00)</b>	1,45	1,42	1,39	1,49	1,39	1,43
<b>11 G (16:00)</b>	1,60	1,58	1,64	1,61	1,49	1,58
<b>12 G (17:00)</b>	1,44	1,49	1,44	1,71	1,41	1,49
<b>13 G (18:00)</b>	1,27	1,53	1,75	1,84	1,71	1,62
<b>14 G (19:00)</b>	1,68	1,34	1,42	1,37	1,39	1,44
<b>15 G (20:00)</b>	1,35	1,60	1,34	1,22	1,32	1,37

**CONDUCTIVIDAD TÉRMICA PROMEDIO DIARIA – ENERO 2015**

<b>CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL - Medición diaria promedio</b>						
<b>ENERO - 2015 (en W/m.K)</b>						
<b>HORARIO</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miercoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Promedio hora</b>
<b>1G (06:00)</b>	1,44	1,43	1,30	1,43	1,38	1,39
<b>2G (07:00)</b>	1,62	1,52	1,59	1,65	1,43	1,56
<b>3G (08:00)</b>	1,73	1,61	1,43	1,74	1,58	1,62
<b>4G (09:00)</b>	1,64	1,56	1,64	1,52	1,58	1,59
<b>5G (10:00)</b>	1,61	1,62	1,63	1,62	1,84	1,66
<b>6G (11:00)</b>	1,52	1,69	1,54	1,71	1,58	1,61
<b>7G (12:00)</b>	1,69	1,46	1,55	1,52	1,45	1,53
<b>8G (13:00)</b>	1,51	1,77	1,61	1,57	1,43	1,58
<b>9G (14:00)</b>	1,65	1,45	1,52	1,32	1,54	1,49
<b>10 G (15:00)</b>	1,41	1,44	1,13	1,57	1,59	1,43
<b>11 G (16:00)</b>	1,79	1,74	1,45	1,67	1,57	1,64
<b>12 G (17:00)</b>	1,50	1,52	1,45	1,84	1,55	1,57
<b>13 G (18:00)</b>	1,50	1,49	1,69	1,34	1,81	1,57
<b>14 G (19:00)</b>	1,60	1,46	1,44	1,48	1,54	1,50
<b>15 G (20:00)</b>	1,50	1,58	1,54	1,39	1,40	1,48

**CONDUCTIVIDAD TÉRMICA PROMEDIO DIARIA – FEBRERO 2015**

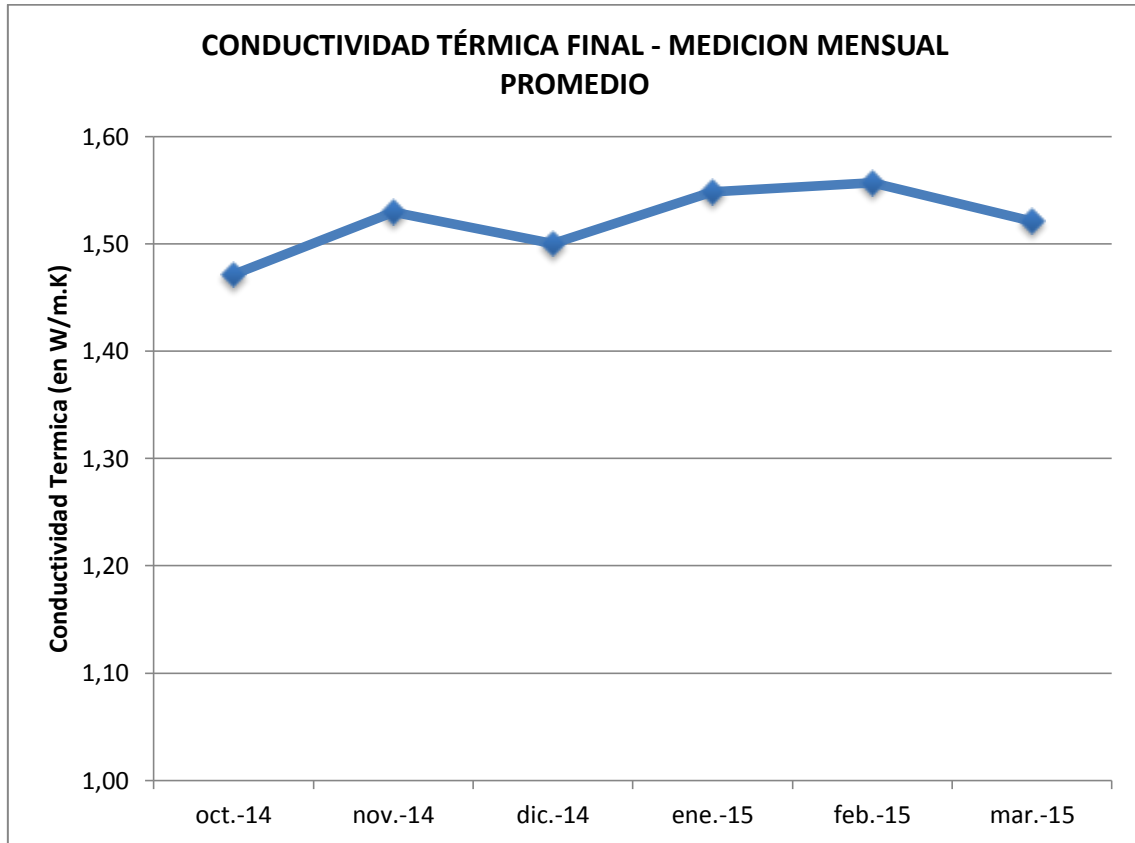
<b>CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL - Medición diaria promedio</b>						
<b>FEBRERO - 2015 (en W/m.K)</b>						
<b>HORARIO</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miercoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Promedio hora</b>
<b>1G (06:00)</b>	1,36	1,25	1,42	1,52	1,26	1,36
<b>2G (07:00)</b>	1,85	1,58	1,68	1,62	1,57	1,66
<b>3G (08:00)</b>	2,62	1,57	1,60	1,80	1,80	1,88
<b>4G (09:00)</b>	1,71	1,45	1,51	1,58	1,60	1,57
<b>5G (10:00)</b>	1,77	1,65	1,53	1,57	1,40	1,58
<b>6G (11:00)</b>	1,82	1,65	1,51	1,38	1,54	1,58
<b>7G (12:00)</b>	1,35	1,44	1,62	1,52	1,65	1,51
<b>8G (13:00)</b>	1,65	1,68	1,55	1,40	1,28	1,51
<b>9G (14:00)</b>	1,65	1,56	1,67	1,37	1,54	1,56
<b>10 G (15:00)</b>	1,50	1,59	1,43	1,79	1,61	1,58
<b>11 G (16:00)</b>	1,67	1,68	1,70	1,47	1,51	1,61
<b>12 G (17:00)</b>	1,49	1,63	1,66	1,39	1,60	1,55
<b>13 G (18:00)</b>	1,72	1,35	1,63	1,38	1,30	1,48
<b>14 G (19:00)</b>	1,39	1,62	1,54	1,84	1,65	1,60
<b>15 G (20:00)</b>	1,39	1,27	1,40	1,25	1,28	1,32

**CONDUCTIVIDAD TÉRMICA PROMEDIO DIARIA – MARZO 2015**

<b>CONDUCTIVIDAD TÉRMICA LOCAL - Medición diaria promedio</b>						
<b>MARZO - 2015 (en W/m.K)</b>						
<b>HORARIO</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miercoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Promedio hora</b>
<b>1G (06:00)</b>	1,38	1,32	1,25	1,31	1,26	1,30
<b>2G (07:00)</b>	1,40	1,68	1,62	1,51	1,63	1,57
<b>3G (08:00)</b>	1,53	1,64	1,52	1,73	1,74	1,63
<b>4G (09:00)</b>	1,66	1,76	1,89	1,54	1,40	1,65
<b>5G (10:00)</b>	1,81	1,43	1,49	1,47	1,37	1,51
<b>6G (11:00)</b>	1,47	1,54	1,42	1,74	1,67	1,57
<b>7G (12:00)</b>	1,71	1,70	1,42	1,44	1,87	1,63
<b>8G (13:00)</b>	1,48	1,57	1,74	1,48	1,19	1,49
<b>9G (14:00)</b>	1,45	1,54	1,33	1,59	1,45	1,47
<b>10 G (15:00)</b>	1,59	1,27	1,29	1,28	1,30	1,35
<b>11 G (16:00)</b>	1,66	1,75	1,53	1,56	1,48	1,60
<b>12 G (17:00)</b>	1,69	1,58	1,46	1,31	1,56	1,52
<b>13 G (18:00)</b>	1,41	1,86	1,49	1,71	1,00	1,49
<b>14 G (19:00)</b>	1,63	1,55	1,52	1,20	1,34	1,45
<b>15 G (20:00)</b>	1,60	1,73	1,44	1,60	1,58	1,59

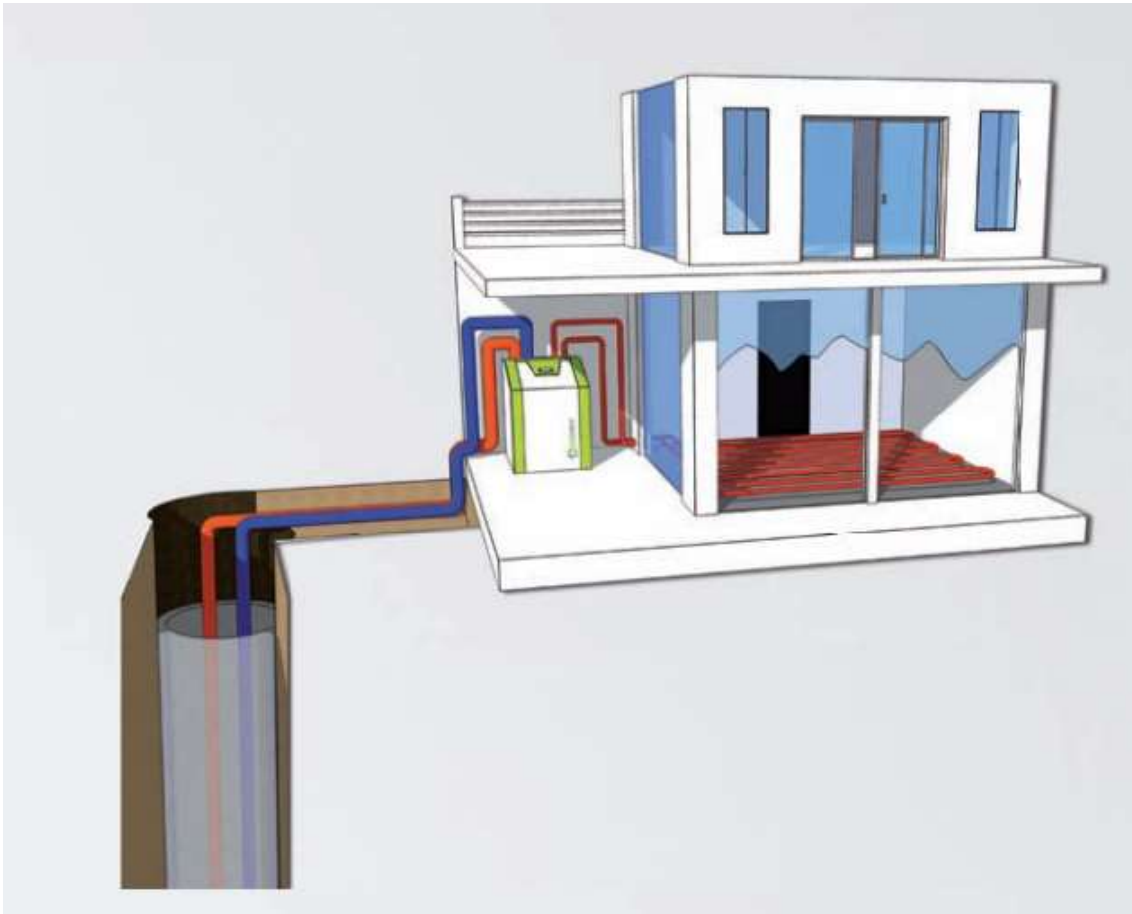
### CONDUCTIVIDAD TÉRMICA MENSUAL PROMEDIO

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA FINAL - MEDICION MENSUAL PROMEDIO						
OCT/14 - MAR/15 (en W/m.K)						
	oct-14	nov-14	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15
<b>Conductividad Térmica</b>	1,47	1,53	1,50	1,55	1,56	1,52

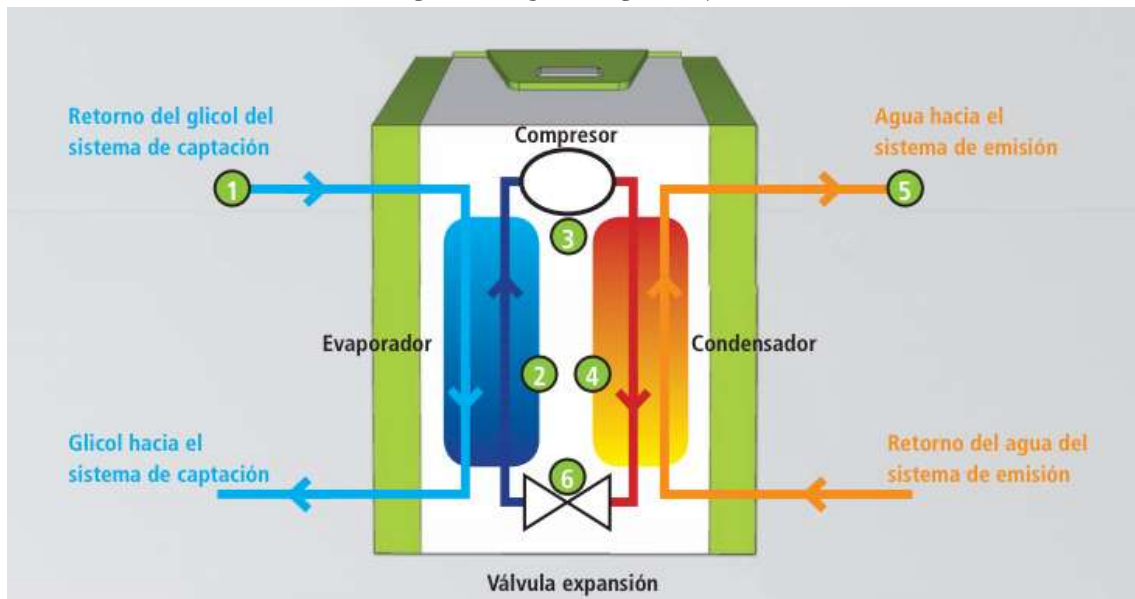


**ANEXO No. 4**  
**DIAGRAMA TÉCNICO GEOTÉRMICO DE BAJA**  
**ENTALPIA**

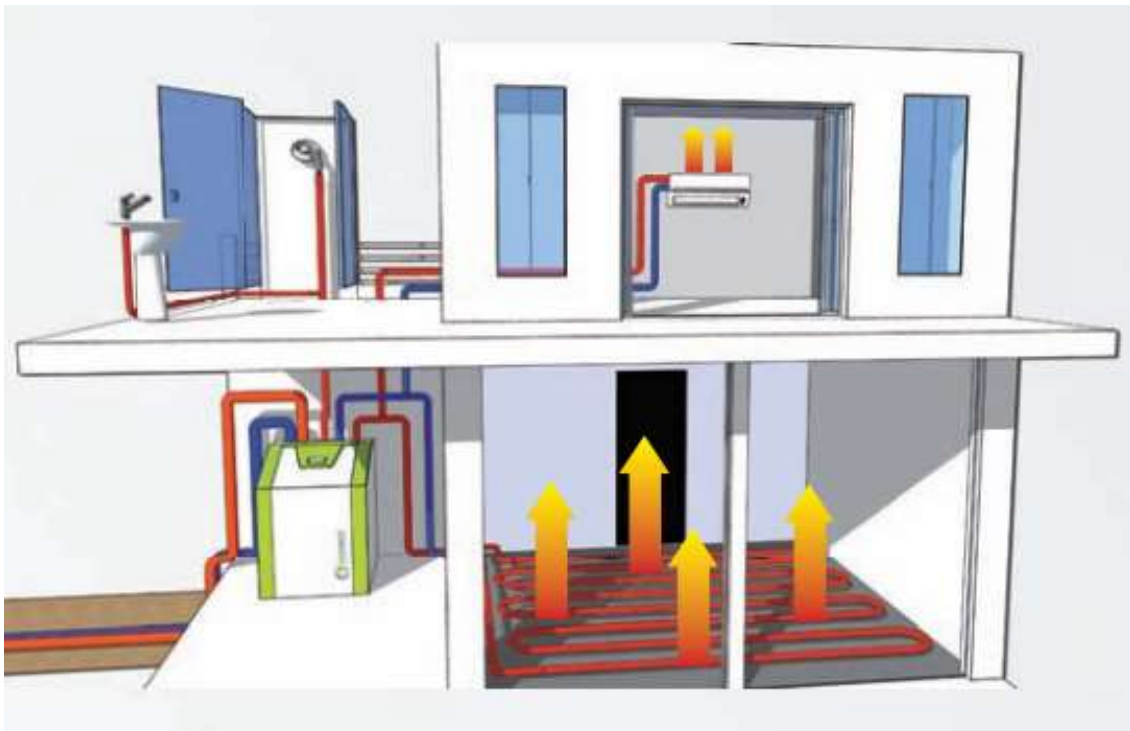
## DIAGRAMA POR SONDEO DE CAPTACIÓN GEOTÉRMICO DE BAJA Y MUY BAJA ENTALPIA - CONFIGURACIÓN VERTICAL



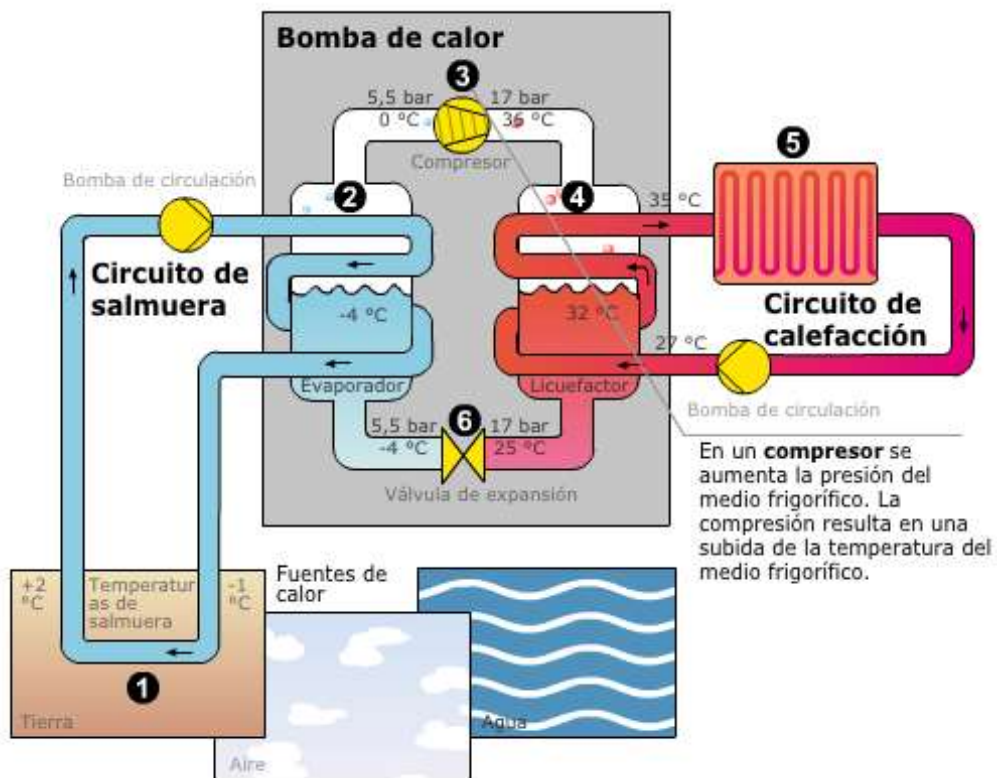
## DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA DE BAJA Y MUY BAJA ENTALPÍA



**ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE CALEFACCIÓN PROVISTA POR SISTEMA DE CAPTACIÓN GEOTÉRMICA DE BAJA ENTALPÍA**



**ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICO REVERSIBLE – CALEFACCIÓN REFRIGERACIÓN.**



**ANEXO No. 5**  
**DIAGRAMAS DE VALIDACIÓN INFORMACIÓN Ce3x**

## DATOS GENERALES DEL PISO BASE MODELO.

### Datos generales

Normativa vigente: Anterior 7 Año construcción: 1985

Tipo de edificio: Vivienda Individual

Provincia/Ciudad autónoma: Madrid Localidad: Madrid

Zona climática: D3 D4

### Definición edificio

Superficie útil habitable: 89.11 m<sup>2</sup>

Altura libre de planta: 2.5 m

Número de plantas habitables: 1

## DATOS MURO DE FACHADA 1.

#### Edificio Objeto

- Muro de fachada NO
- Muro de fachada SE
- Muro de fachada SO
- Muro de fachada NE
- Cubierta con aire
- Suelo con terreno
- Partición vertical 1
- Partición vertical 2

### Envolvente térmica del edificio

Cubierta
  Muro
  En contacto con el terreno
  De fachada
  Mediana

Suelo
  Partición interior
  Hueco/Lucernario
  Puente térmico



### Muro de fachada

Nombre: Muro de fachada NO Zona: Edificio Objeto

**Dimensiones:** Superficie: 23.4 m<sup>2</sup>  
 Longitud: 9.35 m  
 Altura: 2.5 m

**Características:** Orientación: NO  
 Patrón de sombras: Sin patrón

**Parámetros característicos del cerramiento:**

Propiedades térmicas: Estimadas Transparencia térmica: 2.58 W/m<sup>2</sup>K

Tipo de fachada: Una hoja  
 Composición del muro: Fábrica de bloques de hormigón

Tiene aislamiento térmico

## DATOS MURO DE FACHADA 2.


#### Edificio Objeto

- Muro de fachada NO
- Muro de fachada SE
- Muro de fachada SO
- Muro de fachada NE
- Cubierta con aire
- Suelo con terreno
- Partición vertical 1
- Partición vertical 2

### Envolvente térmica del edificio

Cubierta
  Muro
  En contacto con el terreno
  De fachada
  Mediana

Suelo
  Partición interior
  Hueco/Lucernario
  Puente térmico



### Muro de fachada

Nombre: Muro de fachada SE Zona: Edificio Objeto

**Dimensiones:** Superficie: 23.4 m<sup>2</sup>  
 Longitud: 9.35 m  
 Altura: 2.5 m

**Características:** Orientación: SE  
 Patrón de sombras: Sin patrón

**Parámetros característicos del cerramiento:**

Propiedades térmicas: Estimadas Transparencia térmica: 2.58 W/m<sup>2</sup>K

Tipo de fachada: Una hoja  
 Composición del muro: Fábrica de bloques de hormigón

Tiene aislamiento térmico

## DATOS MURO DE FACHADA 3


Datos administrativos | Datos generales | **Envoltente térmica** | Instalaciones | Calificación Energética

**Edificio Objeto**

- Muro de fachada NO
- Muro de fachada SE
- Muro de fachada SO**
- Muro de fachada NE
- Cubierta con aire
- Suelo con terreno
- Partición vertical 1
- Partición vertical 2

**Envoltente térmica del edificio**

Cubierta  
 Muro  En contacto con el terreno  
 Suelo  De fachada  
 Medianería  
 Partición interior  
 Hueco/Lucernario  
 Puente térmico



**Muro de fachada**

Nombre: Muro de fachada SO

Zona: Edificio Objeto

Dimensiones

Superficie: 23,8 m<sup>2</sup>

Longitud: 9,52 m

Altura: 2,5 m

Características

Orientación: SO

Patrón de sombras: Sin patrón

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas: Estimadas

Transmitancia térmica: 2,56 W/m<sup>2</sup>K

Tipo de fachada: Una hoja

Composición del muro: Fábrica de bloques de hormigón

Tiene aislamiento térmico

## DATOS MURO DE FECHADA 4.


Datos administrativos | Datos generales | **Envoltente térmica** | Instalaciones | Calificación Energética

**Edificio Objeto**

- Muro de fachada NO
- Muro de fachada SE
- Muro de fachada SO
- Muro de fachada NE**
- Cubierta con aire
- Suelo con terreno
- Partición vertical 1
- Partición vertical 2

**Envoltente térmica del edificio**

Cubierta  
 Muro  En contacto con el terreno  
 Suelo  De fachada  
 Medianería  
 Partición interior  
 Hueco/Lucernario  
 Puente térmico



**Muro de fachada**

Nombre: Muro de fachada NE

Zona: Edificio Objeto

Dimensiones

Superficie: 23,8 m<sup>2</sup>

Longitud: 9,52 m

Altura: 2,5 m

Características

Orientación: NE

Patrón de sombras: Sin patrón

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas: Estimadas

Transmitancia térmica: 2,56 W/m<sup>2</sup>K

Tipo de fachada: Una hoja

Composición del muro: Fábrica de bloques de hormigón

Tiene aislamiento térmico

## DATOS CUBIERTA CON AIRE


Datos administrativos | Datos generales | **Envoltente térmica** | Instalaciones | Calificación Energética

**Edificio Objeto**

- Muro de fachada NO
- Muro de fachada SE
- Muro de fachada SO
- Muro de fachada NE
- Cubierta con aire**
- Suelo con terreno
- Partición vertical 1
- Partición vertical 2

### Envoltente térmica del edificio

Cubierta     Enterrada  
 Muro     En contacto con el aire  
 Suelo  
 Partición interior  
 Hueco/Lucernario  
 Puente térmico



---

### Cubierta en contacto con el aire

Nombre:

Dimensiones:

Superficie	89,11	m <sup>2</sup>
Longitud	9,52	m
Anchura	9,36	m

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas:

Clase de cubierta:

Tipo de forjado:

Tiene aislamiento térmico

Zona:

Características:

Patrón de sombras:

Transmitancia térmica:  W/m<sup>2</sup>K

## DATOS SUELO CON TERRENO

Datos administrativos | Datos generales | **Envoltente térmica** | Instalaciones | Calificación Energética

**Edificio Objeto**

- Muro de fachada NO
- Muro de fachada SE
- Muro de fachada SO
- Muro de fachada NE
- Cubierta con aire
- Suelo con terreno**
- Partición vertical 1
- Partición vertical 2

### Envoltente térmica del edificio

Cubierta  
 Muro  
 Suelo     En contacto con el terreno  
     En contacto con el aire exterior  
 Partición interior  
 Hueco/Lucernario  
 Puente térmico



---

### Suelo en contacto con el terreno

Nombre:

Dimensiones:

Superficie	89,11	m <sup>2</sup>
Longitud	9,52	m
Anchura	9,36	m

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas:

Zona:

Características:

Profundidad:  Menor o igual que 0,5 m  
 Mayor que 0,5 m

Transmitancia térmica:  W/m<sup>2</sup>K

## DATOS PARTICIÓN VERTICAL 1

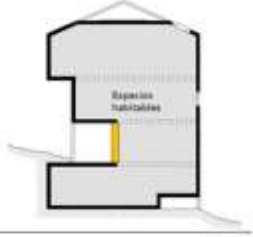
Datos administrativos | Datos generales | Envoltente térmica | Instalaciones | Calificación Energética

**Edificio Objeto**

- Muro de fachada NO
- Muro de fachada SE
- Muro de fachada SO
- Muro de fachada NE
- Cubierta con aire
- Suelo con terreno
- Partición vertical 1**
- Partición vertical 2

### Envoltente térmica del edificio

- Cubierta
- Muro
- Suelo
- Partición interior**
  - Vertical**
  - Horizontal en contacto con espacio NH superior
  - Horizontal en contacto con espacio NH inferior
- Hueco/Lucernario
- Puente térmico



**Partición interior vertical**


Nombre: Partición vertical 1      Zona: Edificio Objeto

Dimensiones

Superficie de la partición: 7.8 m<sup>2</sup>

Longitud: 3.12 m

Altura: 2.5 m



Parámetros característicos para el cálculo de la U global

Propiedades térmicas: U global: Por defecto      Transparencia térmica: 0.25 W/m<sup>2</sup>K

## DATOS PARTICIÓN VERTICAL 2.

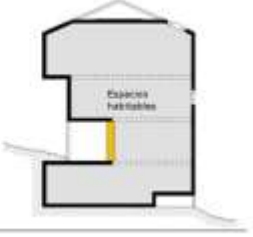
Datos administrativos | Datos generales | Envoltente térmica | Instalaciones | Calificación Energética

**Edificio Objeto**

- Muro de fachada NO
- Muro de fachada SE
- Muro de fachada SO
- Muro de fachada NE
- Cubierta con aire
- Suelo con terreno
- Partición vertical 1
- Partición vertical 2**

### Envoltente térmica del edificio

- Cubierta
- Muro
- Suelo
- Partición interior**
  - Vertical**
  - Horizontal en contacto con espacio NH superior
  - Horizontal en contacto con espacio NH inferior
- Hueco/Lucernario
- Puente térmico



**Partición interior vertical**


Nombre: Partición vertical 2      Zona: Edificio Objeto

Dimensiones

Superficie de la partición: 7.8 m<sup>2</sup>

Longitud: 3.12 m

Altura: 2.5 m



Parámetros característicos para el cálculo de la U global

Propiedades térmicas: U global: Por defecto      Transparencia térmica: 0.25 W/m<sup>2</sup>K

## DATOS INSTALACIONES POTENCIALES EN EDIFICACIÓN.

Datos administrativos | Datos generales | Envoltorio térmico | Instalaciones | Calificación Energética

**Edificio Objeto**  
↳ Equipo ACS

### Instalaciones del edificio

Equipo de ACS  Contribuciones energéticas

Equipo de sólo calefacción

Equipo de sólo refrigeración

Equipo de calefacción y refrigeración

Equipo mixto de calefacción y ACS

Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS

---

### Equipo de ACS

Nombre:  Zona:

**Características**

Tipo de generador:

Tipo de combustible:

**Demanda cubierta**

Superficie (m<sup>2</sup>):

Porcentaje (%):

**Rendimiento medio estacional**

Rendimiento estacional:

Potencia nominal:  kW

Carga media real (t/cib):

Rendimiento de combustión:  %

Rendimiento medio estacional:  %

Asiementos de la caldera:

Con Acumulación