



FACULTAD de  
ARQUITECTURA  
CONSTRUCCIÓN  
y DISEÑO  
UNIVERSIDAD DEL BÍO BÍO

Tesis para optar al grado de  
Magíster en Hábitat Sustentable y Eficiencia Energética

# Zonificación Climática Habitacional: método basado en análisis termoener- gético aplicado a una región de Bolivia.

Nombre tesista:

**Jurado Laime Nestor Javier**

Mes, Año  
Diciembre, 2022

**Prof Guía:** Cristian Muñoz Viveros  
**Prof Co-Guía:** Francisco Sánchez de la Flor



MAGÍSTER EN  
HÁBITAT SUSTENTABLE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

**5 Años**



Qualitas  
**PROGRAMA ACREDITADO**

Desde el 07 de diciembre de 2017  
Hasta el 07 de diciembre de 2022

SEDE: Concepción MODALIDAD: Presencial

## Abstract

### Resumen

Hoy en día existen muchos métodos para definir una zonificación climática, la mayoría enfocados en el clima, pocos consideran el comportamiento real de las edificaciones. Esta investigación presenta un método basado en el rendimiento de la construcción y el índice de severidad climática como un enfoque para representar la zonificación climática. El documento propuesto contempla tres niveles de investigación: 1. Análisis de las zonificaciones climáticas, 2. Análisis de datos meteorológicos en el área de estudio, 3. Identificación de edificaciones típicas para realizar cálculos de comportamiento. El método se aplicó a una región de Bolivia, utilizando información meteorológica de datos históricos disponibles se generó archivos climáticos y mediante el análisis de las edificaciones típicas de la región se realizó la modelación y la simulación. Basados en los resultados, se determinaron las distancias, los radios de influencia, el factor de peso entre los municipios y las estaciones meteorológicas; el valor máximo de refrigeración y calefacción para obtener el indicador de severidad climática, consiguiendo compararlos entre sí, para invierno y para verano, para finalmente determinar las zonas climáticas. A través de esta investigación, se introdujo un nuevo método para reducir el desajuste entre el comportamiento real de las edificaciones y las zonificaciones climáticas.

**Palabras claves:** *Zonificación climática; Registros meteorológicos; Edificaciones típicas; Índice de severidad climática; Comportamiento termoenergético.*

## Abstract

### Abstract

Nowadays there are many methods to define a climatic zoning, most of them focused on the climate, few consider the real behavior of the buildings. This research presents a method based on building performance and climate severity index as an approach to represent climate zoning. The proposed document contemplates three levels of research: 1. Analysis of climatic zoning, 2. Analysis of meteorological data in the study area, 3. Identification of typical buildings to perform behavior calculations. The method was applied to a region of Bolivia, using meteorological information from available historical data, climatic files were generated and through the analysis of typical buildings in the region, modeling and simulation were carried out. Based on the results, the distances, the radii of influence, the weight factor between the municipalities and the meteorological stations were determined; the maximum cooling and heating value to obtain the climate severity indicator, managing to compare them with each other, for winter and summer, to finally determine the climate zones. Through this research, a new method was introduced to reduce the mismatch between the real behavior of buildings and climatic zoning.

**Keywords:** *Climate zoning; Weather records; Typical buildings; Climatic severity index; Thermoenergetic behaviour.*

## Índice

### Índice general

Resumen.....	ii
Abstract .....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas. ....	vii
Índice de figuras. ....	viii
Estructura de la tesis .....	11
Capítulo 1. Introducción .....	12
Capítulo 2. Preguntas e hipótesis de investigación. ....	16
2.1. Objetivos .....	16
2.1.1. Objetivo general.....	16
2.1.2. Objetivos específicos.....	16
Capítulo 3. Metodología .....	17
3.1. Metodología de investigación .....	17
3.2. Primer nivel de investigación.....	18
3.2.1. Adopción de zonificación climática en el mundo.....	18
3.2.2. Finalidad de la zonificación climática.....	18
3.2.3. Variables climáticas. ....	19
3.3. Segundo nivel de investigación.....	22
3.3.1. Definición del área de estudio.....	22
3.3.2. Caracterización general de la región de estudio .....	24
3.3.3. Recopilación de registros meteorológicos. ....	26
3.3.4. Datos climáticos iniciales. ....	28
3.3.5. Año Meteorológico Típico de Datos Climáticos. ....	28

## Índice

3.3.6. Generación de ficheros climáticos con Software Meteonorm.....	32
3.3.7. Proceso de Importación CSV de Valores Mensuales. ....	36
3.3.8. Proceso de Importación Manual de Valores Mensuales. ....	38
3.3.9. Conclusiones del segundo nivel de investigación. ....	38
3.4. Tercer nivel de investigación.....	39
3.4.1. Antecedentes de la construcción en Bolivia .....	39
3.4.2. Evaluación del Sector de Vivienda.....	41
3.4.3. Plan Plurianual de Reducción del Déficit Habitacional (PPRDH). ....	42
3.4.4. Tamaño medio del hogar.....	43
3.4.5. Tipo de Vivienda. ....	43
3.4.6. Consumo energético del sector residencial .....	44
3.4.7. Determinación de la vivienda típica de la región. ....	45
3.4.9. Herramienta Software Design Builder.....	47
3.4.10. Modelación de edificios en Design Builder. ....	48
3.4.11. Modelación digital de la vivienda típica. ....	50
3.5. Proceso de Simulación en EnergyPlus (E+).....	51
3.5.1. Datos de Entrada en EnergyPlus (E+).....	55
3.5.2. Archivos de salida primarios en EnergyPlus (E+). ....	55
3.5.3. Indicadores del consumo de energía del edificio.....	56
Capítulo 4. Resultados .....	57
4.1. Generación de Ficheros Climáticos.....	57
4.2. La Distancia entre un Municipio "X" y una Estación "Y". ....	59
4.3. Distancia mínima del Municipio "X" a la Estación "Y".....	61
4.4. Factor de peso (Wxy) para el municipio "X" con la Estación "Y".....	63
4.5. Cálculo de severidad climática de una estación meteorológica.....	63

## Índice

4.6. Cálculo la severidad climática de la estación “Y” para la Vivienda “Z” .....	65
4.7. Cálculo de un índice de Severidad Climática de un Municipio. ....	65
4.7.1. Índice de Severidad Climática de los 87 Municipios. ....	66
4.9. Determinación de las zonas climáticas según los resultados finales .....	68
Capítulo 5. Discusión .....	70
Capítulo 6. Conclusiones .....	71
Referencias bibliográficas .....	73
Anexo A: Determinación de las Viviendas Tipo según Subregiones 1 y 2. ....	75
Anexo B: Reporte de datos Meteorológicos INTI-VITU BOLIVIA.....	76
Anexo C: Distancia entre dos puntos conocidos (latitud y longitud) .....	77
Anexo D: Cálculo del valor absoluto de las longitudes. ....	82
Anexo E: Factor de peso para el municipio “X” con la Estación “Y” .....	87
Anexo F: Ratio con la Estación que Origina el Valor Máximo (Vivienda 1).....	92
Anexo G: Cálculo índice de severidad climática para un Municipio “X”. ....	93

## Índice

### Índice de tablas.

Tabla 3.1. Estaciones meteorológicas, Población y Superficie de territorio .....	22
Tabla 3.2. Cobertura de datos en las Estaciones Meteorológicas.....	26
Tabla 3.3. Reporte de Estaciones meteorológicas y datos climáticas obtenidos.....	26
Tabla 3.4. Reporte climático de la Estación meteorológica “El Alto Aeropuerto” .....	29
Tabla 3.5. Año Meteorológico Típico de la estación meteorológica “El Alto Aeropuerto” .....	29
Tabla 3.6. Estaciones meteorológicas habilitadas. ....	32
Tabla 3.7 Parámetros para la importación de datos mensuales.....	36
Tabla 3.8. Plantilla base para la importación CSV. ....	36
Tabla 3.9. Tipo de Vivienda (Número de Viviendas). ....	39
Tabla 3.10. Revoque las Paredes Interiores. ....	40
Tabla 3.11. Promedio de personas por dormitorio, habitación o cuarto y tamaño medio del hogar ...	43
Tabla 3.12. Propiedades de la envolvente para las dos viviendas tipo. ....	50
Tabla 3.13. Datos de usuarios según el tipo de actividad y según el recinto .....	50
Tabla 3.14. Configuración de horario para HVAC. ....	51
Tabla 3.15. Indicadores de consumo de la Vivienda 1 y 2.....	56
Tabla 4.1. Hoja de Cálculo de la Distancia entre dos puntos conocidos (latitud y longitud) .....	60
Tabla 4.2. Hoja de Cálculo del valor absoluto de las longitudes. ....	60
Tabla 4.3. Cantidad de Estaciones Meteorológicas aplicando un radio de ubicación. ....	62
Tabla 4.4. Factor de peso para el municipio “X” con la Estación “Y” .....	63
Tabla 4.5. Cálculo índice de severidad climática para un Municipio “X” .....	64
Tabla 4.6. Calculo de la demanda de la vivienda “Z” en la estación “Y” .....	65
Tabla 4.7 Cálculo índice de severidad climática para un Municipio “X” .....	66
Tabla 4.8. Cálculo índice de severidad climática para un Municipio .....	66
Tabla 4.9. Determinación de zonas climáticas.....	68

## Índice

### Índice de figuras.

Figura 3.1. Esquema del flujo de trabajo del método de zonificación climática. ....	17
Figura 3.2. Adopción de zonificación climática en el mundo. ....	18
Figura 3.3. Frecuencia de zonificación climática según su finalidad. ....	19
Figura 3.4. Frecuencia de uso en metodologías de zonificación climática: variables climáticas <b>(a)</b> , técnicas de evaluación energética y procesamiento de datos climáticos utilizados para la zonificación climática <b>(b)</b> y otros parámetros <b>(c)</b> . ....	20
Figura 3.5. Mapa georeferenciado de estaciones meteorológicas activas en Bolivia. ....	22
Figura 3.6. Mapas climáticos (a) Región La Paz (b) Región Pando (c) Región Beni (d) Región Oruro (e) Región Cochabamba (f) Región Santa Cruz (g) Región potosí (h) Región Tarija (i) Región Chuquisaca. ....	23
Figura 3.7. Mapa de la región <b>(a)</b> División política <b>(b)</b> Temperatura media anual. ....	24
Figura 3.8. Temperatura promedio de la región. ....	25
Figura 3.9. Mapa gereferenciado de 127 estaciones meteorológicas del área de estudio. ....	27
Figura 3.10 Mapa georeferenciado de Longitud, latitud y altitud de los 87 municipios. ....	27
Figura 3.11. Información Nacional de Meteorología e Hidrología. ....	28
Figura 3.12. Proceso de generación de reportes mediante el INTIVITU. ....	30
Figura 3.13. Reporte de Temperaturas Promedio Mes ( <sup>o</sup> C) ....	31
Figura 3.14. Reporte de Irradiación Global Horizontal (kwh/m2/día) ....	31
Figura 3.15. Reporte de Irradiación Directa Horizontal (kwh/m2/día) ....	31
Figura 3.16. (a) Selección de Sitio; (b) Personalizado agregar nuevo. ....	33
Figura 3.17. Información del sitio nuevo. ....	33
Figura 3.18. (a) Cargar el Sitio; (b) Marcar el sitio. ....	34
Figura 3.19. (a) Pulsar Valores Mensuales; (b) Habilitar tabla de valores mensuales. ....	34
Figura 3.20 Configuración de periodo de cálculo. ....	34

## Índice

Figura 3.21. (a) Formato de salida; (b)Resultados y exportación.....	35
Figura 3.22. Pulsar en Guardar todos los datos en disco. ....	35
Figura 3.23 (a) Datos de salida epw; (b)Dirección de ubicación del archivo.....	35
Figura 3.24. (a) Ingresar a Valores mensuales" (b) Cargar los valores climáticos principales .....	37
Figura 3.25. Importación CSV valores mensuales para ficheros climáticos .....	37
Figura 3.26. Cuadro de valores mensuales para importación manual.....	38
Figura 3.27. Materiales de Construcción Utilizados en las Paredes Exteriores.....	39
Figura 3.28. Material de Construcción Utilizado en los Techos. ....	40
Figura 3.29. Material de Construcción Utilizado en los Pisos.....	41
Figura 3.30. Número de Viviendas por Programa.....	42
Figura 3.31. Participación de las Viviendas según Departamento. ....	44
Figura 3.32 Curva de carga total por artefacto de uso final para las 4 ciudades estudiadas .....	45
Figura 3.33. Clasificación <b>Subregión 1</b> según la tipología y cantidad de edificación. ....	45
Figura 3.34. Clasificación <b>Subregión 2</b> según la tipología y frecuencia de edificación.....	46
Figura 3.35. Planos Arquitectónico, Planta acotada y planta amoblada.....	46
Figura 3.36. Planos Arquitectónico, Corte A – A' y Corte B – B' .....	47
Figura 3.37. Planos Arquitectónico, Elevación Frontal.....	47
Figura 3.38. Estructura modular del programa.....	47
Figura 3.39. Pantalla de inicio de EP.....	52
Figura 3.40. Estado de finalización del lanzamiento del EP .....	53
Figura 3.41. Lanzamiento de EP con la pestaña Conjuntos de Ver resultados.....	54
Figura 4.1. Segmento de datos horarios del fichero climático "ACHIRI-hour.epw" .....	57
Figura 4.2. Distancia del gran círculo: (a) Diagrama que ilustra la distancia de círculo máximo (dibujada en rojo) entre dos puntos de una esfera, P y Q. (b.) Una ilustración del ángulo central, $\Delta\sigma$ , entre dos puntos, P y Q. $\lambda$ y $\varphi$ son los ángulos longitudinal y latitudinal de P.....	59

## Índice

Figura 4.3. Mapa de Ubicación: <b>(a)</b> Capital de Municipios, <b>(b)</b> Estaciones Meteorológicas .....	59
Figura 4.4. Mapa de Distancia mínima del Municipio “X” a la Estación “Y” .....	61
Figura 4.5. Bondad de aproximación de la Severidad Climática <b>(a)</b> Verano; <b>(b)</b> Invierno.....	64
Figura 4.6. Dispersión de las zonas climáticas para los 87 municipios del Departamento de La Paz .	68
Figura 4.7. Zonificación Climática de la región de La Paz. ....	69

## Capítulo 1. Introducción

### **Estructura de la tesis**

La presente tesis se estructura en 6 capítulos de la siguiente manera:

El capítulo 1 corresponde a la introducción, la cual contextualiza la problemática a abordar y su respectivo marco teórico. El capítulo 2 presenta la hipótesis de esta investigación, el objetivo general y los objetivos específicos, describiendo las actividades realizadas para alcanzar el objetivo general. El capítulo 3 describe la metodología en detalle de cómo se realizó la investigación, mencionando la información obtenida, fuentes y datos utilizados, la generación de insumos para validar el método, analizar y comparar los resultados. El capítulo 4 analiza los resultados obtenidos a partir de la utilización de la herramienta software y su aplicación al caso de estudio. El capítulo 5 presenta la discusión de los resultados donde se analiza y compara los resultados de este estudio con otras metodologías. En el capítulo 6 se presentan las conclusiones de la elaboración y aplicación de la metodología.

## Capítulo 1. Introducción

### Capítulo 1. Introducción

El clima de una región afecta el confort térmico y la demanda de energía, que son los dos motores principales del rendimiento del edificio (Brager & De Dear, 1998). Se han propuesto varios esquemas de zonificación climática globales y locales a lo largo de los años (Zelege et al., 2022). Estos están destinados a temas específicos como la agroecología (Hashemi et al., 1981) y el rendimiento energético de los edificios (Lee & Kung, 2011; Xiong et al., 2019).

Los primeros clasificadores del clima fueron los antiguos astrónomos, quienes postularon una tierra esférica y, a partir de esa comprensión, dedujeron cinco zonas climáticas: una tórrida, dos templadas y dos frías. El próximo gran avance en la clasificación climática se produjo después de la invención del termómetro y la acumulación de datos significativos de temperatura a principios del siglo XIX. En 1900, Wladimir Köppen, propuso una clasificación del clima mundial basada en la precipitación (Briggs et al., 2002). Métodos convencionales como la clasificación climática de Köppen Geiger (Kottek et al., 2006) y la clasificación de Thornthwaite se basan en umbrales predefinidos de variables climáticas. En los últimos años es frecuente el uso de técnicas estadísticas multivariadas para la clasificación climática (Zelege et al., 2022).

Uno de estos métodos de zonificación climática es el análisis de conglomerados (Lee & Kung, 2011; Walsh, Cóstola, et al., 2018). El análisis de conglomerados es un método estadístico de reconocimiento de patrones para categorizar datos (Bai et al., 2017). Utiliza varios algoritmos para detectar la similitud dentro del grupo y las diferencias entre grupos entre los puntos de datos. El agrupamiento de datos no supervisado es exploratorio (Jain, 2010). Los métodos de agrupamiento se pueden clasificar en jerárquicos, particionales, basados en modelos, basados en densidad y basados en cuadrículas (Saxena et al., 2017).

Muchos países adoptan la clasificación climática como un primer paso para sus políticas, regulaciones y directrices de confort térmico y eficiencia energética de edificios (Zelege et al., 2022). La clasificación climática es una herramienta precursora necesaria para los programas de eficiencia energética (Zelege et al., 2022). Esto se demuestra en estudios como (Walsh et al., 2017b), (Verichev et al., 2019a) y (Xiong et al., 2019). Facilita el diseño de ambientes interiores confortables que respondan al clima y una demanda de energía reducida (Markus, 1982; Xiong et al., 2019). Muchos países adoptan la clasificación climática como un primer paso para sus políticas, regulaciones y directrices de confort térmico y eficiencia energética de edificios (Zelege et al., 2022).

## Capítulo 1. Introducción

Durante siglos, los edificios se diseñaron de acuerdo con pautas comunes para sus ubicaciones, principalmente debido a las características climáticas y la accesibilidad material local (Zhai & Previtali, 2010). La zonificación climática surge como una posible solución para generalizar las estrategias arquitectónicas y establecer conceptos de diseño eficientes para las edificaciones. En las regulaciones de eficiencia energética, la zonificación climática a menudo se relaciona con el rendimiento del edificio mediante recomendaciones o requisitos del edificio (de la Flor et al., 2006; Lee & Kung, 2011; Verichev et al., 2019b; Xiong et al., 2019). El enfoque más común para la zonificación climática es el método de grado-día (basado en la temperatura del aire), ya que tiene una correlación significativa con el uso de energía en edificios, principalmente en climas fríos y templados (De Rosa et al., 2015; Walsh et al., 2017a). Sin embargo, es importante observar que otras variables climáticas también influyen en la demanda de energía del edificio. La relevancia de una variable climática específica depende de la tipología del edificio y puede variar para climas fríos y cálidos (De Rosa et al., 2015).

Los países de todo el mundo están revisando sus zonificaciones climáticas actuales en función de diferentes métodos y propósitos (Kottek et al., 2006; Walsh et al., 2017b; Wan et al., 2010). A pesar de la importancia de la zonificación climática para las aplicaciones de eficiencia energética, no hay consenso sobre qué método de zonificación climática debe usarse para un propósito determinado (Walsh et al., 2017a). Si no se tienen en cuenta las características climáticas en el diseño de edificios, aumentan las necesidades energéticas del edificio y sus impactos ambientales. Un análisis más profundo ayuda a seleccionar variables climáticas relevantes y minimiza la eventual pérdida de datos meteorológicos importantes para el propósito de zonificación climática (Zelege et al., 2022).

Partiendo de un concepto formulado por Markus quien definió una metodología que permite caracterizar la dureza de un clima determinado sobre un edificio de características conocidas denominado Índice de Severidad Climática (CSI), indicaría un número único y significativo de la tensión ejercida sobre los sistemas de energía de un edificio (Markus, 1982a). Para el 2006, investigaciones sobre una nueva metodología para determinar el rendimiento de los edificios, se identificaba una herramienta de software diseñada para calcular el microclima urbano en conjunto con un edificio térmico en condiciones exteriores modificadas y así evaluar propuestas de ahorro energético en el entorno del edificio (de la Flor et al., 2006)

## Capítulo 1. Introducción

Por ello, cada uno de los mecanismos de transferencia de calor a través de la envolvente del edificio requiere un estudio específico, teniendo en cuenta tanto el edificio como su entorno. Si estamos interesados en estimar el efecto de un cambio del entorno del edificio sobre las demandas de calefacción y refrigeración de un edificio, el programa de simulación térmica debe estar vinculado a un programa de simulación de condiciones exteriores. (de la Flor et al., 2006)

A su vez, se desarrolló una técnica para caracterizar la severidad de un clima determinado clima para un edificio conocido, denominado Índice de severidad climática (CSI). Esta técnica aplicó el CSI particular a cada edificio y localidad. La ventaja de este CSI en comparación con los conocidos grados-día es la inclusión de temperaturas externas y otras diversas variables climáticas, junto con las características definitorias del propio edificio en sus cálculos. (de la Flor et al., 2006). El Índice de Severidad Climática (ICS), definido como un único número en una escala adimensional y específico para cada edificio y ubicación. Esta metodología está implementada para España y el CSI se evalúa como el cociente entre las necesidades de calefacción o refrigeración de un determinado edificio y las que tiene el mismo edificio en una localidad de referencia. (Salmeron et al., 2013)

Recientemente se publicó una extensa revisión de los métodos de zonificación climática, que cubre 54 países responsables del 85% del consumo total de energía primaria, que representan el 70% de la superficie terrestre mundial y albergan al 71% de la población mundial (Walsh, Cóstola, et al., 2017a). Los resultados de esta revisión sugieren que el método de grado día es el indicador más utilizado para la zonificación climática, siendo adoptado en el 38% de los casos. Aunque es menos común que el método de grado-día, la simulación de energía de edificios (BES en su sigla en inglés) se está utilizando cada vez más en aplicaciones de zonificación climática (Verichev et al., 2019). BES se considera el método más preciso para predecir el rendimiento térmico de los edificios en la actualidad, y ha mostrado un gran potencial como herramienta para la formulación de políticas (Walsh et al., 2019b).

En ese sentido, recientemente se ha informado en la literatura sobre un método para abordar la validación de la zonificación climática utilizando procedimientos cuantitativos (Walsh, Cóstola, et al., 2018). Este método se basa en el rendimiento del edificio, en lugar de en los datos meteorológicos. Se basa en el principio de que dos áreas que pertenecen a la misma zonificación climática deben tener métricas de rendimiento de construcción similares para un edificio determinado. El uso de la validación basada en el rendimiento de la zonificación climática para las aplicaciones de eficiencia energética

## Capítulo 1. Introducción

de los edificios ha mostrado un gran potencial para cuantificar el nivel de desajuste entre las zonas climáticas y el rendimiento energético de los edificios (Walsh, Costola, et al., 2018).

El concepto de zonificación climática española fue introducido por (de la Flor et al., 2008), de acuerdo con una variable específicamente definida para tal fin conocida como severidad climática (de la Flor et al., 2006), y partiendo de un concepto formulado por Markus (Markus, 1982) quien definió una metodología que permite caracterizar la dureza de un clima determinado sobre un edificio de características conocidas. Esta metodología se lleva a cabo mediante el cálculo del Índice de Severidad Climática (CSI), un único número en una escala adimensional y específico para cada edificio y ubicación. Esta metodología está implementada para España y el CSI se evalúa como el cociente entre las necesidades de calefacción o refrigeración de un determinado edificio y las que tiene el mismo edificio en una localidad determinada (de la Flor et al., 2008).

Este documento describe un método para determinar zonas climáticas utilizando el Índice de Severidad Climática y muestra cómo los requisitos del desempeño energético se ajustan a este índice. El método propuesto contempla tres niveles de investigación: 1. Análisis de las distintas zonificaciones climáticas, 2. Análisis de datos meteorológicos en el área de estudio y 3. Identificación de los edificios tipo para realizar los cálculos de comportamiento según cada municipio. Posteriormente se generan ficheros climáticos con la herramienta *Meteonorm*, a su vez, mediante análisis de las viviendas construidas se identificó las edificaciones típicas de la región para realizar la modelación con la herramienta *Design Builder* y con los ficheros climáticos generados se realizó la simulación con el programa *EnergyPlus*. Basados en los resultados, se determinaron las distancias, los radios de influencia, el factor de peso entre los municipios y las estaciones meteorológicas; se determinó, el valor máximo de refrigeración y calefacción para obtener el indicador de severidad climática por cada municipio, consiguiendo compararlos entre sí, para invierno y para verano, estableciendo un rango límite del indicador de severidad climática para finalmente determinar las zonas climáticas para la región de La Paz – Bolivia.

## Capítulo 2. Preguntas de investigación, Objetivo general y específicos

### Capítulo 2. Preguntas e hipótesis de investigación.

Es realizable aplicar un método basado en el análisis de la información meteorológica disponible para representar la casuística climática en una región de Bolivia con la información registrada en los documentos base de diseños arquitectónicos y constructivos de las viviendas típicas logrando representar la realidad constructiva del país. A su vez, proporcionar un método apropiado para la zonificación climática habitacional para una región de Bolivia basada en el comportamiento real de las edificaciones y el índice de severidad climática.

#### 2.1. Objetivos

##### 2.1.1. Objetivo general

Proponer un método de zonificación climática habitacional para una región de Bolivia según la información de registros meteorológicos, arquitectónico y constructivos de viviendas típicas basadas en análisis del comportamiento termo energético de la edificación.

##### 2.1.2. Objetivos específicos

El primer objetivo específico es revisar y analizar las metodologías de zonificaciones climáticas aplicadas a edificación de otros países para identificar los pros y contras de las diferentes alternativas, revisar las técnicas, las variables y los propósitos de cada metodología.

El segundo objetivo específico es recopilar y analizar información base: meteorológica, climática, arquitectónica y constructiva registradas y reportadas por distintas fuentes en Bolivia.

El tercer objetivo específico es generar las fichas climáticas a partir de los datos recopilados para las localidades definidas con y sin registros climáticos.

El cuarto objetivo específico es elaborar modelaciones y simulaciones del comportamiento energético en periodos de verano e invierno para las edificaciones antes recopiladas bajo los ficheros climáticos generados.

El quinto objetivo específico es analizar y comparar los resultados obtenidos del comportamiento de las simulaciones para proponer la zonificación climática habitacional para la región de La Paz, Bolivia.

## Capítulo 3. Metodología

### Capítulo 3. Metodología

#### 3.1. Metodología de investigación

La investigación responde a una investigación de tipo cuantitativa, de forma experimental, porque se analizará la información climática disponible de registros meteorológicos (Periodo: 1991 al 2021), información de viviendas típicas (Periodo de construcción: 2016 al 2020), generación de fichas climáticas de las localidades definidas, elaboración de modelos digitales y las simulaciones del comportamiento energético de viviendas típicas, y por último, el análisis comparativo de los resultados para obtener la zonificación climática.

A continuación, se presenta el esquema de flujo de trabajo en la presente investigación:

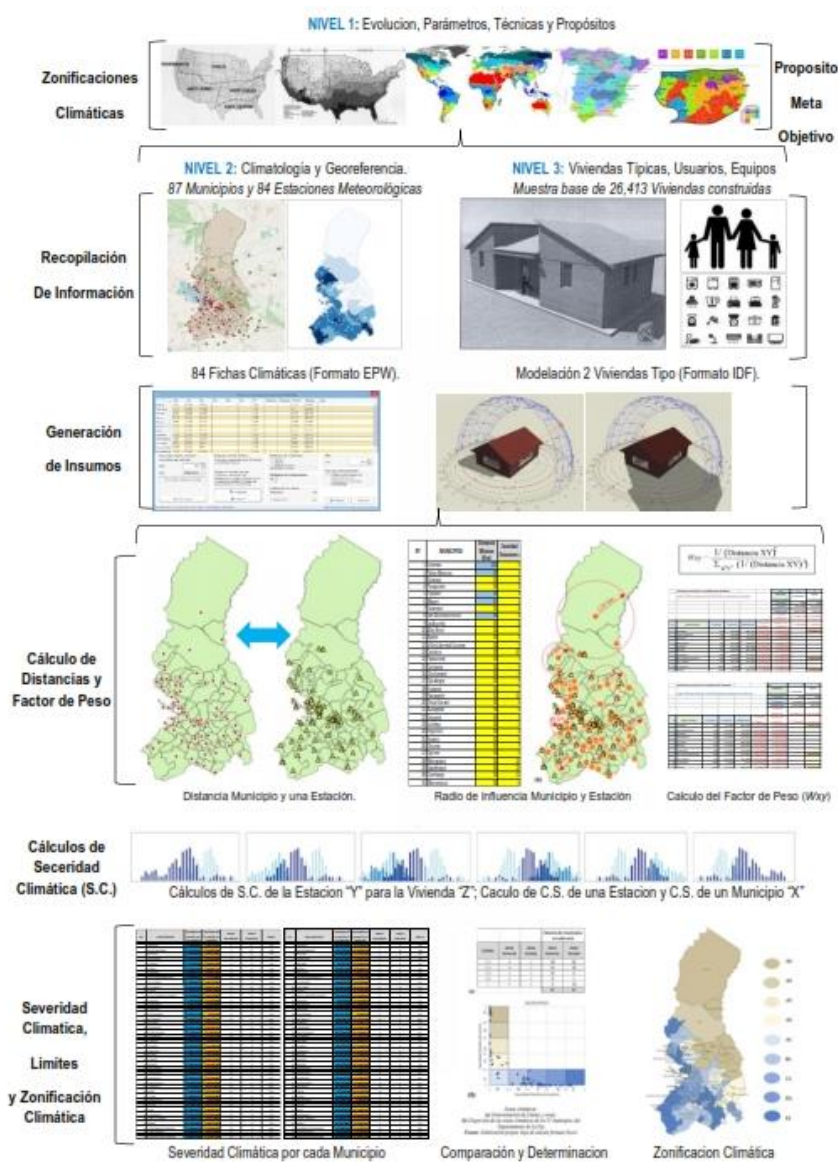


Figura 3.1. Esquema del flujo de trabajo del método de zonificación climática.

## Capítulo 3. Metodología

### 3.2. Primer nivel de investigación

Revisión de las zonificaciones climáticas para identificar los pros y contras de las diferentes alternativas en el ámbito de los propósitos, metas y objetivos aplicadas a la edificación a nivel mundial.

#### 3.2.1. Adopción de zonificación climática en el mundo.

De la revisión de zonificaciones climáticas se toma como referencia el artículo de investigación: “Review of climate zoning methods for energy efficiency programs in buildings” (Walsh, Costola, et al., 2017), se identificó un total de 54 países con zonificación climática para la construcción de programas de eficiencia energética, estos países representan el 70% de la superficie terrestre mundial y el 71% de la población mundial siendo responsable del 85% del consumo total de energía primaria, como se muestra en la figura 3.2.



Figura 3.2. Adopción de zonificación climática en el mundo.

Fuente: “Review of climate zoning methods for energy efficiency programs in buildings” (Walsh, Costola, et al., 2017)

#### 3.2.2. Finalidad de la zonificación climática.

En la revisión del artículo de investigación se pudo verificar que se adoptaron una variedad de objetivos, propósitos y metas, por lo tanto, la zonificación climática puede ser clasificado en función de su finalidad en tres grupos: basados en el rendimiento requisitos, requisitos basados en prescripciones y directrices de diseño pasivo. En este estudio, el 36 % de las clasificaciones de zonificación climática se desarrollaron para respaldar regulaciones basadas en el desempeño (Ver Figura 3), que generalmente indican valores máximos de consumo de energía u horas de incomodidad para cada zona para diferentes arquetipos de edificios. Los datos meteorológicos para la evaluación energética del edificio se establecen para facilitar y estandarizar el proceso de cálculo energético del edificio. Los enfoques basados en prescripciones se relacionan con frecuencia con los valores mínimos (o máximos)

### Capítulo 3. Metodología

permitidos para ciertas propiedades térmicas de los componentes de la envolvente del edificio, como los valores U, el coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC) y la relación ventana-pared (WWR) y el coeficiente de Rendimiento (COP) de los sistemas HVAC. Este enfoque es simple de implementar y capaz de proporcionar un ahorro de energía significativo en muchos casos. Estas ventajas hacen que el enfoque basado en prescripciones sea ampliamente utilizado en los programas de energía de edificios. Este amplio uso también se ilustra en este estudio, ya que más del 50% de las clasificaciones de zonificación climática están asociadas con enfoques basados en prescripciones (Ver Figura 3.2.)

Un tercer grupo de esquemas de zonificación climática está relacionado con las pautas de diseño pasivo, aprovechando los recursos naturales para minimizar el uso de energía en los edificios. Estas pautas generalmente están asociadas con la forma del edificio, la orientación, las propiedades de la envolvente del edificio y las estrategias pasivas de calefacción/refrigeración. Por lo general, son aplicables en las primeras etapas de diseño del proyecto, cuando se presenta el mayor potencial de mejora del desempeño del edificio. Este tipo de enfoque se aplica a alrededor del 14% de los casos analizados en este trabajo como se muestra en la Figura 3.3.

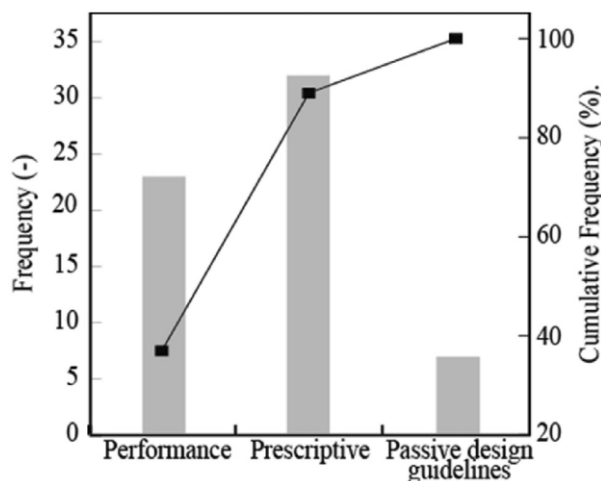


Figura 3.3. Frecuencia de zonificación climática según su finalidad.  
 Fuente: “Review of climate zoning methods for energy efficiency programs in buildings” (Walsh, Costola, et al., 2017)

#### 3.2.3. Variables climáticas.

Según la revisión del artículo de investigación, se espera que cada variable climática tenga un papel específico en las metodologías de zonificación climática para la construcción de programas de eficiencia energética, ya que cada una de ellas contribuye de diferente manera a las variaciones de las cargas térmicas, el uso de energía de los sistemas HVAC, la iluminación y la producción de energía solar,

### Capítulo 3. Metodología

eólica y sistemas renovables. Sin embargo, cuantificar el impacto de las variables climáticas en el uso de energía de los edificios es bastante complejo ya que estas variables interactúan con varias propiedades del edificio y HVAC en el balance energético del edificio.

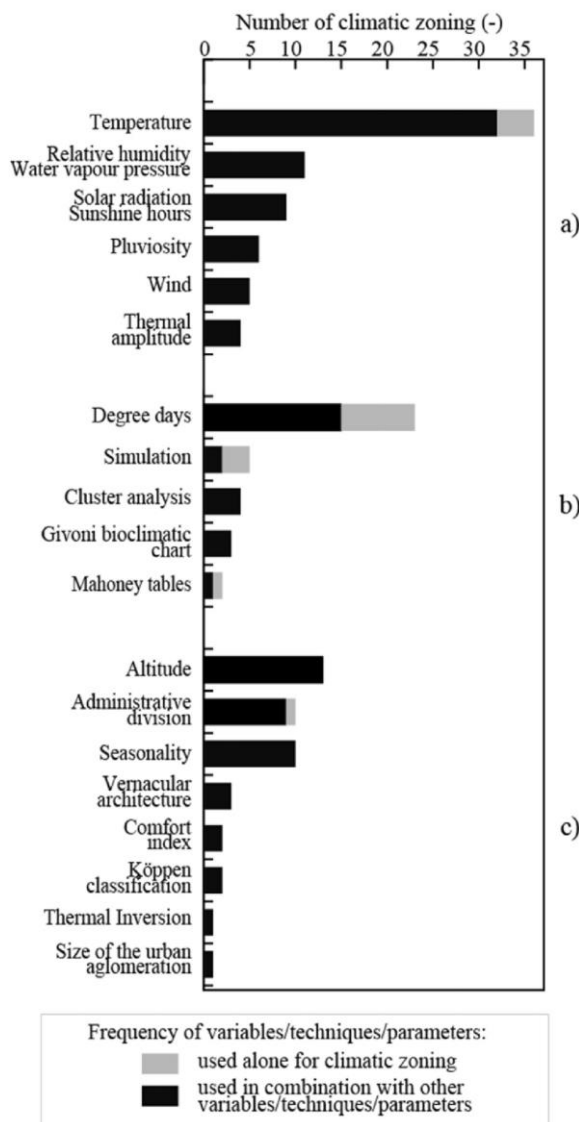


Figura 3.4. Frecuencia de uso en metodologías de zonificación climática: variables climáticas (a), técnicas de evaluación energética y procesamiento de datos climáticos utilizados para la zonificación climática (b) y otros parámetros (c).

Fuente: “Review of climate zoning methods for energy efficiency programs in buildings” (Walsh, Costola, et al., 2017)

Este estudio identificó seis variables climáticas que se utilizaron directamente en la zonificación climática para la construcción de programas de eficiencia energética como se muestra en la Figura 3.4.(a), es decir, estas variables se utilizaron como entidades independientes y se analizaron en términos de frecuencia de ocurrencia, valores máximos y mínimos. La Figura 3.4. (a) no incluye los casos en

### Capítulo 3. Metodología

los que las variables se utilizan indirectamente, como entrada para la evaluación energética del edificio, las técnicas de segmentación de datos y otros enfoques enumerados en Figura 3.4. (b) y (c). El uso de datos climáticos sin procesar en la zonificación climática tiene muchas ventajas y es bastante sencillo, ya que la mayoría de los lugares tienen grandes cantidades de datos climáticos disponibles para largos períodos de tiempo.

De las seis variables climáticas, la temperatura es con diferencia la más utilizada, estando presente en el 56% de los casos. Se esperaba el predominio de la temperatura como parámetro clave de zonificación climática, ya que generalmente se considera un indicador importante de la demanda de energía de los sistemas HVAC. La demanda de energía de HVAC tiene una relación no lineal con la temperatura, que es razonablemente simple y predecible en climas fríos, pero es errática en países cálidos debido a la influencia de otras variables en la demanda de energía de enfriamiento, como la humedad, la radiación solar y el viento (Ver Figura 3.4.).

De la revisión realizada al artículo: "Review of climate zoning methods for energy efficiency programs in buildings" (Walsh et al., 2017), se puede concluir que, aproximadamente el 70 % de la superficie terrestre del mundo está sujeta a zonificación climática para la construcción de programas de eficiencia energética, lo que representa el 71 % de la población mundial y el 85 % del consumo total de energía primaria. Las zonas climáticas para los programas de eficiencia energética de los edificios se desarrollan con una variedad de objetivos, pero la mayoría de ellos (86 %) están diseñados para respaldar los requisitos basados en el desempeño y/o prescriptivos para la regulación de edificios. Las variables, técnicas y parámetros más utilizados para la zonificación climática son: temperatura, grados día, altitud y humedad relativa. De las técnicas identificadas en esta revisión, solo la combinación de la simulación del desempeño de los edificios y el análisis de conglomerados parece proporcionar herramientas sólidas para abordar las complejas relaciones entre el clima y el desempeño energético de los edificios.

### Capítulo 3. Metodología

#### 3.3. Segundo nivel de investigación.

##### 3.3.1. Definición del área de estudio.

La primera etapa consistió en la verificación de las características de información disponible sobre los registros climáticos del Estado Plurinacional de Bolivia. A través del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología “SENAMHI”, se ha verificado que Bolivia cuenta con 1690 estaciones meteorológicas activas que generan reportes actualizados mediante su página web: [www.senamhi.gob.bo](http://www.senamhi.gob.bo).

La Figura 3.5. consolida el mapa georeferenciado de la ubicación de estas Estaciones.

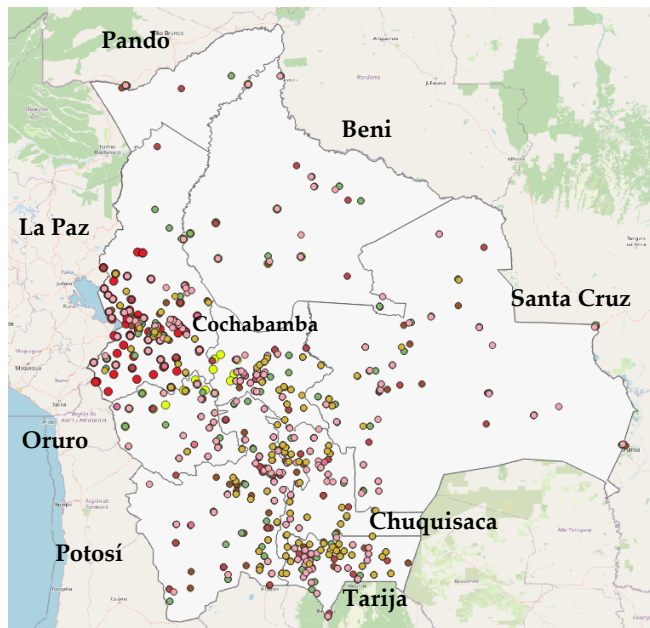


Figura 3.5. Mapa georeferenciado de estaciones meteorológicas activas en Bolivia.

Fuente: Elaboración propia, Herramienta QGIS.

Bolivia, administrativamente se divide en 9 Departamentos (9 Regiones), por lo cual, se realiza un primer análisis cuantitativo de cobertura de estaciones meteorológicas en cada región, la tabla 3.1. muestra los siguientes resultados:

Tabla 3.1. Estaciones meteorológicas, Población y Superficie de territorio

Regiones de Bolivia	Estaciones Meteorologicas	Población	Superficie (Km2)
Departamento de La Paz	446	3.051.947.00	133.985.00
Departamento de Cochabamba	299	2.117.112.00	55.631.00
Departamento de Santa Cruz	212	3.425.399.00	370.621.00
Departamento de Chuquisaca	159	661.119.00	51.524.00
Departamento de Beni	66	516.338.00	213.564.00
Departamento de Oruro	93	553.088.00	53.558.00
Departamento de Potosí	171	916.087.00	118.218.00
Departamento de Tarija	233	601.214.00	37.623.00
Departamento de Pando	11	163.727.00	63.827.00
<b>TOTAL:</b>	<b>1,690</b>	<b>12,006,031.00</b>	<b>1,098,551.00</b>

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología “SENAMHI” y el Instituto Nacional de Estadísticas “INE”.

### Capítulo 3. Metodología

La tabla 3.1. demuestra que el Departamento de La Paz es la región con mayor cantidad de cobertura de estaciones meteorológicas, adicionalmente, es importante mencionar que La Paz es la segunda ciudad más poblada del país y la tercera en extensión territorial.

Además, se analizaron los mapas climáticos de cada región, con la finalidad de establecer las características más adecuadas para el caso de estudio. La Figura 3.6. muestra el comportamiento climatológico de las nueve regiones:

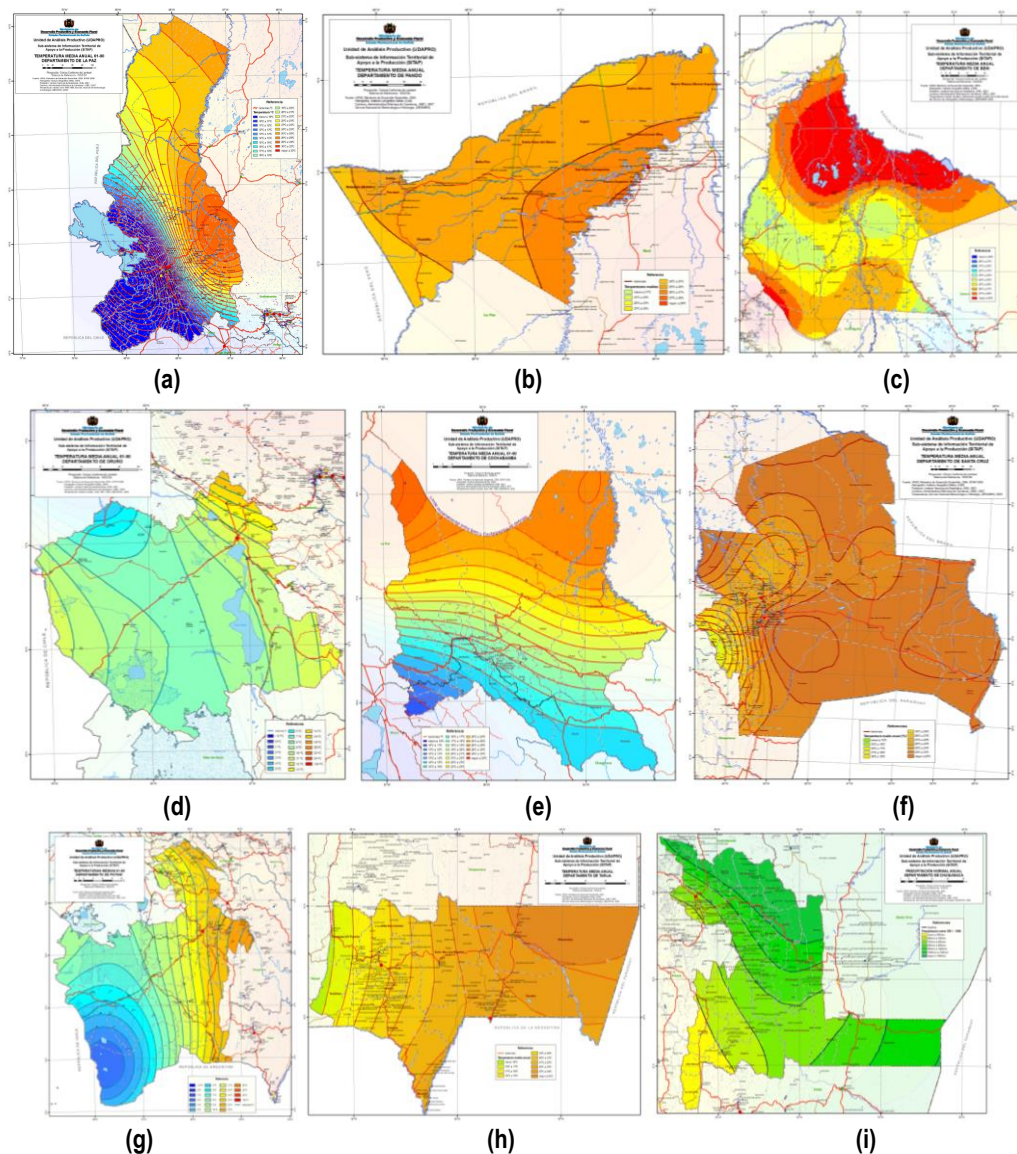


Figura 3.6. Mapas climáticos (a) Región La Paz (b) Región Pando (c) Región Beni (d) Región Oruro (e) Región Cochabamba (f) Región Santa Cruz (g) Región potosí (h) Región Tarija (i) Región Chuquisaca.

Fuente: Atlas de Potencialidades Productivas del Estado Plurinacional de Bolivia 2009.

La Paz es la región con mayor presencia de pisos ecológicos y refleja los comportamientos climáticos de temperatura, humedad relativa, vientos, etc., mas característico de Bolivia.

### Capítulo 3. Metodología

También presenta localidades y municipios con altitudes desde 200 a 4.500 m.s.n.m. que es otra característica del país. Además, es importante mencionar que el Departamento de La Paz es la sede gobierno y es parte del eje troncal de mayor desarrollo económico, poblacional y social del país.

#### 3.3.2. Caracterización general de la región de estudio.

El departamento de La Paz se encuentra ubicado al Oeste del país. Es el tercer departamento con mayor superficie, tiene aproximadamente 133.985 kilómetros cuadrados. Su geografía es muy variada, es el único departamento que contempla varios pisos ecológicos: hacia el Norte con la región amazónica que cubre prácticamente toda la provincia Abel Iturralde; la segunda región, los valles interandinos, y la región altiplánica y la región de los Yungas, que cubre la parte central y la parte Sur. Además, presenta una de las bellezas naturales más importantes del mundo como el lago sagrado Titicaca, compartido con la República del Perú (Productivas & Plurinacional, 2009)

Sus límites son: al Norte, con el departamento de Pando, al Este, con los departamentos de Beni y Cochabamba; al Sur con el departamento de Oruro, y al Oeste, con las Repúblicas de Chile y Perú.

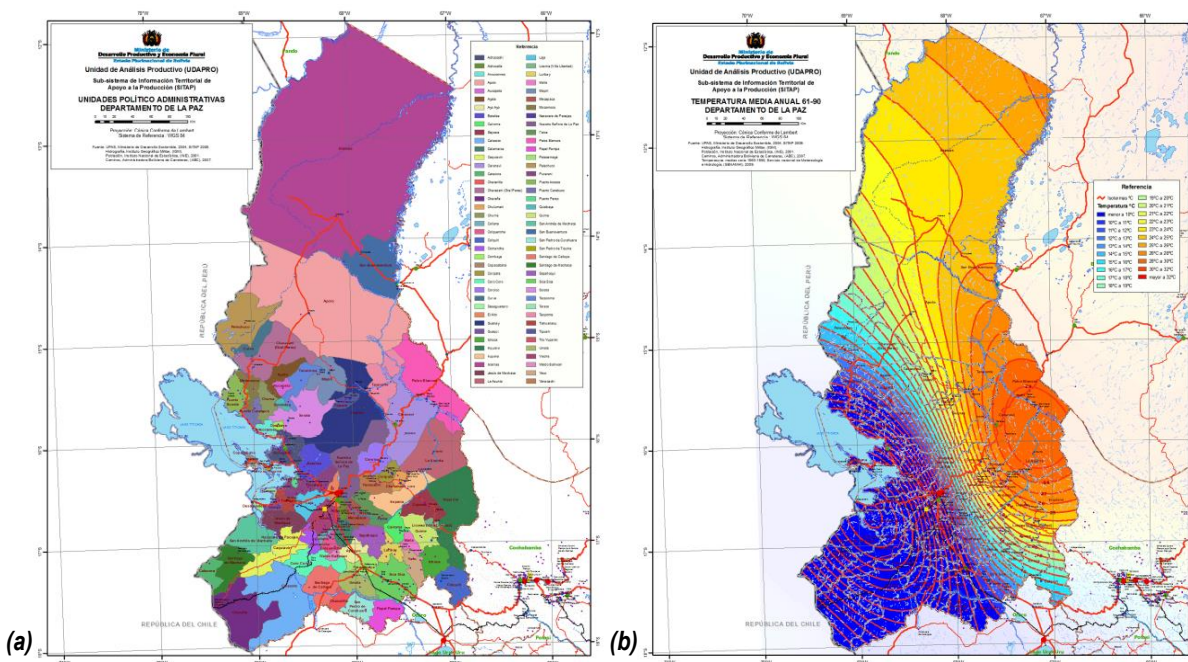


Figura 3.7. Mapa de la región (a) División política (b) Temperatura media anual.  
Fuente: Atlas de Potencialidades Productivas del Estado Plurinacional de Bolivia 2009

La Figura 3.7.(a) muestra la división administrativa del departamento de La Paz, conformada por 87 municipios distribuidos en 20 provincias, gran parte de la población está distribuida en la región Sur del departamento, siendo la región Norte la más despoblada.

### Capítulo 3. Metodología

Presenta dos centros poblados importantes: la ciudad capital de La Paz, cuya importancia se debe a que alberga a los órganos Legislativo y Ejecutivo; la segunda población es la ciudad de El Alto, que conforma una especie de área conurbada con la ciudad de La Paz, su crecimiento vegetativo sobrepasa a la ciudad capital.

Dadas las características del departamento las principales variables son: la climatológica, suelos, alturas y pendientes. Esto por las condiciones marcadas de la topografía en el departamento. Se distinguen tres zonas: la parte Norte de la Amazonia, donde las temperaturas medias alcanzan valores por encima de los 28°C, y precipitaciones medias que sobrepasan los 2.200mm de lluvia al año; la región de los valles y los yungas que presentan temperaturas medias que varían entre los 28°C, en áreas más bajas, hasta los 12°C en las partes altas. Sus precipitaciones son más homogéneas con valores que van entre los 800mm a los 1.400mm al año; por último, la región del altiplano, donde las temperaturas medias oscilan entre los 0°C hasta los 16°C y las precipitaciones tienen zonas desde 1.000mm de lluvias hasta aquellas donde las precipitaciones están por debajo de los 400 mm. al año (Productivas & Plurinacional, 2009)

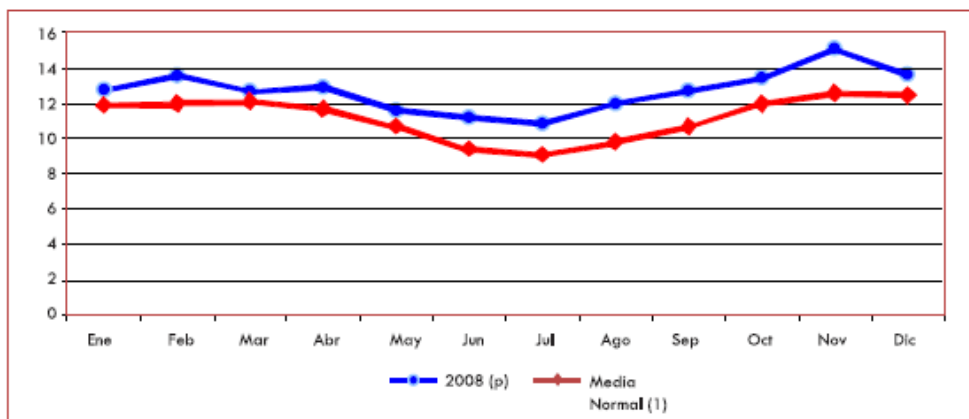


Figura 3.8. Temperatura promedio de la región.

Fuente: Atlas de Potencialidades Productivas del Estado Plurinacional de Bolivia 2009

La Figura 3.8., muestra una clasificación de temperatura media anual, con valores en grados Celsius (°C). Como valor mínimo se tiene 10°C y como valor máximo 32°C. La temperatura más frecuente en el departamento de La Paz es de 16°C a 18°C, representada en el mapa de la Figura 3.7.(b). Asimismo, se observa que la zona más fría es la del altiplano, en la zona limítrofe con Chile al sur de la región, y la zona más cálida es la que se encuentra en la población de Palos Blancos al norte de la región.

### Capítulo 3. Metodología

#### 3.3.3. Recopilación de registros meteorológicos.

La recopilación de la información climática disponible en el área de estudio fue en base a las estaciones meteorológicas reportadas por las entidades oficiales competentes, para obtener los registros históricos de variables climáticas de interés, como ser: temperatura, radiación solar, precipitación, humedad relativa, vientos, nubosidad, etc., completándose con los datos georeferenciados de latitud, longitud y altitud. La tabla 3.2. muestra los resultados obtenidos al interior del área de estudio sobre datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI – Bolivia).

Tabla 3.2. Cobertura de datos en las Estaciones Meteorológicas.

Cobertura de datos 84 Estaciones	Precipitación	"Temperatura Máxima"	"Temperatura Media"	"Temperatura Mínima"	"Humedad Relativa Máxima"	"Humedad Relativa Mínima"	"Humedad Relativa Media"	"Velocidad de Viento Máxima"	"Velocidad de Viento Mínima"	"Velocidad de Viento Media"	"Dirección de Viento Máxima"	"Dirección de Viento Mínima"	"Dirección de Viento Media"
	94%	100%	100%	100%	79%	79%	79%	19%	19%	19%	19%	19%	19%

La tabla 3.3. muestra la información climática recopilada y consolidada de los registros meteorológicos históricos publicados por las entidades oficiales, como ser el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI – Bolivia); La Aplicación INTIVITU – MHE del Ministerio de Hidrocarburos y Energías (Bolivia) y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI – Perú).

Tabla 3.3. Reporte de Estaciones meteorológicas y datos climáticas obtenidos.

Nº	Zona o Área	Datos obtenidos	Periodo registrado	Cantidad de Estaciones	Total Estaciones
1ra.	Área interna de estudio	SENAMHI – Bolivia INTIVITU – MHE	2000 – 2022 1991 - 2019	84	
2da.	Área externa nacional	SENAMHI – Bolivia INTIVITU – MHE	2000 – 2022 1991 - 2019	27	127
3ra.	Área externa internacional	SENAMHI – Perú	1956 - 2021	16	

Los datos obtenidos en los registros de SENAMHI – Bolivia e INTIVITU – MHE fueron: temperatura del aire, humedad relativa, precipitación, velocidad de vientos, radiación global horizontal, radiación difusa horizontal. Los datos obtenidos en los registros de SENAMHI – Perú fueron: temperatura del aire y precipitación.

La figura 3.9. muestra el mapa georeferenciado de las 127 estaciones meteorológicas internas y externas al área de estudio, verificando municipios con tres estaciones meteorológicas y municipios sin ninguna estación meteorológica.

### Capítulo 3. Metodología

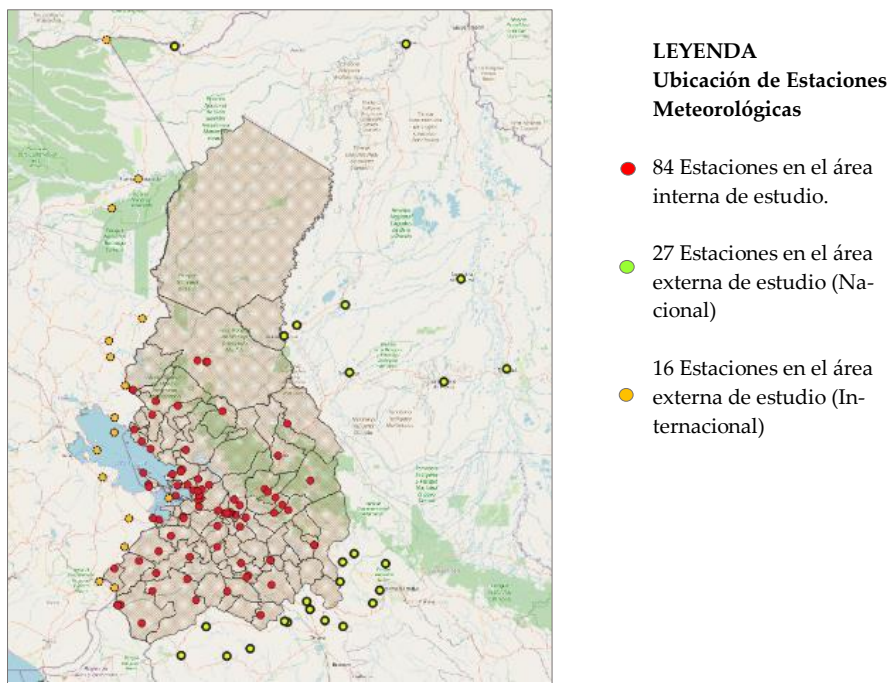


Figura 3.9. Mapa georreferenciado de 127 estaciones meteorológicas del área de estudio  
 Fuente: Elaboración propia, herramienta QGIS.

También se generó el mapa de coordenadas con datos de latitud, longitud y altitud de los 87 municipios de la región de estudio (La Paz, Bolivia).

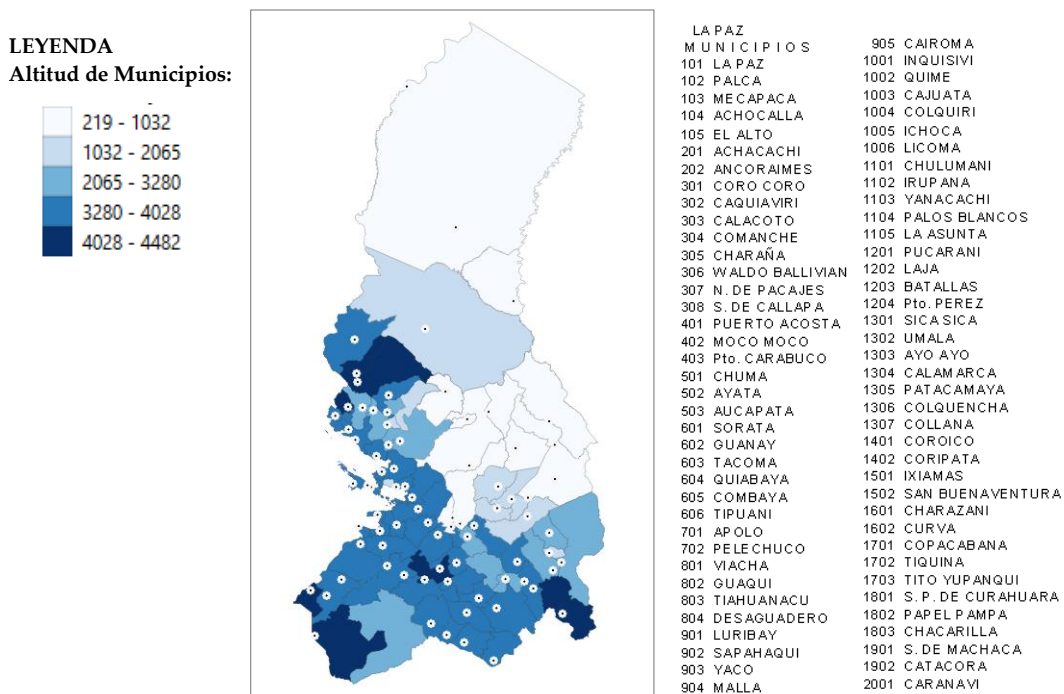


Figura 3.10 Mapa georreferenciado de Longitud, latitud y altitud de los 87 municipios.  
 Fuente: Elaboración propia, herramienta QGIS.

### Capítulo 3. Metodología

#### 3.3.4. Datos climáticos iniciales.

Cada una de las estaciones meteorológicas con datos registrados por las entidades competentes de Bolivia y Perú a través de sus plataformas web, tienen diferentes formas de organizar los datos, por tal razón, se estableció un procedimiento específico de recopilación de datos de tres fuentes principales.

La primera base de datos tiene información desde 2000 hasta 2022 con respecto a registros de temperatura, precipitación y humedad relativa, mientras que la segunda base de datos cuenta con base de datos desde 1991 hasta 2019 la cual reporta la radiación global, radiación difusa y velocidad de viento, y la tercera base de datos desde 1956 hasta 2021, y también incluye las variables de temperatura mínima diaria, temperatura máxima diaria, humedad relativa y precipitación.

#### 3.3.5. Año Meteorológico Típico de Datos Climáticos.

Para establecer el Año Meteorológico Típico (AMT) necesitamos obtener los registros climáticos históricos mayores a 20 años, para este fin, se obtuvo los datos reportados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología “SENAMHI”, a través de la “Información Nacional de Datos Hidrometeorológicos” (plataforma web: <http://senamhi.gob.bo/index.php/sysparametros>).

La figura 3.11. presenta los datos que debemos completar para obtener los datos históricos registrados por el SENAMHI BOLIVIA de una estación meteorológica:

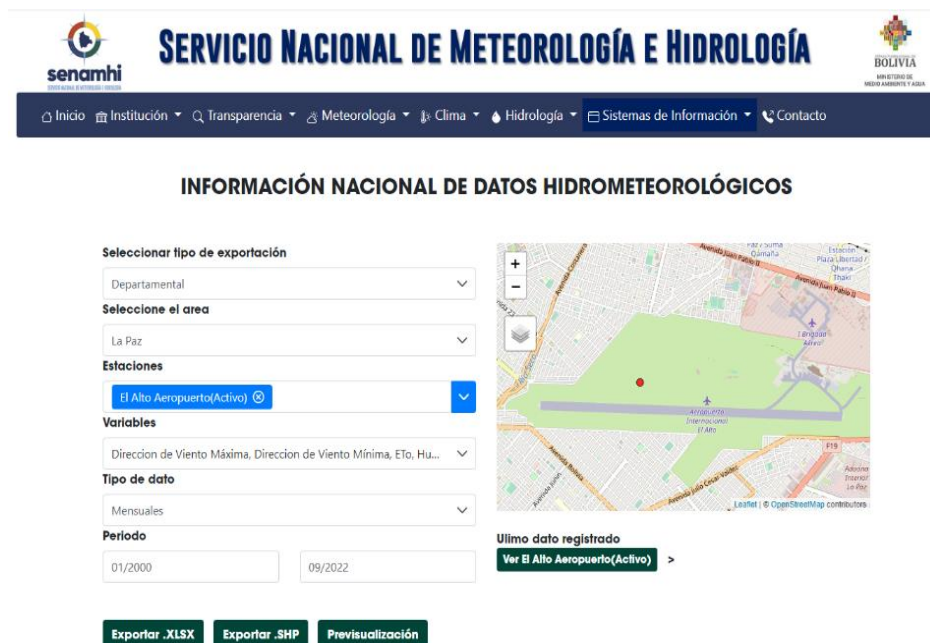


Figura 3.11. Información Nacional de Meteorología e Hidrología  
Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología “SENAMHI”.

### Capítulo 3. Metodología

A través de la plataforma SENAMHI BOLIVIA se obtuvo el registro histórico de la Estación Meteorológica “El Alto Aeropuerto”. La tabla 3.4. muestra un segmento de los datos registrados y reportados:

Tabla 3.4. Reporte climático de la Estación meteorológica “El Alto Aeropuerto”.

gestion	mes	estacion	longitud	latitud	altura	"Temperatur a Máxima"	"Temperatur a Media"	"Temperatur a Mínima"	"Humedad Relativa Media"	"Humedad Relativa Máxima"	"Humedad Relativa Mínima"
2019	01	El Alto Aeropuerto	-68,198611	-16,510278	4135	19.40	10,9	2.40	64.16	96.00	21.00
2019	02	El Alto Aeropuerto	-68,198611	-16,510278	4135	18.80	10,25	1.70	68.93	98.00	30.00
2019	03	El Alto Aeropuerto	-68,198611	-16,510278	4135	18.20	8,6	-1.00	63.45	98.00	20.00
2019	04	El Alto Aeropuerto	-68,198611	-16,510278	4135	18.40	8	-2.40	57.23	96.00	19.00
2019	05	El Alto Aeropuerto	-68,198611	-16,510278	4135	17.40	5,7	-6.00	41.55	98.00	12.00
2019	06	El Alto Aeropuerto	-68,198611	-16,510278	4135	18.60	5,1	-8.40	29.87	96.00	7.00
2019	07	El Alto Aeropuerto	-68,198611	-16,510278	4135	17.40	4,6	-8.20	34.30	96.00	4.00
2019	08	El Alto Aeropuerto	-68,198611	-16,510278	4135	19.40	4,7	-10.00	33.50	94.00	10.00
2019	09	El Alto Aeropuerto	-68,198611	-16,510278	4135	19.40	7,5	-4.40	52.40	97.00	5.00
2019	10	El Alto Aeropuerto	-68,198611	-16,510278	4135	20.80	8,4	-4.00	44.65	95.00	5.00
2019	11	El Alto Aeropuerto	-68,198611	-16,510278	4135	20.30	10,15	0.00	53.47	93.00	22.00
2019	12	El Alto Aeropuerto	-68,198611	-16,510278	4135	18.80	10,4	2.00	10,4	95.00	28.00

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología “SENAMHI”.

Se verifico que la estación meteorológica de “El Alto Aeropuerto”, cuenta con registros mensuales de 20 años históricos (Periodo 2000 – 2019) de datos como ser: Precipitación, Temperatura máxima y mínima; Humedad relativa máxima, media y mínima; coordenadas de longitud, latitud y altura.

La tabla 3.5., muestra los datos promedio de los 12 meses de 20 años registrados históricamente para determinar el **Año Meteorológico Típico** de esta Estación.

Tabla 3.5. Año Meteorológico Típico de la estación meteorológica “El Alto Aeropuerto”.

gestion	mes	"Temperatur a Máxima"	"Temperatur a Media"	"Temperatur a Mínima"	"Humedad Relativa Media"	"Humedad Relativa Máxima"	"Humedad Relativa Mínima"
2019	01	18,33	9,88	1,44	68,34	84,94	22,85
2019	02	17,84	9,59	1,34	65,83	81,50	25,23
2019	03	18,01	8,96	-0,09	66,64	86,50	22,25
2019	04	17,93	7,49	-2,95	58,42	85,85	15,50
2019	05	17,23	5,22	-6,79	41,80	85,60	6,74
2019	06	16,52	4,27	-7,98	36,66	79,10	8,92
2019	07	16,65	4,06	-8,54	37,22	80,90	8,25
2019	08	17,56	4,84	-7,89	39,22	84,75	7,57
2019	09	18,80	6,48	-5,85	47,06	83,50	8,07
2019	10	19,40	8,22	-2,96	49,05	82,25	9,65
2019	11	20,32	9,46	-1,40	48,68	81,90	11,31
2019	12	19,76	10,24	0,73	57,67	84,20	14,15

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología “SENAMHI”.

Al final se obtendrá los promedios mensuales de los 20 años para los datos de **Temperatura máxima y mínima; Humedad relativa máxima, media y mínima.**

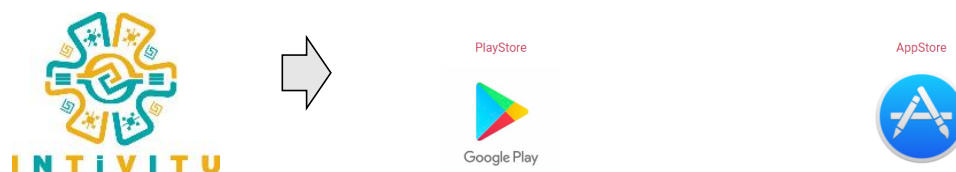
La información se complementa con la aplicación INTIVITU (<https://www.mhe.gob.bo/aplicacion-movil-intivitu/>), esta aplicación ha sido creada con el objetivo de visualizar el potencial de fuentes de energías renovables, como la solar y eólica en Bolivia, a través de la geolocalización de mapas y reportes en línea.

### Capítulo 3. Metodología

Navegando por INTIVITU se puede acceder a datos promedio mensuales y anuales como:

- Velocidad media anual de viento m/s.
- Rosa de los vientos
- Irradiación global horizontal kWh/m2/día.
- Irradiación normal directa kWh/m2/día.
- Irradiación Horizontal Difusa. kWh/m2/día.
- Temperatura °C.

INTIVITU es la aplicación para dispositivos móviles, permite mediante geolocalización el acceso a mapas y reportes en línea del potencial de generación de energía en Bolivia mediante fuentes de energía renovable variable como el sol y el viento.



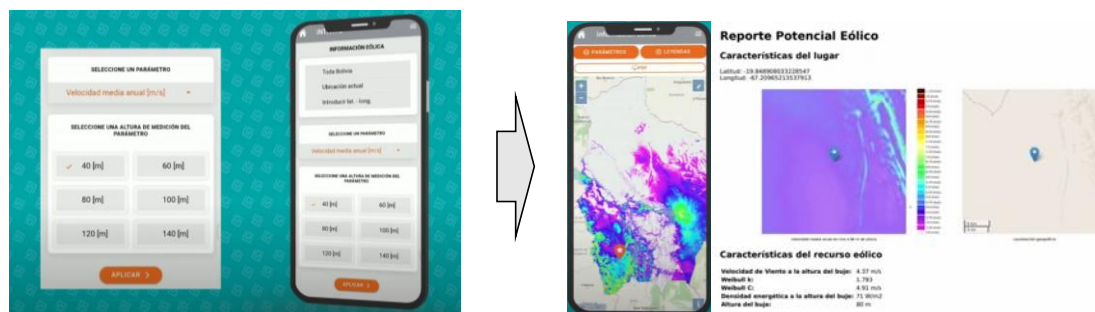
La figura 3.12. muestra los pasos que se deben seguir para generar los reportes:



Paso 1: Instalar el aplicativo móvil.

Paso 2: Elegir el tipo de reporte.

Paso 3: Introducir coordenadas de ubicación.



Paso 4: Elegir una altura de medición.

Paso 5: generación del Reporte en pdf.

Figura 3.12. Proceso de generación de reportes mediante el INTIVITU.  
Fuente: INTIVITU (<https://www.mhe.gob.bo/aplicacion-movil-intivitu/>)

### Capítulo 3. Metodología

La figura 3.13. muestra el reporte de Temperaturas Promedio Mes (°C)

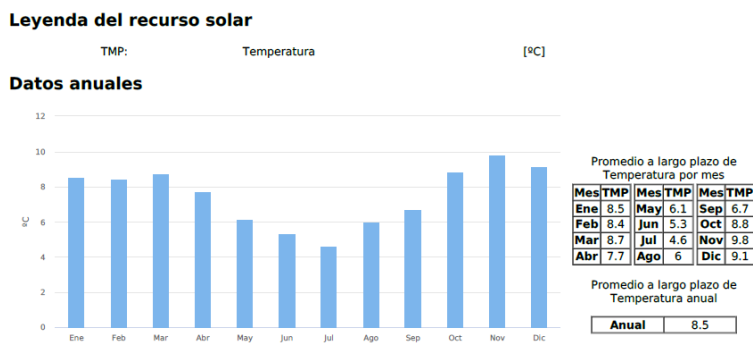


Figura 3.13. Reporte de Temperaturas Promedio Mes (°C)

Fuente: INTIVITU (<https://www.mhe.gob.bo/aplicacion-movil-intivitu/>)

La figura 3.14. muestra el reporte de Irradiación Global Horizontal (kwh/m2/día)

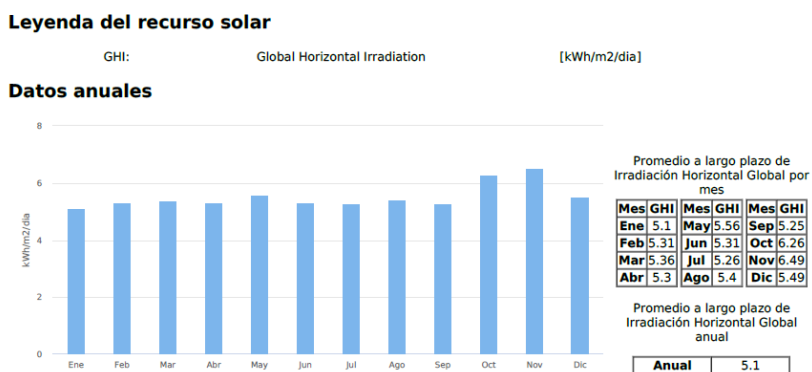


Figura 3.14. Reporte de Irradiación Global Horizontal (kwh/m2/día)

Fuente: INTIVITU (<https://www.mhe.gob.bo/aplicacion-movil-intivitu/>)

La figura 3.15. muestra el reporte de Irradiación Directa Horizontal (kwh/m2/día)

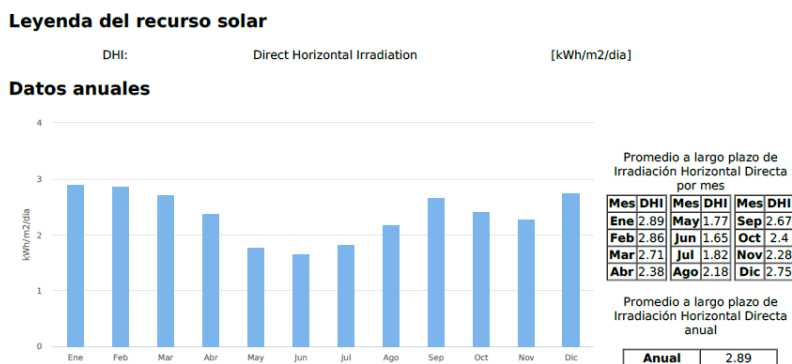


Figura 3.15. Reporte de Irradiación Directa Horizontal (kwh/m2/día)

Fuente: INTIVITU (<https://www.mhe.gob.bo/aplicacion-movil-intivitu/>)

### Capítulo 3. Metodología

Identificada las estaciones meteorológicas circundantes a la región de estudio se realiza el análisis de información registrada y reportada en cada estación meteorológica. La tabla 3.6. muestra el cuadro consolidado de estaciones habilitadas para la generación de ficheros climáticos:

Tabla 3.6. Estaciones meteorológicas habilitadas.

Nº	Zona o Área	Datos obtenidos	Cantidad de Estaciones	Estaciones habilitadas	Total Estaciones
1ra.	Área interna de estudio	SENAMHI – Bolivia INTIVITU – MHE	84	80	
2da.	Área externa nacional	SENAMHI – Bolivia INTIVITU – MHE	27	13	93
3ra.	Área externa internacional	SENAMHI – Perú	16	0	

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro presentado, se consolida 80 estaciones meteorológicas habilitadas en la 1ra. Área interna de estudio y 13 estaciones meteorológicas habilitadas en la 2da. Área externa de estudio con los datos completos de variables climáticas de interés para la generación de ficheros climáticos, sin embargo, la 3ra. área externa internacional (SENAMHI – Perú) fueron descartados por solo contar con la información temperatura y precipitaciones.

#### 3.3.6. Generación de ficheros climáticos con Software Meteonorm.

Meteonorm es un meteorológico base de datos que contiene datos climatológicos para aplicaciones de ingeniería solar en todos los lugares del mundo. Los resultados son años típicos generados estocásticamente a partir de medias mensuales interpoladas a largo plazo. Representan un año promedio del período de tiempo climatológico seleccionado según la configuración del usuario. Meteonorm es un programa de computadora para cálculos climatológicos. Meteonorm es una herramienta de estandarización que permite a los desarrolladores y usuarios de programas de diseño de ingeniería acceder a una base de datos meteorológicos uniforme y completa (Berna & Muller, 2022)

Mediante la consolidación de datos de 93 estaciones meteorológicas, se obtuvieron los datos de: temperatura, humedad relativa, precipitación, velocidad de vientos, radiación global horizontal, radiación difusa horizontal, latitud, longitud y altitud, datos requeridos del Software Meteonorm para generar los ficheros climáticos. Dirección de descarga: <https://meteonorm.com/en/>

A continuación, se describe el proceso para la generación de ficheros climáticos:

Utilice la versión DEMO para obtener los datos climáticos.

Inicie el software en “Sitios seleccionados” y seleccione la tercera pestaña “Personalizado” y pulse la opción “Agregar nuevo...” como se muestra en la figura 3.16.

### Capítulo 3. Metodología

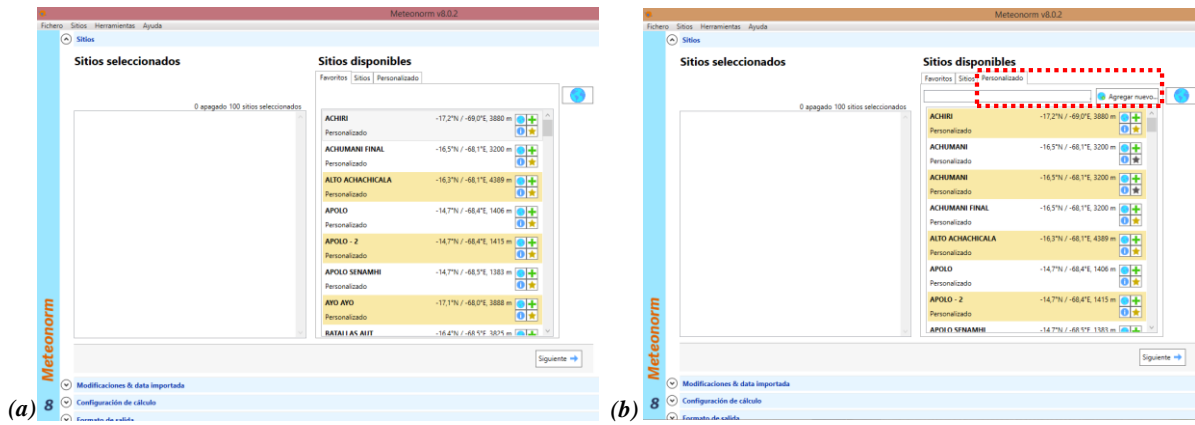


Figura 3.16. (a) Selección de Sitio; (b) Personalizado agregar nuevo.

Fuente: Elaboración propia con Herramienta Software Meteonorm

- a. Luego de pulsar “Agregar nuevo...” se habilita el cuadro “Información del sitio”, donde se debe completar la información de: Nombre, Coordenadas (Latitud y longitud), Altitud y se culmina con la opción “Grabar” como se muestra en la figura 3.17.

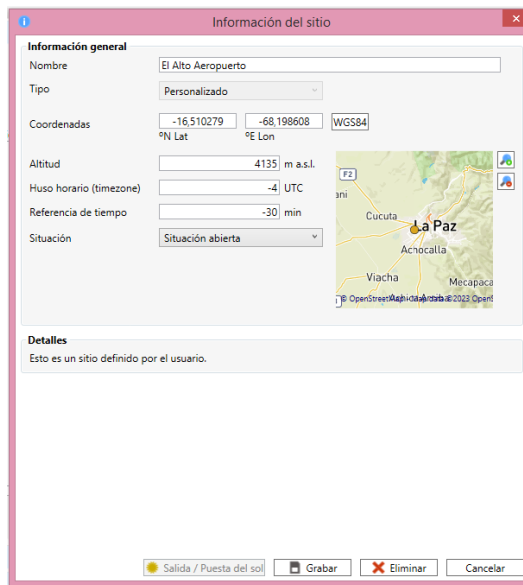


Figura 3.17. Información del sitio nuevo.

Fuente: Herramienta Software Meteonorm

- b. Seleccione la ubicación de las opciones listadas, para este ejemplo descargaremos los datos correspondientes a la ubicación de las opciones listadas, para este ejemplo descargaremos los datos correspondientes a la ubicación -16,5°N/-68,2°E, 4135 m. Esta localización corresponde a la estación meteorológica del Aeropuerto de El Alto.
- c. Posicione el cursor sobre el signo [+ ] en verde para cargar la estación meteorológica creada, y pulsar “Siguiente” para el proseguir con el proceso como se muestra en la figura 3.18.

### Capítulo 3. Metodología

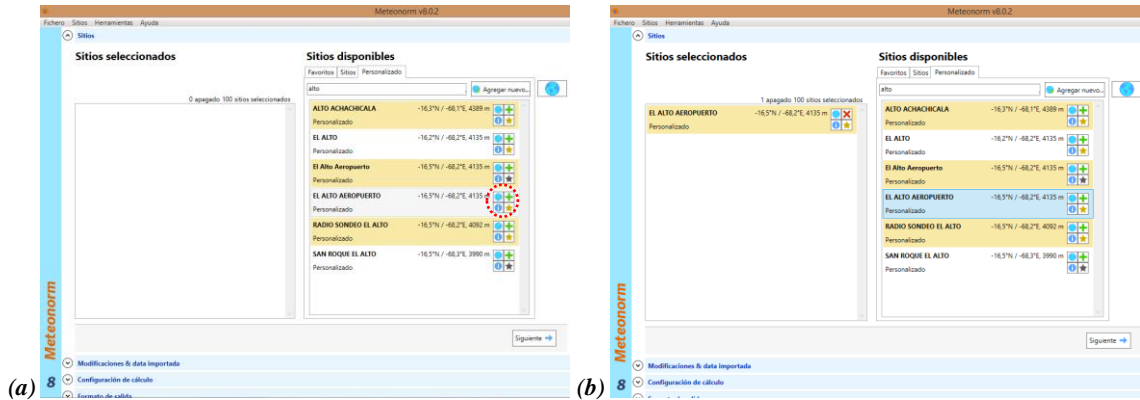


Figura 3.18. (a) Cargar el Sitio; (b) Marcar el sitio.

Fuente: Elaboración propia con Herramienta Software Meteonom

- d. Para las “Modificaciones & data importada” se debe pulsar la opción “Valores Mensuales...” y se habilita el cuadro: “Valores mensuales para EL ALTO AEROPUERTO” como se muestra en la figura 3.19., para grabar este cuadro se deben seguir los pasos detallados en el punto 3.3.7. ó 3.3.8 de este documento.

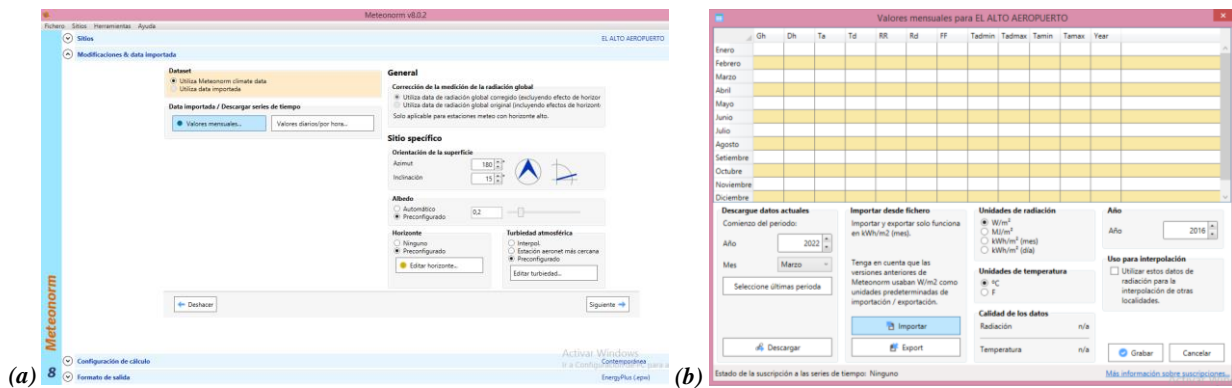


Figura 3.19. (a) Pulsar Valores Mensuales; (b) Habilitar tabla de valores mensuales.

Fuente: Elaboración propia con Herramienta Software Meteonom

- e. Posteriormente se habilita el cuadro “Configuración de cálculo”, elegir las opciones de Periodo y Escenario para periodos futuros y pulsar la opción “Siguiente” como se muestra en la figura 3.20.

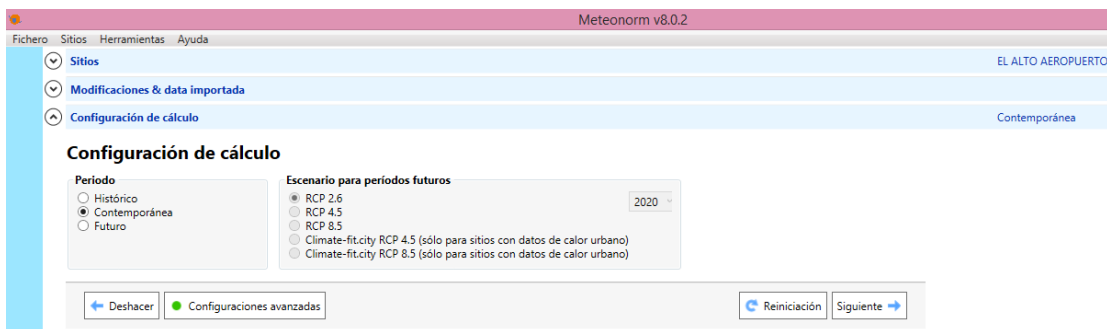


Figura 3.20 Configuración de periodo de cálculo.

Fuente: Elaboración propia con Herramienta Software Meteonom

### Capítulo 3. Metodología

- f. Seleccione el “Formato de salida” la opción “EnergyPlus (.epw)” y pulse siguiente para que empiece la carga de “Resultados y exportación” como se muestra en la figura 3.21.

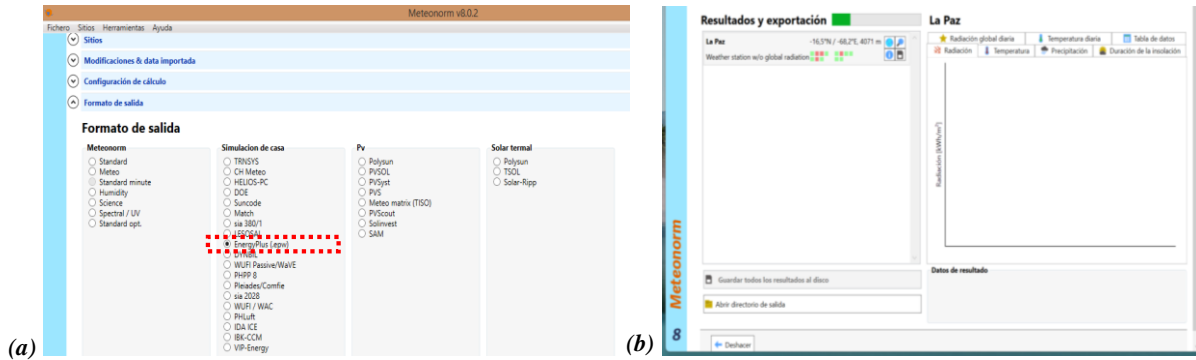


Figura 3.21. (a) Formato de salida; (b) Resultados y exportación.  
Fuente: Elaboración propia con Herramienta Software Meteonom

- g. Una vez terminada la carga de “Resultados y exportación” seleccione “Guardar todos los resultados al disco” como se muestra en la figura 3.22.

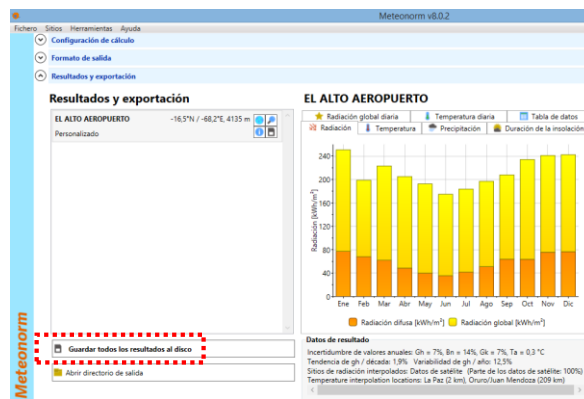


Figura 3.22. Pulsar en Guardar todos los datos en disco.  
Fuente: Elaboración propia con Herramienta Software Meteonom

- h. Para elegir la generación de datos en un formato de tiempo, marque “Hora” y verifique el directorio de salida para el uso del archivo “epw” como se muestra en la figura 3.123.

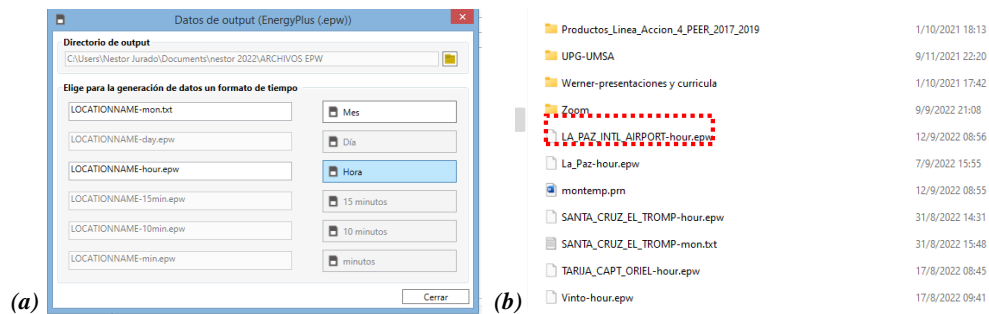


Figura 3.23 (a) Datos de salida epw; (b) Dirección de ubicación del archivo.  
Fuente: Elaboración propia con Herramienta Software Meteonom

### Capítulo 3. Metodología

#### 3.3.7. Proceso de Importación CSV de Valores Mensuales.

En la versión 8 de Meteonorm, los valores mensuales se importan como un CSV (C=personaje, S=separados, V= valores) archivo. El delimitador puede ser un punto y coma (;) o un tabulador. Se necesita una línea de encabezado que especifique las abreviaturas de los parámetros seguida de 12 líneas, una para cada mes, que contengan los datos.

Tabla 3.7 Parámetros para la importación de datos mensuales.

Abbreviation	Parameter	Unit
Month	Month	
Gh	Global radiation horizontal	[kWh/m² month]
Dh	Diffuse radiation horizontal	[kWh/m² month]
Ta	Temperature	[°C]
RH	Relative humidity	[%]
RR	Precipitation	[mm]
Rd	Days with precipitation	[days]
FF	Wind speed	[m/s]
Tadmin	Mean daily minimum of temperature	[°C]
Tadmax	Mean daily maximum of temperature	[°C]
Tamin	Minimum hourly temperature	[°C]
Tamax	Maximum hourly temperature	[°C]

Fuente: Manual parte I: Software Meteonorm

En el proceso de Importación CSV sobre datos de “Valores Mensuales” se deberá llenar la plantilla base que otorga el Software Meteonorm, este archivo ejemplo se encuentra ubicado en el equipo computador instalado, en la Unidad C:\ProgramFiles\METEOTEST\Meteonorm8\Resources\Examples\Sample\_monthly\_values\_for\_Bern-Liebefeld-2011.csv:

Tabla 3.8. Plantilla base para la importación CSV.

		Radiación difusa global	Temperatura	Velocidad del viento	Días con precipitación	Precipitación	Temperatura de derretimiento	Radiación difusa horizontal	Temperatura mínima media diaria	Máxima media diaria de temperatura	temperatura mínima horaria	temperatura máxima por hora
month	year	Gh	Ta	FF	Rd	RR	Td	Dh	Tadmin	Tadmax	Tamin	Tamax
1	2015	35	1.1	1.9		118.1	-1					
2	2015	53	-0.5	1.7		61.2	-3.2					
3	2015	103	5.9	2.2		89.8	1.3					
4	2015	153	9.4	1.9		123.4	3					
5	2015	170	13.7	1.7		169.9	8.4					
6	2015	201	17.9	1.7		122.1	12.2					
7	2015	211	22	1.8		43.8	13.1					
8	2015	161	19.6	1.3		101.4	13.7					
9	2015	124	12.7	1.9		111	8.5					
10	2015	74	8.6	1.4		73.4	6.4					
11	2015	53	6.6	1.8		96.1	3.7					
12	2015	39	2.4	0.8		24.7	1.5					

Fuente: Archivo ejemplo ubicado en la Unidad C:\ProgramFiles\METEOTEST\Meteonorm8\Resources\Examples\Sample\_monthly\_values\_for\_Bern-Liebefeld-2011.csv:

Para llenar la Tabla 3.8. Plantilla base para la importación CSV, se debe tomar en cuenta, que la primera y segunda columna va el mes y el año del registro climatológico. El resto de las columnas con los parámetros meteorológicos son opcionales y no tienen un orden específico. Se debe completar los valores faltantes para meses individuales con -999. Los parámetros faltantes se completarán con la media climatológica.

### Capítulo 3. Metodología

Para importar el archivo CSV, se debe registrar en *Modificación e importación de datos*, haciendo clic en "Valores mensuales" y luego en "Importar". Seleccione su archivo de datos y se cargara los datos de la plantilla de Meteornorm, como se muestra en la Figura 3.24.

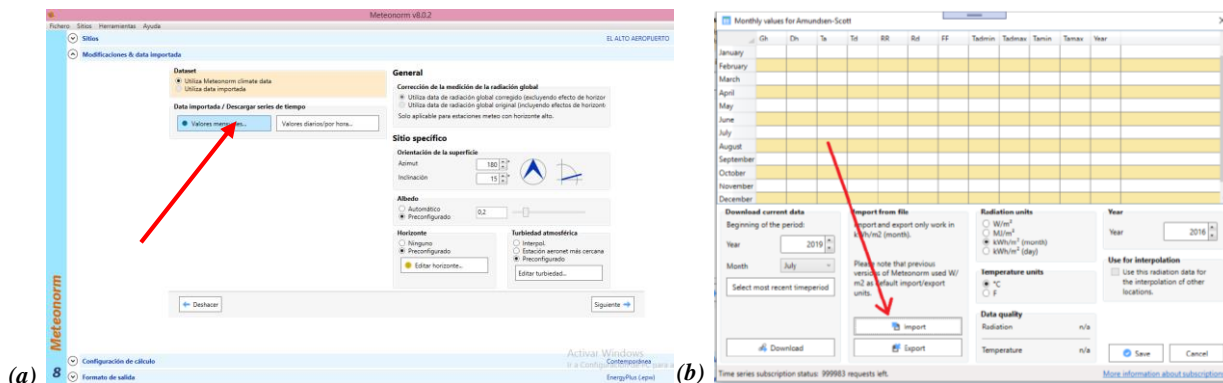


Figura 3.24. (a) Ingresar a "Valores mensuales" (b) Cargar los valores climáticos principales

Fuente: Manual parte I: Software Meteornorm

Una vez seleccionado el archivo CSV con los datos climatológicos le aparece el cuadro "Valores Mensuales" con la información climática recopilada, para los valores mensuales de las siguientes variables principales: temperatura (media, mínima y máxima), velocidad del viento, precipitación, radiación global horizontal y radiación difusa horizontal, como se describe en la Figura 3.25.

	Gh	Dh	Ta	Td	RR	Rd	FF	Tadmin	Tadmax	Tamin	Tamax	Year
Enero	4,87	2,93	14,87				1,16		5,57	24,16		
Febrero	5,15	2,90	14,99				1,19		6,1	23,88		
Marzo	5,07	2,80	14,97				1,13		5,77	24,18		
Abril	5,16	2,43	14,12				1,08		4,13	24,12		
Mayo	5,43	1,84	12,97				1,26		2,48	23,45		
Junio	5,23	1,69	11,82				1,31		1,14	22,51		
Julio	5,20	1,85	11,53				1,35		0,51	22,54		
Agosto	5,24	2,26	12,39				1,22		1,26	23,52		
Setiembre	4,93	2,75	13,76				1,32		2,8	24,72		
Octubre	6,01	2,53	14,8				1,18		3,87	25,73		
Noviembre	6,25	2,42	16,1				1,12		5,37	26,83		
Diciembre	5,23	2,83	15,96				1,13		5,68	26,24		

Figura 3.25. Importación CSV valores mensuales para ficheros climáticos

Fuente: Manual parte I: Software Meteornorm

Tenga en cuenta que la unidad de radiación para los archivos de importación se ha cambiado a kWh/m2 con Meteororm 8 y las unidades de temperatura es °C (Grados celsius). Posteriormente debe pulsar la opción "Grabar" para proseguir con el proceso de generación del fichero climático.

### Capítulo 3. Metodología

#### 3.3.8. Proceso de Importación Manual de Valores Mensuales.

El método para importar sus valores mensuales es completar a mano la tabla del cuadro de dialogo “Valores mensuales”. Se debe tener cuidado con seleccionar las unidades correctas de sus datos de radiación y temperatura. En el campo de tiempo, seleccione el año de inicio de sus datos. Puede guardar sus datos haciendo clic en el botón “Guardar en archivo...” como describe en la Figura 3.26. El nombre del archivo consistirá en el nombre de la ubicación y el año ingresado en el campo de tiempo.

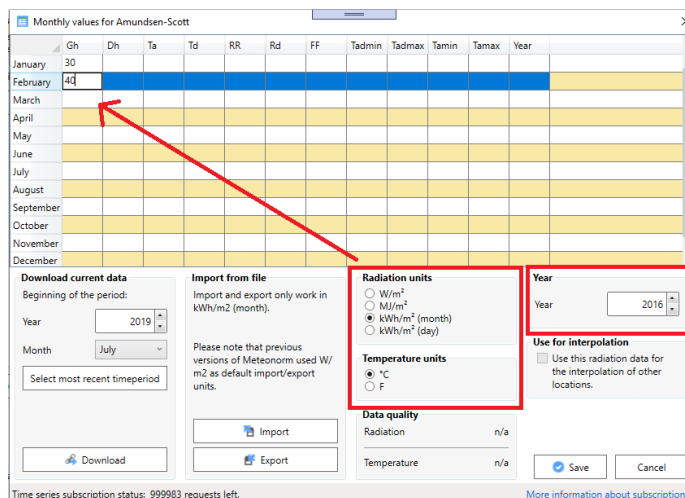


Figura 3.26. Cuadro de valores mensuales para importación manual.  
Fuente: Manual parte I: Software Meteonorm

#### 3.3.9. Conclusiones del segundo nivel de investigación.

Partiendo de la premisa de recopilar la mayor cantidad de información sobre reportes climáticos de las estaciones meteorológicas ubicadas en el área interna y externa de la región de estudio, se consolidaron 93 registros climáticos históricos, estableciendo variables principales como ser: temperatura (media, mínima y máxima), velocidad del viento, precipitación, radiación global horizontal y radiación difusa horizontal, datos de entrada para la herramienta Software Meteonorm para lograr generar 93 ficheros climáticos (Archivos EPW) con valores horarios que sirven de entrada para la herramienta de simulación energética de edificios en el Software EnergyPlus.

### Capítulo 3. Metodología

#### 3.4. Tercer nivel de investigación.

##### 3.4.1. Antecedentes de la construcción en Bolivia

Teniendo en cuenta que más de la mitad de la población mundial viven hoy en zonas urbanas y Bolivia se encuentra en este panorama, con un 67,3% de su población en dichas áreas (INE, censo 2012). El tipo de vivienda predominante en Bolivia es la Casa / Choza / Pahuichi, Cuarto(s) o habitación(es) suelta(s), Departamento, que en su conjunto hacen el 96,6% del total de viviendas.

Tabla 3.9. Tipo de Vivienda (Número de Viviendas).

Tipo de Vivienda	Nº	%	Total
Casa / Choza / Pahuichi	2.544.747	80,20%	96,60%
Cuarto (s) o habitación(es) suelta(s)	365.384	11,50%	
Departamento	154.584	4,90%	
Vivienda colectiva (Hoteles, Hospitales, Asilos, Cuarteeks, Otros)	34.182	1,10%	3,40%
Local no destinado para vivienda	32.739	1,00%	
Vivienda improvisada	27.714	0,90%	
En transito	11.370	0,40%	
Persona que vive en la calle	1.604	0,10%	
<b>Total</b>	<b>3.172.321</b>	<b>100,00%</b>	

Fuente: I.N.E., Censo nacional de Población y Vivienda 2012.

Con referencia a las condiciones de habitabilidad de las viviendas se definen básicamente a partir de cuatro variables: paredes exteriores e interiores, techos y pisos los cuales varían de acuerdo al área de residencia, por ejemplo, en las áreas urbanas los materiales de construcción más utilizados en las paredes exteriores son el ladrillo, bloque de cemento, hormigón que suma un 71,5%, en comparación al área rural que predomina el adobe y tapial que suman un 63,0%.

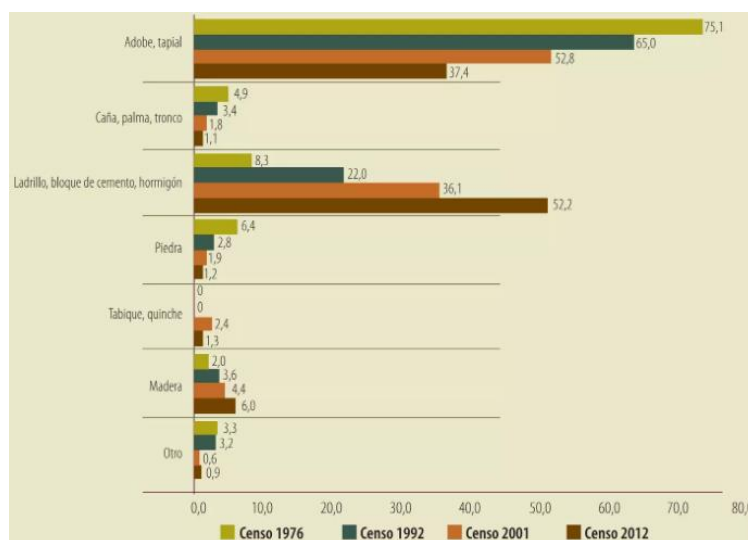


Figura 3.27. Materiales de Construcción Utilizados en las Paredes Exteriores  
Fuente: I.N.E., Censo nacional de Población y Vivienda 2012

### Capítulo 3. Metodología

Con referencia a los revoques interiores, en el área urbana el 83,2% tiene revoque y asimismo en el área rural tan solo el 61,7% en comparación a las viviendas particulares que no cuentan con revoques es mayor en el área rural como describe en la Tabla 3.10., permitiendo identificar la necesidad de programas y/o proyectos cualitativos, como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 3.10. Revoque las Paredes Interiores.

Detalle	Urbano		Rural		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<b>Si</b>	1.520.491	83,2%	602.884	61,7%	2.123.375	75,7%
<b>No</b>	305.989	16,8%	374.618	38,3%	680.607	24,3%
<b>Total</b>	<b>1.826.480</b>	<b>100,00%</b>	<b>977.502</b>	<b>100,00%</b>	<b>2.803.982</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: I.N.E., Censo nacional de Población y Vivienda 2012.

En el caso de los materiales de construcción de los techos en el caso de paja, palma, caña, barro un 29,4% es la característica del área rural, en tanto que en el área urbana este dato se reduce a un 1% como describe en la Figura 3.28., por lo tanto, el déficit habitacional en el área rural está básicamente orientado al cualitativo.

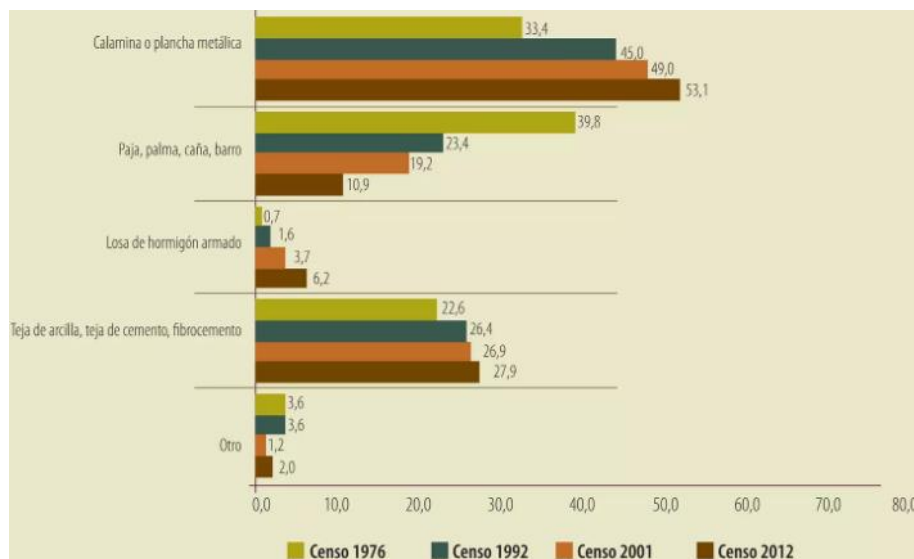


Figura 3.28. Material de Construcción Utilizado en los Techos.

Fuente: I.N.E., Censo nacional de Población y Vivienda 2012.

Respecto a los materiales de construcción más utilizado en los pisos en las áreas urbanas se caracteriza por la utilización de cemento y cerámica que representa un 67,1%, en el área rural los pisos de tierra es la característica principal de 65,8% como describe en la Figura 3.29., siendo el déficit habitacional básicamente cualitativo.

### Capítulo 3. Metodología

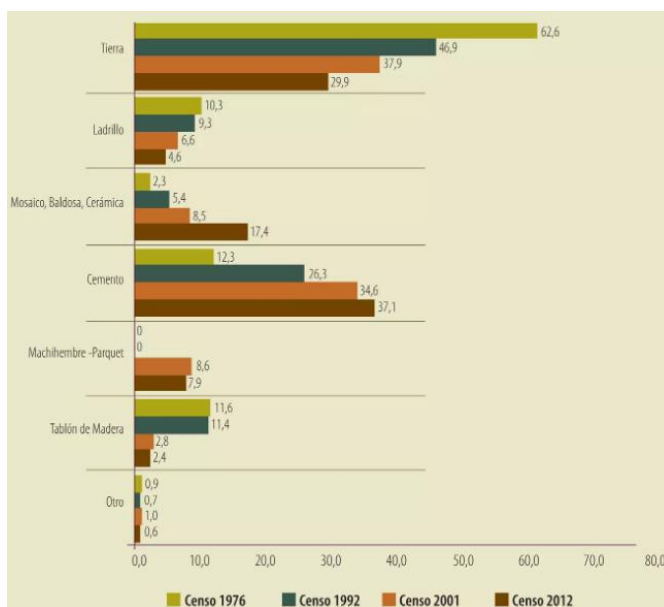


Figura 3.29. Material de Construcción Utilizado en los Pisos.

Fuente: I.N.E., Censo nacional de Población y Vivienda 2012.

#### 3.4.2. Evaluación del Sector de Vivienda

Las políticas de vivienda a lo largo de la historia en Bolivia, se han enfocado fundamentalmente a la ejecución de programas puntuales de financiamiento y construcción de viviendas de carácter social a nivel nacional (MOPSV, 2019).

Los resultados de la intervención de la Agencia Estatal de Vivienda desde el inicio de sus actividades, básicamente se centró en la articulación de la demanda del déficit de vivienda a través de los Gobiernos Autónomos Municipales, una presencia esencialmente rural con viviendas unifamiliares, con una escasa implementación de proyectos en el ámbito urbano, debido a factores relacionados a un débil ordenamiento territorial a nivel municipal, a la especulación del suelo urbano, al escaso desarrollo de procedimientos de financiamiento bajo la modalidades de crédito (M.O.P.S.V., n.d.)

Un análisis de los resultados alcanzados durante el periodo 2001 al 2015 muestra un crecimiento importante en la producción estatal de vivienda social, que se centra fundamentalmente en el tipo de política aplicada:

- Primer periodo (2001 al 2005) de experiencia neoliberal, se produjeron 7.998 viviendas, por el Programa Nacional de Subsidio a la Vivienda (PNSV) y el Programa de Financiamiento de Vivienda (PFV), con un promedio de 1.600 viviendas por año.
- Segundo periodo (2006-2009), se produjeron 11.911 viviendas, con un promedio de 3.970 viviendas por año.

### Capítulo 3. Metodología

- Tercer periodo (2010-2015), se produjeron 74.545 viviendas, con un promedio de 14.909 viviendas por año.

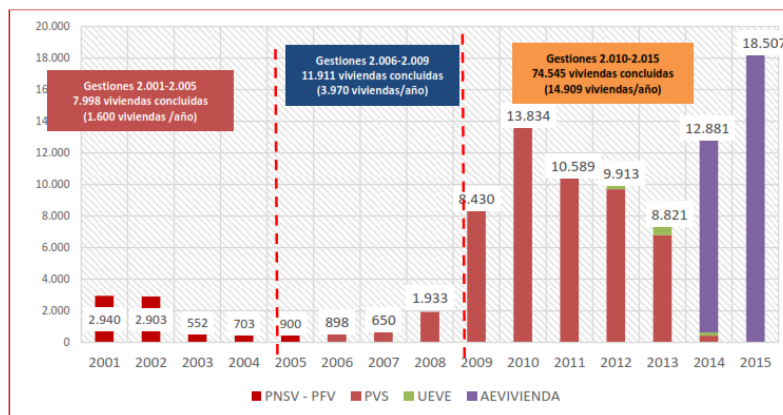


Figura 3.30. Número de Viviendas por Programa.

Fuente: Plan Plurianual de Reducción del Déficit Habitacional (PPRDH 2019-2020)

Durante el periodo 2006 al 2015, el Estado ha logrado la construcción, mejoramiento y atención post desastres naturales en un total de 86.456 viviendas sociales, llegando a beneficiar a 302.596 personas.

#### 3.4.3. Plan Plurianual de Reducción del Déficit Habitacional (PPRDH).

El Plan Plurianual de Reducción del Déficit Habitacional (PPRDH) es un instrumento jurídico - técnico que permite realizar la planificación y la asignación de "soluciones habitacionales integrales", a los departamentos y municipios en el mediano plazo (cinco años) considerando prioritariamente criterios de equidad, atención a la población en condiciones de pobreza y extrema pobreza, sectores de menores ingresos, mujeres jefas de hogar y población beneficiaria que cuente con terreno propio

El PPRDH prevé la disminución del déficit habitacional y el apoyo del Estado para que las familias bolivianas tengan acceso a una vivienda para una vida digna. Con este propósito, se plantean desafíos estratégicos como la ampliación de la oferta habitacional en el marco de la construcción de una vivienda nueva como el mejoramiento y ampliación de las condiciones de habitabilidad, tanto en las ciudades intermedias como en los centros poblados con mayor densidad poblacional, avanzando también en la promoción de soluciones habitacionales para la consolidación de ciudades del Vivir Bien.

El anterior PPRDH tenía una metodología y criterios de asignación (distribución departamental y municipal) de viviendas para enfrentar a la reducción del déficit habitacional, el cual está dividido porcentualmente en todos los municipios (339 municipios existentes al momento de la aprobación del PPRDH), lo cual ha permitido tener una asignación relativamente equitativa territorialmente (M.O.P.S.V., n.d.)

### Capítulo 3. Metodología

#### 3.4.4. Tamaño medio del hogar.

En Bolivia, el "tamaño medio del hogar", es medido como el cociente de la población que conforma los hogares entre el número total de hogares. Entre 2001 y 2012 dicho cociente fue sufriendo una disminución de un 4,1 a 3,5 de personas por hogar, representando una baja en un 14,6% en el tamaño del hogar promedio en Bolivia (M.O.P.S.V., n.d.).

La disminución del tamaño medio del hogar en el área urbana es mucho más marcada, para el año 2001 se contaba con 4,2 personas/hogar y para el año 2012 se tiene 3,6 personas/hogar, que representa una disminución del 14,3% en el tamaño del hogar ~el área urbana, situación similar y mucho más marcada se tiene para el área rural para el año 2001 el tamaño del hogar era de 4,0 personas/hogar y para el año 2012 el tamaño de los hogares 3,3 que representa una disminución del 17,5% (M.O.P.S.V., n.d.). En la tabla 3.11. se puede ver el promedio de personas por dormitorio y habitación que permiten establecer las condiciones de hacinamiento de los hogares bolivianos:

Tabla 3.11. Promedio de personas por dormitorio, habitación o cuarto y tamaño medio del hogar

CENSO Y AREA	NUMERO PROMEDIO DE PERSONAS POR DORMITORIO	NUMERO PROMEDIO DE PERSONAS POR DORMITORIO	TAMAÑO MEDIO DEL HOGAR
<b>CENSO 2012</b>	<b>2,3</b>	<b>1,8</b>	<b>3,5</b>
Urbana	2,2	1,8	3,6
Rural	2,5	1,8	3,3

Fuente: Plan Plurianual de Reducción del Déficit Habitacional (PPRDH 2019-2020)

#### 3.4.5. Tipo de Vivienda.

El Censo 2012 registra un total de 3.159.350 viviendas en el país, de las cuales 3.125.168 corresponden a viviendas individuales y 34.182 a viviendas colectivas. Se tiene una mayor variación porcentual en el área urbana con un 50,9% en comparación al área rural con una menor variación de un 20,6%, mostrando el mayor crecimiento en el área urbana de estos últimos años.

A nivel departamental, según el Censo 2012, el mayor número de viviendas individuales respecto al total se encuentra en La Paz con 930.457 (29,7%); le siguen Santa Cruz con 697.022 (22,4%) y Cochabamba con 590.103 (18,8%), estos tres departamentos representan el 2.2.17.582 (70,9 %) del total de viviendas individuales a nivel nacional. En la Figura 3.31. se demuestra que la región de La Paz es el Departamento con mayor participación de viviendas individuales y con mayor crecimiento en la región según el último censo.

### Capítulo 3. Metodología

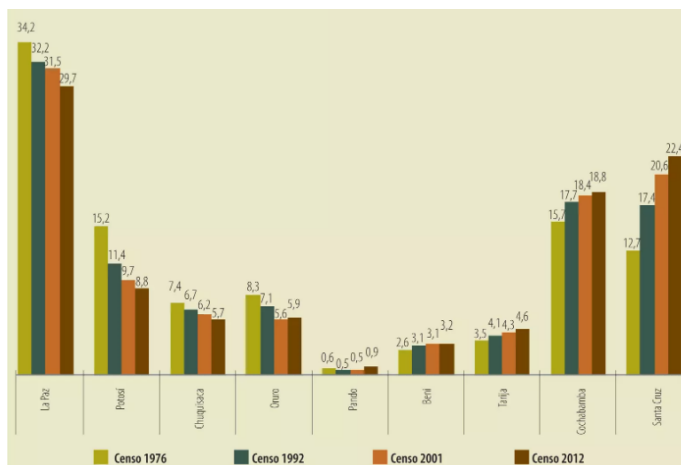


Figura 3.31. Participación de las Viviendas según Departamento.

Fuente: I.N.E., Censo nacional de Población y Vivienda 2012.

#### 3.4.6. Consumo energético del sector residencial

Con el propósito de determinar el consumo energético en hogares bolivianos recurriremos a los resultados que arrojan el “Estudio de caracterización sobre el consumo eléctrico en hogares y las potencialidades relacionadas con eficiencia energética”, desarrollado en la gestión 2018 con apoyo de GIZ en el marco del Programa PEERR. Este estudio fue realizado en las ciudades de La Paz, El Alto, Santa Cruz y Cochabamba.

El estudio establece que los principales centros de consumo de energía eléctrica en este tramo son: artefactos de comunicación audiovisual 35 %, conservación de alimentos 17 %, calentamiento de agua 27 %, Iluminación 18 %, el restante 3% se distribuye en climatización, cocción de alimentos, lavadoras, y otros electrodomésticos (GIZ, 2020)

Un punto importante en el estudio es la construcción de la curva de la demanda, muestra que, en términos de la contribución por grupo de artefactos de uso final, el calentamiento de agua es responsable de la máxima demanda registrada a las 07:00, y contribuye a la formación del otro pico a partir de las 18:00 horas. El relevamiento de equipos y artefactos efectuado en los hogares muestra que los calentadores de paso (duchas) son los responsables principales de este comportamiento. En la formación de la máxima demanda nocturna, a partir de las 18:00 horas, también contribuyen fuertemente las luminarias y los artefactos de comunicación audiovisual. Los artefactos destinados a la conservación de alimentos, en su gran mayoría refrigeradores, constituyen una base constante en la demanda, debido a las características de su funcionamiento (GIZ, 2020). La Figura 3.32. muestra el comportamiento de la curva de demanda.

### Capítulo 3. Metodología

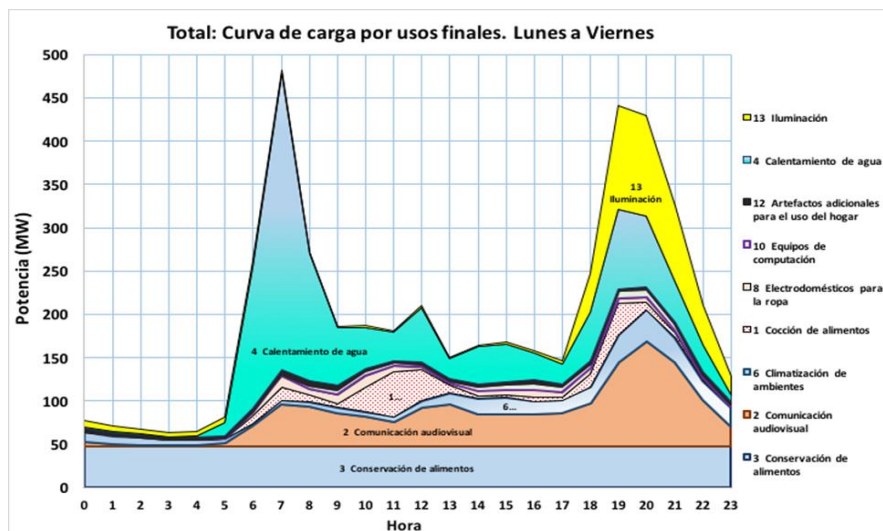


Figura 3.32 Curva de carga total por artefacto de uso final para las 4 ciudades estudiadas  
 Fuente: Estudio de caracterización sobre el consumo eléctrico en hogares y las potencialidades relacionadas con eficiencia energética, GIZ 2020.

#### 3.4.7. Determinación de la vivienda típica de la región.

Se recopiló información de 26,413 (Veintiséis mil cuatrocientos trece) viviendas construidas en la región de estudio. La plataforma <https://www.aevivienda.gob.bo> perteneciente a la Agencia Estatal de Vivienda (AEVIVIENDA), brinda información referida a: planos arquitectónicos, especificaciones técnicas constructivas, ubicación y cantidad promedio de usuarios de las familias beneficiarias.

TIPOLOGÍA 1	TIPOLOGÍA 2	TIPOLOGÍA 3	TIPOLOGÍA 4
ALTURA INT.= 2,20 m. SUP. CONST.= 36,00 m2	ALTURA INT.= 2,20 m. SUP. CONST.= 50,00 m2	ALTURA INT.= 2,20 m. SUP. CONST.= 60,00 m2	ALTURA INT.= 2,30 m. SUP. CONST.= 50,00 m2
<b>1,598</b> 8 %	<b>12,799</b> 61 %	<b>1,581</b> 8 %	<b>312</b> 1 %

TIPOLOGÍA 5	TIPOLOGÍA 6	TIPOLOGÍA 7	TIPOLOGÍA 8	TIPOLOGÍA 9
ALTURA INT.= 2,30 m. SUP. CONST.= 60,00 m2	ALTURA INT.= 2,30 m. SUP. CONST.= 70,00 m2	ALTURA INT.= 2,20 m. SUP. CONST.= 32,00 m2	ALTURA INT.= 2,20 m. SUP. CONST.= 50,00 m2	ALTURA INT.= 2,20 m. SUP. CONST.= 65,00 m2
<b>2,498</b> 12 %	<b>312</b> 1 %	<b>141</b> 1 %	<b>1,125</b> 5 %	<b>141</b> 1 %

Figura 3.33. Clasificación *Subregión 1* según la tipología y cantidad de edificación.  
 Fuente: Elaboración propia en base a PPPRDH 2016-2020.

### Capítulo 3. Metodología

TIPOLOGÍA 1	TIPOLOGÍA 2	TIPOLOGÍA 3	TIPOLOGÍA 4
ALTURA INT.= 3.20 - 3.30 m. SUP. CONST. = 36,00 m <sup>2</sup>	ALTURA INT.= 3.20 - 3.30 m. SUP. CONST. 50,00 m <sup>2</sup>	ALTURA INT.= 3.20 - 3.30 m. SUP. CONST. 60,00 m <sup>2</sup>	ALTURA INT.= 2.30 m. SUP. CONST. 50,00 m <sup>2</sup>
<b>440</b>	<b>2,219</b>	<b>277</b>	<b>172</b>
<b>8 %</b>	<b>40 %</b>	<b>5 %</b>	<b>3 %</b>

TIPOLOGÍA 5	TIPOLOGÍA 6	TIPOLOGÍA 7	TIPOLOGÍA 8	TIPOLOGÍA 9
ALTURA INT.=2.30 m. SUP. CONST. 60,00 m <sup>2</sup>	ALTURA INT.= 2.30 m. SUP. CONST. 70,00 m <sup>2</sup>	ALTURA INT.= 4.10 m. SUP. CONST. 31,00 m <sup>2</sup>	ALTURA INT.= 4.10 m. SUP. CONST. 55,00 m <sup>2</sup>	ALTURA INT.= 4.10 m. SUP. CONST. 73,00 m <sup>2</sup>
<b>1,366</b>	<b>171</b>	<b>100</b>	<b>802</b>	<b>100</b>
<b>25 %</b>	<b>3 %</b>	<b>2 %</b>	<b>14 %</b>	<b>2 %</b>

Figura 3.34. Clasificación *Subregión 2* según la tipología y frecuencia de edificación.  
Fuente: Elaboración propia en base a PPPRDH 2016-2020.

Las Figuras 3.33. y 3.34., demuestran la división de dos subregiones, cada una de estas representa una forma arquitectónica y constructiva de tipología de edificación en el área de estudio. Y la definición de la vivienda típica fue determinada por la tipología más frecuente, en este caso, la subregión 1 corresponde a la tipología 2 con el 61% y la subregión 2 a la tipología 2 con el 40%.

A continuación, se presenta los planos arquitectónicos de la vivienda tipo de la subregión 1:

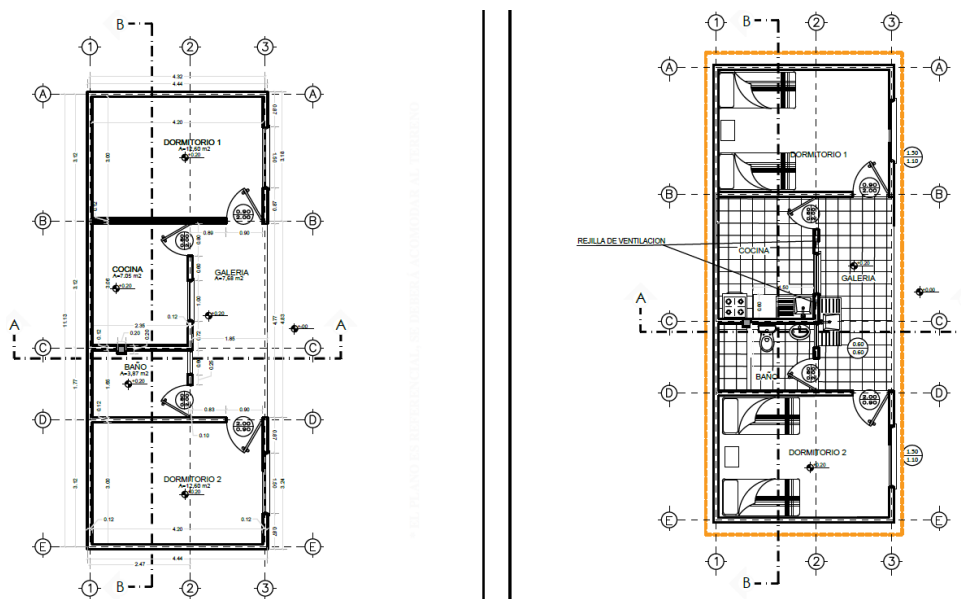


Figura 3.35. Planos Arquitectónico, Planta acotada y planta amoblada  
Fuente: plataforma <https://www.aevivienda.gob.bo>

### Capítulo 3. Metodología

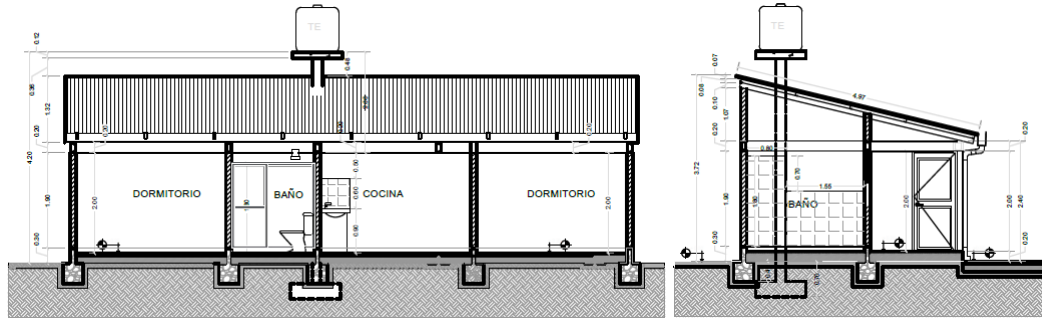


Figura 3.36. Planos Arquitectónico, Corte A – A' y Corte B – B'  
 Fuente: plataforma <https://www.aevivienda.gob.bo>

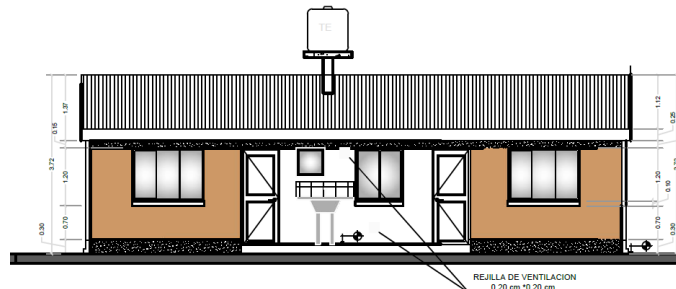


Figura 3.37. Planos Arquitectónico, Elevación Frontal.  
 Fuente: plataforma <https://www.aevivienda.gob.bo>

#### 3.4.9. Herramienta Software Design Builder.

DesignBuilder es un programa especializado en la simulación energética y medioambiental de edificios. La configuración geométrica de los edificios constituye un aspecto fundamental para evaluar y predecir su desempeño energético. DesignBuilder ofrece un conjunto de herramientas y comandos para desarrollar modelos geométricos optimizados para el análisis energético de edificios (Design Builder software, 2021).

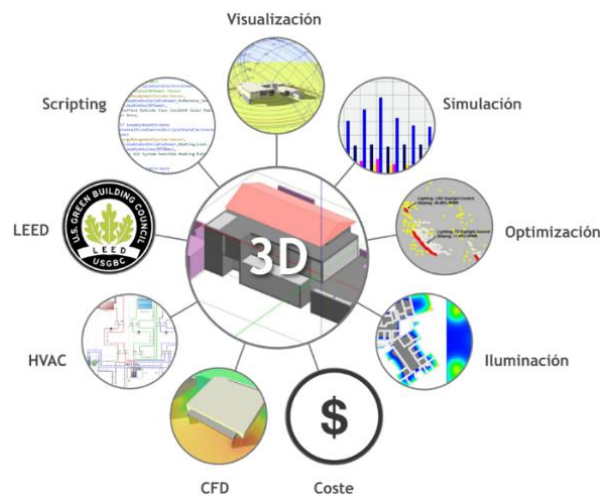


Figura 3.38. Estructura modular del programa  
 Fuente: Manual de ayuda DesignBuilder en español

## Capítulo 3. Metodología

### 3.4.10. Modelación de edificios en Design Builder.

El “Manual de ayuda DesignBuilder en español” establece que es posible crear uno o más edificios, activando la herramienta “Añadir edificio” desde la barra de herramientas o desde el menú Editar. Al activar la herramienta se abre un diálogo con dos pestañas:

- **Edificio:**

En esta pestaña es posible especificar el Tipo de modelo que desea crear, seleccionando una de las opciones disponibles. La selección del tipo de modelo dependerá de la clase de análisis que planea llevar a cabo, así como de la cantidad de información disponible. También se puede modificar posteriormente en la pestaña Información del proyecto del dialogo de Opciones del modelo, estando en el nivel Edificio o Bloque.

- **Datos predeterminados:**

Esta pestaña permite especificar las Plantillas de datos que serán cargadas inicialmente en el modelo. Dichas plantillas se pueden cambiar una vez creado el edificio, yendo a las pestañas correspondientes.

**Actividad.**

Seleccione la Plantilla de actividad para definir los datos relacionados con el uso y ocupación del edificio. Entre los datos que serán definidos se encuentran los siguientes:

- Densidad y periodos de ocupación
- Tasas y factores metabólicos
- Ganancias internas por aparatos y equipos
- Temperaturas de consigna de calefacción y refrigeración
- Requerimientos de iluminación
- Requerimientos de aire fresco

**Cerramientos.**

Seleccione una Plantilla de cerramientos para definir las características de los elementos constructivos del edificio.

Si activa la casilla Crear datos de cerramientos DEL MODELO a partir de la plantilla seleccionada entonces la plantilla y algunos componentes que incluye se convertirán en datos “personalizados”, de tal manera que podrán ser editados directamente (lo cual no es posible cuando se trata de datos DE LA BIBLIOTECA). En ese caso el nombre de la plantilla y algunos componentes asociados será modificado automáticamente a “Plantilla de cerramientos del proyecto”, “Muro del proyecto”, etc.

## Capítulo 3. Metodología

### **Acristalamiento.**

Seleccione una Plantilla de acristalamiento para definir las características de los acristalamientos del edificio.

Si activa la casilla Crear datos de acristalamiento DEL MODELO a partir de la plantilla seleccionada entonces la plantilla y algunos componentes asociados se convertirán en datos “personalizados”, de tal manera que podrán ser editados directamente (lo cual no es posible cuando se trata de datos DE LA BIBLIOTECA). En ese caso el nombre de la plantilla y algunos componentes asociados será modificado automáticamente a “Plantilla de acristalamiento del proyecto”, “Acristalamiento exterior del proyecto”, etc.

### **Bloque de edificio.**

Los bloques de edificio permiten modelar partes específicas de un edificio, generando automáticamente los cerramientos que conforman su envolvente externa: muros exteriores, suelos, cubiertas, etc. En ocasiones es posible emplear un único bloque para representar un edificio entero, cuando este es sencillo y tiene una sola planta. Sin embargo, es común que se requiera más de un bloque para modelar un edificio. Por ejemplo, en un edificio con varias plantas se suele emplear un bloque para representar cada una de ellas.

Es importante considerar los siguientes aspectos relacionados con los bloques de edificio:

- Cada bloque de edificio incluye automáticamente una zona térmica, la cual se puede dividir posteriormente en dos o más zonas mediante el trazo de particiones (muros interiores). También es posible insertar patios dentro de los bloques de edificio.
- En los modelos 3D de Design Builder los cerramientos de los bloques de edificio pueden tener un determinado espesor geométrico. Dicho espesor sirve para generar representaciones más realistas de los modelos, pero puede afectar el cálculo de los volúmenes internos. En ese sentido, se recomienda revisar la sección Geometría, áreas y volúmenes.
- El espesor de los muros del bloque se genera siempre hacia el interior del perímetro. Cuando se trazan perímetros complejos es importante cuidar que estos “dejen espacio” para que se pueda agregar el espesor de los muros, de acuerdo a la dimensión indicada. Si no se hace así DesignBuilder generará el bloque, pero ajustará automáticamente el espesor de los muros para evitar el error.
- El espesor geométrico mencionado anteriormente no afecta el comportamiento térmico de los cerramientos. Dicho comportamiento dependerá exclusivamente de la composición física de los cerramientos, la cual se determina mediante los Datos de cerramientos (que incluyen el espesor “real” de cada una de las capas de material).

### Capítulo 3. Metodología

- Los bloques de edificio se pueden cortar, estrechar y alargar para generar prácticamente cualquier forma geométrica. También se pueden mover, copiar y rotar, lo que facilita el modelado de edificios con elementos repetitivos y/o de configuración compleja. En los apartados Operaciones generales y Edición de bloques se explica con detalle estos comandos.

- Los bloques de edificio se pueden crear automáticamente con una distribución predeterminada de ventanas y/o lucernarios. Dicha distribución se establece en los Datos de aberturas, donde también se define la composición física del acristalamiento (incluyendo la incorporación de dispositivos de sombreado).

#### 3.4.11. Modelación digital de la vivienda típica.

Se generó los modelos digitales en el Software Design Builder, modelación de las dos tipologías de edificación más frecuente correspondiente a la subregión 1 y 2, la configuración de las calidades constructivas de muros, techos, ventanas, etc.; los usuarios promedio y los equipos de consumo fue determinada en base a las especificaciones técnicas recopiladas de ambas tipologías.

La tabla 3.12., describe las propiedades de la envolvente utilizadas en la configuración de la modelación digital de ambas tipologías determinadas en base a las especificaciones técnicas constructivas.

Tabla 3.12. Propiedades de la envolvente para las dos viviendas tipo.

Cerramiento / Envoltente	Sandwich Constructivo	Thickness (m)	Conductivity (W/m-K)	Specific Heat (J/kg-K9)	Density (Kg/m3)	U-Value (W/m2-K)
Muro de Albañilería	Cement sand render	0,015	1	1000	1800	3,312
	Brick - burned	0,09	0,85	840	1500	
	075 in. Stucco	0,15	1,3521	840	1858	
Techumbre de Acero	Zinc	0,026	110	380	7200	1,746
Galvanizado y estructura de Madera	Polyvinylchloride(PVC) - tiles	0,08	0,19	1470	1200	
	Painted Oak	0,15	0,19	2390	700	
Abertura (Ventanas)	Vidrio (Generic PYRB CLEAR 3MM)	0,003	0,9	--	--	3,835
	Marco de ventana: Aluminium window frame (no break)	0,03	160	880	2800	
Subsuperficies (Puertas)	Painted Oak	0,035	0,19	2390	700	2,823

Fuente: Elaboración propia en base a las especificaciones técnicas.

La tabla 3.13., describe los datos de ocupación, datos utilizadas en la configuración de la modelación digital de ambas tipologías determinadas en base a las actividades del usuario.

Tabla 3.13. Datos de usuarios según el tipo de actividad y según el recinto

Recinto	Area Planta	N° Personas	P/m2	Horario Ocupación	Tipo de Actividad	Other Gains	Target Illuminance	Densidad normalizada de potencia (W/m2-100 lux)	Iluminación Programación de uso
Dormitorio 1	12,6	2	0,16	20:00 a 7:00	Sleeping	5w/m2	200 lux	5 w/m2-100 lux	20:00 a 24:00
Dormitorio 2	12,6	2	0,16	20:00 a 7:00	Sleeping	5w/m2	200 lux	5 w/m2-100 lux	20:00 a 24:00
Cocina	7,05	1	0,14	7:00 a 8:00 /13:00 a 14:00	Cooking	5w/m2	200 lux	5 w/m2-100 lux	20:00 a 22:00
Baño	3,88	1	0,26	7:00 a 8:00	Standing relax	5w/m2	200 lux	5 w/m2-100 lux	20:00 a 22:00

Fuente: Elaboración propia en base a las actividades del usuario

## Capítulo 3. Metodología

La tabla 3.14., describe los datos horarios para HVAC, datos utilizadas en la configuración de la modelación digital de ambas tipologías determinadas en base a las actividades de cada recinto.

Tabla 3.14. Configuración de horario para HVAC.

Recinto	Energía Auxiliar, Calefacción Refrigeración y Ventilación
Dormitorio 1	20:00 a 07:00
Dormitorio 2	20:00 a 07:00
Cocina	7:00 a 8:00 y 13: a 14:00
Baño	7:00 a 8:00

Fuente: Elaboración propia en base a las actividades de cada recinto.

Mediante la herramienta de Software Design Builder se realizó la modelación digital de las dos viviendas tipo, generando dos archivos en formato IDF, que es el input data file (IDF) para el software EnergyPlus. IDF es un archivo ASCII que contiene la información que describe el edificio y el sistema HVAC que será simulado.

### 3.5. Proceso de Simulación en EnergyPlus (E+).

El EnergyPlus es un programa de simulación diseñado para modelar edificios con todo su asociado a la calefacción, la ventilación, y equipo de aire acondicionado. Como todos los programas de simulación, EnergyPlus consiste en más que sólo un archivo ejecutable. EnergyPlus necesita varios archivos de entrada que describen el edificio para ser modelado y los alrededores de ambiente. El programa produce varios archivos de salida, tratados en orden de tener sentido de los resultados de la simulación. (Energyplus, n.d.).

La dirección de descarga es: <https://energyplus.net/>.

A continuación, mediante la Documentación de la versión 23.1.0 de EnergyPlus™, se describe el proceso para la simulación en EnergyPlus:

#### Programa de lanzamiento de EP

EP-Launch es un componente opcional de la instalación de EnergyPlus Windows. Para los usuarios que desean una forma sencilla de seleccionar archivos y ejecutar EnergyPlus. Además, EP-Launch puede ayudar a abrir un editor de texto para los archivos de entrada y salida, abrir una hoja de cálculo para los archivos de resultados del posprocesador, un navegador web para el archivo de resultados tabulares e iniciar un visor para el archivo de dibujo seleccionado.

## Capítulo 3. Metodología

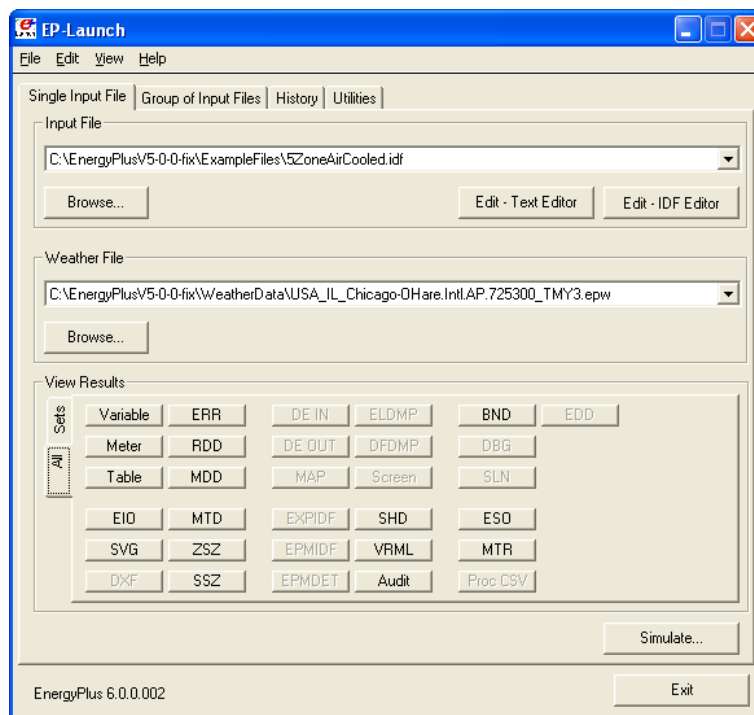


Figura 3.39. Pantalla de inicio de EP

Fuente: Documentación de la versión 23.1.0 de EnergyPlus™

### Iniciar EP-Lanzamiento:

EP-Launch se encuentra en el directorio/carpeta principal de EnergyPlus. Además, está disponible en el menú contextual de EnergyPlus. Al hacer doble clic en el ícono EP-Launch, obtiene la pantalla que se muestra arriba en la Figura 3.39, para ejecutar un solo archivo de entrada. El programa EP-Launch simplemente inicia otros programas y le permite evitar tener que usar la línea de comandos de DOS para ejecutar EnergyPlus. Se proporciona más ayuda para el programa en el menú "Ayuda"

### Selección de archivos de entrada y meteorológicos

El archivo de entrada y los archivos meteorológicos se pueden seleccionar en la pestaña Archivo de entrada único de las dos listas desplegables que muestran los archivos usados recientemente o puede presionar los botones "Examinar..." para ubicar un archivo de entrada o meteorológico que haya creado usted mismo. Si es la primera vez que usa EP-Launch, las listas desplegables mostrarán algunos archivos del subdirectorío ExampleFiles. Estos no son los únicos ejemplos, use la exploración para abrir otros archivos de ejemplo del subdirectorío ExampleFiles u otros archivos de entrada de EnergyPlus.

### Ejecución de un único archivo de entrada

En la pestaña Archivo de entrada único, después de seleccionar el clima y los archivos de entrada, simplemente presione el botón "Simular..." para iniciar el motor de simulación de energía del edificio EnergyPlus. En este punto, debería aparecer una ventana negra de DOS en su pantalla y mostrar el

### Capítulo 3. Metodología

progreso de su simulación. La simulación se completa cuando se cierra la caja negra de DOS. La ventana negra de DOS del programa EnergyPlus mostrará texto desplazable a medida que avanza el procedimiento de simulación. Si desea ver estos mensajes más lentamente, tiene dos opciones:

1) Presione la combinación de teclas "Control-S" para intentar detener el progreso y cualquier tecla para continuar.

2) En el menú "Ver" en el programa EP-Launch, seleccione "Opciones" y luego "Comando". Ventana" y luego marque "Pausar durante la simulación" y esto detendrá el proceso inmediatamente después de que se ejecute EnergyPlus. Para continuar después de la pausa, presione cualquier tecla.

Si el archivo contiene objetos paramétricos, el único archivo de entrada puede hacer que se realicen varias simulaciones. Si se realizan múltiples simulaciones, los archivos de salida se enumerarán en la pestaña Historial y se nombrarán con los sufijos de archivo definidos en el archivo de entrada o con un número de serie.

Se pueden iniciar varias simulaciones de grupo y archivo de entrada único al mismo tiempo. En una computadora con múltiples procesadores o múltiples núcleos, esto permitirá que las simulaciones se completen más rápidamente que comenzar una tras otra.

#### Mirando los resultados

Después de haber ejecutado una simulación y la ventana negra de DOS se cierra, EnergyPlus se ha completado y se muestra un mensaje de estado, como se muestra en la figura 3.40.



Figura 3.40. Estado de finalización del lanzamiento del EP

Fuente: Documentación de la versión 23.1.0 de EnergyPlus™

Este estado le brinda una descripción general rápida de si hubo advertencias (debería mirar), severo (probablemente debería arreglar) o fatal (debe arreglar) errores en la ejecución, así como el tiempo que tardó en completarse la simulación. Después de presionar "Aceptar" en este cuadro, seleccionar "Solo archivos de salida ERR/EIO/BND" en el menú "Ver" mostrará los archivos ERR, EIO y BND, lo que es útil cuando pueden haber ocurrido errores. Alternativamente, al presionar la tecla de función F2 se mostrarán los mismos tres archivos.

## Capítulo 3. Metodología

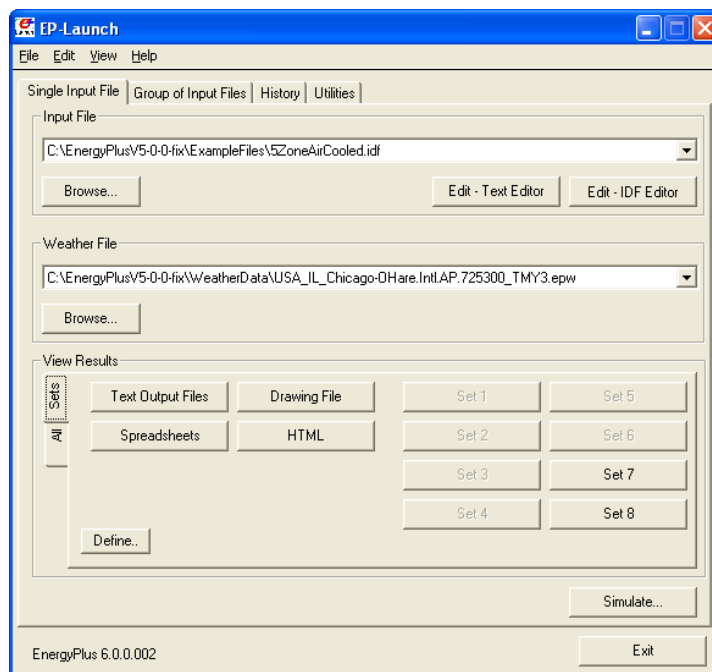


Figura 3.41. Lanzamiento de EP con la pestaña Conjuntos de Ver resultados.

Fuente: Documentación de la versión 23.1.0 de EnergyPlus™

Otra forma de abrir archivos fácilmente es usando los botones Ver resultados que se muestran en la Figura 3.41. Se pueden usar dos paneles diferentes de botones en Ver resultados, uno que se muestra usando la pestaña "Todos" en la borde izquierdo y usando la pestaña "Conjuntos" en el borde izquierdo. La pestaña "Todos" muestra todos los archivos por extensión de archivo que se pueden ver individualmente. Los archivos disponibles para su visualización según el nombre del archivo de entrada actual están "habilitados" (los nombres de las extensiones se pueden leer claramente).

La figura anterior muestra la misma pantalla principal de EP-Launch pero con la pestaña "Conjuntos" seleccionada en el borde izquierdo de la sección Ver resultados. Los botones en esta pestaña pueden abrir muchos archivos al mismo tiempo y son un atajo para abrir los archivos que se pueden usar comúnmente. Los botones Archivos de salida de texto, Archivos de dibujo y Hojas de cálculo hacen que se abran varios archivos de resultados diferentes a la vez en función del Archivo de entrada seleccionado actualmente. El archivo HTML abre solo el archivo de resultados tabulares si se produjo ese archivo (ver Output Control: Tabla: Estilo).

También puede ver los resultados usando uno de los tres botones ("Archivos de salida de texto", "Archivo de dibujo" y "Hojas de cálculo") en el área "Ver resultados" de la pantalla principal de inicio de EP. Al presionar el botón "Archivos de salida de texto", un editor de texto abrirá cada uno de los archivos de salida de texto.

## Capítulo 3. Metodología

Se abrirán hasta 29 archivos, si existen. Al seleccionar "Archivo único" en el menú "Ver", se muestra un menú de todos los archivos de salida disponibles desde los que se puede abrir cualquier archivo individualmente. Cada archivo también se puede abrir con una tecla de función asociada.

### **Ver el archivo de dibujo sin ejecutar una simulación**

El botón "Dibujo" (o la opción Archivo de dibujo del menú Ver) ejecutará automáticamente EPDrawGUI si el archivo DXF no existe o es más antiguo que el archivo de entrada. Esto permite ver la geometría del edificio sin ejecutar una simulación completa. Para obtener más información acerca de EPDrawGUI, consulte los Programas Auxiliares del documento.

### **Edición de los archivos de entrada**

El archivo de entrada, llamado archivo IDF que se selecciona de la lista desplegable superior, se puede editar presionando uno de los dos botones en el área "Archivo de entrada". El botón "Editar - Editor de texto" iniciará un editor de texto y "Editar - Editor IDF" iniciará el programa separado llamado Editor IDF. Recuerde guardar cualquier cambio que realice en cualquiera de los editores antes de volver a EP-Launch para ejecutar las simulaciones nuevamente.

### **3.5.1. Datos de Entrada en EnergyPlus (E+).**

Los siguientes archivos se ingresan al programa EnergyPlus.

#### **Archivos idf.**

El archivo de datos de entrada(IDF) es un archivo ASCII que contiene los datos que describen el edificio y el sistema HVAC que se va a simular. Muchos archivos de ejemplo se instalan como parte de la instalación de EnergyPlus. Además, un archivo de hoja de cálculo "ExampleFiles.xls" contiene descripciones en columnas de las características de cada archivo.

#### **Archivos epw.**

El Tiempo EnergyPlus. El archivo es un archivo ASCII que contiene los datos meteorológicos por hora o por hora necesarios para el programa de simulación. El formato de los datos se describe en detalle en el Documento de Programas Auxiliares. También se describe sucintamente en el documento de referencia de entrada y salida.

### **3.5.2. Archivos de salida primarios en EnergyPlus (E+).**

Los siguientes archivos de salida son los más importantes para los usuarios principiantes. Luego, está la sección sobre archivos de "otra salida". Y, más información sobre los archivos de salida (lista completa) se muestra en el Detalles de salida y ejemplos de la "Documentación de la versión 23.1.0 de EnergyPlus™".

### Capítulo 3. Metodología

#### Archivos csv.

Cuando se ejecuta normalmente, EP-Launch y EnergyPlus crean automáticamente archivos de salida estándar (eso) y de salida del medidor (mtr) posprocesados en archivos csv (variables separadas por comas) en columnas. Estos archivos están listos para ser leídos por programas de hojas de cálculo (como ExcelTM).

#### Archivos htm/html.

Varias de las opciones de informes producen archivos html que se pueden leer en navegadores web estándar. Estos son archivos llenos de información muy poderosos, aunque tenga cuidado con la sobrecarga de información.

#### 3.5.3. Indicadores del consumo de energía del edificio.

Los indicadores de consumo de las dos edificaciones tipo fueron determinados en base a las especificaciones técnicas del Documento Base de Contrataciones Directas de la AEVIVIENDA, la tabla 3.15. muestra la configuración de los consumos de ambas edificaciones.

Tabla 3.15. Indicadores de consumo de la Vivienda 1 y 2.

Vivienda 1:				Vivienda 2:			
Area=	35,9246	m2		Area=	37,6081	m2	
Volumen=	79,0349	m3		Volumen=	107,7351	m3	
Altura media=	2,20002171	m		Altura media=	2,86467809	m	
personas=	1,840338	numero personas		personas=	1,941348	numero personas	
Iluminación=	359,246	W		Iluminación=	376,081	W	
Equipos eléctricos=	179,623	W		Equipos eléctricos=	188,0405	W	
Infiltración=	0,032931	m3/s	1,49999051 renh	Infiltración=	0,04489	m3/s	1,50001253 renh
Ventilación=	0,109771	m3/s	5,00001392 renh	Ventilación=	0,149632	m3/s	4,99999722 renh

Fuente: Elaboración propia en base a las simulaciones del software EnergyPlus.

Finalmente, para llevar a cabo una simulación E+ (como se menciona en el apartado EnergyPlus) el archivo de entrada (.idf) que provee una descripción de la construcción del edificio y el archivo de clima (.epw) que describe el clima de la zona donde se encuentra ubicado el edificio.

Posteriormente se realizan las simulaciones de comportamiento energético en el programa EnergyPlus, calculando las necesidades de calefacción y aire acondicionado, según las condiciones de bienestar en verano e invierno, generando así los indicadores y resultados del comportamiento de las edificaciones tipo de la región de estudio.

## Capítulo 3. Metodología

### Capítulo 4. Resultados

#### 4.1. Generación de Ficheros Climáticos.

Los resultados del segundo nivel de investigación fueron la generación de 93 ficheros climáticos (Archivos EPW), estos presentan información recopilada entre los años 2000 a 2020. En un archivo climático EPW, cada dato horario y mensual ha sido tratado estadísticamente, de manera que la información pueda ser representativa de las condiciones promedio mensuales recopiladas durante diversos años, la Figura 4.1. presenta un segmento de datos horarios de un fichero climático:

Date/Time	Dry Bulb Temperature [C]	Wet Bulb Temperature [C]	Atmospheric Pressure [kPa]	Relative Humidity %	Dew Point Temperature [C]	Global Solar [Wh/m2]	Normal Solar [Wh/m2]	Diffuse Solar [Wh/m2]	Wind Speed [m/s]
2021/01/01 @ 00:00:00	7.8	6.87	64.3	80	4.58	0	0	0	2
2021/01/01 @ 01:00:00	7.6	4.76	64.3	71	2.68	0	0	0	1.7
2021/01/01 @ 02:00:00	7.2	4.3	64.3	70	2.1	0	0	0	1.8
2021/01/01 @ 03:00:00	7	4.12	64.3	70	1.9	0	0	0	2.1
2021/01/01 @ 04:00:00	6.8	3.84	64.3	69	1.51	0	0	0	1.6
2021/01/01 @ 05:00:00	6.7	3.95	64.3	71	1.81	0	0	0	1.8
2021/01/01 @ 06:00:00	7	4.02	64.3	69	1.7	15.85	21	18	1.4
2021/01/01 @ 07:00:00	9.5	5.02	64.3	58	1.65	316.06	604	131	2.1
2021/01/01 @ 08:00:00	11.7	6.14	64.3	52	2.17	554.77	949	70	2
2021/01/01 @ 09:00:00	14	6.77	64.3	43	1.62	781.53	1004	70	3.9
2021/01/01 @ 10:00:00	16.1	6.96	64.3	34	0.22	952.05	1004	93	3.9
2021/01/01 @ 11:00:00	17.9	7.75	64.3	31	0.52	1058.83	986	120	4.1
2021/01/01 @ 12:00:00	19.3	8.18	64.3	28	0.33	1100.01	963	145	4.5
2021/01/01 @ 13:00:00	20.2	8.4	64.26	26	0.07	1074.53	966	136	5.2
2021/01/01 @ 14:00:00	20.7	8.74	64.22	26	0.5	882.45	978	109	4.8
2021/01/01 @ 15:00:00	20.8	9.01	64.18	27	1.12	831	988	80	5.7
2021/01/01 @ 16:00:00	20.3	9.27	64.14	30	2.17	629.55	975	58	5
2021/01/01 @ 17:00:00	19.2	9.05	64.09	33	2.55	389.49	886	54	5
2021/01/01 @ 18:00:00	17.5	10.16	64.05	47	6.1	124.8	521	45	3.9
2021/01/01 @ 19:00:00	15.8	8.01	64.01	42	2.93	0	0	0	3.4
2021/01/01 @ 20:00:00	15	9.59	63.97	57	6.58	0	0	0	3
2021/01/01 @ 21:00:00	14.2	10.75	63.93	71	9.05	0	0	0	2.2
2021/01/01 @ 22:00:00	13.4	10.52	63.89	75	9.09	0	0	0	1.8
2021/01/01 @ 23:00:00	12.6	10.25	63.85	79	9.09	0	0	0	1.6
2021/01/02 @ 00:00:00	12	10.03	63.8	82	9.06	0	0	0	2
2021/01/02 @ 01:00:00	11.6	9.88	63.76	84	9.02	0	0	0	3.2
2021/01/02 @ 02:00:00	11.1	9.4	63.72	84	8.53	0	0	0	4.3
2021/01/02 @ 03:00:00	10.8	9.11	63.68	84	8.24	0	0	0	3.9
2021/01/02 @ 04:00:00	10.6	8.92	63.64	84	8.04	0	0	0	4.5
2021/01/02 @ 05:00:00	10.4	8.73	63.6	84	7.84	0	0	0	3.9
2021/01/02 @ 06:00:00	10.5	8.83	63.56	84	7.94	8	0	8	4.3

Figura 4.1. Segmento de datos horarios del fichero climático “ACHIRI-hour.epw”.  
Fuente: Elaboración propia, herramienta Software Elements.

A través del artículo “Archivos climáticos epw.” (Archivos Climáticos Epw - Issuu, n.d.), se presentan los datos característicos contenidos en los archivos climáticos:

- Temperatura de bulbo seco se refiere a la temperatura del aire medido con un termómetro común en el aire. Se presenta el promedio por hora.
- Temperatura de bulbo húmedo es la temperatura mostrada por un termómetro envuelto en un paño de algodón empapado en agua. Se diferencia de la temperatura de bulbo seco porque considera la cantidad de evaporación y, por tanto, de humedad.
- Iluminancia global es la cantidad de iluminación (lux) que incide sobre una superficie horizontal. Incluye la luz directa proveniente del Sol y la luz difusa de la bóveda celeste.

### Capítulo 3. Metodología

- Irradiación global es la cantidad de energía procedente de la radiación solar que incide sobre una superficie horizontal durante una hora. Se entiende como la suma de la radiación directa y la difusa.

- Irradiación solar directa cuantifica la irradiación incidente en una superficie perpendicular a los rayos solares; no incluye la radiación difusa.

- Dirección del viento presenta los puntos cardinales desde los cuales llega el viento. Usualmente se mide a 10 metros de altura en una locación sin obstrucciones (por ejemplo, aeropuertos).

- Velocidad del viento, se presenta el promedio por hora.

- Cobertura del cielo es una estimación visual de la proporción de nubosidad que cubre el cielo. Los valores nominales son cero cuando el cielo está despejado y 8 cuando está totalmente nublado.

Los resultados finales de la generación de noventa y tres ficheros climáticos (93 archivos en formato epw.), se encuentran desarrollados en el punto “4.5 Cálculo de severidad climática de una estación meteorológica” y el detalle por Estación Meteorológica desglosados en los anexos del presente documento.

### Capítulo 3. Metodología

#### 4.2. La Distancia entre un Municipio “X” y una Estación “Y”.

Mediante la **Ley Esférica de Cosenos** se calcula la distancia entre dos puntos conocidos latitud y longitud (Municipio “X” y una Estación “Y”), que es la distancia más corta entre dos puntos en la superficie de una esfera, medida a lo largo de la superficie de la esfera. La distancia entre dos puntos en el espacio euclidiano es la longitud de una línea recta entre ellos, pero en la esfera no hay líneas rectas. En espacios con curvatura, las líneas rectas son reemplazadas por geodésicas. Las geodésicas en la esfera son círculos en la esfera cuyos centros coinciden con el centro de la esfera y se denominan 'grandes círculos'.

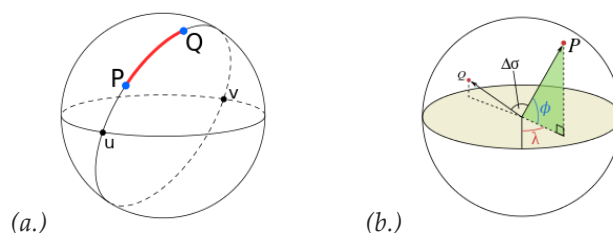


Figura 4.2. Distancia del gran círculo: (a) Diagrama que ilustra la distancia de círculo máximo (dibujada en rojo) entre dos puntos de una esfera, P y Q. (b.) Una ilustración del ángulo central,  $\Delta\sigma$ , entre dos puntos, P y Q.  $\lambda$  y  $\phi$  son los ángulos longitudinal y latitudinal de P.

Fuente: [https://en.wikipedia.org/wiki/Great-circle\\_distance](https://en.wikipedia.org/wiki/Great-circle_distance).

Dejar  $\lambda_1, \phi_1, \lambda_2, \phi_2$  ser la longitud y latitud geográficas de dos puntos 1 y 2, y  $\Delta\lambda, \Delta\phi$  sean sus diferencias absolutas; entonces  $\Delta\sigma$ : el ángulo central entre ellos, viene dado por la ley esférica de los cosenos si uno de los polos se usa como tercer punto auxiliar en la esfera:

$$\Delta\sigma = \arccos(\sin \phi_1 \sin \phi_2 + \cos \phi_1 \cos \phi_2 \cos(\Delta\lambda))$$

A continuación, el mapa de ubicación de capital de municipio y las Estaciones Meteorológicas:

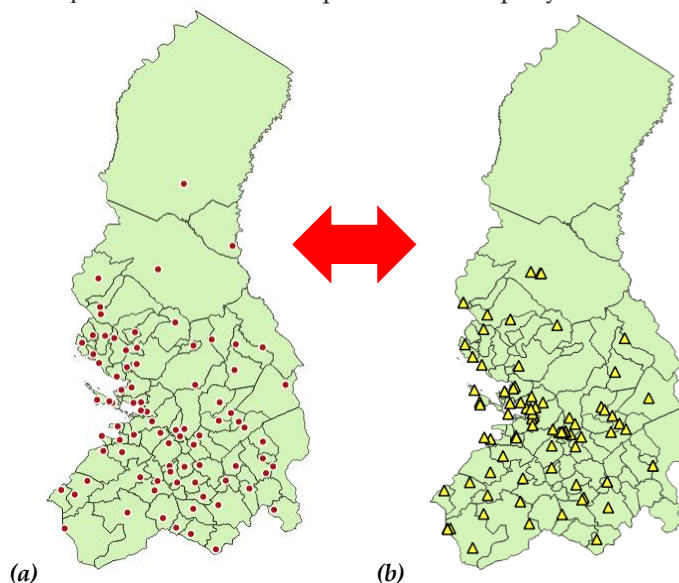


Figura 4.3. Mapa de Ubicación: (a) Capital de Municipios, (b) Estaciones Meteorológicas

Fuente: Elaboración propia, herramienta QGIS.

### Capítulo 3. Metodología

Aplicando la **Ley Esférica de Cosenos** se obtiene de la distancia entre dos puntos conocidos latitud y longitud. La tabla 4.1. muestra una parte de los resultados y la fórmula utilizada para este cálculo es:

$$=ACOS(SENO(\$F10)*SENO(H\$8)+COS(\$F10)*COS(H\$8)*COS('delta longitud'!H10))*6371$$

Tabla 4.1. Hoja de Cálculo de la Distancia entre dos puntos conocidos (latitud y longitud)

Nº	MUNICIPIOS	ALTITUD	LATITUD	LONGITUD	LATITUD (radianes)	LONGITUD (radianes)	1	2	3	4	5	
							Estación Meteorológica	Achumani	Apolo Aeropuerto	Ayo Ayo	Calacoto	Camata
							ALTITUD	3200	1406	3888	3826	2250
							LATITUD	-16,530833	-14,732778	-17,093767	-17,282847	-15,2483
							LONGITUD	-68,071389	-68,4125	-68,007499	-68,634583	-68,745
							LATITUD (radianes)	-0,28851746	-0,25713548	-0,29834252	-0,30164258	-0,26613304
							LONGITUD (radianes)	-1,18806986	-1,19402337	-1,18695477	-1,19789945	-1,19982659
1	Ixiamas	245	-13,7699	-68,1253	-0,240330093	-1,189010789	307,0562537	111,451322	369,812693	394,412779	177,409618	
2	Palos Blancos	419	-15,5839	-67,252	-0,271990365	-1,173768829	136,9411947	156,427677	186,239625	239,645521	164,333435	
3	Guanay	432	-15,4979	-67,8823	-0,270489382	-1,184769639	116,6213148	102,359987	177,954651	214,085591	96,5696619	
4	Teoponte	438	-15,4966	-67,8167	-0,270466693	-1,183624703	118,179118	106,321191	178,760427	216,938058	103,287638	
5	Tipuani	510	-15,5641	-68,0188	-0,27164479	-1,187152013	107,6425981	101,638984	170,095484	202,085417	85,4013926	
6	Mapiri	587	-15,3076	-68,2206	-0,267168021	-1,190674088	136,9498581	67,1577084	199,911821	224,036951	56,6350035	
7	Caranavi	593	-15,8358	-67,5649	-0,27638685	-1,179229964	94,33045591	152,670843	147,626894	197,199397	142,303051	
8	San Buenaventura	683	-14,4581	-67,5867	-0,252341449	-1,179610446	236,2558702	93,963847	296,510981	333,489902	152,377021	
9	La Asunta	750	-16,1255	-67,1969	-0,281443069	-1,172807152	103,6309041	202,383313	138,029748	200,012825	192,300502	
10	Alto Beni	1032	-15,805	-67,2	-0,275849288	-1,172861257	123,1839469	176,439559	167,186955	224,466424	176,721727	
11	Apolo	1437	-14,7192	-68,4114	-0,256898503	-1,194004176	204,7081356	1,51443204	267,548577	286,060746	68,8866419	
12	Villa Libertad Licoma	1555	-16,63	-67,25	-0,290248255	-1,173733922	88,22833676	244,931539	95,6923568	164,184447	221,705897	
13	Coroico	1619	-16,1942	-67,7288	-0,28264211	-1,182090558	52,31765694	178,256969	104,340893	154,777272	151,304573	
14	Tacacoma	1666	-16,3	-67,45	-0,284488668	-1,17722458	71,07525629	202,491624	106,376383	166,869164	181,322969	
15	Coripata	1715	-16,3134	-67,6036	-0,284722542	-1,179905406	55,44306042	195,961049	96,8499163	153,833056	170,125671	

\* Nota. - El presente cuadro es un segmento de los resultados, en Anexo de este documento se encuentra el detalle completo de estos resultados.

Previamente se debe calcular el **delta longitud** ( $\Delta\lambda$ ) que representa el valor absoluto de las longitudes, la tabla 4.2. muestra una parte de los resultados.

Tabla 4.2. Hoja de Cálculo del valor absoluto de las longitudes.

Nº	MUNICIPIOS	ALTITUD	LATITUD	LONGITUD	LATITUD (radianes)	LONGITUD (radianes)	1	2	3	4	5	
							Estación Meteorológica	Achumani	Apolo Aeropuerto	Ayo Ayo	Calacoto	Camata
							ALTITUD	3200	1406	3888	3826	2250
							LATITUD	-16,530833	-14,732778	-17,093767	-17,282847	-15,2483
							LONGITUD	-68,071389	-68,4125	-68,007499	-68,634583	-68,745
							LATITUD (radianes)	-0,28851746	-0,25713548	-0,29834252	-0,30164258	-0,26613304
							LONGITUD (radianes)	-1,18806986	-1,19402337	-1,18695477	-1,19789945	-1,19982659
1	Ixiamas	245	-13,7699	-68,1253	-0,24033009	-1,189010789	0,00094092	0,00501259	0,00205602	0,00888867	0,01081581	
2	Palos Blancos	419	-15,5839	-67,252	-0,27199037	-1,173768829	0,01430104	0,02025455	0,01318595	0,02413063	0,02605777	
3	Guanay	432	-15,4979	-67,8823	-0,27048938	-1,184769639	0,00330023	0,00925374	0,00218513	0,01312982	0,01505696	
4	Teoponte	438	-15,4966	-67,8167	-0,27046669	-1,183624703	0,00444516	0,01039867	0,00333007	0,01427475	0,01620189	
5	Tipuani	510	-15,5641	-68,0188	-0,27164479	-1,187152013	0,00091785	0,00687136	0,00019724	0,01074744	0,01267458	
6	Mapiri	587	-15,3076	-68,2206	-0,26716802	-1,190674088	0,00260422	0,00334929	0,00371931	0,00722537	0,00915251	
7	Caranavi	593	-15,8358	-67,5649	-0,27638685	-1,179229964	0,0088399	0,01479341	0,00772481	0,01866949	0,02059663	
8	San Buenaventura	683	-14,4581	-67,5867	-0,25234145	-1,179610446	0,00845942	0,01441293	0,00734433	0,01828901	0,02021615	
9	La Asunta	750	-16,1255	-67,1969	-0,28144307	-1,172807152	0,01526271	0,02121622	0,01414762	0,0250923	0,02701944	
10	Alto Beni	1032	-15,805	-67,2	-0,27584929	-1,172861257	0,01520861	0,02116212	0,01409352	0,0250382	0,02696534	
11	Apolo	1437	-14,7192	-68,4114	-0,2568985	-1,194004176	0,00593431	1,9199E-05	0,0070494	0,00389528	0,00582242	
12	Villa Libertad Licoma	1555	-16,63	-67,25	-0,29024825	-1,173733922	0,01433594	0,02028945	0,01322085	0,02416553	0,02609267	
13	Coroico	1619	-16,1942	-67,7288	-0,28264211	-1,182090558	0,00597931	0,01193282	0,00486422	0,0158089	0,01773604	
14	Tacacoma	1666	-16,3	-67,45	-0,28448867	-1,17722458	0,01084528	0,01679879	0,00973019	0,02067487	0,02260201	
15	Coripata	1715	-16,3134	-67,6036	-0,28472254	-1,179905406	0,00816446	0,01411797	0,00704937	0,01799405	0,01992119	

\* Nota. - El presente cuadro es un segmento de los resultados, en Anexo de este documento se encuentra el detalle completo de estos resultados.

### Capítulo 3. Metodología

#### 4.3. Distancia mínima del Municipio “X” a la Estación “Y”.

Previamente a este cálculo se calculan las distancias entre Municipios “X” y estaciones meteorológicas “Y”.

De manera general trazamos un radio de influencia de 50 kilómetros (km) alrededor del Municipio “X” y verificamos cuantas estaciones “Y” quedan dentro de este radio.

Excepcionalmente para municipios muy apartados y cuando no queda ninguna Estación o quedan menos de 3 estaciones ampliamos el círculo hasta 120 kilómetros (km), como se demuestra en la Figura

4.4. Mapa de Distancia mínima del Municipio “X” a la Estación “Y”.

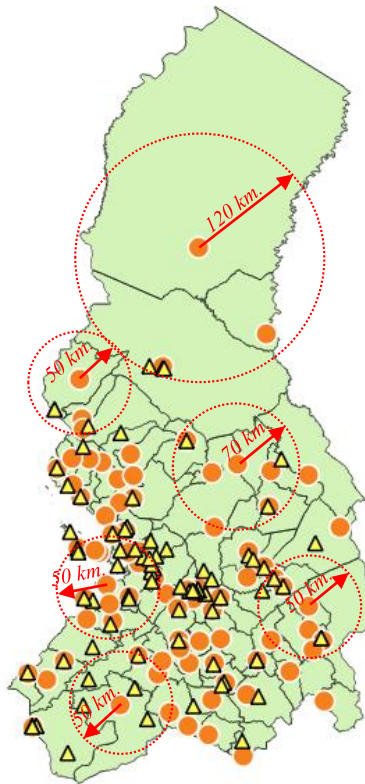


Figura 4.4. Mapa de Distancia mínima del Municipio “X” a la Estación “Y”

Fuente: Elaboración propia, herramienta QGIS y hoja de cálculo Excel.

La tabla 4.3. demuestra que aplicando un radio de 50 kilómetros de manera general a cada capital de municipio se obtiene por lo menos 3 estaciones dentro de ese radio. Sin embargo, en los municipios de Ixiamas, Palos Blancos, Tipuani, Mapiri, San Buena Aventura, se tuvo la necesidad de aplicar un rango de radio de 67 a 120 kilómetros para obtener mínimamente 3 estaciones meteorológicas.

### Capítulo 3. Metodología

Tabla 4.3. Cantidad de Estaciones Meteorológicas aplicando un radio de ubicación.

Nº	MUNICIPIOS	Distancia Mínima (Km)	Cantidad Estaciones	Nº	MUNICIPIOS	Distancia Mínima (Km)	Cantidad Estaciones
1	Ixiamas	120	5	45	San Andrés de Machaca	50	10
2	Palos Blancos	70	3	46	Puerto Mayor de Carabuco	50	12
3	Guanay	50	3	47	Escoma	50	7
4	Teoponte	50	3	48	Achacachi	50	25
5	Tipuani	70	3	49	Villa Ancoraimes	50	16
6	Mapiri	67	3	50	Chacarilla	50	6
7	Caranavi	50	4	51	Umala	50	6
8	San Buenaventura	95	4	52	Puerto Acosta	50	7
9	La Asunta	50	4	53	Santiago de Huata	50	23
10	Alto Beni	50	3	54	Batallas	50	30
11	Apolo	50	3	55	Huarina	50	24
12	Villa Libertad Licoma	50	5	56	San Pedro de Tiquina	50	24
13	Coroico	50	10	57	Jesús de Machaca	50	11
14	Tacacoma	50	7	58	Taraco	50	22
15	Coripata	50	9	59	Laja	50	29
16	Chulumani	50	8	60	Tiahuanacu	50	21
17	Quiabaya	50	9	61	Puerto Pérez	50	24
18	Irupana	50	7	62	Copacabana	50	14
19	Yanacachi	50	15	63	Viacha	50	23
20	Chua Cocani	50	6	64	Pucarani	50	30
21	Aucapata	50	6	65	Collana	50	23
22	Cajuata	50	3	66	Ayo Ayo	50	16
23	Luribay	50	6	67	San Pedro de Curahuara	50	5
24	Inquisivi	50	4	68	Santiago de Machaca	50	7
25	Sorata	50	9	69	Cairoma	50	6
26	Chuma	50	7	70	Sicasica	50	8
27	Quime	50	5	71	Puerto Mayor de Guaqui	50	16
28	Mecapaca	50	15	72	Huatajata	50	25
29	Sapahaqui	50	15	73	Caquiaviri	50	6
30	Combaya	50	11	74	Tito Yupanqui	50	20
31	Mocomoco	50	6	75	Calamarca	50	13
32	Calacoto	50	19	76	Corocoro	50	10
33	Palca	50	17	77	El Alto	50	24
34	Ayata	50	4	78	Waldo Ballivian	50	7
35	Pelechuco	50	4	79	Curva	50	7
36	La Paz	50	22	80	Charaña	50	8
37	Yaco	50	6	81	Humanata	50	10
38	Achocalla	50	22	82	Colquencha	50	7
39	Papel Pampa	50	4	83	Ichoca	50	11
40	Malla	50	6	84	Comanche	50	6
41	Santiago de Callapa	50	4	85	Catacora	50	8
42	Patacamaya	50	7	86	Colquiri	50	6
43	Nazacara de Pacajes	50	9	87	Charazani	50	7
44	Desaguadero	50	11				

La tabla 4.3. muestra los resultados de la aplicación de un radio de ubicación de 50 kilómetros, obteniendo un rango de 3 hasta 30 Estaciones Meteorológicas en algunos casos, sin embargo, en los municipios de Ixiamas, Palos Blancos, Tipuani, Mapiri, San Buena Aventura, se tuvo que aplicar un rango de radio de 67 a 120 kilómetros para obtener un rango de 3 a 5 estaciones meteorológicas.

### Capítulo 3. Metodología

#### 4.4. Factor de peso (Wxy) para el municipio “X” con la Estación “Y”.

La forma más simple de interpolación ponderada de distancia inversa es la función nodal constante, a veces denominada "método de Shepard" (Shepard 1968). La ecuación utilizada es la siguiente:

$$W_{xy} = \frac{1/(\text{Distancia XY})^2}{\sum_{xy}^n (1/(\text{Distancia XY})^2)}$$

Donde Wxy, es el factor de peso para el municipio “X” con la Estación “Y”, realizando un emparejamiento entre municipios y estaciones, a continuación, se muestra la hoja de cálculo:

Tabla 4.4. Factor de peso para el municipio “X” con la Estación “Y”

		Nº					
		1	2	3	4	5	
		Estación Meteorológica	Achumani	Apolo Aeropuerto	Ayo Ayo	Calacoto	Camata
ALTITUD			3200	1406	3888	3826	2250
LATITUD			-16,530833	-14,732778	-17,093767	-17,282847	-15,2483
LONGITUD			-68,071389	-68,4125	-68,007499	-68,634583	-68,745
LATITUD (radianes)			-0,28851746	-0,25713548	-0,29834252	-0,30164258	-0,26613304
LONGITUD (radianes)			-1,18806986	-1,19402337	-1,18695477	-1,19789945	-1,19982659
Nº	MUNICIPIOS	ALTITUD	LATITUD	LONGITUD	LATITUD (radianes)	LONGITUD (radianes)	
1	Ixiamas	245	-13,7699	-68,1253	-0,24033009	-1,189010789	
2	Palos Blancos	419	-15,5839	-67,252	-0,27199037	-1,173768829	8,0506E-05
3	Guanay	432	-15,4979	-67,8823	-0,27048938	-1,184769639	
4	Teoponte	438	-15,4966	-67,8167	-0,27046669	-1,183624703	
5	Tipuani	510	-15,5641	-68,0188	-0,27164479	-1,187152013	
6	Mapiri	587	-15,3076	-68,2206	-0,26716802	-1,190674088	0,00031177
7	Caranavi	593	-15,8358	-67,5649	-0,27638685	-1,179229964	
8	San Buenaventura	683	-14,4581	-67,5867	-0,25234145	-1,179610446	0,00011326
9	La Asunta	750	-16,1255	-67,1969	-0,28144307	-1,172807152	
10	Alto Beni	1032	-15,805	-67,2	-0,27584929	-1,172861257	
11	Apolo	1437	-14,7192	-68,4114	-0,2568985	-1,194004176	0,43601399
12	Villa Libertad Licoma	1555	-16,63	-67,25	-0,29024825	-1,173733922	

\* Nota. - El presente cuadro es un segmento de los resultados, en Anexo de este documento se encuentra el detalle completo de estos resultados.

#### 4.5. Cálculo de severidad climática de una estación meteorológica.

El índice de severidad climática de una estación meteorológica (Estación “Y”) de cada vivienda se calcula con la media de los resultados de severidad climática de esa estación entre las viviendas tipo determinadas en el área de estudio, a continuación, se expresa la ecuación:

$$SC\_Estación\ "Y" = MEDIA (SC\_Estación\ "Y" \text{ para cada vivienda})$$

Para este caso, la media de los resultados de una determinada estación (Estación “Y”) entre cada una de las viviendas tipo (Vivienda tipo 1 y Vivienda 2) adoptadas para nuestra área de estudio, se obtiene un promedio de severidades climáticas (SCI y SCV) por cada estación meteorológica, a continuación, se muestra la hoja de cálculo:

### Capítulo 3. Metodología

Tabla 4.5. Cálculo índice de severidad climática para un Municipio "X".

RATIO DE REFRIGERACION Y CALEFACCION EN RELACION CON LA ESTACION QUE ORIGINA EL VALOR MÁXIMO							
Estacion con la Máxima Demanda de Verano.		Estacion con la Máxima Demanda de Invierno		Estacion con la Máxima Demanda de Verano.		Estacion con la Máxima Demanda de Invierno	
MAPIRI-hourMeter.csv		ALTO_ACHACHICALA-hourMeter.csv		MAPIRI-hourMeter.csv		ALTO_ACHACHICALA-hourMeter.csv	
2698561377		40773506750		1861470363		54645984754	
VIVIENDA 1				VIVIENDA 2			
Nº	ESTACIONES METEOROLOGICAS	SCV	SCI	SCV	SCI	PROMEDIO	SCI
1	ACHIRI-hourMeter.csv	6,18197E-05	0,532225182	0,000138307	0,577200284	0,000100064	0,554712733
3	ALTO_ACHACHICALA-hourMeter.csv	0	1	0	1	0	1
4	APOLO-hourMeter.csv	0,460162998	0,015141755	0,429566796	0,024604481	0,444864897	0,019873118
5	APOLO_-_2-hourMeter.csv	0,758761224	0,000411825	0,734844696	0,00109433	0,74680296	0,000753078
6	APOLO_SENAMHI-hourMeter.csv	0,58039359	0,005084857	0,53523969	0,008667796	0,55781664	0,006876326
7	AYO_AYO-hourMeter.csv	5,3604E-05	0,628669718	0,000193973	0,664485836	0,000123788	0,646577777
8	BATALLAS_AUT-hourMeter.csv	0	0,535270317	0	0,5700412	0	0,552655759
9	BATALLAS_YAURICHAMBI-hourMeter	1,07559E-05	0,563272789	3,37053E-05	0,605855887	2,22306E-05	0,584564338
10	CALACOTO-hourMeter.csv	5,86805E-05	0,614928623	0,000157199	0,660984798	0,00010794	0,637956711
11	CAMATA-hourMeter.csv	0,460302028	0,00211954	0,443428708	0,004181507	0,451865368	0,003150524
12	CAQUIAVIRI-hourMeter.csv	7,21747E-05	0,621469897	0,000183744	0,666104435	0,000127959	0,643787166
13	CARABUCO-hourMeter.csv	0	0,635464434	0	0,662937751	0	0,649201093
14	CARANAVI-hourMeter.csv	0,970406831	7,608E-05	0,96325896	0,000265029	0,966832896	0,000170555
15	CARMEN_PAMPA-hourMeter.csv	0,260643121	0,020248624	0,238253452	0,032508602	0,249448286	0,026378613

\* Nota. - El presente cuadro es un segmento de los resultados, en Anexo de este documento se encuentra el detalle completo de los resultados.

La tabla 4.5. demuestra un segmento de los resultados de cálculo realizado a las Severidades Climáticas de Invierno y Verano que resultan del promedio entre las dos viviendas tipo, obtenemos la bondad de la aproximación de la Severidad Climática de Verano e Invierno que representa la validación del método propuesto, a continuación, se muestra la figura 4.5. obtenida según los resultados.

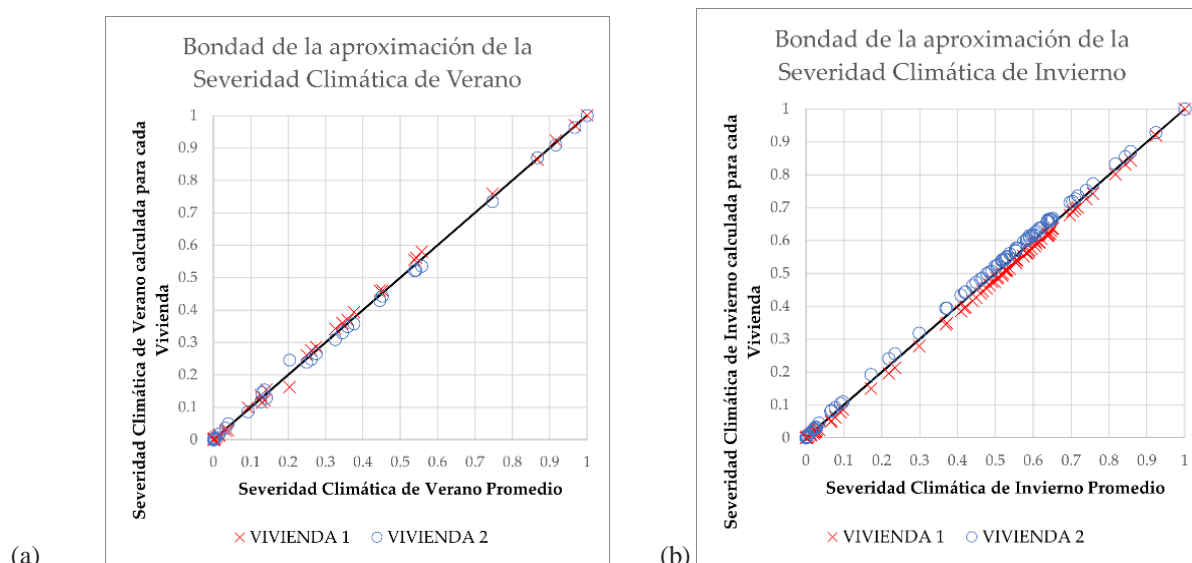


Figura 4.5. Bondad de aproximación de la Severidad Climática (a) Verano; (b) Invierno

### Capítulo 3. Metodología

#### 4.6. Cálculo la severidad climática de la estación “Y” para la Vivienda “Z”.

Se calcula como la demanda de consumo de la vivienda “Z” en la estación “Y”, dividido por la demanda de consumo de calefacción y refrigeración de la vivienda “Z” en la estación de referencia, a continuación, se expresa dicha ecuación:

$$SC\_Estación\ "Y"\_Vivienda\ "Z" = DEMANDA\_Vivienda\ "Z"\_Estación\ "Y" / Demanda\_Vivienda\ "Z"\_estación\ de\ referencia.$$

Para este caso, se calcula la demanda de consumo (Calefacción y Refrigeración) de la Vivienda 1 en la estación “Y” (Achiri-hourMeter.csv), el resultado se divide la demanda máxima de Verano (Estación Mapiri) y de Invierno (Estación Alto\_Achachicala) y así obtener un cociente adimensional.

El motivo de haber elegido la Estación de Mapiri y la Estación Alto\_Achachicala, es porque son las estaciones para las cuales se obtiene máximas demandas de consumo de refrigeración y calefacción respectivamente.

Tabla 4.6. Calculo de la demanda de la vivienda “Z” en la estación “Y”

		RATIO DE REFRIGERACIÓN Y CALEFACCIÓN EN RELACIÓN CON LA ESTACIÓN QUE ORIGINA EL VALOR MÁXIMO			
		Estacion con la Máxima Demanda de Verano.		Estacion con la Máxima Demanda de Invierno	
		MAPIRI-hourMeter.csv		ALTO_ACHACHICALA-hourMeter.csv	
		2698561377		40773506750	
		VIVIENDA 1		VIVIENDA 1	
Nº	ESTACIONES METEOROLOGICAS	DistrictCooling:Facility [J](RunPeriod)	DistrictHeating:Facility [J](RunPeriod)	SCV	SCI
1	ACHIRI-hourMeter.csv	166824,3623	21700687058	6,18197E-05	0,532225182
3	ALTO_ACHACHICALA-hourMeter.csv	0	40773506750	0	1
4	APOLO-hourMeter.csv	1241778093	617382441,4	0,460162998	0,015141755
5	APOLO_-_2-hourMeter.csv	2047563733	16791566,6	0,758761224	0,000411825
6	APOLO_SENAMHI-hourMeter.csv	1566227725	207327460,8	0,58039359	0,005084857
7	AYO_AYO-hourMeter.csv	144653,7731	25633068982	5,3604E-05	0,628669718
8	BATALLAS_AUT-hourMeter.csv	0	21824847891	0	0,535270317
9	BATALLAS_YAURICHAMBI-hourMeter	29025,48777	22966606867	1,07559E-05	0,563272789
10	CALACOTO-hourMeter.csv	158352,895	25072796356	5,86805E-05	0,614928623
11	CAMATA-hourMeter.csv	1242153275	86421091,25	0,460302028	0,00211954
12	CAQUIAVIRI-hourMeter.csv	194767,7844	25339507045	7,21747E-05	0,621469897
13	CARABUCO-hourMeter.csv	0	25910113404	0	0,635464434
14	CARANAVI-hourMeter.csv	2618702395	3102048,691	0,970406831	7,608E-05
15	CARMEN_PAMPA-hourMeter.csv	703361458,8	825607425,3	0,260643121	0,020248624

\* Nota. - El presente cuadro es un segmento de los resultados, en Anexo de este documento se encuentra el detalle completo de estos resultados.

#### 4.7. Cálculo de un índice de Severidad Climática de un Municipio.

El índice de severidad climática de una localidad o municipio “X” es igual a la Sumatoria de la Severidad Climática de una serie de estaciones (Estación “Y”) multiplicado por un factor de peso (w x Y), y este factor de peso depende del municipio “X” y depende de la estación meteorológica “Y”, debiendo cumplir con la sumatoria del factor (w x Y) sea igual a (1), a continuación, se expresa dicha ecuación:

$$SC\_Municipio\ "X" = \sum (SC\_estación\ "Y" * "w\ x\ Y")$$

### Capítulo 3. Metodología

Debe Cumplir:

$$\sum (w \times Y) = 1$$

Para este caso, la severidad climática de cada municipio sería la sumatoria de las severidades climáticas aplicadas para invierno y verano de un total de 84 estaciones meteorológicas identificadas en nuestra área de estudio, multiplicadas por el factor de peso de cada municipio y de cada estación meteorológica, como se muestra en la Tabla 4.7. en el cálculo de severidad climática:

Tabla 4.7 Cálculo índice de severidad climática para un Municipio "X"

Nº	2	3	4	5
Estación Meteorológica	Apolo Aeropuerto	Ayo Ayo	Calacoto	Camata
Σ Sumatoria SC para Invierno (SCI)	0,00075308	0,64657778	0,63795671	0,00315052
Σ Sumatoria SC para Verano (SCV)	0,74680296	0,00012379	0,00010794	0,45186537

Nº	MUNICIPIOS	ALTITUD	LATITUD	LONGITU D	Severidad Climática de Invierno	Severidad Climática de Verano
1	Ixiamas	245	-13,7699	-68,1253	0,00509867	0,82291849
2	Palos Blancos	419	-15,5839	-67,252	0,01795181	0,89659026
3	Guanay	432	-15,4979	-67,8823	0,00959953	0,94578861
4	Teoponte	438	-15,4966	-67,8167	0,01225872	0,93228106
5	Tipuani	510	-15,5641	-68,0188	0,0056782	0,96603056
6	Mapiri	587	-15,3076	-68,2206	0,00014818	0,99991577
7	Caranavi	593	-15,8358	-67,5649	0,00023373	0,96617234
8	San Buenaventura	683	-14,4581	-67,5867	0,00030141	1,11207361
9	La Asunta	750	-16,1255	-67,1969	0,00036239	0,91570265
10	Alto Beni	1032	-15,805	-67,2	0,00682336	0,92147127

\* Nota. - El presente cuadro es un segmento de los resultados, en Anexo de este documento se encuentra el detalle completo de estos resultados.

#### 4.7.1. Índice de Severidad Climática de los 87 Municipios.

Tabla 4.8. Cálculo índice de severidad climática para un Municipio

Nº	Municipios	Altitud	Latitud	Longitud	Severidad Climática de Invierno	Severidad Climática de Verano	Zona Invierno	Zona Verano	Zona
1	Ixiamas	245	-13,7699	-68,1253	0,00509867	0,82291849	A	5	A5
2	Palos Blancos	419	-15,5839	-67,252	0,01795181	0,89659026	A	5	A5
3	Guanay	432	-15,4979	-67,8823	0,00959953	0,94578861	A	5	A5
4	Teoponte	438	-15,4966	-67,8167	0,01225872	0,93228106	A	5	A5
5	Tipuani	510	-15,5641	-68,0188	0,0056782	0,96603056	A	5	A5
6	Mapiri	587	-15,3076	-68,2206	0,00014818	0,99991577	A	5	A5
7	Caranavi	593	-15,8358	-67,5649	0,00023373	0,96617234	A	5	A5
8	San Buenaventura	683	-14,4581	-67,5867	0,00030141	1,11207361	A	5	A5
9	La Asunta	750	-16,1255	-67,1969	0,00036239	0,91570265	A	5	A5
10	Alto Beni	1032	-15,805	-67,2	0,00682336	0,92147127	A	5	A5
11	Apolo	1437	-14,7192	-68,4114	0,00775477	0,63520083	A	4	A4
12	Villa Libertad Licoma	1555	-16,63	-67,25	0,01930516	0,32103207	A	2	A2
13	Coroico	1619	-16,1942	-67,7288	0,0916964	0,16198636	A	1	A1
14	Tacacoma	1666	-16,3	-67,45	0,0177608	0,40693866	A	3	A3
15	Coripata	1715	-16,3134	-67,6036	0,00337202	0,53375071	A	3	A3
16	Chulumani	1774	-16,4089	-67,5167	0,01221379	0,375715	A	2	A2
17	Quiabaya	1812	-15,6167	-68,7667	0,35242112	0,07719467	B	1	A1
18	Irupana	1928	-16,4734	-67,4539	0,02022055	0,32564775	A	2	A2
19	Yanacachi	2000	-16,3983	-67,7382	0,12817625	0,25784729	A	2	A2

### Capítulo 3. Metodología

20	Chua Cocani	2065	-16	-68	0,42423643	0,19236249	C	1	A1
21	Aucapata	2378	-15,5	-68,7667	0,29236218	0,14264249	B	1	B1
22	Cajuata	2544	-16,8167	-67,25	0,02520837	0,26698547	A	2	A2
23	Luribay	2546	-17,062	-67,6608	0,01283794	0,44466128	A	3	A3
24	Inquisivi	2704	-16,9049	-67,1373	0,02583966	0,26102262	A	2	A2
25	Sorata	2713	-15,7696	-68,6469	0,09248406	0,09288696	A	1	A1
26	Chuma	2725	-15,4821	-68,8958	0,41593194	0,07747737	C	1	C1
27	Quime	2976	-16,9794	-67,2163	0,02696828	0,27337556	A	2	A2
28	Mecapaca	2984	-16,6647	-68,0156	0,07802956	0,14134218	A	1	A1
29	Sapahaqui	3157	-16,89	-67,9509	0,35560441	0,09087423	B	1	B1
30	Combaya	3209	-15,805	-68,755	0,36208223	0,04292697	B	1	B1
31	Mocmoco	3267	-15,4561	-68,9972	0,51755619	0,03053995	C	1	C1
32	Calacoto	3280	-16,543	-68,085	0,34588614	0,02348635	B	1	B1
33	Palca	3457	-16,5611	-67,9531	0,2346198	0,01499793	B	1	B1
34	Ayata	3500	-15,3407	-68,753	0,08302074	0,36216684	A	2	A2
35	Pelechuco	3596	-14,8198	-69,0717	0,54299746	0,0030849	C	1	C1
36	La Paz	3628	-16,4897	-68,1193	0,23957482	0,02177134	B	1	B1
37	Yaco	3697	-17,15	-67,4	0,18105127	0,27991731	A	2	A2
38	Achocalla	3718	-16,5707	-68,168	0,44047899	0,01652032	C	1	C1
39	Papel Pampa	3721	-17,8243	-67,7703	0,55636128	0,00279389	C	1	C1
40	Malla	3722	-17,0833	-67,4833	0,10118802	0,35221026	A	2	A2
41	Santiago de Callapa	3782	-17,4777	-68,3563	0,35904201	0,10232827	B	1	B1
42	Patacamaya	3782	-17,2409	-67,9106	0,50539045	0,00253995	C	1	C1
43	Nazacara de Pacajes	3806	-16,9375	-68,7671	0,60573292	0,00017788	D	1	D1
44	Desaguadero	3811	-16,5667	-69,0333	0,51872196	0,00054477	C	1	C1
45	San Andrés de Machaca	3817	-16,7333	-69,0167	0,53949552	0,00042713	C	1	C1
46	Puerto Mayor de Carab	3819	-15,7584	-69,0644	0,64900847	6,047E-06	D	1	D1
47	Escoma	3823	-15,6609	-69,1283	0,50822297	0,00010751	C	1	C1
48	Achacachi	3823	-16,0286	-68,7036	0,69263407	0,00026607	D	1	D1
49	Villa Ancoraimas	3825	-15,909	-68,8675	0,52235566	0,00752911	C	1	C1
50	Chacarilla	3827	-17,5842	-68,2102	0,29228191	0,13973521	B	1	B1
51	Umala	3830	-17,3757	-68,0218	0,38714022	0,07871059	B	1	B1
52	Puerto Acosta	3830	-15,5335	-69,2521	0,52642508	5,8468E-05	C	1	C1
53	Santiago de Huata	3832	-16,0566	-68,8166	0,44386868	0,00086589	C	1	C1
54	Batallas	3838	-16,2976	-68,5337	0,58664517	0,00026183	C	1	C1
55	Huarina	3840	-16,1931	-68,5992	0,58435533	0,00038704	C	1	C1
56	San Pedro de Tiquina	3844	-16,2	-68,9167	0,53287083	0,00037159	C	1	C1
57	Jesús de Machaca	3845	-16,7472	-68,8091	0,62883682	7,2419E-05	D	1	D1
58	Taraco	3845	-16,4598	-68,857	0,55132055	0,0002792	C	1	C1
59	Laja	3846	-16,5325	-68,3846	0,54845839	0,00576729	C	1	C1
60	Tiahuanacu	3847	-16,5542	-68,6782	0,63079799	7,9267E-05	D	1	D1
61	Puerto Pérez	3850	-16,28472	-68,600833	0,60388728	0,00010248	D	1	D1
62	Copacabana	3855	-16,1663	-69,0862	0,3736984	0,00133384	B	1	B1
63	Viacha	3857	-16,6478	-68,2922	0,74121983	0,00088329	D	1	D1
64	Pucarani	3865	-16,4053	-68,4777	0,58681215	0,00028966	C	1	C1
65	Collana	3868	-16,4884	-68,1558	0,37991214	0,02056258	B	1	B1
66	Ayo Ayo	3874	-16,6114	-68,8347	0,55879147	0,00029057	C	1	C1
67	San Pedro de Curahuar	3875	-17,6541	-68,047	0,40072899	0,08908055	C	1	C1
68	Santiago de Machaca	3877	-17,0654	-69,1939	0,81674313	7,24E-06	E	1	E1
69	Cairoma	3893	-16,9	-67,55	0,01489424	0,40882928	A	3	A3
70	Sicasica	3915	-17,3332	-67,7437	0,45850855	0,05856731	C	1	C1
71	Puerto Mayor de Guaq	3933	-16,6114	-68,8347	0,55879147	0,00029057	C	1	C1
72	Huatajata	3936	-16,2	-68,6833	0,57880264	0,00062715	C	1	C1
73	Caquiaviri	3944	-17,0246	-68,6087	0,64373277	0,00012805	D	1	D1
74	Tito Yupanqui	3959	-16,1833	-68,95	0,5100494	0,00046437	C	1	C1
75	Calamarca	3998	-16,9088	-68,1178	0,43921934	0,01997627	C	1	C1
76	Corocoro	4007	-16,1942	-67,7288	0,0916964	0,16198636	A	1	A1
77	El Alto	4015	-16,5001	-68,2147	0,53280241	0,00726622	C	1	C1
78	Waldo Ballivian	4028	-17,0833	-68,2	0,50725875	0,02437804	C	1	C1
79	Curva	4054	-15,1369	-69,053	0,35290343	0,02532335	B	1	B1
80	Charaña	4055	-17,5927	-69,4442	0,83985501	1,0973E-06	E	1	E1
81	Humanata	4130	-15,45	-69,1333	0,52981205	0,01532371	C	1	C1
82	Colquencha	4253	-16,9639	-68,2743	0,44122667	0,00358261	C	1	C1
83	Ichoca	4284	-17,2167	-69,3333	0,76381494	0,00023782	D	1	D1
84	Comanche	4295	-17,0667	-68,4167	0,54504054	0,01866789	C	1	C1
85	Catacora	4320	-17,1667	-69,4833	0,85724722	6,1098E-09	E	1	E1
86	Colquiri	4368	-17,3855	-67,1269	0,42039199	0,03139489	C	1	C1
87	Charazani	4482	-15,2166	-69,0442	0,33192124	0,01600399	B	1	B1

Capítulo 3. Metodología

4.9. Determinación de las zonas climáticas según los resultados finales

Usando los resultados finales de severidades climáticas antes calculadas para todos los municipios de la región de La Paz, se ha conseguido compararlos entre sí, para invierno y para verano, estableciéndose en cada caso un rango de 0,2 del indicador de severidad climática para definir una determinada zona climática.

Tabla 4.9. Determinación de zonas climáticas.

Límites	Zona Invierno	Zona Verano	Zona Invierno	Zona Verano
0,2	A	1	29	62
0,4	B	2	14	10
0,6	C	3	32	4
0,8	D	4	9	1
1	E	5	3	10
Numero de Municipios			87	87

Como consecuencia se han definido 5 zonas climáticas de invierno y 5 zonas de verano. Para distinguir las de invierno se han usado letras, para distinguir las de verano se han usado números. Así pues, se ha asignado la letra A para la zona climática de invierno más suave y letra E para la zona climática de invierno más extremo. Análogamente se ha asignado el número 1 para la zona climática de verano más suave y el número 5 para la zona climática más extremo.

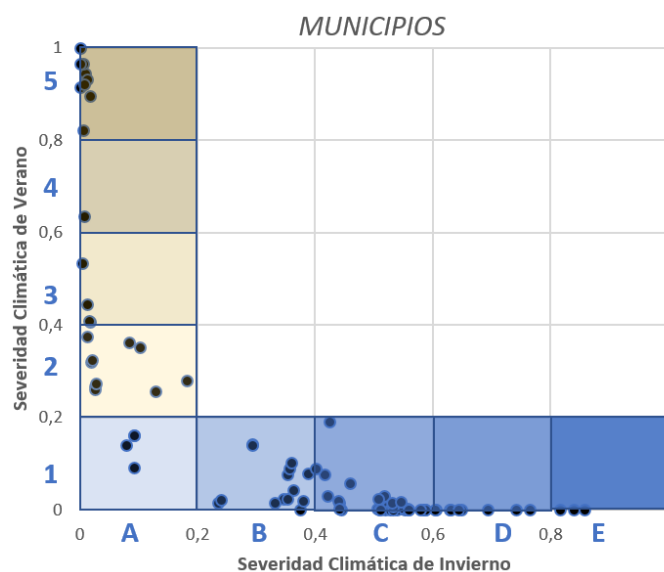


Figura 4.6. Dispersión de las zonas climáticas para los 87 municipios del Departamento de La Paz

### Capítulo 3. Metodología

Mediante la zonificación climática que corresponde a la región de La Paz, se han calculado las severidades climáticas para el total de los municipios (87 Municipios) que componen todo el Departamento de La Paz.

La Figura 4.7. muestra las zonas climáticas de todos los municipios del Departamento de La Paz como resultado del método basado en análisis termoenergético de la Zonificación Climática Habitacional para una región de La Paz, Bolivia.

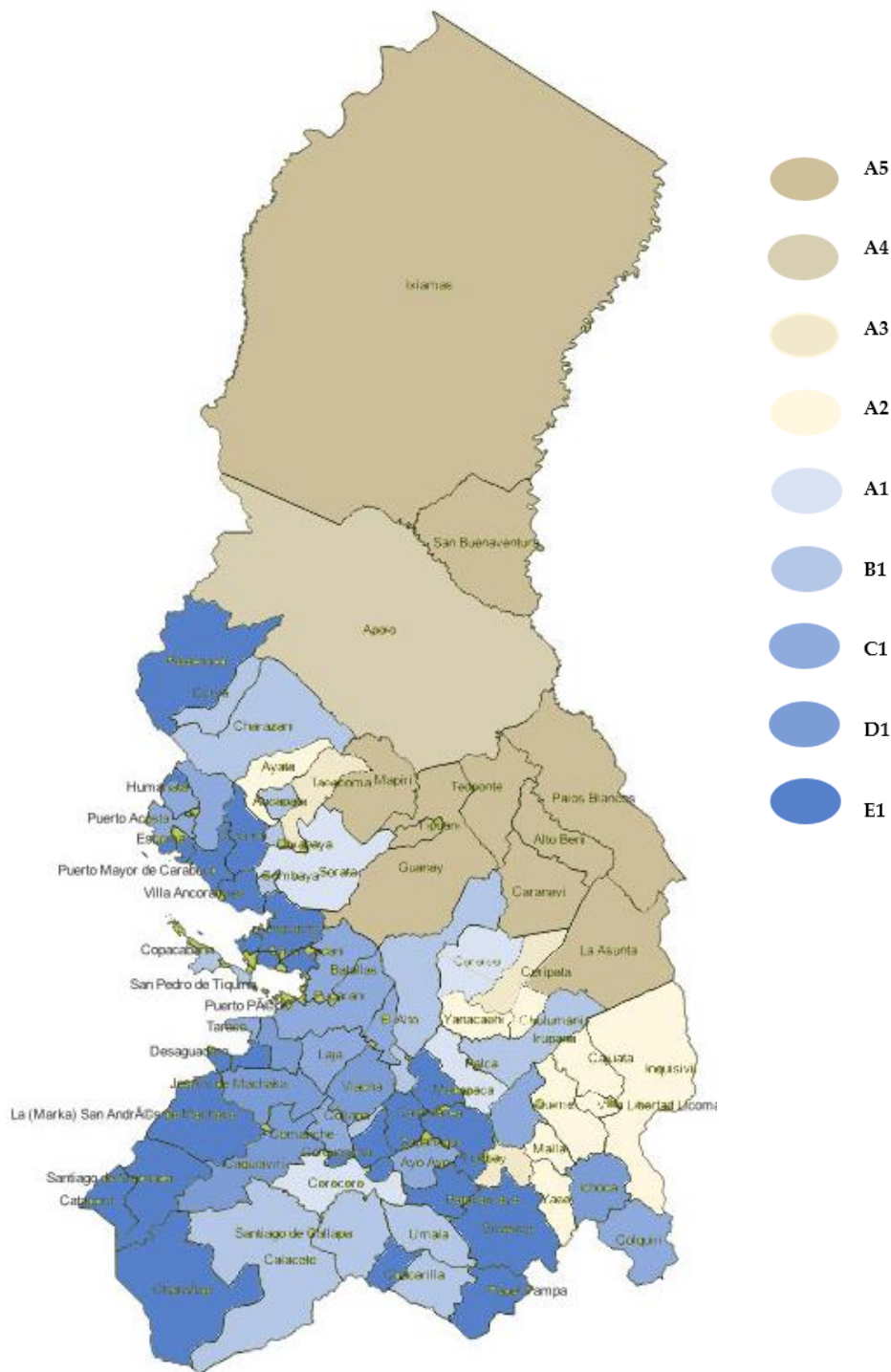


Figura 4.7. Zonificación Climática de la región de La Paz.

### Capítulo 3. Metodología

## Capítulo 5. Discusión

De los resultados obtenidos, se observa que, mediante el método abordado, se pudo verificar los comportamientos energéticos de las edificaciones, a través, de indicadores de severidades climáticas de verano e invierno de los municipios y estaciones meteorológicas de la región.

Es importante tener en cuenta que para realizar las simulaciones energéticas se tuvo que generar los ficheros climáticos sobre la información base de las estaciones meteorológicas disponibles. Esta información en muchos casos fue incompleta y en otros casos insuficiente, por lo cual, pueden condicionar la calidad de resultados para futuras investigaciones basados en simulación energética.

Si bien, en el objetivo de este estudio se abordó un método de zonificación climática habitacional para una región de Bolivia, basadas en la información de registros constructivos de viviendas típicas y su comportamiento termoenergético, se debe tomar en cuenta, que los edificios presentan diferentes emplazamientos y con diversas orientaciones en las fachadas que repercuten en el comportamiento real de los edificios.

Los estudios adicionales deben abordar estos temas para garantizar que los responsables políticos puedan tomar decisiones informadas sobre el impacto de sus políticas en diferentes escenarios y evaluar la compensación entre las medidas de eficiencia energética y las implicaciones de costos.

Los métodos mejorados para respaldar la definición de una serie de zonas también deben abordarse en estudios futuros.

## Capítulo 6. Conclusiones

### Capítulo 6. Conclusiones

Este documento introdujo un método de zonificación climática basado en el comportamiento energético de los edificios (método prestacional), en el que se calcula las severidades climáticas de verano e invierno de los municipios de la región de La Paz.

La severidad climática de un cierto municipio se define como el ratio entre el consumo energético de un edificio en dicho municipio dividido por el consumo que tendría el mismo edificio, pero en una localidad de referencia. Si se calcula usando los consumos de calefacción nos da como resultado la severidad climática de invierno y si por el contrario se calcula usando los consumos de refrigeración, nos da como resultado la severidad climática de verano.

Con base a los resultados se puede concluir que:

Se ha demostrado que las severidades climáticas son independientes del edificio que se utilice para su cálculo. En este trabajo se han utilizado dos edificios típicos de la región de La Paz - Bolivia, siendo la severidad calculada para cada uno de ellos muy próxima lo que valida el concepto de severidad climática.

Usando los resultados finales de severidades climáticas antes calculadas para todos los municipios de la región de La Paz, se ha conseguido compararlos entre sí, para invierno y para verano, estableciéndose en cada caso un rango de 0,2 del indicador de severidad climática para definir una determinada zona climática. Como consecuencia se han definido 5 zonas climáticas de invierno y 5 zonas de verano. Para distinguir las de invierno se han usado letras, para distinguir las de verano se han usado números. Así pues, se ha asignado la letra A para la zona climática de invierno más suave y letra E para la zona climática de invierno más extremo. Análogamente se ha asignado el número 1 para la zona climática de verano más suave y el número 5 para la zona climática más extremo.

Como consecuencia de la zonificación se observa que la región de La Paz existe municipios en las siguientes zonas climáticas: A1, B1 C1, D1 E1, A2, A3 A4 A5. Es decir, existen localidades muy frías en invierno o muy calurosa en verano, pero no ambos casos a la vez.

La validación del método propuesto ha mostrado una mejora sustancial en comparación con la metodología de zonificación ampliamente adoptada basada en grados-día.

## Capítulo 6. Conclusiones

### **Continuidad de la investigación.**

Este documento solo aborda la reducción del desajuste entre la zonificación climática y el desempeño del edificio, y no considera el vínculo entre la zonificación climática y las políticas, recomendaciones o requisitos basados en el desempeño de la energía del edificio. Los estudios adicionales deben abordar estos temas para garantizar que los responsables políticos puedan tomar decisiones informadas sobre el impacto de sus políticas en diferentes escenarios y evaluar la compensación entre las medidas de eficiencia energética y las implicaciones de costos. Los métodos mejorados para respaldar la definición de una serie de zonas también deben abordarse en estudios futuros.

Esta metodología podría aplicarse a otras regiones de Bolivia, diferentes a la región de La Paz, dando lugar de esta forma a una zonificación completa del país.

Dado que esta zonificación se basa en el comportamiento energético de los edificios, permitiría establecer diferentes exigencias prestacionales o normativas de una futura normativa energética de para las calidades constructivas de los edificios que se quiera realizar en el país. También permitiría establecer un procedimiento de calificación energética de los edificios.

## Capítulo 6. Conclusiones

## Referencias bibliográficas

- Archivos climáticos epw - Issuu.* (n.d.). Retrieved May 1, 2023, from <https://issuu.com/webudlap/docs/iluminacion-natural-a-traves-de-ventanas-edudlap/s/12569115>
- Bai, L., Cheng, X., Liang, J., Shen, H., & Guo, Y. (2017). Fast density clustering strategies based on the k-means algorithm. *Pattern Recognition*, 71, 375–386. <https://doi.org/10.1016/J.PATCOG.2017.06.023>
- Berna, C., & Muller, S. (2022). *Manual parte I : Software.*
- Brager, G. S., & De Dear, R. J. (1998). Thermal adaptation in the built environment: a literature review. *Energy and Buildings*, 27(1), 83–96. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(97\)00053-4](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(97)00053-4)
- de la Flor, F. J. S., Domínguez, S. Á., Félix, J. L. M., & Falcón, R. G. (2008). Climatic zoning and its application to Spanish building energy performance regulations. *Energy and Buildings*, 40(10), 1984–1990. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.05.006>
- de la Flor, F. J. S., Lissén, J. M. S., & Domínguez, S. Á. (2006). A new methodology towards determining building performance under modified outdoor conditions. *Building and Environment*, 41(9), 1231–1238. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.05.035>
- De Rosa, M., Bianco, V., Scarpa, F., & Tagliafico, L. A. (2015). Historical trends and current state of heating and cooling degree days in Italy. *Energy Conversion and Management*, 90, 323–335. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2014.11.022>
- Design Builder software. (2021). *Design builder handbook.* 417.
- Energyplus, C. (n.d.). *Manual energy plus.* 1–62.
- GIZ. (2020). *Estudio de caracterización sobre el consumo eléctrico en hogares y las potencialidades relacionadas con eficiencia energética.*
- Hashemi, F., Smith, G. W., & Habibian, M. T. (1981). Inadequacy of climatological classification systems in agroclimatic analogue evaluations — Suggested alternatives. *Agricultural Meteorology*, 24(C), 157–173. [https://doi.org/10.1016/0002-1571\(81\)90041-8](https://doi.org/10.1016/0002-1571(81)90041-8)
- Jain, A. K. (2010). Data clustering: 50 years beyond K-means. *Pattern Recognition Letters*, 31(8), 651–666. <https://doi.org/10.1016/J.PATREC.2009.09.011>
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3), 259–263. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- Lee, W. S., & Kung, C. K. (2011). Using climate classification to evaluate building energy performance. *Energy*, 36(3), 1797–1801. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2010.12.034>
- M.O.P.S.V. (n.d.). *pprdh 2019-2020.*
- Markus, T. A. (1982). Development of a Cold Climate Severity Index. In *Energy and Buildings* (Vol. 4).
- MOPSV, 2019. (2019). *ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, SERVICIOS Y VIVIENDA.* [www.oopp.gob.bo](http://www.oopp.gob.bo)
- Productivas, P., & Plurinacional, E. (2009). *La paz.*
- Saxena, A., Prasad, M., Gupta, A., Bharill, N., Patel, O. P., Tiwari, A., Er, M. J., Ding, W., & Lin, C. T. (2017). A review of clustering techniques and developments. *Neurocomputing*, 267, 664–681. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2017.06.053>

## Capítulo 6. Conclusiones

- Verichev, K., Zamorano, M., & Carpio, M. (2019a). Assessing the applicability of various climatic zoning methods for building construction: Case study from the extreme southern part of Chile. *Building and Environment*, 160. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106165>
- Verichev, K., Zamorano, M., & Carpio, M. (2019b). Assessing the applicability of various climatic zoning methods for building construction: Case study from the extreme southern part of Chile. *Building and Environment*, 160, 106165. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2019.106165>
- Walsh, A., Costola, D., & Labaki, L. C. (2018). Performance-based validation of climatic zoning for building energy efficiency applications. *APPLIED ENERGY*, 212, 416–427. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.12.044>
- Walsh, A., Cóstola, D., & Labaki, L. C. (2017a). Review of methods for climatic zoning for building energy efficiency programs. In *Building and Environment* (Vol. 112, pp. 337–350). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.046>
- Walsh, A., Cóstola, D., & Labaki, L. C. (2017b). Comparison of three climatic zoning methodologies for building energy efficiency applications. *Energy and Buildings*, 146, 111–121. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.04.044>
- Walsh, A., Cóstola, D., & Labaki, L. C. (2018). Performance-based validation of climatic zoning for building energy efficiency applications. *Applied Energy*, 212, 416–427. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.12.044>
- Wan, K. K. W., Li, D. H. W., Yang, L., & Lama, J. C. (2010). Climate classifications and building energy use implications in China. *Energy and Buildings*, 42(9), 1463–1471. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2010.03.016>
- Xiong, J., Yao, R., Grimmond, S., Zhang, Q., & Li, B. (2019). A hierarchical climatic zoning method for energy efficient building design applied in the region with diverse climate characteristics. *ENERGY AND BUILDINGS*, 186, 355–367. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.01.005>
- Zelege, B., Kumar, M., & Rajasekar, E. (2022). A Novel Building Performance Based Climate Zoning for Ethiopia. *Frontiers in Sustainable Cities*, 4. <https://doi.org/10.3389/frsc.2022.684148>
- Zhai, Z. (John), & Previtali, J. M. (2010). Ancient vernacular architecture: characteristics categorization and energy performance evaluation. *Energy and Buildings*, 42(3), 357–365. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.10.002>



Capítulo 6. Conclusiones

Anexo B: Reporte de datos Meteorológicos INTI-VITU BOLIVIA.

Table with 13 columns: Estación Meteorológica, Longitud, Latitud, Elevación (m), and 12 columns for monthly precipitation (mm) from January to December. The table lists numerous meteorological stations across Bolivia, including locations like Acre, Beni, Cochabamba, Chuquisaca, La Paz, Oruro, Pando, and Tarija.



## Capítulo 6. Conclusiones

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Chorocoma	Collana	Copacabana	Coripata	El Alto Aeropuerto	El Belen	Hichucota	Huayconco	Incapampa	Irupana	Isla Del Sol	Laycacota	Palca_LP	San Calixto	San Juan Huanocollo	Santiago de Huata	Santiago de Machaca
2240	3911	3815	1788	4135	3833	4460	3875	1586	1946	3976	3635	3333	3658	3829	3845	3874
-16,882778	-16,903945	-16,169167	-16,324167	-16,510278	-16,019295	-16,176667	-16,343056	-16,225556	-16,473056	-16,036667	-16,504741	-16,560556	-16,495278	-16,585556	-16,051111	-17,066667
-67,149722	-68,28355	-69,088611	-67,604444	-68,198611	-68,712072	-68,381111	-68,496944	-67,728056	-67,452778	-69,148333	-68,123566	-67,951389	-68,1325	-68,966667	-68,810278	-69,199444
-0,2946006	-0,2950295	-0,2824252	-0,28491046	-0,28815871	-0,27958944	-0,2823361	-0,28524014	-0,28318938	-0,2875007	-0,27989691	-0,28806207	-0,28903623	-0,28789691	-0,28947256	-0,28014474	-0,29786953
-1,17198374	-1,19177277	-1,20582374	-1,17992014	-1,19029031	-1,19925189	-1,19347553	-1,1954972	-1,18207757	-1,17727307	-1,20686608	-1,18898052	-1,18597547	-1,18913661	-1,20369541	-1,20096591	-1,20775814
361,597303	348,902714	286,148852	289,475126	304,817691	257,945409	269,027097	288,890845	276,36926	309,123174	274,978667	304,100501	310,867473	303,049192	325,843453	264,119746	384,235011
144,840808	183,498419	206,926688	90,5283265	144,371697	163,546653	137,576222	157,604521	67,6488117	101,171247	209,037402	138,415594	131,825661	138,288376	214,396124	174,617858	265,269463
172,721305	162,109146	149,077261	96,5615928	117,538532	106,048942	92,4325233	114,678702	82,5765033	117,752288	148,133244	114,887184	118,392417	114,082254	167,895638	116,809467	224,034846
169,795609	164,237251	155,261574	94,7791258	119,879708	112,0681	96,7665934	118,952352	81,6088606	115,335364	154,635988	116,800053	119,178959	116,064876	172,521529	122,905239	228,630957
173,521587	151,641322	132,738961	95,4227401	106,950583	89,8018505	78,3659695	100,575689	79,8527149	117,791997	131,7818	105,19203	111,034735	104,252824	152,157150	200,257083	209,207083
209,204315	177,632801	133,447333	130,853518	133,752362	95,0338762	98,1508137	118,872189	114,877079	153,417524	128,207653	133,519809	142,264675	132,399388	162,958264	104,020849	221,77469
224,560921	141,368527	167,028152	145,4680467	101,019082	124,347805	95,1177566	114,443604	46,7150347	170,769421	170,769421	95,3543642	90,5415264	95,1418003	171,233385	135,278324	221,620088
173,640063	282,010122	249,283787	207,505902	237,424892	209,225811	231,196784	497,115761	224,512039	242,642523	234,734398	237,025042	235,922209	278,958554	220,46542	337,511068	221,620088
84,3555733	144,610968	202,107973	48,7984278	115,142351	162,323786	126,608837	140,886356	57,8045275	47,3214213	208,731849	107,506728	93,9219214	107,981566	195,631214	172,571301	327,67353
119,963456	168,21802	205,90177	72,1124895	132,382652	163,438253	132,843294	150,938593	73,2945908	97,0389932	209,92024	125,633807	116,175343	125,741185	207,655126	174,340952	255,247885
275,85873	243,317279	176,812797	59,301925	200,458111	148,114638	162,095444	180,796962	82,806748	220,392142	166,442554	200,921479	210,590437	199,736571	215,876621	154,151763	274,292104
30,0671906	114,177669	202,708895	50,8414279	101,972841	170,157172	130,760756	136,727869	67,9866702	27,794414	213,037573	94,1394706	75,140053	94,2433723	182,987856	178,4962	213,068356
98,3489972	98,6138312	154,240216	61,2236168	61,2209842	106,828195	69,680185	83,647569	34,8753299	42,7663963	152,650279	54,4684755	47,1528599	54,5551893	139,036283	116,615519	184,288031
72,2719419	111,351886	175,543166	16,9997707	16,9997707	138,357677	100,345921	111,825723	30,8139682	19,2452311	183,72439	75,369506	60,8194228	75,9278041	164,835126	147,8005	204,913357
79,6721195	97,7814872	159,344684	1,20061888	67,1359581	122,816318	84,3843972	95,3857592	16,4891809	23,9586789	167,811893	59,4037411	46,1637618	59,9322453	148,478746	132,119376	189,489332
65,6126869	98,5070253	169,876333	1,20061888	73,5862361	134,783971	95,8037536	104,832224	30,4032552	94,8328558	179,05405	65,5875488	49,3208516	66,3894941	155,834322	143,72258	193,356022
222,742795	152,142971	70,4202578	147,057692	116,436	45,146401	74,6817909	85,7604235	100,069408	169,651997	62,0286475	120,305015	136,390818	118,897106	109,829527	48,5287827	167,710364
55,8740183	100,51985	177,699495	23,0920488	79,507146	143,492853	104,300674	112,197604	40,1892738	10,1256064	187,285154	71,4860326	53,9137409	72,3962483	161,741503	152,211223	197,200461
82,6608133	80,8488734	146,369401	16,4803978	50,6529233	112,200365	72,9106013	81,1807392	19,2387381	31,5951664	155,837155	42,7667926	29,0214984	43,410835	132,624006	120,796709	172,439107
133,634648	104,963911	117,820534	55,533016	60,5720464	76,1380633	45,2089808	65,3579934	38,3796271	78,6122623	122,798633	57,6538978	62,5466511	56,8598799	121,998802	86,7836771	174,3984
231,200773	164,4147	81,990291	54,147875	127,697207	58,038144	85,8062053	98,008751	37,29446	17,192234	72,3107862	131,176036	146,625529	128,585201	61,4579093	180,224196	180,224196
12,9565312	110,412282	108,835406	66,5313871	106,640598	179,389161	140,029371	42,944391	83,179147	43,8954244	220,262766	99,3130132	79,951053	100,576594	184,629546	186,916391	200,214447
57,8922528	68,519461	181,661531	62,266263	83,9142951	161,243872	124,826236	119,076576	93,289124	67,1316268	195,287355	79,1620518	63,762704	80,5784143	148,744554	166,916244	165,574747
2,79242793	121,94978	232,508651	81,5318035	121,248657	19,476008	155,353533	157,762502	98,3385561	68,6799632	235,167556	14,074999	94,7688342	115,365491	197,999695	202,07371	220,023626
202,102372	131,957559	64,8365647	127,32723	95,2671351	28,62625	53,4427036	65,7479136	110,527877	149,610312	61,2966342	99,0290133	115,119964	97,9278042	96,9435928	58,8408524	105,803184
242,947295	171,085542	79,133907	166,845391	136,470851	82,8862913	94,8495898	104,804946	149,788582	189,569078	67,3269123	104,513148	156,741774	139,101865	122,932213	63,9295847	179,15172
12,868145	113,832091	218,934887	83,7748314	116,881977	191,907279	152,895347	153,680056	100,00597	61,6779879	231,113954	110,084208	91,0771192	111,426623	191,410822	198,821095	211,076374
95,3205437	39,0052109	127,021811	57,9264719	25,9847887	103,310298	66,816259	62,5512911	57,6609868	63,6570959	139,584219	21,1836812	13,4504554	26,5856212	101,714337	108,829433	133,669232
85,2494573	53,4260859	145,371704	72,9486789	49,7878009	126,342598	91,6218117	84,1655519	77,6066941	70,4994446	159,083643	46,6192975	36,6325384	47,9639487	113,336404	130,760797	134,228284
209,045403	132,144986	53,9577204	135,818691	98,398756	24,2666571	57,4910771	65,8769121	119,305446	157,686244	49,3207961	102,966412	120,094748	101,54738	98,6885127	27,9973168	148,081891
253,164913	178,11932	79,8902812	177,48917	145,008591	69,6638577	103,750282	112,200096	160,47323	100,117397	66,5515168	149,391088	166,061417	17,9474202	125,632163	69,1201517	180,383341
506,529627	45,3641263	114,865188	56,7354428	12,648214	88,717739	51,5499482	49,2379296	51,9223884	67,8490308	126,688402	5,91612824	14,3744097	7,3480047	94,0870383	94,780617	132,148365
92,7300431	51,8803007	82,747454	45,5707316	26,773727	100,952619	62,5496482	62,8606034	43,366687	54,2285764	140,258936	19,2215732	0,19213293	20,4768157	108,055402	107,630413	144,081282
242,352727	180,91344	98,128173	164,484203	142,923671	75,5834293	101,11639	114,773118	147,337905	187,578586	88,2041404	145,887766	160,447481	154,146741	100,293672	79,2317028	197,749987
308,028002	246,601096	150,053706	229,521707	209,930604	138,836652	168,045061	180,218008	212,499242	252,667123	135,558521	213,088211	227,70329	211,708798	95,664727	79,753229	250,213199
112,140612	49,2720172	102,402895	57,2961055	82,9993656	82,0982895	44,632471	43,4555173	51,0410671	71,0927351	120,84445	1,73322515	19,5569284	93,9799708	90,9518219	88,4212907	131,877897
39,8881552	97,8429164	210,36105	94,3736621	110,835728	188,037847	150,453762	147,288802	108,569786	75,4820818	223,680805	105,255533	87,971262	106,670007	178,132574	193,684315	191,458813
113,854442	39,044568	108,89273	66,0569801	7,46904255	84,4462882	49,3621504	43,2577997	60,6240365	173,015361	120,301154	8,730748	23,1138614	9,20078362	85,1320925	69,6449061	122,858185
123,687	115,931534	231,3484	167,736136	153,033964	224,320423	194,380062	181,914799	177,828947	154,992327	2						

## Capítulo 6. Conclusiones

27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
Sorata	Villa Puni	Chijipina Grande	Achiri	La Asunta	Viacha_M (GPRS)	Charaña (GPRS)	Chacacom anti-Batalas	Wila_Cala (GPRS)	Mecapaca	Batalas-Yaurichamb	Isquillani Batalas	Yaurichambi (GPRS)	Tiahuanaco (M (GPRS)	Sara Ana	San Roque El Alto	San Andres de
2647	3835	3832	3880	756	3873	4052	4107	4264	2680	3825	3875	3901	3848	365	3989	3938
-15,766667	-15,666389	-15,996944	-17,211667	-16,126667	-16,658328	-17,5833	-16,108299	-15,3572	-16,667855	-16,430599	-16,2311	-16,326099	-16,547187	-15,458065	-16,475599	-16,955299
-68,651667	-69,167222	-68,693889	-68,999444	-67,196667	-68,282102	-69,416702	-68,508102	-69,047011	-68,1079078	-68,499703	-68,464401	-68,481102	-68,68359	-67,466667	-68,270798	-68,969398
-0,27518025	-0,2734007	-0,2799344	-0,30040026	-0,28146340	-0,29074267	-0,30688648	-0,28114285	-0,2680337	-0,28019059	-0,28676805	-0,28328614	-0,28494418	-0,2880229	-0,26979397	-0,28755345	-0,29592579
-1,9819763	-1,20719576	-1,19893954	-1,20426748	-1,17280340	-1,19174755	-1,21155001	-1,19569124	-1,20505736	-1,18721243	-1,19551219	-1,19492922	-1,19522071	-1,19875479	-1,17755147	-1,19155021	-1,20374308
229,129161	238,799594	255,061951	393,999203	280,405132	321,618788	445,990983	263,249985	202,341472	322,428265	298,546109	276,085416	286,792199	314,57807	200,645006	301,26503	365,576897
151,21901	205,297099	160,970944	259,815094	60,642453	162,422877	320,372992	146,470836	139,762751	145,606623	163,076631	148,283271	155,170695	186,737988	64,921946	147,261104	238,448046
87,638231	138,894656	103,06998	224,766261	101,335792	135,92044	283,75726	95,240528	173,742022	130,868489	122,824025	102,58282	112,164704	144,730009	44,7998447	136,533857	116,372854
94,318623	145,878867	109,12562	228,675416	96,4822563	138,418279	287,960655	100,491924	132,537078	131,966348	126,837977	107,09711	116,426577	149,090004	37,7544868	119,191318	203,601671
71,4033581	123,510127	86,8025807	210,963201	107,921381	124,881439	269,451147	80,0092108	112,328089	122,713251	109,108951	88,1564931	98,0933664	130,368068	60,322015	104,871348	185,004351
68,8356308	109,000926	91,8882634	227,459539	142,50107	150,337911	283,374449	94,2022656	88,5462621	152,791727	128,343225	105,950722	116,630597	146,456148	82,5433129	129,686044	199,912321
116,530272	172,510901	122,047417	216,311655	90,9462474	119,277302	276,853313	105,284727	167,183081	140,337062	112,048815	105,701667	112,048815	143,273601	43,3001474	129,959476	194,78626
185,043667	216,450571	208,301483	341,441329	190,193623	255,741793	398,750146	208,415107	185,845289	249,981178	240,085721	218,459746	228,773581	260,332543	111,935224	236,00986	314,653016
160,573888	216,806586	160,597245	226,834018	10,13212981	130,044224	286,488479	140,08154	215,42201	106,248001	142,938926	135,866487	138,911101	165,422059	79,6317958	121,042572	210,261254
155,388333	211,109754	161,175815	247,519339	35,7695132	149,498142	307,954328	143,858553	203,759848	129,65491	155,109369	143,201086	148,646381	178,640388	47,9968447	136,533857	228,012772
119,291127	132,931859	145,217324	284,188712	203,583637	216,064964	336,081999	154,808186	88,2744723	220,735626	168,211521	178,834993	205,341734	130,526629	110,822625	155,706399	
177,810135	231,109903	169,405379	197,024876	110,001098	253,49047	146,222779	238,39	81,8235996	134,849784	136,904841	135,549268	153,051021	132,355113	119,149605	186,574437	
109,509148	164,619219	105,413426	176,388707	57,3263752	78,3963659	236,87339	83,780457	168,786938	60,967583	86,1739441	78,6493433	81,6343392	109,163726	93,6288002	65,7564762	156,98104
141,452743	196,619564	137,036535	195,629507	33,2133378	97,2605751	253,24862	114,974614	200,233188	72,9817227	112,729066	108,552025	100,075667	134,41211	95,6356809	89,7112724	172,926335
127,437687	181,964993	121,64746	179,06002	48,1543623	81,8824298	239,016211	99,2332669	167,269946	96,1920067	96,284998	92,3369272	93,6259494	118,08232	96,230762	73,4221169	162,075749
140,725425	194,751917	133,784912	181,320402	46,3883096	86,1749081	240,566791	110,829929	200,949909	60,6019265	104,672175	103,047706	103,301748	125,84299	105,86428	107,639958	166,233852
20,729649	43,2411618	42,9928476	179,081145	177,23908	126,863368	229,382112	61,2628552	41,4735205	141,663006	94,9546376	75,579198	84,5839302	103,84577	140,386817	109,222167	150,409398
150,154164	203,876466	142,589173	183,830513	47,3303864	90,6327811	242,443397	119,615197	210,571493	63,7882036	111,425787	110,789923	131,353797	112,909351	87,1060647	170,057831	
120,241629	173,050028	111,381117	161,875544	65,2216765	64,7895841	221,857745	88,2872614	181,456067	42,1995931	81,1009918	79,6971426	79,6668655	102,158055	108,506776	57,448494	145,033438
74,3681457	120,528471	74,1693187	171,737575	86,9867104	79,1505988	231,814652	55,6143718	73,731512	74,2655227	71,5371517	55,8701391	62,8878745	95,0065919	83,0054574	100,799487	148,212421
32,1087568	46,7185289	58,8043687	191,941665	181,851435	138,817214	241,790512	73,079546	33,1629133	137,369139	107,96568	87,4886196	96,8017141	76,1780159	139,391562	60,730299	165,262421
189,767686	241,353277	178,966392	191,128415	76,9386321	111,30418	245,427011	155,573998	251,201151	83,3400725	139,709808	144,911393	142,09473	155,614137	152,836568	115,174786	183,592531
178,648911	223,405995	161,71844	143,21195	115,165483	79,9129465	195,195599	139,280376	240,233188	57,9616614	113,455304	125,957941	119,704188	123,001135	109,529259	139,649599	
205,255104	256,719152	194,287937	200,868153	86,7666883	124,920557	253,543581	170,89089	266,69251	97,2984878	154,222125	160,076335	156,983313	86,540038	164,681467	129,823668	194,297032
0,60546321	56,8638395	25,7741783	164,690704	160,054025	106,220918	21,707491	40,479997	62,5985526	120,394576	54,8989264	64,3663222	86,5247528	119,051487	131,051405	188,256583	136,959733
41,0452079	35,5687782	61,1907799	192,636737	195,409645	146,307448	240,149456	81,050067	21,1574865	161,84065	113,727838	105,2135943	103,798622	120,584445	153,179777	129,103693	164,000607
204,041601	254,275211	191,712133	191,266681	94,8426715	198,927629	243,084715	168,350033	265,825309	92,80611	149,503356	156,877866	153,074977	163,464697	171,266423	125,405635	186,46893
120,762209	165,677244	103,691414	121,041848	105,88008	28,3983478	180,556228	81,1671922	182,304773	0,36604798	57,6136682	67,9365554	62,2961571	73,3686179	146,433172	34,38524	106,543559
445,581213	188,059391	127,041591	117,065623	116,918793	43,668614	173,711409	50,282452	206,640078	25,7037425	77,483427	91,4511197	84,4005493	86,8400845	167,41159	57,3089724	108,590742
11,849906	46,7338658	22,3213188	158,570232	170,390401	107,481466	209,920821	42,8269042	58,7507529	124,131323	74,7925792	56,6525244	64,9152121	62,8790229	143,249738	90,74714	129,936247
50,6148281	29,6389229	68,3419531	195,210291	206,578184	153,978787	240,723783	48,9329077	12,1188711	170,641792	120,799913	103,31773	111,377144	125,888767	164,031685	137,410054	166,729511
105,426629	151,221082	88,9433623	122,457312	105,491207	24,6086943	182,810064	161,043584	167,072253	15,6413232	45,7544872	53,3004349	48,649505	63,8059828	137,557409	21,718575	104,732512
48,592313	66,3460713	100,931328	132,768775	94,0638814	36,6860661	192,669835	77,7322414	177,593032	13,6708563	59,860674	65,7365327	62,0774516	77,8753316	133,21674	35,1775632	116,748297
48,5933171	57,283579	73,2449168	69,209872	188,105457	154,917754	259,213371	89,2873244	31,3325054	167,211219	124,226371	103,711882	113,36617	77,360322	138,514374	136,323205	181,016744
114,52032	94,6925495	137,014828	266,075551	247,972628	221,211218	309,486977	155,485127	59,8246156	234,433328	189,361813	168,882216	179,0044	196,518764	186,322231	203,106524	237,708539
98,476085	144,627412	82,2486826	123,360379	106,417561	25,5465857	183,880935	59,333516	160,152799	22,5928587	40,8942251	46,717633	42,6648268	60,4951874	134,26229	124,296412	180,27096
203,654725	250,491137	188,290792	170,05171	115,833088	108,610252	219,379108	165,393949	265,637136	84,7684291	141,620678	152,618602	147,123418	152,160403	188,270065	119,225321	168,235214
103,253233	146,644195	84,9756841	113,602229	114,799883	15,5805951	174,051204	62,9336348	164,29077	19,3647727	38,4586023	49,2503478	43,0669574	55,0154518	144,655616	15,2287858	95,4418255
247,285682	282,306056	225,700671	147,06378	198,380441	140,581763	176,447642	206,31409	96,298671	131,251825	173,183361	191,910733	182,				

## Capítulo 6. Conclusiones

44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Alto Aachachiala	Apolo SENAMHI	Huari Suyu (GPRS)	Caquiavirí	Isla Suriqui_M	Carmen Pampa	Charaña	Charaña Aut.	Chua Cocani_M	Ciudad Satélite	Chulumani	Copacati	Copancara	Condor IQUIIA	Desaguadero o_M	Huaraco	Huarina Cota Cota
4383	1383	3696	3951	3841	2010	4057	4074	3855	4040	1750	4000	3814	3983	3829	3917	3838
-16,347222	-14,716667	-16,3569	-17,022222	-16,304701	-16,258056	-17,583333	-17,591111	-16,184673	-16,516667	-16,411111	-16,2	-16,239167	-17,420339	-16,56617	-17,35	-16,176111
-68,084722	-68,516667	-68,5044	-68,605556	-68,770599	-67,691111	-69,45	-69,448611	-68,748765	-68,15	-67,525	-69,083333	-68,566667	-69,044189	-69,037128	-67,65	-68,630556
-0,28531285	-0,26584259	-0,28548176	-0,29739382	-0,28457072	-0,28375661	-0,30688705	-0,30470281	-0,28247583	-0,28827022	-0,28642792	-0,28274334	-0,28342693	-69,040427	-69,2813421	-0,30281463	-0,28323264
-1,18830257	-1,19584143	-1,19562733	-1,19793984	-1,20027338	-1,18143276	-1,21213117	-1,21210692	-1,19989321	-1,18944189	-1,17853358	-1,20573162	-1,1967141	-1,20504483	-1,20495219	-1,18071524	-1,19782917
286,618244	113,411184	290,526431	365,287036	290,248998	280,571821	447,111878	447,884263	276,734892	305,438058	300,676058	289,143023	278,631344	417,665505	325,963272	401,3303	273,006795
123,000424	166,502716	159,100603	215,511464	181,067797	88,4536738	322,93973	323,425108	173,456307	141,300434	96,4993141	207,486204	158,342313	279,649829	219,7922	200,914516	161,47482
96,8888718	110,380445	116,396011	186,251015	130,660165	86,9636537	285,820478	286,43428	120,093855	116,839255	108,491653	150,331805	110,235091	247,073904	171,292948	207,429009	109,97349
98,8313387	114,749836	120,656749	189,39045	135,941572	85,7288413	290,079541	290,681049	125,671793	118,88892	106,363555	156,443469	115,117561	250,778131	176,508628	206,854134	115,276562
87,3639305	108,328048	102,305686	173,808816	115,079094	84,74799	271,432133	272,063124	104,196614	106,844533	107,965804	134,021838	95,2218888	233,562277	155,740056	202,439622	94,4052691
116,510994	72,980495	120,561938	195,039226	125,520168	119,914172	284,993572	285,692624	112,722545	134,653912	143,499349	135,539336	110,00583	250,81879	164,944425	235,124196	106,073263
79,4873456	160,960252	115,896238	172,401892	138,979055	88,8514257	279,392805	279,885981	122,426462	98,1635552	64,1134908	167,262711	116,071873	336,379851	281,236563	321,635881	120,022836
216,738434	104,122317	232,928265	305,253809	241,392922	200,458812	400,510313	401,185335	228,884609	236,726161	217,265576	251,541007	224,193972	364,379851	281,236563	321,635881	221,41661
97,9377643	211,075122	141,936726	180,22182	169,203277	54,7936198	289,419059	289,777981	165,875648	110,618965	47,2774073	201,640432	146,81216	243,735333	202,373682	144,454346	153,226677
112,120046	185,995224	152,279649	201,976609	176,788883	72,7501395	310,683636	311,117101	170,845399	128,671233	75,8137047	206,036883	153,834279	266,22007	213,659137	178,36396	158,385173
184,379583	11,324593	182,362756	256,924222	180,451231	187,113998	337,238215	338,005715	166,916141	201,819821	210,732082	179,714989	169,829592	307,867542	216,025396	303,63524	163,694969
94,3908743	252,292861	137,147361	150,724826	166,132285	62,6381963	256,710634	256,930245	167,360997	96,7420556	38,1030834	201,307569	146,995479	210,029068	150,570918	157,650789	165,078589
41,6278885	184,721382	84,7402322	131,167826	111,891687	8,16138865	259,572801	240,015732	108,922516	57,491753	32,4780733	144,640046	89,5992461	45,428581	145,578614	128,792614	96,317484
67,930366	209,899258	112,692611	146,976143	140,940593	26,1546612	256,150157	256,51713	139,243545	78,4569981	14,7200441	174,716372	119,386932	210,470042	171,838856	118,679291	126,785884
51,4775573	202,714569	96,2425913	132,678353	124,546359	11,1854007	241,884885	242,267786	123,849455	62,5097286	13,7248586	158,462184	103,126986	196,592349	155,466207	115,37074	110,690817
60,8955011	216,516958	132,526467	134,626343	124,284661	25,0539879	243,549984	243,886756	133,078456	68,5876964	90,1882488	168,801209	113,622764	197,621985	165,05228	105,603277	121,66655
109,146209	103,614057	86,9511175	157,230085	76,5033563	135,319514	230,481714	231,255444	63,1848326	119,818409	159,42171	73,1660943	72,444539	202,725205	109,458087	226,544246	63,8884642
68,7339206	226,080114	112,795197	136,971673	141,70804	34,8405214	245,498967	245,803624	141,854968	74,329608	10,2698146	176,506488	121,549643	199,245627	169,09471	99,680116	129,841521
37,4026979	204,739341	81,870077	115,523911	110,644725	16,3839954	224,718415	225,104195	110,442341	45,8440459	22,7862453	145,243733	90,1633535	179,497027	139,750998	106,23955	98,3954547
39,6552954	153,075875	66,9061039	70,719367	89,0050424	43,7268716	234,138769	234,690504	82,5899524	59,6400247	68,2797119	117,853608	66,1173795	193,155683	127,346588	154,67319	170,157093
119,132322	91,1444995	99,3248712	170,135119	89,4796401	142,612117	242,834743	243,615282	76,1853333	130,860268	166,992138	84,8859791	84,9305409	215,572282	122,024398	237,696966	76,577455
103,142924	269,997899	143,121825	160,050726	171,776738	77,9075264	248,74799	248,902625	174,562123	101,509995	53,7825862	207,1326	154,350079	202,134191	192,373502	72,9624276	163,520171
91,4078418	276,383061	119,242483	100,536441	145,134879	89,452789	198,574558	198,684603	51,506222	79,9135048	73,8060107	179,325048	132,981836	152,226068	156,528364	32,044689	147,57813
118,46925	284,56982	157,887012	156,702718	186,397028	93,0410781	256,922713	257,03215	189,51844	176,170024	68,7060669	221,734889	169,368849	210,54407	205,77862	73,6051817	96,611583
87,9428327	117,91149	67,0564089	139,355014	105,913131	115,695669	219,068685	219,806363	47,4211984	98,5771212	139,481863	66,8347342	52,9130282	158,977297	97,8889156	205,34706	45,2357157
129,522085	94,3437109	105,894723	174,033854	92,4438434	155,069274	240,998344	241,800509	79,6902639	139,958708	179,305437	82,3088858	91,246659	216,102449	121,485671	246,565737	82,2218687
116,185986	287,488931	153,681708	147,800421	181,791716	94,8316299	246,485406	246,575839	185,689314	111,943893	117,2326842	217,016194	165,766571	200,255988	199,223291	161,8164713	175,199138
36,0629066	223,15328	62,3453718	74,3133689	89,9045237	56,9375679	183,48691	183,844848	64,675612	21,8192759	59,4131988	125,05153	75,4483681	137,903551	109,395773	85,5451306	165,1688999
62,015605	249,128358	83,6169422	71,1651747	108,928537	75,5267395	176,888881	177,132034	115,690198	46,6148868	69,958466	143,026648	97,6952854	20,270726	121,146421	60,3202447	107,471811
93,6167659	123,688251	66,955133	76,284283	55,5892127	124,358787	211,14123	211,819228	42,222975	61,1826255	147,675469	56,2204619	52,3051339	182,241261	89,8400009	208,281072	43,3566666
139,068823	97,0665652	113,181207	109,093468	97,4226201	165,736615	241,411937	242,229756	85,2619602	148,68905	189,88021	83,2295376	98,5017928	218,478888	123,5709	254,946308	95,5148179
21,7695405	208,272721	49,281345	76,8805293	77,7772249	52,6238149	185,566628	185,989534	81,2569685	7,5222519	61,4864976	113,13119	61,4941103	141,148058	100,96992	170,080092	71,08007
27,6153673	173,784465	61,0221785	86,3320275	91,7314224	43,7769041	195,54091	195,922412	94,645594	21,5621305	48,5970085	127,084392	74,5995259	150,301754	115,537752	93,45785	84,002833
132,801366	73,8851914	116,180389	107,208554	152,686865	260,208648	260,950408	260,950408	93,8466101	145,792887	177,245673	101,878695	101,874902	233,322224	139,610673	252,524277	93,8130692
200,051212	60,7698623	181,395815	149,819398	168,233971	217,831303	309,933836	310,727011	155,661741	212,927534	242,369913	153,476299	166,842902	289,181763	194,222745	109,732621	158,048734
16,264522	201,692655	43,6477828	25,6591079	52,4427589	186,553402	187,00445	187,00445	75,2449872	41,896866	41,896866	63,9776534	107,789141	55,2647207	142,777834	98,2096058	107,7464692
115,254644	295,742256	146,985064	128,920338	173,59978	103,912624	222,828681	222,868978	179,341854	106,447364	83,231441	208,107203	160,304649	177,137189	185,918358	34,6321523	170,029212
26,3888089	209,511875	43,0348368	68,4854809	70,7468302	61,6112506	176,767263	177,203799	75,3739851	6,30711013	70,8165914	105,990109	56,2795442	132,689842	92,6313022	102,685042	66,0328613
167,608804	354,615256	180,861436	125,724916	199,641973	174,361734	179,934142	179,934142	209,914436	150,893761	159,286829						

# Capítulo 6. Conclusiones

61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Irupana (Satelital)	Luribay (Satelital)	Mapiri	Chirapaca	Chorochoa	Charazani (GPS)	Luribay	Apolo	INAC Cochabamb	Patacamaya	Puerto Acosta	Ulla Ulla (Satelital)	Batalias Aut	Igachí (GPS)	San Jose Alto	Sepulturas	Tiawanaka	Ulla Ulla Aut	Jesús de Machaca M. (EuroClima)	El Belen
1940	2564	489	3870	2240	3650	2564	1415	2565	3793	3880	4253	3825	3950	3746	5184	3863	4336	3851	3828
-16,506399	-17,061399	-15,312222	-16,299733	-16,882778	-15,195	-17,061389	-14,7333	-17,425301	-17,238611	-15,526667	-15,0611	-16,430556	-16,25	-17,704444	-17,8	-16,586611	-15,061111	-16,7742	-16,012995
-67,6194	-67,661903	-68,221944	-68,497874	-67,149722	-69,003	-67,661944	-68,400000	-68,125883	-67,923056	-69,253056	-69,271896	-68,497778	-68,516701	-67,778611	-69,166667	-68,678333	-68,766111	-68,828889	-68,712072
-0,28801901	-0,29777759	-0,26724869	-0,28444401	-0,29466006	-0,26520278	-0,29777741	-0,25714459	-0,30412688	-0,30087052	-0,27099416	-0,26287673	-0,283616	-0,30900084	-0,31066667	-0,28917681	-0,26286598	-0,29276502	-0,27958894	
-1,18018117	-1,18092299	-1,19069754	-1,19551343	-1,17198374	-1,20432954	-1,18092327	-1,19380524	-1,18947437	-1,18548097	-1,20689384	-1,20902266	-1,19551176	-1,19584203	-1,18295992	-1,20718607	-1,19866304	-1,20902325	-1,20125597	-1,19925289
309,090935	369,352351	171,813535	284,135131	361,597303	184,497893	369,350659	111,14073	406,487166	386,31111	229,95085	189,369061	298,541012	278,959422	439,071212	461,765474	316,810282	189,373356	342,433006	257,945409
109,834017	170,013425	108,256556	155,17551	144,840808	192,636653	170,013477	155,326326	226,826008	197,426657	214,450968	224,281545	163,071701	154,190006	242,375293	319,848382	187,653128	224,286194	214,015697	163,546653
115,607009	175,437382	41,8562807	110,828719	172,721305	124,803123	175,435694	101,571495	216,464132	193,607601	146,903467	156,76726	122,81856	107,692847	245,605119	290,250497	146,327198	156,771773	174,127264	106,048942
114,247691	174,780367	48,0370155	115,246157	169,795069	131,553535	174,778846	105,472821	217,69955	194,034817	153,934071	163,429623	126,832532	112,35356	245,534595	293,735386	150,625567	163,434174	178,393987	112,0681
113,138956	170,792737	35,4754789	96,5137982	173,521587	113,219522	170,790677	101,035568	207,564247	186,476988	132,28776	145,564832	109,103478	93,0149661	239,367009	277,053364	132,609299	145,569112	157,866148	89,8018505
147,993484	203,93508	0,53377372	114,239153	209,204315	84,8635714	203,932736	66,7024547	235,545728	217,054506	133,321604	116,099312	128,337956	109,475248	270,649751	294,91336	148,513291	116,104026	175,477452	93,0338762
74,7940124	136,672436	91,3368849	112,245665	124,560921	169,758624	136,671658	151,829457	188,04349	160,589275	183,966871	202,215343	119,594825	111,655009	209,025635	277,066337	140,133727	202,219471	170,373423	124,347805
227,787408	289,585468	116,962153	226,86031	273,400603	172,890764	289,584478	92,7102876	335,729128	311,264645	214,829413	193,208365	240,080268	222,808875	361,558676	408,118925	262,205926	193,213626	289,767214	211,451887
61,8608746	115,262246	142,18156	140,253079	84,3555573	219,311983	115,263121	201,478802	177,669441	145,951425	229,82021	251,763984	142,935214	141,614825	186,150708	280,275696	165,569807	251,787941	188,18986	162,323786
99,939839	148,136012	122,418102	149,201207	119,963456	204,752564	148,136418	175,414102	207,575292	177,067993	221,976155	236,979485	155,104852	149,165008	220,039222	305,008994	179,251103	236,983874	204,363368	163,438253
126,068949	272,494289	69,0088799	175,991295	275,85873	82,6944221	272,491937	1,99013936	302,038009	284,96173	127,373198	99,9976678	150,518871	170,59077	338,748498	351,925864	207,621682	99,980013	232,791478	148,114638
41,6999703	64,9811831	111,366653	138,041485	302,061906	246,166547	64,9840787	244,20428	131,666803	98,5172575	246,68885	277,862925	141,545698	141,545698	132,013525	152,357247	277,866148	168,708767	170,157172	
36,6248608	96,6911831	111,366653	138,041485	302,061906	246,166547	64,9840787	244,20428	131,666803	98,5172575	246,68885	277,862925	141,545698	141,545698	132,013525	152,357247	277,866148	168,708767	170,157172	
29,2103003	87,6206824	137,422456	111,834812	172,721949	206,687748	87,6207332	201,76283	146,582332	106,585085	211,111734	238,785585	112,725817	113,994218	100,028343	247,227675	134,365615	238,789072	155,954384	108,828195
21,5258825	83,4051941	129,498148	95,4506438	79,6721195	94,660909	83,4044015	395,320339	137,429048	308,354489	196,877557	226,46589	96,2811877	97,1747898	155,792372	234,375737	118,079053	226,465898	140,098708	122,816318
15,4103447	14,1838048	43,38993	105,388486	65,6126869	208,582359	74,1836275	102,962836	132,558424	101,894225	209,94997	240,30782	104,66941	108,16229	146,723651	233,823725	115,122928	240,31211	145,096335	74,387971
157,531091	69,025485	67,4877417	81,2056338	22,742795	53,295356	199,251367	105,819128	110,007778	201,546778	53,0485152	62,1679156	94,9508902	75,322367	254,891567	246,479697	106,587629	82,1703887	128,866534	45,146401
18,0233167	199,108663	153,02812	113,039007	55,8740183	128,328496	69,0314337	218,421917	211,047028	98,6534297	219,232575	200,210493	111,42334	116,81029	141,169269	234,26645	130,592842	150,271527	150,036766	143,492853
17,4638903	74,1975244	131,384159	81,7938409	82,6608133	190,303525	74,1794411	198,246325	129,899155	95,4874288	188,734158	221,479944	81,0981252	84,6963744	145,300014	217,571778	102,04731	221,482477	123,319715	112,200365
69,4365762	123,402267	80,0842573	62,757671	133,634648	139,266621	123,399957	147,235156	159,869551	137,97104	144,05136	171,659563	73,5319726	61,7993271	190,984171	235,511662	96,1222491	116,62898	123,256341	76,1380633
166,01998	209,87656	160,810221	93,4576713	231,200773	42,334614	209,873183	93,902602	223,414579	213,248225	152,194642	27,926277	107,392678	87,577067	266,776198	259,212862	119,198792	72,929294	141,80392	108,38144
52,3354932	51,5765904	196,903836	144,893184	12,9565213	260,039877	51,5787498	262,31508	118,684107	85,5669881	257,553921	291,26935	199,708757	149,006266	113,555604	200,985994	154,605019	291,272334	167,923907	179,389161
61,9370208	0,1349578	203,584092	132,019946	57,8922528	252,291965	0,13930001	270,735723	67,2865204	60,899734	240,87913	281,308423	113,45618	128,318756	72,5221175	179,59777	121,40882	281,310592	122,13939	161,243789
82,613655	58,4403124	211,633451	159,83602	2,7942793	275,489885	58,4441451	276,68453	123,80567	91,3940019	270,973364	306,747694	54,221273	164,053856	111,97903	237,26678	168,302053	106,750688	180,40425	194,70088
136,97101	177,961546	68,2573569	61,061619	102,103272	74,4204963	177,958069	118,236143	191,061132	105,65734	302,702745	303,104633	201,751934	55,2009023	234,168643	232,45115	88,9093644	103,418833	113,346606	28,62625
177,725448	219,25091	74,66881	300,38497	24,947295	33,9306396	219,250587	98,820622	229,607062	221,174456	38,598897	61,7982598	113,724405	94,5249994	274,292242	259,348923	123,02665	61,80077	143,863302	62,8862913
67,8866316	48,2479424	214,248701	156,056766	12,888145	275,326937	48,2520021	280,010514	112,547131	80,450261	70,285976	103,416433	149,502891	160,551696	100,30893	226,12964	306,20732	147,883753	160,207993	67,8862913
45,7446844	57,9861909	151,997484	65,5074732	93,3205437	194,558445	57,9825138	128,668042	160,829938	64,5706337	183,004475	227,231331	51,7345646	70,5823764	118,323469	175,727581	71,418824	223,274442	87,252041	103,312098
55,3711555	36,1643894	177,814298	87,7798305	85,2494573	219,460299	36,1640984	244,579448	63,8166948	38,876608	205,69921	247,585131	67,4485819	93,2772369	92,9307257	163,980596	85,3092337	247,58345	141,181566	126,342998
144,197294	181,956339	79,1387574	61,4917912	209,05403	72,848458	181,952686	125,109393	190,733512	182,419145	61,6548269	95,5788187	74,7891143	65,6510582	235,405063	226,120014	85,3034477	99,5597279	140,02966	24,266571
49,8005812	73,1514569	31,673758	51,681132	106,529627	179,185117	73,1478969	204,036503	98,4986267	79,2443263	166,38396	102,03262	45,7532341	56,4103515	131,187406	180,944995	63,3045098	68,034526	83,1088951	88,17739
30,887861	63,6828735	141,812597	64,9655369	92,7300431	188,898828	63,6797868	208,79867	98,7642165	75,4035669	180,355354	128,462999	59,8592366	69,3601328	128,478919	186,762824	177,298567	128,465379	149,081664	100,58249
177,463866	242,01064	57,0385794	110,07704	242,35															

## Capítulo 6. Conclusiones

### Anexo D: Cálculo del valor absoluto de las longitudes.

Nº	MUNICIPIOS	ALTITUD	LATITUD	LONGITUD	Nº											
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
					Estación Meteorológica	Achumani	Apolo Aeropuerto	Ayo Ayo	Calacoto	Camata	Carabuco	Caranavi	Catacora	Chirapaca	Chorocana	
					ALTTUD	3200	1406	3888	3826	2250	3826	600	4253	3870	2240	
					LATITUD	-16,530833	-14,732778	-17,093767	-17,282847	-15,2483	-15,755278	-15,834755	-17,1586	-16,299733	-16,882778	
					LONGITUD	-68,071389	-68,4125	-68,007499	-68,634583	-68,745	-69,064167	-67,573677	-69,4864	-68,497874	-67,149722	
					LATITUD (radianes)	-0,28851746	-0,25713548	-0,29834252	-0,30164258	-0,26613304	-0,27498148	-0,27636861	-0,29947407	-0,28448401	-0,29466006	
					LONGITUD (radianes)	-1,18806986	-1,19402337	-1,18695477	-1,19789945	-1,19982659	-1,20539711	-1,17938315	-1,21276647	-1,19551343	-1,17198374	
1	Ixiamas	245	-13,7699	-68,1253	-0,24033009	-1,189010789	0,00094092	0,00501259	0,00205602	0,00888867	0,01081581	0,01638632	0,00962764	0,02375568	0,00650264	0,01702705
2	Palos Blancos	419	-15,5839	-67,252	-0,27199037	-1,173768829	0,01430104	0,02025455	0,01318595	0,02413063	0,02605777	0,03162828	0,00561432	0,03899764	0,0217446	0,00178509
3	Guanay	432	-15,4979	-67,8823	-0,27048938	-1,184769639	0,00300023	0,00925374	0,00218513	0,01312984	0,01505696	0,02062747	0,00538649	0,02799683	0,01074379	0,0127859
4	Teoponte	438	-15,4966	-67,8167	-0,27046669	-1,183624703	0,0044516	0,0139867	0,00333007	0,01427475	0,01620189	0,02177241	0,00421555	0,02914176	0,01188873	0,01160694
5	Tipuaní	510	-15,5641	-68,0188	-0,27164479	-1,187152013	0,00091785	0,00687136	0,00019724	0,01074744	0,01267458	0,0182451	0,00776886	0,02561445	0,00836142	0,01516827
6	Mapiří	587	-15,3076	-68,2206	-0,26716802	-1,190674088	0,00260422	0,00334929	0,00371931	0,00722537	0,00915251	0,01472302	0,01129094	0,02209238	0,00483934	0,01869035
7	Caranavi	593	-15,8358	-67,5649	-0,27638685	-1,179229964	0,00088399	0,01479341	0,00772481	0,01866949	0,02059663	0,02616715	0,00015319	0,0353365	0,01628347	0,00724622
8	San Buenaventura	683	-14,4581	-67,5867	-0,25234145	-1,179610446	0,00845924	0,01441293	0,00734433	0,01828901	0,02021615	0,02578666	0,00022729	0,03315602	0,01590299	0,0076267
9	La Asunta	750	-16,1255	-67,1969	-0,28144307	-1,172807152	0,01526271	0,02121622	0,01414762	0,0250923	0,02701944	0,03252896	0,00056776	0,00995931	0,02270628	0,00083241
10	Alto Beni	1032	-15,805	-67,2	-0,27584929	-1,172861257	0,01520661	0,02161212	0,01409352	0,0250382	0,02696534	0,03253585	0,00652189	0,03990521	0,0225217	0,00087752
11	Apolo	1437	-14,7192	-68,4114	-0,2568985	-1,194004176	0,00593431	1,9199E-05	0,0070494	0,00389528	0,00685242	0,01139293	0,0162102	0,01876229	0,01502926	0,02202044
12	Villa Libertad Licoma	1555	-16,63	-67,25	-0,29024825	-1,173733922	0,01435994	0,02028945	0,01322085	0,02416553	0,02609267	0,03166319	0,00564923	0,03903254	0,0217951	0,00175018
13	Coroico	1619	-16,1942	-67,7288	-0,28264211	-1,182090558	0,00593931	0,01193282	0,00486422	0,0158089	0,01773604	0,02330655	0,00270741	0,03067591	0,01342287	0,01010682
14	Tacacoma	1666	-16,3	-67,45	-0,28448867	-1,17722458	0,01084528	0,01679879	0,00973019	0,02067487	0,02262001	0,02817253	0,00215857	0,0354188	0,01828885	0,00524084
15	Coripata	1715	-16,3134	-67,6036	-0,28472254	-1,179905406	0,00816646	0,01411797	0,00704937	0,01799405	0,01929119	0,0254917	0,00052259	0,03286106	0,01560803	0,00792167
16	Chulumani	1774	-16,4089	-67,5167	-0,28638933	-1,178388715	0,00968115	0,01563466	0,00856606	0,01951074	0,02143788	0,02700839	0,00099444	0,03437775	0,01712472	0,00640497
17	Quiabaya	1812	-15,6167	-68,7667	-0,27256283	-1,200205331	0,01213547	0,00618196	0,01325056	0,00230588	0,00037874	0,00519178	0,02082218	0,01256113	0,0046919	0,02822159
18	Irupana	1928	-16,4734	-67,4539	-0,28751507	-1,177292648	0,01077722	0,01673073	0,00966213	0,02060681	0,02253395	0,02810466	0,0029095	0,03547382	0,01822078	0,00530891
19	Ynacachi	2003	-16,3983	-67,7382	-0,28620433	-1,182254619	0,00581257	0,01176876	0,00470015	0,01564483	0,01757197	0,02314249	0,00287147	0,03051185	0,01325881	0,01027088
20	Chua Cocani	2065	-16	-68	-0,27925268	-1,186823891	0,00124597	0,00719948	0,00113088	0,01107556	0,0130027	0,01857322	0,00744074	0,02954257	0,00868954	0,01484015
21	Aucapata	2378	-15,5	-68,7667	-0,27025603	-1,200205331	0,01213547	0,00618196	0,01325056	0,00230588	0,00037874	0,00519178	0,02082218	0,01256113	0,0046919	0,02822159
22	Cajuata	2544	-16,8167	-67,25	-0,29350678	-1,173733922	0,01433594	0,02028945	0,01322085	0,02416553	0,02609267	0,03166319	0,00564923	0,03903254	0,0217951	0,00175018
23	Luribay	2546	-17,062	-67,6608	-0,29778808	-1,180903735	0,00716613	0,01131964	0,00605104	0,01699572	0,01892286	0,02449337	0,00152058	0,03186273	0,0146097	0,00891999
24	Inquisivi	2704	-16,9049	-67,1373	-0,29504616	-1,171766936	0,01630293	0,02256464	0,01518784	0,02613252	0,02805966	0,03363017	0,00409953	0,0327465	0,00201168	
25	Sorata	2713	-15,7696	-68,6469	-0,27523144	-1,198114426	0,01004456	0,00409105	0,01115965	0,00221497	0,00171217	0,00728268	0,01873127	0,01465204	0,02060099	0,02613069
26	Chuma	2725	-15,4821	-68,8958	-0,27021362	-1,202458551	0,01438869	0,00843518	0,01550378	0,0045591	0,00263196	0,00293856	0,0230754	0,01030791	0,00954512	0,03047481
27	Quime	2976	-16,9794	-67,2163	-0,29634644	-1,173145746	0,01492412	0,02087763	0,01380903	0,02475371	0,02668085	0,03225136	0,00623741	0,03962072	0,02326769	0,00116201
28	Mecapaca	2984	-16,6647	-68,0156	-0,29085388	-1,187096163	0,0009737	0,00692721	0,00014139	0,01080329	0,01273043	0,01830095	0,00771301	0,0256703	0,00841727	0,01511242
29	Sapahaqui	3157	-16,89	-67,9509	-0,29478611	-1,185969635	0,00210923	0,00805644	0,00098784	0,01193252	0,01385966	0,01943017	0,00658378	0,02679953	0,0059465	0,01398319
30	Combaya	3209	-15,805	-68,755	-0,27584929	-1,200001127	0,01193126	0,00597775	0,01304635	0,00210167	0,00017453	0,00539598	0,00261798	0,01276534	0,0044877	0,02081739
31	Mocomoco	3267	-15,4561	-68,9972	-0,26975983	-1,204228315	0,01618545	0,01020494	0,01727354	0,00632886	0,00440172	0,00116879	0,0248516	0,00853815	0,00871488	0,03224457
32	Calacoto	3280	-16,543	-68,085	-0,28872982	-1,188307421	0,00237356	0,00571595	0,00135265	0,00959203	0,01151917	0,01708967	0,00898247	0,02454504	0,00720601	0,01632368
33	Palca	3457	-16,5611	-67,9531	-0,28904572	-1,186005332	0,00206453	0,00801804	0,00094944	0,01189412	0,01382126	0,01939178	0,00662218	0,02676113	0,0095801	0,01402159
34	Ayata	3500	-15,3407	-68,753	-0,26774572	-1,199966221	0,01189636	0,00594285	0,01301145	0,00206677	0,00013963	0,00543089	0,00258307	0,01280204	0,00445279	0,02798248
35	Pelechuco	3596	-14,8198	-69,0717	-0,2586543	-1,205528585	0,0145872	0,01150521	0,01857381	0,00762913	0,00570199	0,00013148	0,02614543	0,00723788	0,01001515	0,03354484
36	La Paz	3628	-16,4897	-68,1193	-0,28779956	-1,188906069	0,0008362	0,00511731	0,0109513	0,00899338	0,01092053	0,01649014	0,00952292	0,02388604	0,00660736	0,01692233
37	Yaco	3697	-17,15	-67,4	-0,29932397	-1,176351916	0,01171795	0,01767146	0,01060286	0,02154754	0,02347468	0,02904519	0,00303124	0,0364145	0,00436818	
38	Achocalla	3718	-16,5707	-68,168	-0,28921327	-1,189756044	0,00568619	0,00426733	0,00280127	0,00814341	0,01007055	0,01564106	0,0037289	0,02301042	0,00575739	0,0177723
39	Papel Pampa	3721	-17,8243	-67,7703	-0,31109272	-1,18281487	0,00524998	0,0112085	0,0041399	0,01508458	0,01701172	0,02258224	0,00343172	0,0299516	0,01083113	
40	Malla	3722	-17,0833	-67,4833	-0,29815983	-1,177805775	0,01026409	0,0162176	0,009149	0,02009368	0,02202082	0,02759133	0,00157738	0,03496065	0,01770766	0,00852203
41	Santiago de Callapa	3782	-17,4777	-68,3563	-0,30504341	-1,193042499	0,00497264	0,00098088	0,00608773	0,00485695	0,00678409	0,01235461	0,00159355	0,01972397	0,00247093	0,01025876
42	Patacamaya	3782	-17,2409	-67,9106	-0,30091047	-1,185263567	0,00280663	0,00875981	0,00169121	0,01263589	0,01456303	0,02013354	0,00588402	0,0275029	0,01024986	0,01327983
43	Nazacara de Pacajes	3806	-16,9375	-68,7671	-0,29561514	-1,200212312	0,01214245	0,00618894	0,01325754	0,00038572	0,00518484	0,00289216	0,01255415	0,00469888	0,00822857	
44	Desaguadero	3811	-16,5667	-69,0333	-0,28914346	-1,204858379	0,00768851	0,010835	0,0179036	0,00695892	0,00503178	0,00053873	0,02547523	0,00790889	0,00934495	0,03287464
45	San Andrés de Mach	3817	-													

## Capítulo 6. Conclusiones

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Collana	Copacabana	Coripata	El Alto Aeropuerto	El Belen	Hichucota	Huayconco	Incapampa	Irupana	Isla Del Sol	Laycacota	Palca_LP	San Calixto	San Juan Huanocollo	Santiago de Huata	Santiago de Machaca	Sorata	Villa Puni
3911	3815	1788	4135	3833	4460	3875	1586	1946	3976	3635	3333	3658	3829	3845	3874	2647	3835
-16,903955	-16,169167	-16,324167	-16,510278	-16,019295	-16,176667	-16,343056	-16,225556	-16,473056	-16,036667	-16,504761	-16,560556	-16,495278	-16,585556	-16,051111	-17,066667	-16,766667	-15,666389
-68,28355	-69,088611	-67,604444	-68,125611	-68,712072	-68,381111	-68,496944	-67,280556	-67,452778	-69,148333	-68,123444	-67,951389	-68,1325	-68,966667	-68,810278	-69,199444	-68,565167	-67,162222
-0,2950255	-0,2822052	-0,28491046	-0,28815871	-0,27958944	-0,2823361	-0,28524014	-0,28318938	-0,28759097	-0,28939264	-0,28806207	-0,28903623	-0,28789691	-0,28947256	-0,28804474	-0,28786953	-0,27518025	-0,27343007
-1,19172777	-1,20582374	-1,17992014	-1,19029031	-1,19925189	-1,19347553	-1,1954972	-1,18207758	-1,17727307	-1,20686608	-1,18898052	-1,18597547	-1,18913645	-1,20096541	-1,20096591	-1,20775814	-1,19819763	-1,20719576
0,00276198	0,01681295	0,00909065	0,00127952	0,0102411	0,00446474	0,00648641	0,00699322	0,01173772	0,01785529	0,32646-05	0,00303532	0,00012566	0,01468462	0,01195512	0,01874735	0,00918684	0,01818497
0,01800394	0,03205491	0,00615131	0,01652148	0,02548306	0,0197067	0,02172837	0,00830874	0,00350424	0,0309725	0,0152117	0,01220664	0,01536762	0,02992658	0,02719708	0,03398931	0,0242488	0,03342693
0,00700313	0,0210541	0,0048495	0,00552067	0,01448225	0,00870589	0,01072756	0,00269207	0,00749657	0,02209644	0,00421089	0,00120583	0,00436681	0,01892577	0,01619627	0,0229885	0,01342799	0,02242612
0,00814807	0,02219903	0,00370457	0,0066656	0,01562719	0,00985083	0,0118725	0,00154713	0,00635164	0,02324138	0,00535582	0,00235077	0,00551175	0,02007071	0,01734121	0,02413344	0,01457292	0,02357106
0,00462076	0,01867172	0,00723188	0,00313829	0,01209988	0,00632352	0,00834519	0,00507444	0,00987895	0,01971407	0,00182851	0,00117654	0,00198444	0,0165434	0,0138139	0,02060613	0,01104561	0,02004375
0,00109868	0,01514965	0,01075395	0,00038378	0,0085778	0,00280145	0,00482311	0,00859651	0,01340102	0,016192	0,00169356	0,00469862	0,00153764	0,01302133	0,01029182	0,01708405	0,00527354	0,01652167
0,01254281	0,02659916	0,00609017	0,01106034	0,02002193	0,01424557	0,01626274	0,00284761	0,0019569	0,02763612	0,00975056	0,00674551	0,00990649	0,02446454	0,02852817	0,03495099	0,01896766	0,02796579
0,0126233	0,02621329	0,00300699	0,01067968	0,01964145	0,01386509	0,01588675	0,00246713	0,00233738	0,02725564	0,00937080	0,00636502	0,00952601	0,02408407	0,02135546	0,02816749	0,01858718	0,02758531
0,01896662	0,003101659	0,00711298	0,01748316	0,02464474	0,02666838	0,02269505	0,00927042	0,0046591	0,03408953	0,01617337	0,01316832	0,0163299	0,03088826	0,02815876	0,03495099	0,02539047	0,03438861
0,01891152	0,03296248	0,00705888	0,01742905	0,02639063	0,02061428	0,02263594	0,00921632	0,00441181	0,03400483	0,01611927	0,01311421	0,0162752	0,03083416	0,02810465	0,03489688	0,02533637	0,0343345
0,0223214	0,01181956	0,01408044	0,00371387	0,00524772	0,00052864	0,00149302	0,0119266	0,01673111	0,01286191	0,00502365	0,00802873	0,00486772	0,00969124	0,00696713	0,01373596	0,00419345	0,01319158
0,01803885	0,03209882	0,00618621	0,01655639	0,02551797	0,01974161	0,02176328	0,00834365	0,00353914	0,03313216	0,0152466	0,01540253	0,02996149	0,02723199	0,03402422	0,024637	0,03542612	0,0346184
0,00968221	0,02373318	0,00217042	0,00819975	0,01716133	0,01138497	0,01340664	1,2985E-05	0,00481749	0,02477552	0,00689897	0,00388491	0,00704589	0,02160485	0,01887355	0,02566758	0,01610707	0,0251052
0,01454819	0,02859916	0,0069556	0,01306573	0,0202731	0,01625095	0,01827266	0,00485299	4,8488E-05	0,0296415	0,01175594	0,00875089	0,01191187	0,02647083	0,02374133	0,03053356	0,02097305	0,0297118
0,01186737	0,02591833	1,4731E-05	0,0103849	0,01934649	0,01357013	0,01559179	0,00217217	0,0262334	0,02696068	0,00907512	0,00607006	0,00231005	0,02379001	0,0210605	0,02875273	0,01829222	0,02309531
0,0138406	0,02743502	0,01053142	0,01190159	0,01508682	0,01710849	0,00368886	0,00111565	0,02847737	0,00182777	0,00758675	0,01074774	0,0253067	0,0252772	0,02926942	0,01980891	0,02880704	0,02880704
0,00843256	0,00561841	0,02028519	0,00991502	0,00095344	0,0067298	0,00470813	0,01812776	0,02293227	0,00660775	0,01122481	0,01422986	0,01106888	0,00349008	0,0070058	0,0075281	0,0020077	0,00699043
0,01448012	0,02653109	0,00262749	0,01129766	0,01295924	0,01618288	0,01820055	0,00478492	1,9538E-05	0,02957343	0,01168788	0,00868282	0,0118438	0,02640276	0,02367326	0,03046549	0,02909498	0,02990311
0,00951815	0,02356912	0,00234448	0,00803569	0,01699727	0,01122091	0,01324258	0,00017705	0,00498515	0,02461146	0,00672591	0,00372085	0,00688183	0,02144079	0,01871129	0,02503552	0,01594301	0,02494114
0,00948888	0,00989985	0,00690375	0,00346642	0,0112428	0,00665164	0,00867331	0,00474632	0,00955083	0,02004219	0,00215663	0,00084842	0,00321256	0,01687152	0,01414202	0,02093425	0,01137373	0,02307187
0,00843256	0,00561841	0,02028519	0,00991502	0,00095344	0,0067298	0,00470813	0,01812776	0,02293227	0,00660775	0,01122481	0,01422986	0,01106888	0,00349008	0,0070058	0,0075281	0,0020077	0,00699043
0,01803885	0,03209882	0,00618621	0,01655639	0,02551797	0,01974161	0,02176328	0,00834365	0,00353914	0,03313216	0,0152466	0,01224541	0,01540253	0,02996149	0,02723199	0,03402422	0,024637	0,0346184
0,01086904	0,02492	0,0009836	0,00398657	0,02551797	0,01834861	0,0125718	0,01459347	0,00117384	0,00363067	0,02596235	0,00807679	0,00507173	0,02279168	0,02260218	0,0268544	0,0172939	0,02529202
0,02000584	0,03405668	0,0081532	0,01852337	0,02748496	0,0217086	0,02373026	0,01031064	0,00505613	0,03099915	0,01721359	0,01420853	0,01736952	0,03192848	0,02919897	0,0399912	0,02643069	0,03542882
0,0364165	0,0070931	0,01181929	0,00782412	0,0113747	0,00463889	0,00261723	0,01603865	0,02084136	0,00897166	0,00913239	0,01213896	0,00899737	0,00558099	0,00285148	0,00864371	8,32E-05	0,00908133
0,01068578	0,00336519	0,02253841	0,01216824	0,00320666	0,00898302	0,00696135	0,02038098	0,02518459	0,00440753	0,01347803	0,01648308	0,0133221	0,00123868	0,00149264	0,00529599	0,02426092	0,00437321
0,01862703	0,03267999	0,00677439	0,01714456	0,02610615	0,02032979	0,02325145	0,00893183	0,02437204	0,00837204	0,01583478	0,01282972	0,01599071	0,03054967	0,02054876	0,03461239	0,02050158	0,00580401
0,00467661	0,01872577	0,00176063	0,00391414	0,01215573	0,00637937	0,00840014	0,00501859	0,0098231	0,01976992	0,00188436	0,00112069	0,00204029	0,01659925	0,01386975	0,02066198	0,01101146	0,0200996
0,00805854	0,0196856	0,0060468	0,00432337	0,01328496	0,0075086	0,00953027	0,00869387	0,02089915	0,00869387	0,02089915	0,00316952	0,01772848	0,01499898	0,0217912	0,01223069	0,02122882	0,02122882
0,0022835	0,00582621	0,00200999	0,00971082	0,00074923	0,00652559	0,00450393	0,01792355	0,02272806	0,00684996	0,0110206	0,01402566	0,01086467	0,00369429	0,00964768	0,00775071	0,0018035	0,00719463
0,01245554	0,01195492	0,00243018	0,01047578	0,00873111	0,02215074	0,02692554	0,00263777	0,01524779	0,01825285	0,01509186	0,00055329	0,0032624	0,0052982	0,00603069	0,00296744	0,00296744	0,00296744
0,00346535	0,01751632	0,00838728	0,00198289	0,01094447	0,00516811	0,00718978	0,00622985	0,01103436	0,01858667	0,0006731	0,00233135	0,00082903	0,01538799	0,01265849	0,01945072	0,0089902	0,01888834
0,00576744	0,01981841	0,0060852	0,00428498	0,01324656	0,0074702	0,00949187	0,00392776	0,00873227	0,02086075	0,00295719	2,9863E-05	0,01176908	0,01496058	0,02175821	0,0121929	0,002119043	0,002119043
0,00819345	0,00585752	0,02004608	0,00967591	0,00071433	0,00649069	0,00446902	0,01788865	0,02269315	0,00689986	0,0109857	0,01399075	0,01082977	0,00372919	0,00099969	0,00779192	0,00176859	0,00722954
0,01375581	0,00209515	0,02560845	0,01232828	0,00627669	0,01205305	0,01003318	0,02345101	0,02825552	0,0013375	0,01654806	0,01955312	0,01639213	0,00183317	0,00456267	0,02022955	0,00733096	0,00166717
0,0028667	0,01691767	0,0089893	0,00138424	0,01034582	0,00456946	0,00659913	0,0068285	0,011633	0,01796001	7,4456E-06	0,0029306	0,00203208	0,01478934	0,00259884	0,00858207	0,00291956	0,01828969
0,01542086	0,02947182	0,00356822															

## Capítulo 6. Conclusiones

29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Chilipina Grande	Achiri	La Asunta	Viacha_M (GPRS)	Charaña (GPRS)	Chachacom anti-Batallas	Wila Cala (GPRS)	Mecapaca	Batallas-Yaurichamb	Iquillani Batallas	Yaurichamb i (GPRS)	Tahuanaoco_M (GPRS)	Sara Ana	San Roque El Alto	San Andres de	Alto Achachiala	Apolo SENAMHI	Huariusyo (GPRS)
3832	3880	756	3873	4052	4107	4264	2680	3825	3875	3901	3848	365	3989	3938	4383	1383	3696
-15,996944	-17,211667	-16,126667	-16,658328	-17,5833	-16,108299	-15,3572	-16,667685	-16,430599	-16,2311	-16,326099	-16,547187	-15,458056	-16,475599	-16,952599	-16,347222	-14,716667	-16,3569
-68,693889	-68,999444	-67,196667	-68,282102	-69,416702	-68,508102	-69,044701	-68,017048	-68,497803	-68,464401	-68,811102	-68,68359	-67,466667	-68,270798	-68,084722	-68,516667	-68,5044	-68,5044
-0,27919934	-0,30040026	-0,28146344	-0,29074267	-0,30688648	-0,28114285	-0,2680337	-0,29095059	-0,28676805	-0,28328614	-0,28494418	-0,2888029	-0,26979397	-0,28755345	-0,29592579	-0,28531285	-0,25685429	-0,28548176
-1,19893454	-1,20426748	-1,17280309	-1,1917475	-1,21155001	-1,19569194	-1,20505736	-1,18712143	-1,19551219	-1,19492922	-1,19522071	-1,19875479	-1,17751547	-1,19155021	-1,20374308	-1,18830257	-1,19584143	-1,19562733
0,00992375	0,01525669	0,0162077	0,00273671	0,02253922	0,00668116	0,01604657	0,00188936	0,0065014	0,00591843	0,00620992	0,009744	0,01149531	0,00253942	0,01473229	0,00078022	0,00683064	0,00661654
0,02151679	0,03049865	0,00096574	0,01797867	0,03778118	0,02192312	0,03128853	0,0133526	0,02174336	0,02116039	0,02145188	0,02498596	0,00374665	0,01778138	0,02997425	0,01453374	0,02027026	0,0218585
0,0141649	0,01949784	0,01196655	0,00697786	0,02678037	0,01092231	0,02028772	0,00235179	0,01074255	0,01015958	0,01045107	0,01398515	0,00725416	0,00678057	0,01897344	0,00353293	0,01107179	0,01085769
0,01530984	0,02064278	0,01082162	0,00812228	0,02792523	0,01206724	0,02143266	0,00349673	0,01188749	0,01130452	0,011596	0,01513008	0,00610923	0,00792551	0,02011838	0,00467787	0,01221673	0,01200263
0,01178253	0,01711547	0,01434893	0,00495949	0,02439799	0,00853993	0,01790535	3,0582E-05	0,00836018	0,0077772	0,00806869	0,01160277	0,00963654	0,00439819	0,01659106	0,0115056	0,00688942	0,00847532
0,00826045	0,01359339	0,017871	0,01007341	0,02087592	0,00501786	0,01438328	0,00355266	0,00483811	0,00425513	0,00454662	0,0080807	0,01315861	0,00087612	0,01306899	0,0237152	0,00516734	0,00495324
0,01970458	0,02503752	0,00642688	0,01251754	0,03232004	0,01646198	0,0258274	0,00789147	0,01822223	0,01569925	0,01599074	0,01952482	0,00171449	0,01232024	0,02451311	0,00907261	0,01661147	0,01397377
0,01932407	0,02465703	0,00680736	0,01213705	0,03193956	0,0160815	0,02544692	0,00751099	0,01590175	0,01531877	0,01561026	0,01914434	0,00209497	0,01193976	0,02412363	0,00869212	0,01623099	0,01601689
0,02612739	0,03146033	0,04666E-06	0,01894035	0,03874285	0,02288479	0,03252021	0,01431429	0,02270504	0,02212207	0,02241355	0,02594764	0,00470832	0,01874306	0,03093593	0,01549542	0,02303428	0,02280218
0,02607328	0,03140622	5,8172E-05	0,01888624	0,03688875	0,02283069	0,03219611	0,01426017	0,02265904	0,02020796	0,02235945	0,02589533	0,0045422	0,01868895	0,03088182	0,01544311	0,02298017	0,02276607
0,00493036	0,0102633	0,02210109	0,00225668	0,01754583	0,00168777	0,01105319	0,00688274	0,00150802	0,00212653	0,00475061	0,0164887	0,00245397	0,0097389	0,00570161	0,01083726	0,00162316	0,00162316
0,02520062	0,03053356	0,00093084	0,01801358	0,03781608	0,02195802	0,0312344	0,01338751	0,02178727	0,0211953	0,02148678	0,02502087	0,00378155	0,01781629	0,0300916	0,01456865	0,02210751	0,0218941
0,01684398	0,02217692	0,00928747	0,00965694	0,02945945	0,01360139	0,02296681	0,00503087	0,01342163	0,01283866	0,01313015	0,01666423	0,00457508	0,00945965	0,02165252	0,00621201	0,01375087	0,01535677
0,02170996	0,0270429	0,00442149	0,01452292	0,03435423	0,01846736	0,02783278	0,00998685	0,01828761	0,01770464	0,01799612	0,02153021	0,00029089	0,01432563	0,0265185	0,01007799	0,01861685	0,01840275
0,01920913	0,02436207	0,00710232	0,01184209	0,0316446	0,01578654	0,02515196	0,00721603	0,01560679	0,01502381	0,0153153	0,01884938	0,00238993	0,0116448	0,02383767	0,00389716	0,01593603	0,0172193
0,02054582	0,02587876	0,00585663	0,01338789	0,03316129	0,01730323	0,02666865	0,00873272	0,01712348	0,01654005	0,01683199	0,02036607	0,00087324	0,01316149	0,02553456	0,00991385	0,01745272	0,01723862
0,00127079	0,00406215	0,02740225	0,00485783	0,01134468	0,00451339	0,00485203	0,0130839	0,00469314	0,00527611	0,00498463	0,00145054	0,02268986	0,00865512	0,00353775	0,01190276	0,0043639	0,004578
0,02164189	0,02697483	0,00448956	0,01445485	0,03425736	0,0183993	0,02677472	0,00982878	0,01821954	0,01763657	0,01792806	0,02146214	0,00022283	0,01425756	0,02645043	0,01100992	0,01854878	0,01833468
0,01667992	0,02201286	0,00945153	0,00949288	0,02929539	0,01343732	0,02280274	0,00486681	0,01325757	0,0126746	0,01296609	0,01650017	0,00473914	0,00929559	0,02148846	0,00606795	0,01358681	0,01337721
0,02112065	0,01744359	0,01402081	0,00492361	0,02472611	0,00886805	0,01823347	0,00029754	0,00886883	0,00810533	0,00839681	0,0119309	0,00930842	0,00472632	0,0119309	0,0147868	0,005901754	0,00880344
0,00127079	0,00406215	0,02740225	0,00485783	0,01134468	0,00451339	0,00485203	0,0130839	0,00469314	0,00527611	0,00498463	0,00145054	0,02268986	0,00865512	0,00353775	0,01190276	0,0043639	0,004578
0,02520062	0,03053356	0,00093084	0,01801358	0,03781608	0,02195802	0,0312344	0,01338751	0,02178727	0,0211953	0,02148678	0,02502087	0,00378155	0,01781629	0,0300916	0,01456865	0,02210751	0,0218941
0,0180380	0,02336375	0,00810665	0,01084377	0,03064627	0,01478821	0,02415363	0,0062177	0,01460846	0,01402548	0,01431697	0,01785105	0,00338826	0,01064647	0,02283934	0,00739883	0,0149377	0,0147236
0,0271676	0,03250054	0,0103615	0,01998056	0,03978307	0,02392501	0,03329043	0,0153545	0,02374526	0,02316228	0,02345377	0,02698785	0,00574854	0,01978327	0,01937614	0,00563563	0,0240745	0,023860
0,00802011	0,01651035	0,02553134	0,00366693	0,01343558	0,00242248	0,00694294	0,01099299	0,00260223	0,00318521	0,00289272	0,00064036	0,02059895	0,00565422	0,00262865	0,00981186	0,02027299	0,00487709
0,00352401	0,01080983	0,02965447	0,00271105	0,00909145	0,00676661	0,00259881	0,0153712	0,00572933	0,00272385	0,00370376	0,02494308	0,01090834	0,01128453	0,01415598	0,00666712	0,00268312	0,00288122
0,02578879	0,03121273	0,00034266	0,01860175	0,03840426	0,0225462	0,03191162	0,01397569	0,02326645	0,02178347	0,02207496	0,02569004	0,00436973	0,01840446	0,03059733	0,0115682	0,02265699	0,02248159
0,0183838	0,01717132	0,01409238	0,00456134	0,02445384	0,00859578	0,0179612	0,02569E-05	0,00841603	0,00812454	0,01165862	0,00958098	0,00445405	0,01646462	0,01205641	0,00547527	0,00853117	0,00853117
0,0129676	0,01830055	0,01316385	0,00578057	0,02583007	0,00972501	0,01090043	0,0011545	0,00945426	0,00896228	0,00925377	0,01278785	0,00845146	0,00558327	0,01777614	0,00233565	0,0098745	0,0096604
0,00106659	0,00246635	0,02719804	0,00825363	0,01154888	0,00430918	0,00505624	0,0128797	0,00448893	0,00507191	0,00478042	0,00124634	0,02248565	0,00845092	0,00374195	0,01169856	0,0041597	0,0043738
0,00529378	0,03165E-05	0,01342523	0,01248081	0,00732169	0,00853637	0,00082905	0,01710688	0,00871612	0,00929291	0,00900761	0,00547353	0,02671284	0,01267811	0,00048524	0,01592575	0,00838688	0,00860098
0,01062712	0,01596006	0,01550434	0,00344008	0,02324258	0,00738452	0,01764994	0,00118959	0,00720477	0,0066218	0,00691328	0,01044737	0,01079195	0,00324279	0,01543566	4,852E-06	0,00573401	0,00731991
0,01292921	0,01826215	0,01320225	0,00574217	0,02554467	0,00968661	0,01905203	0,0011161	0,00950686	0,00892389	0,00921537	0,01274946	0,00848986	0,00554488	0,01773775	0,02029724	0,0098361	0,009622
0,00103168	0,00490126	0,02716314	0,00821872	0,01158379	0,00472428	0,00509114	0,01284479	0,00445403	0,0050337	0,00474552	0,00121143	0,02245075	0,00841601	0,00376886	0,01166365	0,00412479	0,00343889
0,00659405	0,01061211	0,0327255	0,01378108	0,00602142	0,00983664	0,00047122	0,01840715	0,00101639	0,0059937	0,01037808	0,0067738	0,02801311	0,01397838	0,00178551	0,01722602	0,00688715	0,00909125
0,01002847	0,01536411	0,01610298	0,00284143	0,02264394	0,00678588	0,01615129	0,00178464	0,00660612	0,00602315	0,00631464	0,00984872	0,01139059	0,00264414	0,01483701	0,0006035	0,00936356	0,00672126
0,02258262	0,01791556</																

## Capítulo 6. Conclusiones

47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
Caquiaviñi	Isla Suriquí M	Carmen Pampa	Charaña	Charaña Aut.	Chua Cocani M	Ciudad Satélite	Chulumani	Copacati	Copancara	Condor Luñña	Desaguadero M	Huacaco	Huarina Cota Cota	Irupana (Satelital)	Luribay (Satelital)	Mapiri	Chirapaca
3951	3841	2010	4057	4074	3855	4040	1750	4000	3814	3983	3829	3917	3838	1940	2564	489	3870
-17,022222	-16,304701	-16,258056	-17,583333	-17,591111	-16,184673	-16,516667	-16,411111	-16,2	-16,239167	-17,402339	-16,56617	-17,35	-16,176111	-16,506399	-17,061399	-15,312222	-16,299733
-68,705556	-68,770556	-67,691111	-69,45	-69,448611	-68,748765	-68,45	-68,45	-69,083333	-68,566667	-69,044139	-69,037128	-67,65	-68,630556	-67,6194	-68,221944	-68,221944	-68,497874
-0,29709382	-0,28457027	-0,28375661	-0,30688705	-0,30702281	-0,28247583	-0,28827022	-0,28642792	-0,28274334	-0,28342629	-0,30404227	-0,28913421	-0,30281463	-0,28232466	-0,28890101	-0,29777193	-0,26724869	-0,28484801
-1,19739284	-1,20027338	-1,18143276	-1,21213117	-1,21210692	-1,19989231	-1,18944189	-1,17853358	-1,20573162	-1,1967141	-1,20504843	-1,20492519	-1,18071524	-1,19782917	-1,18018117	-1,18092299	-1,19069754	-1,19551343
0,00838205	0,01126259	0,00757803	0,02312038	0,02309613	0,01088152	0,0004311	0,01047721	0,01672083	0,00770331	0,01603764	0,0159144	0,00829555	0,00881838	0,00882962	0,0080878	0,01068676	0,00650264
0,02362401	0,02650455	0,00766393	0,0386234	0,03833809	0,02612348	0,01567306	0,00476475	0,03196279	0,0294527	0,0312796	0,0315636	0,00694641	0,02406034	0,00641234	0,00715416	0,01692872	0,0217446
0,0126232	0,01550374	0,0033688	0,02736153	0,02733728	0,01512267	0,00467225	0,00623606	0,02096198	0,01194446	0,02027879	0,02015555	0,0040544	0,01305953	0,00548847	0,00384665	0,00592791	0,01074379
0,01376813	0,01664868	0,00219194	0,02805646	0,02848222	0,0162676	0,00581718	0,00509113	0,02210692	0,01308939	0,02142372	0,02130049	0,00290946	0,01420447	0,00343453	0,00270172	0,00707284	0,01088813
0,01024082	0,01312137	0,00571925	0,02497915	0,02495491	0,01274029	0,00228987	0,00861844	0,01857961	0,00956208	0,01789641	0,01777318	0,00643677	0,01067716	0,00697085	0,00622903	0,00354553	0,00836142
0,00671875	0,00599529	0,00924133	0,02145708	0,02143284	0,00921822	0,00212322	0,01214051	0,01505753	0,00604001	0,01437434	0,0142511	0,00995885	0,00715508	0,01049292	0,0097511	2,3457E-05	0,00483934
0,01816287	0,02104342	0,0022028	0,0329012	0,03287696	0,02066234	0,01021192	0,00009639	0,02650166	0,01748413	0,02581846	0,02569523	0,00148528	0,01859921	0,0009512	0,01069302	0,01146758	0,01628347
0,01778239	0,02066294	0,00182332	0,03252702	0,03249648	0,02028186	0,00983144	0,00107687	0,02612117	0,01710365	0,02543798	0,02531474	0,00110479	0,01821872	0,00507702	0,00312154	0,01108171	0,01502929
0,02458569	0,02746623	0,00862561	0,03293201	0,03292977	0,02708515	0,01636743	0,00572643	0,03292447	0,02390647	0,03211804	0,03211804	0,00252022	0,00377402	0,00811583	0,01789039	0,00270628	0,00270628
0,02453158	0,02741212	0,0085715	0,03293201	0,03292977	0,02708515	0,01636743	0,00572643	0,03292447	0,02390647	0,03211804	0,03211804	0,00252022	0,00377402	0,00811583	0,01789039	0,00270628	0,00270628
0,00338866	0,00626921	0,01257141	0,01812699	0,01810275	0,00588813	0,00456229	0,01547006	0,01172744	0,00270992	0,01104425	0,01092101	0,01328894	0,00382499	0,01382301	0,01308119	0,00330663	0,00150926
0,02358982	0,02653946	0,00069884	0,03897274	0,038373	0,02615838	0,01570796	0,00479966	0,0319977	0,02298017	0,03131451	0,03119127	0,00698132	0,0240525	0,00647205	0,00718906	0,01066362	0,02177951
0,01530228	0,01818282	0,0078578	0,03004061	0,03001636	0,01780175	0,00735133	0,00355698	0,02364106	0,01462354	0,02295787	0,02283463	0,00317532	0,01573861	0,01093029	0,01167557	0,00806099	0,01342287
0,02016826	0,0230488	0,00420818	0,03409659	0,03488234	0,02266773	0,0122173	0,001309	0,02850704	0,01948859	0,02782385	0,02770061	0,00349066	0,02060459	0,00295659	0,00369841	0,01347296	0,01288885
0,01748743	0,02036797	0,00152736	0,03222576	0,03220152	0,0199869	0,00953648	0,00137183	0,02582621	0,01680869	0,02514302	0,02501978	0,00080983	0,01792376	0,00207576	0,00101758	0,01079214	0,01560803
0,01900412	0,02188467	0,00304405	0,03374245	0,03371821	0,02150359	0,01105317	0,00014486	0,0273429	0,01832538	0,02656951	0,02653647	0,00232652	0,01944045	0,00179245	0,00253427	0,01230883	0,01712472
0,00281249	6,805E-05	0,01877257	0,0192583	0,0190159	0,00031302	0,01076345	0,02167175	0,00552629	0,00349123	0,0048431	0,00471986	0,01949009	0,00237616	0,00200246	0,01928235	0,0050779	0,0046919
0,01021019	0,02298073	0,0041011	0,03483852	0,03481427	0,02259966	0,01214924	0,00124903	0,02843897	0,01942415	0,02775578	0,02763254	0,00342259	0,02053652	0,00288852	0,00363034	0,0130409	0,01220778
0,01513822	0,01801876	0,00082186	0,02987655	0,0298523	0,01763769	0,00718727	0,00372104	0,023477	0,01449548	0,02279381	0,02267057	0,00153938	0,01574555	0,00207345	0,0131363	0,00844293	0,0125881
0,01056895	0,01344949	0,00539113	0,02530727	0,02528303	0,01306841	0,00261799	0,00829031	0,01890773	0,0098902	0,0122454	0,0181013	0,00610865	0,01100528	0,00664722	0,00509091	0,00387365	0,00285894
0,00281249	6,805E-05	0,01877257	0,0192583	0,0190159	0,00031302	0,01076345	0,02167175	0,00552629	0,00349123	0,0048431	0,00471986	0,01949009	0,00237616	0,00200246	0,01928235	0,0050779	0,0046919
0,02358982	0,02653946	0,00069884	0,03897274	0,038373	0,02615838	0,01570796	0,00479966	0,0319977	0,02298017	0,03131451	0,03119127	0,00698132	0,0240525	0,00647205	0,00718906	0,01066362	0,02177951
0,0164891	0,01936665	0,00052903	0,03122743	0,03120319	0,01898857	0,00853815	0,00237016	0,02482788	0,01583036	0,02421469	0,02420146	0,001885	0,01692544	0,00702257	1,925E-05	0,0079381	0,0146097
0,0256259	0,02506545	0,00966583	0,04036423	0,04033999	0,02812537	0,01767495	0,00676664	0,03396468	0,02494716	0,03211804	0,03211804	0,0015825	0,0089483	0,02606223	0,00841423	0,00915605	0,01830361
0,00072159	0,0015895	0,01668167	0,01041674	0,0139925	0,00177788	0,00867254	0,01495808	0,00761719	0,01040033	0,006934	0,00681076	0,01739919	0,00028526	0,01793236	0,01791444	0,00714688	0,00260099
0,00506571	0,0018517	0,02102579	0,00967261	0,00964837	0,00256624	0,01301657	0,02392497	0,00327307	0,00574445	0,00258988	0,00246664	0,02174331	0,00462938	0,02227738	0,02153557	0,0176101	0,00694512
0,02424709	0,02172764	0,00828702	0,03888542	0,03898118	0,02674656	0,01629614	0,00538783	0,02858587	0,02568835	0,03190268	0,03177944	0,00756949	0,02468342	0,00703542	0,00777224	0,0175518	0,0236769
0,01029667	0,01317722	0,0056634	0,02503	0,02501076	0,01279614	0,00234572	0,00856259	0,01863546	0,00961563	0,01795226	0,01782903	0,00638092	0,01073301	0,00691499	0,00617318	0,0080138	0,00841727
0,0114259	0,01430645	0,00453417	0,02616423	0,02613999	0,01392537	0,00347495	0,00743336	0,01976468	0,01074716	0,01908149	0,01895826	0,0052517	0,0186223	0,00578577	0,00504395	0,00473061	0,0095465
0,00620829	0,00207225	0,01856837	0,01213004	0,0121058	0,0010882	0,01055924	0,02146755	0,00573049	0,00328703	0,0050473	0,00492406	0,01928589	0,00217196	0,01981996	0,01907814	0,00903538	0,0044877
0,00683548	0,00039493	0,02279555	0,00790285	0,00787861	0,00433601	0,01478643	0,02569474	0,0015033	0,00751422	0,00082011	0,00069688	0,02351308	0,00639914	0,02404715	0,02330533	0,01353077	0,00871488
0,00908542	0,01196956	0,00687466	0,02832734	0,0237995	0,01158488	0,00113446	0,00977384	0,0174242	0,00408668	0,01674101	0,01661777	0,00759218	0,00952175	0,00812625	0,00738444	0,00293012	0,00720601
0,01138751	0,01426805	0,00457257	0,02612583	0,02610159	0,01388697	0,00343655	0,00747175	0,0192629	0,0109431	0,01891986	0,00529029	0,01182384	0,00858246	0,00508235	0,00469221	0,0059081	0,0095081
0,0025738	0,00300716	0,01853346	0,0216494	0,0212407	7,391E-05	0,01052434	0,02143264	0,0057654	0,00325212	0,00508221	0,00495897	0,01925098	0,00213705	0,0197805	0,01904324	0,00296868	0,00445279
0,00813575	0,0052552	0,002409582	0,00662058	0,00657834	0,00563628	0,0160867	0,02699501	0,00048016	0,00081449	0,00048016	0,0006034	0,02481335	0,00769942	0,02534742	0,0246056	0,01483104	0,0105215
0,00848677	0,01136731	0,00747331	0,0232251	0,02320085	0,01098624	0,00053582	0,01037249	0,01682555	0,00780803	0,01614236	0,01601912	0,00819083	0,0089321	0,0087249	0,00798308	0,00179148	0,00606736
0,01024932	0,01292147	0,00508085	0,03577925	0,03575501	0,												

# Capítulo 6. Conclusiones

Chorocona	Charazani (GPRS)	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
	Luribay	Apolo	INAC Cochabamb	Patacamaya	Puerto Acosta	Ulla Ulla (Satelital)	Batallas Aut	Igachi (GPRS)	San Jose Alto	Sepulturas	Tiawanacu	Ulla Ulla Aut	Jesús de Machaca_M	El Belen (EuroClima)	
2240	3650	2564	1415	2565	3793	3880	4253	3825	3950	3746	5184	3863	4336	5881	3828
-16,882778	-15,195	-17,061389	-14,7333	-17,425301	-17,238611	-15,526667	-15,0611	-16,430556	-16,25	-17,704444	-17,8	-16,568611	-15,061111	-16,7742	-16,019295
-67,149722	-69,003	-67,661944	-68,400002	-68,167503	-67,923056	-69,253056	-69,271896	-68,497778	-68,516701	-67,778611	-69,166667	-68,678333	-69,271944	-68,826897	-68,712072
-0,29466006	-0,26520072	-0,29777741	-0,25714459	-0,30412888	-0,30087052	-0,27099146	-0,26285768	-0,2867673	-0,283616	-0,30900084	-0,31066861	-0,28761681	-0,26286598	-0,29276502	-0,27958944
-1,17198374	-1,20432954	-1,1809237	-1,19380524	-1,18974737	-1,18548097	-1,20869384	-1,20902266	-1,19551176	-1,19584203	-1,18295992	-1,20718607	-1,19866304	-1,2090235	-1,20125597	-1,19925189
0,01702705	0,01531875	0,00808709	0,00479445	0,00073658	0,00352982	0,01968306	0,02001188	0,00650097	0,00683124	0,00605086	0,01817528	0,00965225	0,02001271	0,01224518	0,0102411
0,00178509	0,03056072	0,00715487	0,02003641	0,01597854	0,01171214	0,03492502	0,03255384	0,02174293	0,0220732	0,0091911	0,03341724	0,02489421	0,03525467	0,02748714	0,02548306
0,0127859	0,0195599	0,00384594	0,0090356	0,00497773	0,00071133	0,02392421	0,02425303	0,01074212	0,01107239	0,00180971	0,02241643	0,0138934	0,02425386	0,01448225	0,01448225
0,01164096	0,02070484	0,002701	0,01018054	0,00612267	0,00185626	0,02506914	0,02539796	0,01188705	0,01221732	0,00066478	0,02356137	0,01503833	0,0253988	0,01763126	0,01562719
0,01516827	0,01717753	0,00622831	0,00665323	0,00259536	0,00167105	0,02154183	0,02187065	0,00835974	0,00869001	0,00419209	0,02030406	0,01151102	0,02187149	0,01410395	0,01209988
0,01869035	0,01365546	0,00975039	0,00313116	0,00092672	0,00519312	0,01801976	0,01834858	0,00483767	0,00516794	0,00771416	0,01651198	0,00798895	0,01834941	0,01058188	0,0085778
0,00724622	0,02509589	0,00169374	0,01457528	0,01051471	0,006251	0,02946388	0,0297927	0,01628179	0,01661206	0,00372996	0,02795611	0,01943307	0,02979354	0,020206	0,02002193
0,0076267	0,0247191	0,00131326	0,0141948	0,01013692	0,00587052	0,02908334	0,02941222	0,01590131	0,01623158	0,00334948	0,02757563	0,01905259	0,02941306	0,02164552	0,01964145
0,00082341	0,03152239	0,00811655	0,02099809	0,01694022	0,01267381	0,03588669	0,03621551	0,0227046	0,02303487	0,01015277	0,03437892	0,02585888	0,03621635	0,02844881	0,02644474
0,00087752	0,03146829	0,00806244	0,02094399	0,01688611	0,01261971	0,03583259	0,03616141	0,0226505	0,02298077	0,01009867	0,03432481	0,02580178	0,03616224	0,02839471	0,02639063
0,02202044	0,01032537	0,01308047	0,00019893	0,00425681	0,00852321	0,01468967	0,01501849	0,00150758	0,00183785	0,01104425	0,0131819	0,00465886	0,01501933	0,00725179	0,00524772
0,0175018	0,03045962	0,00718978	0,02007132	0,01061345	0,01174704	0,03495992	0,03528874	0,01277783	0,0221081	0,009226	0,03345215	0,03528958	0,01752404	0,02551797	0,00245772
0,0110682	0,02233899	0,00116686	0,01171468	0,00765681	0,00339041	0,02660329	0,02693211	0,0134212	0,01375147	0,00086937	0,02509551	0,01652748	0,02692394	0,01916541	0,01126133
0,00524084	0,02742581	0,00391992	0,01658066	0,01252279	0,00825638	0,03146926	0,03197808	0,01828718	0,01861744	0,00573534	0,02996149	0,02143846	0,01839282	0,02403139	0,01207731
0,00792167	0,02442414	0,00101829	0,01389984	0,00984196	0,00557556	0,02878844	0,02911726	0,01560635	0,01593662	0,00305452	0,02728067	0,01875763	0,0291181	0,02135056	0,01936469
0,00640497	0,02594083	0,00253499	0,01541653	0,01135866	0,00709225	0,03030513	0,03063395	0,01712304	0,01745331	0,00457121	0,02879736	0,02027432	0,03063479	0,02286725	0,02086318
0,02822159	0,00417275	0,01928163	0,00640009	0,01045796	0,01472437	0,00848851	0,00881373	0,00469357	0,00436331	0,01724541	0,00698074	0,0015423	0,00698074	0,00105064	0,00095344
0,00530891	0,0270369	0,00363105	0,01651259	0,01245472	0,00818832	0,0314012	0,03173002	0,01821911	0,01854938	0,00566728	0,02989342	0,02137039	0,03173085	0,02396332	0,02195924
0,01027088	0,02027492	0,00133092	0,01155062	0,00749275	0,00322635	0,02643922	0,02676804	0,01325714	0,01358741	0,00070531	0,02493145	0,01640842	0,02676888	0,01900135	0,01699727
0,01484015	0,01750565	0,00590019	0,00698135	0,00292348	0,00134293	0,02186995	0,02219877	0,00868787	0,00901813	0,00386397	0,02036218	0,01183914	0,02219961	0,01443208	0,0124248
0,02822159	0,00412421	0,01928163	0,00640009	0,01045796	0,01472437	0,00848851	0,00881733	0,00469357	0,00436331	0,01724541	0,00698074	0,0015423	0,00888181	0,00105064	0,00095344
0,0175018	0,03045962	0,00718978	0,02007132	0,01061345	0,01174704	0,03495992	0,03528874	0,01277783	0,0221081	0,009226	0,03345215	0,03528958	0,02752404	0,02551797	0,00245772
0,00891999	0,02342581	1,9967E-05	0,01290151	0,00884364	0,00457723	0,02779011	0,02811893	0,01468082	0,01493829	0,00205619	0,02628234	0,0177593	0,03281957	0,00253223	0,01834816
0,0002168	0,03256261	0,00915677	0,02203831	0,01798043	0,01371403	0,03692691	0,03725573	0,02374482	0,02407509	0,0119299	0,03541914	0,0268961	0,03725657	0,02948003	0,02748496
0,02613069	0,00621512	0,01719073	0,00430918	0,00836706	0,01263346	0,01057942	0,01096824	0,00262027	0,0022724	0,0151545	0,00907165	0,00054861	0,01090908	0,00314154	0,00113747
0,03047481	0,00817099	0,01253485	0,00865331	0,01271118	0,01697759	0,00623529	0,00656411	0,00696479	0,00661653	0,01494863	0,00472752	0,00379552	0,006656495	0,00120258	0,00320666
0,00116201	0,0311838	0,00777796	0,0206595	0,01660162	0,01235152	0,0355481	0,03587692	0,02326601	0,02269628	0,00981418	0,03404033	0,02551729	0,03587776	0,02811022	0,02610615
0,01511242	0,01723338	0,00617246	0,00679098	0,00265121	0,0106152	0,02159768	0,02129625	0,00845159	0,0084586	0,00413624	0,02008991	0,01156687	0,02192734	0,0141598	0,01215573
0,01398319	0,01836261	0,00504323	0,00783831	0,00378044	0,00048597	0,02272691	0,02305573	0,00954482	0,00987509	0,00300701	0,02121914	0,0126961	0,02305657	0,01528903	0,01328496
0,02801739	0,00432842	0,01907743	0,00619588	0,01025376	0,01452016	0,00869272	0,00902154	0,00448937	0,0041591	0,0170412	0,00718494	0,0133809	0,00902237	0,00125484	0,00074923
0,03224457	0,00010213	0,02330461	0,01042307	0,01448094	0,01874735	0,00446553	0,00479435	0,00871656	0,00836299	0,02126839	0,00295776	0,00556528	0,00479519	0,00297235	0,00497642
0,01632368	0,01021222	0,00121188	0,00549782	0,00143995	0,00282646	0,02038642	0,02071524	0,0075346	0,0075346	0,0057346	0,01887865	0,01035561	0,02071608	0,01294855	0,01094447
0,01402159	0,01832421	0,00508163	0,00779991	0,00374204	0,00052437	0,02268851	0,02301373	0,00950642	0,00983669	0,00304541	0,02118074	0,0126577	0,02301817	0,01525063	0,01324656
0,02798248	0,00436332	0,00194252	0,00616098	0,00128805	0,00872762	0,00905644	0,0045446	0,0041242	0,0170063	0,00721985	0,0130318	0,00905728	0,00128975	0,00071433	0,00062769
0,03354484	0,00119904	0,02460488	0,01172334	0,01578121	0,02004762	0,00316526	0,00349408	0,01001683	0,00968656	0,02255866	0,00165749	0,00686555	0,00349492	0,00427262	0,00627669
0,01692323	0,01547747	0,00079827	0,00489917	0,0008413	0,0034251	0,01978778	0,02011676	0,00606569	0,00693596	0,00594614	0,01828	0,00975697	0,02011743	0,0123499	0,01034582
0,00436818	0,02977363	0,00457179	0,01745333	0,01339545	0,00912905	0,03234193	0,03267075	0,01915984	0,00660801	0,03083416	0,02231112	0,00267159	0,0294005	0,02289998	0,02289998
0,0177723	0,01251365	0,00883234	0,0040492	8,6743E-06	0,00427508	0,0189378	0,01926662	0,00575571	0,00608598	0,00679612	0,01743003	0,00906699	0,01926746	0,01149992	0,00949585
0,01083113	0,01454767	0,00189117	0,01099037	0,00693325	0,00266661	0,02587897	0,02620779	0,01265981	0,01302715	0,00014505	0,0243712	0,01584817	0,02620683	0,0184411	0,01643702
0,00582203	0,02652377	0,00311793	0,01599947	0,0119416	0,0076519	0,03088807	0,03121689	0,01770598	0,01803625	0,00515415	0,0293803	0,02085726	0,03121773	0,02345019	0,02144612
0,02105876	0,01021804	0,00121188	0,00076274	0,00329513	0,00756153	0,01565134	0,01598016	0,00246926	0,00279953	0,01008258	0,01414357	0,00562054	0,015981	0,00821347	0,00620939
0,01327983	0,01906598	0,00433987	0,00854168	0,004483											

## Capítulo 6. Conclusiones

### Anexo E: Factor de peso para el municipio “X” con la Estación “Y”.

Nº	MUNICIPIOS	ALTITUD	LATITUD	LONGITUD	Nº											
					Estación Meteorológica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
						Estación Meteorológica	Achumani	Apolo Aeropuerto	Ayo Ayo	Calacoto	Camata	Carabuco	Caranavi	Catacora	Chirapaca	Chorocona
						ALTITUD	3200	1406	3888	3826	2250	3826	600	4253	3870	2240
						LATITUD	-16,530833	-14,732778	-17,093767	-17,282847	-15,2483	-15,755278	-15,834755	-17,1586	-16,299733	-16,882778
						LONGITUD	-68,071389	-68,4125	-68,007499	-68,634583	-68,745	-69,064167	-67,573677	-69,4864	-68,497874	-67,149722
						LATITUD (radianes)	-0,28851746	-0,25713548	-0,29834252	-0,30164258	-0,26613304	-0,27498148	-0,27636861	-0,29947407	-0,28448401	-0,29466606
						LONGITUD (radianes)	-1,18806986	-1,19402337	-1,18695477	-1,19789945	-1,19982659	-1,20539711	-1,17938315	-1,21276647	-1,19551343	-1,17198374
1	Ixiamas	245	-13,7699	-68,1253	-0,24033009			8,0506E-05								
2	Palos Blancos	419	-15,5839	-67,252	-0,27199037							0,00050925				
3	Guanay	432	-15,4979	-67,8823	-0,27048938							0,00040083				
4	Teoponte	438	-15,4966	-67,8167	-0,27046669							0,00047828				
5	Tipuani	510	-15,5641	-68,0188	-0,27164479							0,00031485				
6	Mappiri	587	-15,3076	-68,2206	-0,26716802						0,00031177					
7	Caranavi	593	-15,8358	-67,5649	-0,27638685							1,11722643				
8	San Buenaventura	683	-14,4581	-67,5867	-0,25231415			0,00011326								
9	La Asunta	750	-16,1255	-67,1969	-0,28144307											
10	Alto Beni	1032	-15,805	-67,2	-0,27584929							0,00062146				
11	Apolo	1437	-14,7192	-68,4114	-0,2568985			0,43601399								
12	Villa Libertad Licoma	1555	-16,63	-67,25	-0,29024825											0,00110615
13	Coroico	1619	-16,1942	-67,7288	-0,28264211							0,00053409				
14	Tacacoma	1666	-16,3	-67,45	-0,28448867											
15	Coripata	1715	-16,3134	-67,6036	-0,28472254											
16	Chulumani	1774	-16,4089	-67,5167	-0,28638933											
17	Quiabaya	1812	-15,6167	-68,7667	-0,27256283						0,00059401	0,00079901				
18	Irupana	1928	-16,4734	-67,4539	-0,28751507											
19	Yanacachi	2000	-16,3983	-67,7382	-0,28620433											
20	Chua Cocani	2065	-16	-68	-0,27925268							0,00041394				
21	Aucajata	2378	-15,5	-68,7667	-0,27052603						0,00126786	0,00054932				
22	Cajuata	2544	-16,8167	-67,25	-0,29350678											0,00595694
23	Luribay	2546	-17,062	-67,6608	-0,29778808											
24	Inquisivi	2704	-16,9049	-67,1373	-0,29504616			0,00072966								0,1282437
25	Sorata	2713	-15,7696	-68,6469	-0,27523144											
26	Chuma	2725	-15,4821	-68,8958	-0,27021362						0,0010669	0,00080142				
27	Quime	2976	-16,9794	-67,2163	-0,29634644											0,00603904
28	Mecapaca	2984	-16,6647	-68,0156	-0,29085388				0,00043918							
29	Sapahaqui	3157	-16,89	-67,9509	-0,29478611			0,00181949								
30	Combaya	3209	-15,805	-68,755	-0,27584929											
31	Mocmoco	3267	-15,4561	-68,9972	-0,26975983						0,00079038	0,00086346				
32	Calacoto	3280	-16,543	-68,085	-0,28872982											
33	Palca	3457	-16,5611	-67,9531	-0,28904572											
34	Ayata	3500	-15,3407	-68,753	-0,26774572						0,00940736					
35	Pelechuco	3596	-14,8198	-69,0717	-0,2586543											
36	La Paz	3628	-16,4897	-68,1193	-0,28779956											0,00048145
37	Yaco	3697	-17,15	-67,4	-0,29932397											0,00062851
38	Achocalla	3718	-16,5707	-68,168	-0,28921327											0,00046608
39	Papel Pampa	3721	-17,8243	-67,7703	-0,31109272											
40	Malla	3722	-17,0833	-67,4833	-0,29815983											0,0005696
41	Santiago de Callapa	3782	-17,4777	-68,3563	-0,30504341				0,00074543							
42	Patacamaya	3782	-17,2409	-67,9106	-0,30091047											
43	Nazacara de Pacajes	3806	-16,9375	-68,7671	-0,29561514				0,00267635							
44	Desaguadero	3811	-16,5667	-69,0333	-0,28914346						0,00059774					
45	San Andrés de Machac	3817	-16,7333	-69,0167	-0,29205118											
46	Puerto Mayor de Caral	3819	-15,7584	-69,0644	-0,27503596							8,25523479				
47	Escoma	3823	-15,6609	-69,1283	-0,27333427							0,00635894				
48	Achacachi	3823	-16,0286	-68,7036	-0,27975184							0,00041483				0,00071856
49	Villa Ancoraimes	3825	-15,909	-68,8675	-0,27766443							0,00136091				
50	Chacarilla	3827	-17,5842	-68,2102	-0,30690219											
51	Umala	3830	-17,3757	-68,0218	-0,30326317				0,00101513							
52	Puerto Acosta	3830	-15,5335	-69,2521	-0,27111072							0,00098709				
53	Santiago de Huata	3832	-16,0566	-68,8166	-0,28024054							0,0005484				0,00052926
54	Batalias	3838	-16,2976	-68,5337	-0,28444678											0,06813862
55	Huarina	3840	-16,1931	-68,5992	-0,28262291											0,00388203
56	San Pedro de Tiquina	3844	-16,2	-68,9167	-0,28274334											0,00047124
57	Jesús de Machaca	3845	-16,7472	-68,8091	-0,29229378											
58	Taraco	3845	-16,4598	-68,857	-0,28727777											0,00056034
59	Laja	3846	-16,5325	-68,3846	-0,28854656											0,00122567
60	Trialuanacu	3847	-16,5542	-68,6782	-0,2889253											0,00085431
61	Puerto Pérez	3850	-16,284722	-68,6008333	-0,28422202											0,00809454
62	Copacabana	3855	-16,1663	-69,0862	-0,28215516							0,00047747				
63	Viacha	3857	-16,6478	-68,2922	-0,29055892											0,00050533
64	Pucarani	3865	-16,4053	-68,4777	-0,2863265											0,00702119
65	Collana	3868	-16,4884	-68,1558	-0,28777687											0,00056444
66	Ayo Ayo	3874	-16,6114	-68,8347	-0,28992362											0,00040141
67	San Pedro de Curahua	3875	-17,6541	-68,047	-0,30812217											
68	Santiago de Machaca	3877	-17,0654	-69,1939	-0,29784742											0,0009314
69	Cairoma	3893	-16,9	-67,55	-0,29496064											0,00055022
70	Sicasica	3915	-17,3332	-67,7437	-0,30252141				0,00066939							
71	Puerto Mayor de Guac	3933	-16,6114	-68,8347	-0,28992362											0,00040141
72	Huatajata	3936	-16,2	-68,6833	-0,28274334											0,00194244
73	Caquiaviri	3944	-17,0246	-68,6087	-0,29713532				0,0012017							
74	Tito Yupanqui	3959	-16,1833	-68,95	-0,28245187											
75	Calamarca	3998	-16,9088	-68,1178	-0,29511423							0,00041423				0,00040042
76	Corocoro	4007	-16,1942	-67,7288	-0,28264211											
77	El Alto	4015	-16,5001	-68,2147	-0,28798107								0,00053409			0,00070982
78	Waldo Ballivian	4028	-17,0833	-68,2	-0,29815983			0,00238111								
79	Curva	4054	-15,1369	-69,053	-0,264188											









Capítulo 6. Conclusiones

Anexo F: Ratio con la Estación que Origina el Valor Máximo (Vivienda 1)

Nº	STACIONES METEOROLOGICA	VIVIENDA 1		SCV	SCI
		DistrictCooling:Facility [J](RunPeriod)	DistrictHeating:Facility [J](RunPeriod)		
1	ACHIRI-hourMeter.csv	166824,3623	21700687058	6,18197E-05	0,532225182
3	ALTO_ACHACHICALA-hourMeter	0	40773506750	0	1
4	APOLO-hourMeter.csv	1241778093	617382441,4	0,460162998	0,015141755
5	APOLO_-_2-hourMeter.csv	2047563733	16791566,6	0,758761224	0,000411825
6	APOLO_SENAMHI-hourMeter.csv	1566227725	207327460,8	0,58039359	0,005084857
7	AYO_AYO-hourMeter.csv	144653,7731	25633068982	5,3604E-05	0,628669718
8	BATALLAS_AUT-hourMeter.csv	0	21824847891	0	0,535270317
9	BATALLAS_YAURICHAMBI-hourM	29025,48777	22966606867	1,07559E-05	0,563272789
10	CALACOTO-hourMeter.csv	158352,895	25072796356	5,86805E-05	0,614928623
11	CAMATA-hourMeter.csv	1242153275	86421091,25	0,460302028	0,00211954
12	CAQUIAVIRI-hourMeter.csv	194767,7844	25339507045	7,21747E-05	0,621469897
13	CARABUCO-hourMeter.csv	0	25910113404	0	0,635464434
14	CARANAVI-hourMeter.csv	2618702395	3102048,691	0,970406831	7,608E-05
15	CARMEN_PAMPA-hourMeter.csv	703361458,8	825607425,3	0,260643121	0,020248624
16	CATACORA-hourMeter.csv	0	34407213934	0	0,843862024
17	CHACHACOMANI-hourMeter.csv	78789,8232	23446228498	2,9197E-05	0,575035859
18	CHARAZANI-hourMeter.csv	24261041,77	11369895880	0,008990361	0,278854992
19	CHARAÑA_1-hourMeter.csv	0	28568375799	0	0,700660259
20	CHARAÑA_3-hourMeter.csv	4510,537463	33908140294	1,67146E-06	0,831621879
21	CHIJIPINA_GRANDE-hourMeter.csv	413297,5185	24693441781	0,000153155	0,605624675
22	CHIRAPACA_1-hourMeter.csv	22501,22413	20969009395	8,33823E-06	0,514280254
23	CHOROCONA-hourMeter.csv	743077305,2	734988342,8	0,275360535	0,018026125
25	CHUA_COCANI_M-hourMeter.csv	640000,9745	23262770677	0,000237164	0,570536423
26	CHULUMANI-hourMeter.csv	1062180742	309657582,3	0,393609999	0,007594578
27	CIUDAD_SATELITE-hourMeter.csv	2090544,124	18546564285	0,000774688	0,45486802
28	COLLANA-hourMeter.csv	2044947,247	16086513241	0,000757792	0,394533473
29	CONDOR_IQUIÑA-hourMeter.csv	5009845,266	20818209595	0,001856487	0,510581779
30	COPACABANA-hourMeter.csv	3930124,349	14243416304	0,001456378	0,349330176
31	COPACATI-hourMeter.csv	123061,7966	20776989558	4,56027E-05	0,509570827
32	COPANCARA-hourMeter.csv	142273,0426	25298086492	5,27218E-05	0,620454028
33	CORIPATA-hourMeter.csv	1515655392	31803959,19	0,561653111	0,000780015
34	DESAGUADERO-hourMeter.csv	590581,2823	20345490974	0,00021885	0,498988801
35	EL_ALTO_AEROPUERTO-hourMeter.csv	114121,1674	22947846950	4,22896E-05	0,562812688
36	EL_BELEN-hourMeter.csv	0	28341969510	0	0,69510748
37	HAMPATURI-hourMeter.csv	879078,6258	24342292326	0,000325758	0,597012479
38	HUARACO-hourMeter.csv	310913,7196	20850595353	0,000115215	0,511376603
39	HUARINA_COTA_COTA-hourMeter.csv	41601,60701	22006708514	1,54162E-05	0,539730582
40	HUARISUYO-hourMeter.csv	0	27585146925	0	0,676545854
41	HUAYROCONDO-hourMeter.csv	0	24213132205	0	0,593844732
42	ICHUCOTA-hourMeter.csv	0	29630250316	0	0,726703506
43	IGACHI-hourMeter.csv	115707,1547	22856781062	4,28773E-05	0,560579231
44	INAC_COCHABAMBA-hourMeter.csv	770954075,4	1021787126	0,285690769	0,025600075
45	INCAPAMPA-hourMeter.csv	369892847,1	3536961197	0,137070385	0,086746554
46	IRUPANA-hourMeter.csv	924904663	573473748,2	0,342739902	0,014064862
47	IRUPANA_SATELITAL-hourMeter.csv	997211496,5	408202194	0,369534488	0,010011457
48	ISLA_DEL_SOL-hourMeter.csv	949035,8472	17935789968	0,000351682	0,439888334
49	ISLA_SURIQUI-hourMeter.csv	217603,3775	20753446209	8,06368E-05	0,508993409
50	ISQUILLANI_BATALLAS-hourMeter.csv	95534,27081	24018854389	3,54019E-05	0,589079927
51	JESUS_DE_MACHACA-hourMeter.csv	62310,72815	25055062494	2,30904E-05	0,614493687
52	LAICAKOTA-hourMeter.csv	78729472,72	6123678309	0,029174609	0,150187678
53	LA_ASUNTA-hourMeter.csv	2488770333	6993576,372	0,922258191	0,000171523
54	LURIBAY-hourMeter.csv	972193587,3	688507543,4	0,360263656	0,01688615
55	LURIBAY_SATELITAL-hourMeter.csv	1497756732	76435245,33	0,555020443	0,00187463
56	MACHACAMARCA_EUROCLIMA-hourMe	3774714,116	19335655049	0,001398788	0,474221047
57	MAPIRI-hourMeter.csv	2698561377	1542744,081	1	3,78369E-05
58	MECAPACA-hourMeter.csv	416667709,4	2527592684	0,154403644	0,061991055
59	PALCA_LP-hourMeter.csv	33673609,2	8680043120	0,012478356	0,21288439
60	PATACAMAYA-hourMeter.csv	812393,5857	19876503915	0,000301047	0,48748576
61	PATACAMAYA_2-hourMeter.csv	1035658,54	19792786058	0,000383782	0,485432518
62	PUERTO_ACOSTA-hourMeter.csv	62026,35091	20750412167	2,2985E-05	0,508918997
63	RADIO_SONDEO_EL_ALTO-hourMeter.c	77933315,18	18938256711	0,028879579	0,464474563
64	SANTIAGO_DE_HUATA-hourMeter.csv	1788520,575	16987505892	0,000662768	0,416630976
65	SANTIAGO_DE_MACHACA-hourMeter.c	0	32692954951	0	0,801818572
66	SAN_ANDRES_DE_MACHACA-hourMete	1805351,156	20169382470	0,000669005	0,49466882
67	SAN_CALIXTO-hourMeter.csv	39338516,01	7987088453	0,014577588	0,195889171
68	SAN_JOSE-hourMeter.csv	5579748,868	23024760439	0,002067675	0,564699048
69	SAN_JUAN_HUANCOLLO-hourMeter.csv	1483844,382	16214912572	0,000549865	0,397682561
70	SAN_ROQUE_EL_ALTO-hourMeter.csv	1083396,096	18216603601	0,000401472	0,446775494
71	SARA_ANA-hourMeter.csv	2331948154	1040952499	0,864144938	0,025530119
72	SEPULTURAS-hourMeter.csv	0	37505758255	0	0,919856084
73	SORATA-hourMeter.csv	268489049,7	3166291982	0,099493401	0,077655621
74	TIAHUANACO_M-hourMeter.csv	112011,1762	25117729983	4,15077E-05	0,616030653
75	TIAWANACU-hourMeter.csv	127880,2005	24280499874	4,73883E-05	0,595496974
76	ULLA_ULLA_SATELITAL-hourMeter.csv	0	28120403965	0	0,689673423
77	VIACHA_M-hourMeter.csv	0	30290472764	0	0,742895943
78	VILLA_PUNI-hourMeter.csv	356254,281	19361868443	0,000132016	0,474863949
79	WILA_CALA-hourMeter.csv	133801,4735	23870947414	4,95825E-05	0,585452401
80	YAURICHAMBI-hourMeter.csv	12773,18034	22542968771	4,73333E-06	0,552882756

Capítulo 6. Conclusiones

Anexo G: Cálculo índice de severidad climática para un Municipio “X”.

Nº	STACIONES METEOROLÓGICAS	VIVIENDA 1		VIVIENDA 2		PROMEDIO	
		SCV	SCI	SCV	SCI	SCV	SCI
		2698561377	40773506750	1861470363	54645984754		
1	ACHIRI-hourMeter.csv	6,18197E-05	0,532225182	0,000138307	0,577200284	0,000100064	0,554712733
3	ALTO_ACHACHICALA-hourMeter	0	1	0	1	0	1
4	APOLO-hourMeter.csv	0,460162998	0,015141755	0,429566796	0,024604481	0,444864897	0,019873118
5	APOLO_-_2-hourMeter.csv	0,758761224	0,000411825	0,734844696	0,00109433	0,74680296	0,000753078
6	APOLO_SENAMHI-hourMeter.csv	0,58039359	0,005084857	0,53523969	0,008667796	0,55781664	0,006876326
7	AYO_AYO-hourMeter.csv	5,3604E-05	0,628669718	0,000193973	0,664485836	0,000123788	0,646577777
8	BATALLAS_AUT-hourMeter.csv	0	0,535270317	0	0,5700412	0	0,552655759
9	BATALLAS_YAURICHAMBI-hourM	1,07559E-05	0,563272789	3,37053E-05	0,605855887	2,22306E-05	0,584564338
10	CALACOTO-hourMeter.csv	5,86805E-05	0,614928623	0,000157199	0,660984798	0,00010794	0,637956711
11	CAMATA-hourMeter.csv	0,460302028	0,00211954	0,443428708	0,004181507	0,451865368	0,003150524
12	CAQUIAVIRI-hourMeter.csv	7,21747E-05	0,621469897	0,000183744	0,666104435	0,000127959	0,643787166
13	CARABUCO-hourMeter.csv	0	0,635464434	0	0,662937751	0	0,649201093
14	CARANAVI-hourMeter.csv	0,970406831	7,608E-05	0,96325896	0,000265029	0,966832896	0,000170555
15	CARMEN_PAMPA-hourMeter.csv	0,260643121	0,020248624	0,238253452	0,032508602	0,249448286	ino
16	CATACORA-hourMeter.csv	0	0,843862024	0	0,870832093	0	0,857347059
17	CHACHACOMANI-hourMeter.csv	2,9197E-05	0,575035859	5,85426E-05	0,616105478	4,38698E-05	0,595570669
18	CHARAZANI-hourMeter.csv	0,008990361	0,278854992	0,006542691	0,318247137	0,007766526	0,298551065
19	CHARAÑA_1-hourMeter.csv	0	0,700660259	0	0,735564806	0	0,718112532
20	CHARAÑA_3-hourMeter.csv	1,67146E-06	0,831621879	0	0,854469581	8,3573E-07	0,84304573
21	CHUIPINA_GRANDE-hourMeter.csv	0,000153155	0,605624675	0,000889057	0,637380044	0,000521106	0,62150236
22	CHIRAPACA_1-hourMeter.csv	8,33823E-06	0,514280254	0,000102563	0,560482075	5,54505E-05	0,537381165
23	CHOROCONA-hourMeter.csv	0,275360535	0,018026125	0,248391519	0,033259489	0,261876027	0,025862807
25	CHUA_COCANI_M-hourMeter.csv	0,000237164	0,570536423	8,01835E-05	0,608744896	0,000158674	0,589640659
26	CHULUMANI-hourMeter.csv	0,393609999	0,007594578	0,357838132	0,016441792	0,375724065	0,012018185
27	CIUDAD_SATELITE-hourMeter.csv	0,000774688	0,45486802	0,000704426	0,499675808	0,000739557	0,477271914
28	COLLANA-hourMeter.csv	0,000757792	0,394533473	0,000636786	0,443256159	0,000697289	0,418894816
29	CONDOR_IQUIÑA-hourMeter.csv	0,001856487	0,510581779	0,003184152	0,550880836	0,00252032	0,530731307
30	COPACABANA-hourMeter.csv	0,001456378	0,349330176	0,001243211	0,394020987	0,001349795	0,371675582
31	COPACATI-hourMeter.csv	4,56027E-05	0,509570827	0,000199773	0,541827147	0,000122688	0,525698987
32	COPANCARA-hourMeter.csv	5,27218E-05	0,620454028	0,000164587	0,658173552	0,000108654	0,63931379
33	CORIPATA-hourMeter.csv	0,561653111	0,000780015	0,522217948	0,003021816	0,541935529	0,001900916
34	DESAGUADERO-hourMeter.csv	0,000218885	0,49898801	0,000869517	0,538991078	0,000544184	0,518989544
35	EL_ALTO_AEROPUERTO-hourMeter.csv	4,22896E-05	0,562812688	0,000412326	0,000218102	0,000227308	0,581415395
36	EL_BELEN-hourMeter.csv	0	0,69510748	5,52981E-05	0,727250724	2,7649E-05	0,711179102
37	HAMPATURI-hourMeter.csv	0,000325758	0,597012479	0,001329372	0,614289155	0,000827565	0,605650817
38	HUARACO-hourMeter.csv	0,000115215	0,511376063	0,000354771	0,550054815	0,000234993	0,530715439
39	HUARINA_COTA_COTA-hourMeter.csv	1,54162E-05	0,539730582	0,000122772	0,576676908	6,90943E-05	0,558203745
40	HUARIUYO-hourMeter.csv	0	0,676545854	0	0,715997295	0	0,696271574
41	HUAYRACONDO-hourMeter.csv	0	0,593844732	0,000136152	0,637234283	6,80761E-05	0,615539508
42	ICHUCOTA-hourMeter.csv	0	0,726703506	0	0,752399989	0	0,739551747
43	IGACHI-hourMeter.csv	4,28773E-05	0,560579231	0,000357312	0,604030258	0,000200095	0,582304744
44	INAC_COCHABAMBA-hourMeter.csv	0,285690769	0,025060075	0,264857172	0,004450687	0,275273971	0,034755381
45	INCAPAMPA-hourMeter.csv	0,137070385	0,086746554	0,116176122	0,109375696	0,126623253	0,098061125
46	IRUPANA-hourMeter.csv	0,342739902	0,014064862	0,308522147	0,026379003	0,325631025	0,020221932
47	IRUPANA_SATELITAL-hourMeter.csv	0,369534488	0,010011457	0,348363487	0,01754205	0,358949898	0,001376753
48	ISLA_DEL_SOL-hourMeter.csv	0,000351682	0,439888334	0,000216283	0,482956618	0,000283983	0,461422476
49	ISLA_SURIQUI-hourMeter.csv	8,06368E-05	0,508993409	8,7482E-05	0,550121429	8,40594E-05	0,529557419
50	ISQUILLANI_BATALLAS-hourMeter.csv	3,54019E-05	0,589079927	0,000237266	0,628812107	0,000136334	0,608946017
51	JESUS_DE_MACHACA-hourMeter.csv	2,30904E-05	0,614493687	6,88281E-05	0,660330252	4,59592E-05	0,637411969
52	LAICAOTA-hourMeter.csv	0,029174609	0,150187678	0,035721196	0,192418513	0,032447902	0,171303096
53	LA_ASUNTA-hourMeter.csv	0,922258191	0,000171523	0,909170232	0,00055275	0,915714211	0,000362137
54	LURIBAY-hourMeter.csv	0,360263656	0,01688615	0,329459228	0,028987223	0,344861442	0,022936686
55	LURIBAY_SATELITAL-hourMeter.csv	0,555020443	0,00187463	0,521705198	0,004779684	0,538362821	0,003327157
56	MACHACAMARCA_EUROCLIMA-hourMe	0,001398788	0,474221047	0,003087949	0,521632333	0,002243368	0,49792669
57	MAPIRI-hourMeter.csv	1	3,78369E-05	1	0,000255466	1	0,000146651
58	MECAPACA-hourMeter.csv	0,154403644	0,06191055	0,128951109	0,092290975	0,141677377	0,077141015
59	PALCA_LP-hourMeter.csv	0,012478356	0,21288439	0,01740829	0,256164394	0,014943323	0,234524392
60	PATACAMAYA-hourMeter.csv	0,000301047	0,48748576	0,001551316	0,52673282	0,000926181	0,50710929
61	PATACAMAYA_2-hourMeter.csv	0,000383782	0,485432518	0,000193516	0,523681149	0,000288649	0,504556834
62	PUERTO_ACOSTA-hourMeter.csv	2,2985E-05	0,508918997	8,95172E-05	0,543953621	5,62511E-05	0,526436309
63	RADIO_SONDEO_EL_ALTO-hourMeter.c	0,028879579	0,464474563	0,049440431	0,503841556	0,039160005	0,484158059
64	SANTIAGO_DE_HUATA-hourMeter.csv	0,000662768	0,416630976	0,000985647	0,463849085	0,000824208	0,44024003
65	SANTIAGO_DE_MACHACA-hourMeter.c	0	0,801818572	1,29865E-05	0,832340298	6,49327E-06	0,817079435
66	SAN_ANDRES_DE_MACHACA-hourMete	0,00069005	0,49466882	9,13754E-05	0,538731931	0,00038019	0,516700376
67	SAN_CALIXTO-hourMeter.csv	0,014577588	0,195889171	0,017092868	0,241486051	0,015835228	0,218687611
68	SAN_JOSE-hourMeter.csv	0,002067675	0,564699048	0,004682935	0,614245384	0,003375305	0,589472216
69	SAN_JUAN_HUANCOLLO-hourMeter.csv	0,000549865	0,397682561	0,001067795	0,44455257	0,00080883	0,421117566
70	SAN_ROQUE_EL_ALTO-hourMeter.csv	0,000401472	0,446775494	0,000210478	0,485022159	0,000305975	0,465898826
71	SARA_ANA-hourMeter.csv	0,864144938	0,025530119	0,8696452	0,030432737	0,866895069	0,027981428
72	SEPULTURAS-hourMeter.csv	0	0,919856084	0	0,928057435	0	0,92395676
73	SORATA-hourMeter.csv	0,099493401	0,077655621	0,086657202	0,105218203	0,093075301	0,091436912
74	TIAHUANACO_M-hourMeter.csv	4,15077E-05	0,616030653	0,000100935	0,657623505	7,12212E-05	0,636827079
75	TIAWANACU-hourMeter.csv	4,73883E-05	0,595496974	0,000150519	0,637286651	9,89534E-05	0,616391812
76	ULLA_ULLA_SATELITAL-hourMeter.csv	0	0,689673423	0	0,718471151	0	0,704072287
77	VIACHA_M-hourMeter.csv	0	0,742895943	6,62503E-05	0,772890947	3,31252E-05	0,757893445
78	VILLA_PUNI-hourMeter.csv	0,000132016	0,474863949	0,000109531	0,506402734	0,000120774	0,490633342
79	WILA_CALA-hourMeter.csv	4,95825E-05	0,585452401	7,41708E-05	0,617774599	6,18766E-05	0,6016135
80	YAURICHAMBI-hourMeter.csv	4,73333E-06	0,552882756	8,60865E-05	0,596795403	4,54099E-05	0,574839079